**Розв’язання завдань ІІІ етапу 57-ї Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії**

**(18.01.2020 р.)**

**10 клас**

**Теоретичний тур**

**Задача 1.**

Халькопірит (**Х**) є поширеним мінералом до складу якого входять два метали **А** та **Б**, які дуже широко використовуються в сучасному світі. Прожарювання 1,833 г **Х** на повітрі призводить до утворення трьох оксидів **В**, **Г**, та газу **Д**. Суміш оксидів **В** та **Г** розчинили в надлишку сірчаної кислоти. При цьому утворився розчин двох солей **Є** та **Ж**. Обробка цього розчину надлишком залізних ошурок призвела до утворення осаду та розчину солі **З**. Осад **Y** відділили від розчину, промили надлишком кислоти, водою та висушили на повітрі, отримавши метал **Б** масою 0,635 г. Розчин солі **З** обробили надлишком лугу в інертному середовищі. При цьому утворився осад сполуки **І** сіро-зеленого кольору. Прожарювання **І** веде до отримання речовини **К**, відновлення якої вуглецем веде до утворення 1,396 г металу **А**. Розчин сполуки **Д** у воді має забарвлює лакмусовий папірець у червоний колір.

1. Визначне склад халькопіриту та інші, зашифровані в умові речовини.
2. Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.
3. Якою кислотою не можна промивати осад **Y**? Чому? Запишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
4. Де знаходить використання сполука **Д**?

*Розв’язок:*

*1.* ***A*** *– Fe* ***Б*** *– Cu* ***B*** *та* ***Г*** *– CuO та Fe2O3*  ***Д*** *– SO2* ***Є*** *та* ***Ж*** *– CuSO4 та Fe2(SO4)3* ***З*** *– FeSO4* ***I*** *– Fe(OH)2* ***K*** *– FeO*.

*2. 4CuFeS2 + 13O2 => 4CuO + 2Fe2O3 + 8SO2*

 *CuO + H2SO4 => CuSO4 + H2O*

 *Fe2O3 + 3H2SO4 => Fe2(SO4)3 + 3H2O*

 *CuSO4 + Fe => Cu + FeSO4*

 *Fe2(SO4)3 + Fe => 3FeSO4*

 *FeSO4 + 2NaOH => Fe(OH)2 + Na2SO4*

*Fe(OH)2 => FeO + H2O*

 *FeO + C => Fe + CO*

*3. Мідь не можна промивати, наприклад, нітратною кислотою.*

 *3Cu + 8HNO3 => 3Cu(NO3)2 + 2NO + 4H2O (чи варіант з NO2)*

*4. SO2 використовують у якості: вихідної речовини для синтезу сульфатної кислоти чи сульфітів; відновника у деяких реакціях.*

**Задача 2.**

Нагрівання суміші ортофосфату кальцію, вуглецю та діоксіду кремнію до 1500 оС є промисловим методом синтезу простої речовини **Х**, деякі перетворення якої зображено на схемі нижче (excess – надлишок):



1. Розшифруйте зашифровані речовини, якщо всі вони містять атоми речовини **Х** у своєму складі.
2. Запишіть рівняння хімічних перетворень, про які йдеться в задачі.
3. Наведіть просторову структуру часточок з яких складаються сполуки **Х**, **B**, **C**, **I**, **M**, SO3 та H2O та запишіть гібридизацію центрального атома в них.
4. Сполука **К** в твердому стані має іонну, а в газуватому – молекулярну будову. Наведіть просторову структуру часточок з яких складається **К** в обох станах.
5. Наведіть просторову будову кислот **F**, **H** та **L**. Запишіть рівняння взаємодії кожної з них з надлишком лугу.

*Розв’язок:*

*1.* ***X*** *– P4* ***A*** *– P4S10 (P4Sx, де х від 3 до 10 – зазвичай утворюється складна суміш сульфідів).*

***B*** *– PH3* ***C*** *– PCl3* ***D*** *– P4O6* ***E –*** *Ba(H2PO2)2* ***F –*** *H3PO2* ***G –*** *P4O10* ***H –*** *H3PO3* ***I –*** *POCl3* ***K –*** *PCl5* ***L –*** *H3PO4* ***M -*** *KPF6*

 *2. 2Ca3(PO4)2 + 10C + 6SiO2 => P4 + 6CaSiO3 + 10CO*

 *P4 + 10S = P4S10*

 *3Ba(OH)2 + 2P4 + 6H2O = 3Ba(H2PO2)2 + 2PH3*

 *P4 + 6Cl2 = 4PCl3*

 *P4 + 3O2 = P4O6*

 *P4O6 + 2O2 = P4O10*

 *Ba(H2PO2)2 + H2SO4 = BaSO4 + 2H3PO2*

*PCl3 + 3H2O = H3PO3 + 3HCl*

 *PCl3 + SO3 = POCl3 + SO2*

*PCl3 + Cl2 = PCl5*

 *PCl5 + 6KF = K[PF6] + 5KCl*

 *POCl3 + 3H2O = H3PO4 + 3HCl*

 *PCl5 + 4H2O = H3PO4 + 5HCl*

 *P4O10 + 6H2O = 4H3PO4*

*3. *

*4. *

*5. NaOH + H3PO2 = NaH2PO2 + H2O*

 *2NaOH + H3PO3 = Na2HPO3 + 2H2O*

 *3NaOH + H3PO4 = Na3PO4 + 3H2O*

**

**Задача 3.**



На малюнку зображена цинк-мідна гальванічна комірка.

1. Вкажіть катод (К) та анод (А) на малюнку та запишіть схему гальванічного елемента праворуч від малюнку.
2. Запишіть рівняння відповідних напівреакцій на електродах, а також рівняння реакції, яка відбувається в комірці.
3. Зобразіть напрямок руху електронів на малюнку на вкажіть який заряд (+ чи -) мають К та А.
4. Розрахуйте стандартну ЕРС цього гальванічного елемента, якщо стандартні електродні потенціали дорівнюють: Ео(Cu2+/Cu) = 0.337 B, Ео(Zn2+/Zn) = -0.763 B.
5. Розрахуйте ЕРС та енергію Гіббса цинк-мідного елемента, за умови, що концентрація розчину сульфату цинку дорівнює 0,1 М, а сульфату міді – 0,5 М при 298 К.
6. Розрахуйте стандартний електродний потенціал пари Cu2+/Cu+, якщо Ео(Cu+/Cu) = 0.521 B.

*Розв’язок:*

*1. 3. *

*2. K: Cu2+ + 2e => Cu0*

 *A: Zn0 => Zn2+ + 2e*

 *Zn + Cu2+ => Zn2+ + Cu*

*4. Eo = Ео(Cu2+/Cu) - Ео(Zn2+/Zn) = 1.100 B.*

*5.* $E = E^{0}- \frac{0.059}{2}lg⁡(\frac{0.1}{0.5})$ *= 1.121 B. ∆G = -nFE = -216.3 кДж/моль*

*6. Ео(Cu2+/Cu+) = 2 Ео(Cu2+/Cu) - Ео(Cu+/Cu) = 0.153 B*

**Задача 4.**

Нижче наведено схему перетворень виходячи з етину:



Відомо наступне:

* Сполуки **А**, **В** і **С** мають однакову найпростішу формулу
* Лише сполука **А** здатна реагувати з розчином [Ag(NH3)2]OH
* Молекула **С** має вісь симетрії 6-го порядку
* Сполуки **А** і **В** легко приєднують бром на холоду, а сполука **С** не реагує з ним у темряві навіть при нагріванні.
* Сполука **С** може реагувати з бромом при освітленні, при цьому утворюється одна монобромпохідна та 4 дибромпохідні.
1. Встановіть сполуки **A** – **D**.
2. Напишіть рівняння усіх згаданих реакцій.
3. Наведіть формули речовин, що утворяться при реакції **А** і **В** з надлишком гідрогенбромиду.
4. Напишіть, які продукти утворяться при взаємодії сполук **А** і **В** з воднем на каталізаторі Ліндлара (Pd/CaCO3/Pb(CH3COO)2).

*Розв’зок:*

1. *А – бут-1-ин, В – бут-2-ин, С – гексаметилбензен, D – метилетилкетон.*
2. *С2Н2 + NaNH2 + C2H5I = C4H6 + NaI + NH3*

*3С4Н6 = С12Н18*

*С4Н6 + Н2О = С4Н8О*

1. *С4Н8Br2*
2. *A – бут-1-ен, В – 2Z-бут-2-ен.*

**Задача 5.**

Розклад пентахлориду фосфору до його трихлориду в газовій фазі є зворотнім процесом.

1. Запишіть рівняння розкладу пентахлориду фосфору в газовій фазі.

Енергія Гіббса цієї реакції при 300 оС складає –2310 Дж моль-1.

1. Розрахуйте значення константи рівноваги та склад (у мол.%) рівноважної суміші за цієї температури, якщо загальний тиск складає 1 бар.
2. Розрахуйте, при якому загальному тиску ступінь дисоціації буде дорівнювати 15%?

*Розв’зок:*

*1. PCl5* ⇆ *PCl3 + Cl2*

*2. ∆G = –RTlnK K = 1,624 Хай x – тиск PCl3 та Cl2, тоді p(PCl5) = 1–2x:*

$\frac{x^{2}}{1-2x}=1,624$ *x = 0,44. w(PCl5) = 12% w(PCl3) = 44% w(Cl2) = 44%*

1. *Нехай х – початковий тиск PCl5 до розкладу. Тоді після дисоціації:*

*p(PCl5)=0,85x, p(PCl3) = 0,15x, p(Cl2)=0,15x.*

*Тоді 1,624 = 0,0265x, x=61,3 бар. Рівноважний тиск p = 1,15x = 70,5 бар.*

**Задача 6. Тест**

1. Укажіть формули речовин, які потрібно використати, щоб реакція відбулась відповідно до скороченого рiвняння 2H+ + SO32−= H2O + SO2

А ZnSO3 і HCl

Б CuSO3 і HBr

В K2SO3 і HCl

Г MgSO3 і H2SO4

1. Укажіть суму локантів, що є в назві алкану за номенклатурою IUPAC.



А 2 Б 6 В 4 Г 8

1. Унаслідок розчинення калій гідроксиду масою 56 г утворився розчин об'ємом 2 л, молярна концентрація КОН в якому:

А. 0,5 М; Б. 1,0 М; В. 1,5 М; Г. 2,0 М

1. Оберіть продукти повного окиснення метаналю аміачним розчином аргентум(І) оксиду при нагріванні

А метанова кислота і срібло

Б метанол і срібло

В вуглекислий газ, вода і срібло

Г аргентум(I) форміат і вода

1. Оберіть продукти, які можна одержати при нагріванні суміші кристалічних натрій ацетату та натрій гідроксиду

А етан Б метан В вуглекислий газ

Г натрій карбонат Д натрій гідрогенкарбонат

1. Оберіть правильні твердження

1 Для толуену, на відміну від бензену, характерна реакція гідрування (гідрогенізації)

2 Толуен, на відміну від бензену, взаємодіє з розчином калій перманганату

А правильне лише перше

Б правильне лише друге

В обидва правильні

Г обидва неправильні

1. Установіть послідовність утворення сполук під час перетворення ненасиченого вуглеводню на калій фенолят

А бензен

Б ацетилен

В фенол

Г хлоробензен

1. Установіть відповідність між карбоновими кислотами та ізомерними естерами

|  |  |
| --- | --- |
| А-3 гексанова кислота | 1 етилметаноат |
| Б-5 бутанова кислота | 2 ізопропілетаноат |
| В-1 пропанова кислота | 3 етилбутаноат |
| Г-2 пентанова кислота | 4 бутилпропаноат |
|  | 5 етилетаноат |

1. Обчисліть масу розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 25%, який витратиться на добування мила з 250 г стеаринової кислоти, що містить 14,8% домішок.

120 г

**10 клас**

**Уявний експеримент**

**Задача 1.**

В сіми пронумерованих пробірках знаходяться розчини NaOH, H2SO4, Na2CO3, MgCl2, Ba(NO3)2, AgNO3, Na3PO4.

1. Заповніть таблицю, вказавши зовнішні ознаки реакцій, що відбуваються. Використовуйте наступні позначення:

|  |  |
| --- | --- |
|  – немає видимих змін ↓ утворюється осад (вкажіть колір) | ↑ виділяється газto відбувається розігрівання |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | NaOH | H2SO4 | Na2CO3 | MgCl2 | Ba(NO3)2 | AgNO3 | Na3PO4 |
| NaOH | X |  |  |  |  |  |  |
| H2SO4 | to | X |  |  |  |  |  |
| Na2CO3 | - | ↑ | X |  |  |  |  |
| MgCl2 | ↓білий | - | ↓білий | X |  |  |  |
| Ba(NO3)2 | - | ↓білий | ↓Білий | - | X |  |  |
| AgNO3 | ↓темний | ↓білий | ↓сірувато-жовтий | - | - | X |  |
| Na3PO4 | - | - | - | ↓білий | ↓білий | ↓жовтий | X |

1. Запишіть рівняння відповідних реакцій в іонному вигляді (там, де вони проходять):

|  |
| --- |
| ОН- + H+ = H2O |
| CO32- + 2H+ = CO2 + H2O |
| Mg2+ + 2OH- = Mg(OH)2 |
| Mg2+ + CO32- = MgCO3 |
| Ba2+ + SO42- = BaSO4 |
| Ba2+ + CO32- = BaCO3 |
| 2Ag+ + 2OH- = Ag2O + H2O |
| 2Ag+ + SO42- = Ag2SO4 |
| 2Ag+ + CO32- = Ag2CO3 |
| 2PO43- + 3Mg2+ = Mg3(PO4)2 |
| 2PO43- + 3Ba2+ = Ba3(PO4)2 |
| 3Ag+ + PO43- = Ag3PO4 |

Результати відповідних дослідів по попарній взаємодії вмісту пробірок наведено в таблиці нижче (номер в таблиці відповідає номеру пробірки):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | X |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Білий осад | X |  |  |  |  |  |
| 3 | Сірувато-жовтий осад | Розігрівання, газ | X |  |  |  |  |
| 4 | Жовтий осад | - | - | X |  |  |  |
| 5 | - | Білий осад | Білий осад | Білий осад | X |  |  |
| 6 | Темний осад | Розігрівання | - | - | - | X |  |
| 7 | Білий сірчистий осад | - | Білий осад | Білий осад | - | Білий осад | X |

1. Визначте вміст кожної пробірки:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пробірка: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Речовина: | AgNO3 | H2SO4 | Na2CO3 | Na3PO4 | Ba(NO3)2 | NaOH | MgCl2 |

**Задача 2.**

**І. Приготування та стандартизація 0,1 М розчину кислоти.**

В таблиці нижче наведено залежність концентрації розчину соляної кислоти від її густини:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Густина, г/см3 | Концентрація, М | Густина, г/см3 | Концентрація, М |
| 1,1032 | 6,355 | 1,1443 | 9,103 |
| 1,1083 | 6,687 | 1,1493 | 9,457 |
| 1,1135 | 7,024 | 1,1543 | 9,813 |
| 1,1187 | 7,365 | 1,1593 | 10,18 |
| 1,1239 | 7,707 | 1,1642 | 10,54 |
| 1,129 | 8,05 | 1,1691 | 10,9 |
| 1,1341 | 8,398 | 1,174 | 11,27 |
| 1,1392 | 8,749 | 1,1789 | 11,64 |

Виміряна густина соляної кислоти, яка була використана для приготування стандартного розчину, складала 1,166 г/см3.

1. Відповідно до таблиці визначте концентрацію в М та розрахуйте приблизний об’єм розчину кислоти, який треба використати для приготування 1 л 0,1 М стандартного розчину.

|  |
| --- |
| 9,3 мл |

Необхідний об’єм кислоти було кількісно перенесено у мірну колбу на 1 л, яка містила 200 - 300 мл дистильованої води, доведено до мітки водою та ретельно перемішано.

1. Для чого в мірну колбу попередньо наливали дистилят?

|  |
| --- |
| Щоб запобігти різкому розігріванню розчину. |

Стандартизацію отриманого розчину проводили за допомогою бури Na2B4O7\*10H2O.

1. Запишіть рівняння реакції взаємодії бури з соляною кислотою в іонному вигляді, якщо в точці еквівалентності в розчині присутні лише борна кислота та хлорид натрію.

|  |
| --- |
| В4О72- + 2Н+ + 5Н2О = 4Н3ВО3 |

 Наважку бури масою 2,7841 г кількісно перенесли в мірну колбу об’ємом 100 мл, додали приблизно половину теплої дистильованої води, перемішали до розчинення, довести до мітки дистильованою водою, ще раз ретельно перемішали. Аліквоту 10 мл отриманого розчину титрували соляною кислотою з індикатором метиловим червоним до переходу забарвлення від жовтого до оранжево-жовтого. Результати титрування наведено у таблиці:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Титрування | 1 | 2 | 3 | 4 | Значення, прийняте для розрахунків: |
| Об’єм HCl, мл | 15,0 | 15,4 | 14,9 | 15,1 | 15,0 |

1. Запишіть в таблицю об’єм соляної кислоти, яке ви будете використовувати для розрахунків та розрахуйте концентрацію розчину соляної кислоти (відповідь дайте до четвертого знаку після коми).

|  |
| --- |
| 0,0974 М |

1. Розрахуйте рН розчину стандартного розчину соляної кислоти.

|  |
| --- |
| 1,01 |

1. Поясніть, чому концентрація стандартного розчину відрізняється від 0,1 М.

|  |
| --- |
| Концентрація вихідного розчину кислоти була визначена лише приблизно. |

**ІІ. Визначення складу суміші карбонату та гідрокарбонату натрію.**

Константи дисоціації вугільної кислоти (рК1 = 6,37, рК2 = 10,33) розрізняються достатньо суттєво для того, щоб підібравши відповідні індикатори, можна було відтитрувати її за кожною стадією окремо. Нижче в таблиці наведено інтервали рН переходу забарвлення деяких розповсюджених кислотно-основних індикаторів

|  |  |
| --- | --- |
| Індикатор | Інтервал зміни забарвлення, од. рН |
| Тимоловий синій | 1,2 – 2,8 |
| Метиловий оранжевий | 3,1 – 4,4 |
| Алізариновий червоний | 4,2 – 6,2 |
| Фенолфталеїн | 8,0 – 9,6 |
| Нільський синій А | 10,0 – 11,0 |

1. Запишіть в іонному вигляді послідовні рівняння взаємодії розчину карбонату натрію з соляною кислотою.

|  |
| --- |
| СО32- + Н+ = НСО3-НСО3- + Н+ = СО2 + Н2О |

1. Розрахуйте рН в точці еквівалентності за першим та другим рівнянням при титруванні 0,1 М розчину карбонату натрію соляною кислотою (зміною об’єму знехтуйте).

|  |
| --- |
| рН (за першим рівнянням) = 8,35рН (за другим рівнянням) = 3,84 |

1. На підставі отриманих даних оберіть індикатори для послідовного титрування суміші карбонату та гідрокарбонату натрію соляною кислотою (якщо ви не змогли виконати розрахунки в п. 2.7, прийміть, що рН (за першим рівнянням) = 8,50, а рН (за другим рівнянням) = 5,00).

|  |  |
| --- | --- |
|  | Індикатор |
| 1 стадія | Фенолфталеїн |
| 2 стадія | Метиловий оранжевий |

 Наважку суміші карбонату та гідрокарбонату натрію кількісно перенесли та розчинили в мірній колбі на 250 мл, довели до мітки дистильованою водою та ретельно перемішали. Аліквоту 20 мл отриманого розчину титрували стандартним розчином соляної кислоти послідовно з індикаторами відповідно до п.2.8. Результати титрування наведено у таблиці:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Титрування | 1 | 2 | 3 | 4 | Значення, прийняте для розрахунків: |
| Об’єм HCl, мл, Індикатор 1 | 10,2 | 10,2 | 10,5 | 10,1 | 10,17 |
| Об’єм HCl, мл, Індикатор 2 | 16,0 | 16,3 | 16,5 | 16,4 | 16,40 |

1. Запишіть в таблицю об’єми соляної кислоти, які ви будете використовувати для розрахунків та розрахуйте склад (у мас. %, з точністю до двох знаків після коми) та масу наважки суміші. Якщо ви не змогли розрахувати концентрацію соляної кислоти в першій частині, вважайте, що вона дорівнює 0,1М)

|  |
| --- |
| Вміст Na2CO3 = 67,32 %, Вміст NaHCO3 = 32,68 %.Маса наважки: 1,949 г. |