**ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ**

**ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ**

**КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОРИСА ГРІНЧЕНКА**

**ІНСТИТУТ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ПЕДАГОГІЧНОЇ ОСВІТИ**

**Завдання та відповіді ІІІ етапу 56-ї Всеукраїнської** **учнівської олімпіади з хімії**

**09 лютого 2019 року**

**10 клас**

**теоретичний тур**

**Задача 1.** Взаємодія двох простих речовин **А** та **Б** в присутності залізовмісного каталізатора призводить до утворення сполуки **В**. **В** реагує з газом **Г** в присутності платинового каталізатора з утворенням **Д**, яка легко перетворюється на **Е** в надлишку **Г**. Сполука **Е** реагує з речовиною **Ж** (**Ж** зазвичай отримують з речовини **Г**) з утворенням **З**.

1. Визначте зашифровані речовини, якщо сполуки **А – Ж** є газами за н.у., а відношення молярних мас **А**/**Б** дорівнює 0,071.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **А** | H2 | **Д** | NO |
| **Б** | N2 | **Е** | NO2 |
| **В** | NH3 | **Ж** | O3 |
| **Г** | O2 | **З** | N2O5 |

1. Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі, та вкажіть умови їх перебігу (де треба).

|  |
| --- |
| N2 + 3H2 = 2NH3 (нагрівання під тиском в присутності залізного каталізатора)4NH3 + 5O2 = 4NO + 6H2O2NO + O2 = 2NO22NO2 + O3 = N2O5 + O2(нижче 10 оС) |

1. Намалюйте просторову будову та вкажіть гібридизацію центральних атомів речовин **В**, **Е**, **Ж** та **З** в газоподібному стані.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тригональна піраміда,N(sp3) | Трикутник,N(sp2) | Трикутник,О(sp2) | O(sp3), N(sp2) |
| **В** | **Е** | **Ж** | **З** |

Відомо, що в твердому стані сполука **З** має іонну будову.

1. Запишіть іонну формулу сполуки **З** в твердому стані, та намалюйте просторову будову катіона та аніона.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Формула **З**: | Просторова будова катіону**:** | Просторова будова аніону**:** |
| [NO2]+[NO3]- | Лінійна, N(sp) | Трикутна, N(sp2) |

1. Яким буде рН розчинів **А** – **З** (кисле, нейтральне, лужне)? Запишіть рівняння відповідних реакцій.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | рН | Рівняння (якщо треба) |
| **А** | Нейтральне |  |
| **Б** | Нейтральне |  |
| **В** | Лужне | NH3 + H2O = [NH4]+ + [OH]- |
| **Г** | Нейтральне |  |
| **Д** | Нейтральне |  |
| **Е** | Кисле | NO2 + H2O = HNO2 + HNO3 |
| **Ж** | Нейтральне |  |
| **З** | Кисле | N2O5 + H2O = 2HNO3 |

1. Запишіть рівняння взаємодії **В** з **Г** за відсутності каталізатора.

|  |
| --- |
| 4NH3 + 3O2 = 2N2 + 6H2O |

1. Де знаходять використання сполуки **А** – **З** (достатньо одного приклада).

|  |  |
| --- | --- |
|  | Де використовується |
| **А** | Гідрогенізація ненасичених жирів |
| **Б** | Газ для створення інертного середовища |
| **В** | Виробництво добрив |
| **Г** | Окисник в реактивних двигунах |
| **Д** | - |
| **Е** | Окисник в реактивних двигунах |
| **Ж** | Очищення води |
| **З** | Рідко застосовується як нітруючий агент в синтезі |

**Задача 2.** Оксидний мінерал **А** є однією з найважливіших руд металу **Х**. Пряме відновлення **А** вуглецем призводить до отримання бінарного стопу **Z**. Для того, щоб отримати чистий метал **Х** використовують наступну схему:



*\*C на схемі – це вугілля. Стрілками вгору показані газуваті речовини, які виділяються під час відповідних перетворень.*

Перетворення **А** в **В** (масова частка Na складає 28,40 %) відбувається при нагріванні мінералу **А** з содою на повітрі. Суміш сполук **В** та **F** обробляють водою. Розчин сполуки **В** відфільтровують від нерозчинної бінарної сполуки **F** (вміст Оксигену 30,06 %) та фільтрат підкисляють. Сіль **D** (масова частка Na складає 17,56 %) перекрісталізовують з води та відновлюють вуглецем до бінарної сполуки **Е** (другим нелетучим продуктом реакції є сода), яку відновлюють алюмотермією до **Х**. Сполука **F** може бути відновлена вуглецем до металу **Y**. Сполуки **В** і **D** та гази **G** і **H** мають однаковий якісний склад.

1. Розшифруйте схему перетворень та напишіть рівняння згаданих у тексті реакцій, якщо з 22,4 г **А** можна отримати дає 5,60 г **Y**, або 16,0 г стопу **Z**.

**Відповідь обов’язково має бути підтверджена розрахунками**.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Для сполуки **В** переберемо кількість атомів натрію і оксигену в сполуці:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| N(Na) | N(O) | Елемент **X** |
| 1 | 2 | 26(?) |
| 1 | 3 | 10(?) |
| 1 | 4 | -6(?) |
| 2 | 3 | 68(?) |
| 2 | 4 | 52 – Cr(+6) |
| 3 | 3 | 126(?) |
| 3 | 4 | 110(?) |

 Як відомо, хромат у кислому середовищі перетворюється на дихромат (це можна підтвердити за допомогою масової частки натрію у сполуці **D**).Тепер визначимо елемент **Y**:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| +n | **Y** | +n | **Y** |
| +1 | 18,6(?) | +6 | 111,7(Cd?) |
| +2 | 37,2(?) | +7 | 130,3(?) |
| +3 | 55,8(**Fe**) | +8 | 148,9(?) |
| +4 | 74,5(As?) | +8/3\* | 49,6(?) |
| +5 | 93,1(Nb\*\*) | +16/3\* | 99,3(?) |

\* - відповідають Y3O4 і Y3O8 (найрозповсюджені змішані оксиди) \*\* - не відповідає наведеним хімічним перетворенням (утвориться розчинний NaNbO3) і подальшим розрахункам сполуки **А**.Далі можемо розрахувати склад А:m(Cr)=m(Z)-m(Fe)=10,4 г => n(Fe) : n(Cr)= 1:2 => A - FeCr2O4 |
| **A** | **B** | **D** | **E** | **F** |
| FeCr2O4 | Na2CrO4 | Na2Cr2O7 | Cr2O3 | Fe2O3 |
| **G** | **H** | **X** | **Y** | **Z** |
| CO2 | CO | Cr | Fe | FeCr2 |
| Рівняння реакцій:FeCr2O4 + 4C => FeCr2 + 4CO4FeCr2O4 + 8Na2CO3 + 7O2=> 8Na2CrO4 + 2Fe2O3 + 8CO22Na2CrO4 + H2SO4 => Na2SO4 + Na2Cr2O7 + H2ONa2Cr2O7 + 2C => Na2CO3 + CO + Cr2O3Cr2O3 + 2Al => 2Cr + Al2O3 Fe2O3 + 3C => 2Fe + 3CO |

1. Розрахуйте кількості побічних продуктів, що утворюються в процесі отримання 1 молю металу **Х**.

|  |
| --- |
| З одного молю А – отримаємо 2 моля B і 2.5 моля побічних продуктів.З 2 моль B отримаємо – 1 моль D і 2 моля побічних продуктів.З 1 моля D – 1 моль Е і 2 моля побічних продуктів.З 1 моля Е – 2 моля металу і 1 моль побічних продуктів.Тобто сумарно для отримання 2 моль металу – 7.5 моль побічних продуктів, або 3.75 моль – на 1 моль металу. |

1. Яку назву має мінерал **А**?

|  |
| --- |
| Хроміт |

**Задача 3.** Екзотермічна реакція окиснення сульфур(IV) оксиду в сульфур(VI) оксид є ключовою реакцією в промисловому процесі отримання сульфатної кислоти. В промисловості цю реакцію проводять при підвищеній температурі на ванадієвому каталізаторі.

1. Запишіть рівняння оборотної реакції окиснення сульфур(IV) оксиду в сульфур(VI) оксид (для одного моля продукту)та вираз для константи рівноваги (Kp).

|  |
| --- |
| SO2 + 1/2O2 = SO3Kp=$\frac{p(SO\_{3})}{p(O\_{2})^{1/2}p(SO\_{2})}$ |

1. Відповідно до принципу Ле-Шательє, вкажіть в якому напрямку зміститься рівновага, якщо:

|  |  |
| --- | --- |
|  | Напрямок зміщення рівноваги |
| а) збільшити тиск реакційної суміші | прямий |
| б) збільшити температуру реакції | зворотній |
| в) зменшити вміст кисню у вихідній суміші. | зворотній |

В реактор при 420 оС і постійному тиску 1 бар ввели еквімолярну суміш кисню з сульфур(IV) оксидом. Після проходження реакції ступінь конверсії склала 60%.

1. Розрахуйте мольні долі компонентів в реакційній суміші до та після проходження реакції.

|  |
| --- |
|  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Мольна доля: | φ (SO2) | φ (O2) | φ (SO3) |
| До реакції: | 0,500 | 0,500 | 0 |
| Після встановлення рівноваги: | 0,235 | 0,412 | 0,353 |

1. Розрахуйте константу рівноваги цієї реакції та значення ΔG.

|  |
| --- |
| Кр = $\frac{p(SO\_{3})}{p(O\_{2})^{1/2}p(SO\_{2})}$= 2,34 бар-0.5*T=4200C=693 K*Δ*G= -RT ln(Kp)=-8,314\*693\*ln(2,34)=-4898 Дж/моль* |

За температури 300 оС значення константи рівноваги складає 34,5 бар-1.

1. Розрахуйте ΔH та ΔS цієї реакції (вважайте, що вони не залежать від температури).

|  |
| --- |
| *T1=693K T2=573K Кp1=2.34 бар-0,5 Кp2=(34,5)-0,5 = 5,87 бар-0,5*ΔН *=* $R\frac{T\_{1}T\_{2}}{T\_{1}-T\_{2}}ln\frac{k\_{p1}}{k\_{p2}}$ *= -25302 Дж/моль,*Δ*S =*$\frac{∆H-∆G}{T}$ *= -43,6 Дж/(моль\*К)* |

**Задача 4.** Нижче наведено схему синтеза лідокаїну – одного з найросповсюджених місцевих анестетиків:



1. Визначте речовину **А,** якщо відомо, що вона має дві взаємно перпендикулярні площини симетрії і є одним з двох основних продуктів нітрування м-ксилолу (1,3-диметилбензолу).

|  |
| --- |
| A –  |

1. Наведіть структурну формулу основного продукту нітрування м-ксилолу.

|  |
| --- |
|  (донорний ефект метильних груп + мінімальний стеричний ефект) |

1. Розшифруйте та наведіть структурні формули інших речовин на схемі та запропонуйте реагенти/каталізатори для відповідних реакцій.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **B** | **C** | **D** | **E** |
|  |  | (Hg2+) | (CrO3) |
| **F** | **G** | **H** | **Lidocaine** |
|  | (EtNH2; вторинний амін не підходить, адже тоді **H** буде третинним аміном і не буде реагувати з **С**) |  |  |

1. Наведіть механізм реакції утворення сполуки **D**.

|  |
| --- |
|  |

**Задача 5.**

Розшифруйте схему синтезу циклоалканів **G** та **H**, якщо відомо, що молярна маса **H** в 1,5 рази більша за молярну масу **G**, а сполука **A** містить 52,14% карбону, 13,13% гідрогену та ще один елемент.



Назвіть усі сполуки за номенклатурою IUPAC.

|  |
| --- |
|  |
| **A** | **B** | **С** | **D** |
| етанол | Етен | бута-1,3-дієн | циклогексен |
| **E** | **F** | **G** | **H** |
| 1,4-дибромобут-2-ен | 1,4-дибромобутан | циклобутан | циклогексан |

**Задача 6.** Стронцианіт (SrCO3) та целестин (SrSO4) – є достатньо розповсюдженими мінералами. Розчинність у воді целестину складає 11,3 мг на 100 г води.

1. Розрахуйте ДР целестину.

|  |
| --- |
| M=184 г/моль сsat=0,0614 ммоль/л [Sr2+]=[SO42-]=6,14\*10-5 моль/лДР(целестину) = [Sr2+]\*[SO42-] = 3,77\*10-9 моль2/л2 |

1. Розрахуйте розчинність целестину у 0,010М розчині Sr(NO3)2.

|  |
| --- |
| [Sr2+]\*[SO42-]=ДРS=[SO42-]=$\frac{ДР}{с(Sr(NО\_{3})\_{2})}$=3,77\*10-7 моль/лРозчинність(целестин) = 6,94\*10-5 г/л |

ДР розчинності стронцианіту дорівнює 1,1·10-10.

1. Розрахуйте, без врахування гідролізу, розчинність стронцианіту у воді.

|  |
| --- |
| [Sr2+] = [CO32-] =$ \sqrt{ДР} =$ 1,05\*10-5 моль/лM(SrCO3)=148 г/мольРозчинність(стронціаніт) = M\*[Sr2+] = 1,55\*10-3 г/л. |

Константи дисоціації вугільної кислоти складають: Kа1=4,5·10–7, Kа2=4,8·10–11.

1. Запишіть іонне рівняння гідролізу стронціаніту.

|  |
| --- |
| CO32- + H2O => HCO3- + OH-HCO3- + H2O => H2CO3 + OH-  |

1. Розрахуйте, в скільки разів збільшиться розчинність стронціаніту за рахунок гідролізу, якщо рН його насиченого розчину дорівнює 7,8.

|  |
| --- |
| 1. w(CO32-)=$\frac{Ka\_{1}\*Ka\_{2}}{[H^{+}]^{2}+Ka\_{1}\left[H^{+}\right]+Ka\_{1}\*Ka\_{2}}$=2,93\*10-3 (якщо pH=7,8)

S=[Sr2+]=$\frac{[CO\_{3}^{2-}]}{w(CO\_{3}^{2-})}$S2\*w(CO32-)=ДРS=1,94\*10-4 моль/л1. ДР=$[Sr^{2+}][CO\_{3}^{2-}]$, звідки s = [Sr2+] =$ДР/[CO\_{3}^{2-}]$.

Відповідно до рівняння гідролізу: CO32- + H2O = HCO3- + OH-$$\left[CO\_{3}^{2-}\right]=\frac{K\_{a2}\left[HCO\_{3}^{-}\right]}{\left[H^{+}\right]}$$Тоді:$$s=\frac{ДР\left[H^{+}\right]}{K\_{a2}\left[HCO\_{3}^{-}\right]}$$Вважаючи, що при даному рН весь карбонат перейшов в гідрокарбонат:$s=\sqrt{\frac{ДР\left[H^{+}\right]}{K\_{a2}}}$*=1,9\*10-4 М*Розчинність збільшиться в 18,1 разів. |

1. Розрахуйте розчинність стронціаніту в 0,01М розчині оцтової кислоти (Kа=1,75·10–5).

|  |
| --- |
| Практично повністю розчинний.Розчинність(стронціаніт) **≅ 0,76** г/л. |

**Задача 7. Тест**

1. Вкажіть формулу сполуки, у якій Хлор виявляє тільки окисні властивості

А. KCl Б. KClO В. KClO3 **Г. KClO4**

2. Вкажіть пару електролітів, які НЕ взаємодіють у водному розчині

А. Na2S та HCl

Б. K2CO3 та H2SO4

**В. NaBr та KOH**

Г. MgSO4 та (NH4)3PO4

3. Реакція відбувається за схемою А + Б → В + Г. Як зміниться швидкість реакції якщо концентрації речовин А та Б збільшити у 3 рази

А. збільшиться у 3 рази Б. зменшиться у 3 рази

**В. збільшиться у 9 разів** Г. не зміниться

4. Зазначте пару сполук, що є ізомерами

А. 2-метилгексан та 3-етилгексан

Б. 3-етилгексан та 2,3-диметилпентан

В. 3-етил-3-метилгексан та 2-метилгептан

**Г. 2-метилгексан та 2,3-диметилпентан**

5. Знайдіть відповідність між речовиною з якої можна добути етилен та типом реакції, яка при цьому відбувається

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Етан
 | А. крекінг |
| 1. Ацетилен
 | Б. дегідрогенізація |
| 1. Етанол
 | В. гідрогенізація |
| 1. Бутан
 | Г. гідроліз |
|  | Д. дегідратація |

**1Б, 2В, 3Д, 4А**

6. Розташуйте кислоти у порядку збільшення їхньої сили

А. оцтова Б. дихлороцтова В. пропіонова Г. трихлороцтова

**1В, 2А, 3Б, 4Г**

7. Обчисліть масу срібла, що утворюється при дії амоніачного розчину аргентум оксиду на розчин формаліну масою 300 г з масовою часткою речовини 2%.

**43,2 г**

Методична комісія зі складання завдань: Усенко О.Ю., Вест С.О., Плутенко М.О., Пунін С.В., Гавриленко К.С., Волочнюк Д.М., Філоненко І.О.