

Завдання з розв'язками
II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2017-2018 н.р.
11 клас

Завдання 1. Тести (6 балів: 1, 2, 3 – по 2 бали)

1. Свічки – дуже давній і популярний товар. У наш час свічки виготовляють з найрізноманітніших речовин і матеріалів. Відмітьте речовину, що НЕ використовують для виробництва свічок.

- А парафін
- Б гліцерол
- В віск
- Г стеарин
- Д сало

А	
Б	+
В	
Г	
Д	

Відповідь Б. Основне призначення свічок – горіння з метою освітлення приміщень. Отже, для виготовлення свічки можна використовувати будь-яку речовину, що здатна горіти. Але можна виділити ще одну ознаку матеріалу для свічок – він має бути твердим за звичайних умов. Отже, з наведених речовин усі здатні горіти, але гліцерол для виготовлення свічок не використовують. По-перше, гліцерол за звичайних умов рідкий, по-друге, він дуже сильно поглинає воду з повітря і при тривалому зберіганні може утворити негорючий розчин, по-третє, при горінні гліцеролу може утворюватися дуже токсична речовина – акролейн (з нею ви могли стикатися на кухні, оскільки акролейн також утворюється при підгорянні жиру і має дуже неприємний запах).

2. На сучасні сірники зазвичай наносять суміш бертолетової солі з сіркою й іншими речовинами. При цьому на сірниковий коробок наносять суміш червоного фосфору з абразивною речовиною, наприклад, з подрібненим склом. При терті сірника об коробок сірник займається. Укажіть хімічну реакцію, що відповідає за появу полум'я.

- А $S + O_2 = SO_2$
- Б $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$
- В $2KClO_3 + 3S = 2KCl + 3SO_2$
- Г $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$
- Д $5KClO_3 + 6P = 5KCl + 3P_2O_5$

А	
Б	
В	
Г	
Д	+

Відповідь Д. Суміш, нанесена на головку сірників, містить сірку та бертолетову сіль $KClO_3$, а суміш на коробці містить червоний фосфор та абразивну речовину. При терті головки сірника об коробок бертолетова сіль розкладається з утворенням атомів Оксигену (атомарного кисню): $KClO_3 \rightarrow KCl + 3O$. Червоний фосфор – хімічно активна речовина, що дуже добре горить, але на повітрі у присутності кисню він досить стійкий. Вільні атоми Оксигену набагато хімічно активніші за кисень в атмосфері, тому у присутності атомарного кисню фосфор на коробці самозаймається: $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$. І хоча весь фосфор на коробці не загоряється, але невеликої кількості достатньо для того, щоб запалити сірку.

3. Для харчування людини вкрай важливо хоча б іноді вживати гарячу їжу. Людям, які перебувають далеко від цивілізації, буває важко організувати гаряче харчування, особливо в умовах неможливості розведення багаття. Для цього вже майже 20 років випускають спеціальні саморозігрівні консерви. Принцип їхньої дії полягає в тому, що в нижній частині консервної банки є дві ємності з хімічними речовинами. У певний момент, при вилученні чеки, ці речовини змішуються, і виділяється велика кількість теплоти, що призводить до розігрівання вмісту консервної банки. Відмітьте хімічні речовини, які можна безпечно використовувати в таких консервах для розігріву вмісту.

- А сульфатна кислота й вода
 Б сульфатна кислота й калій гідроксид
 В калій і вода
 Г негашене вапно й вода
 Д вапняк і хлоридна кислота

А	
Б	
В	
Г	+
Д	

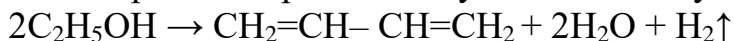
Відповідь Г. При змішуванні всіх наведених пар речовин виділяється велика кількість теплоти. Але для виробництва саморозігрівних ще має значення безпечність їх зберігання. Оскільки зазвичай консерви виготовляються із залізної жерсті, то її вміст не має з ним взаємодіяти, чого не можна сказати про сульфатну та хлоридну кислоти або калій. Отже, для розігрівання консервів використовують реакцію кальцій оксиду (негашеного вапна) з водою.

Задача 2. (8 балів)

Масова частка виходу дивінілу складає 75% від теоретично можливого. Обчисліть, скільки кілограмів дивінілу можна добути з 200 л етанолу, якщо масова частка спирту 96%, а густина 0,8 г/см³.

Розв'язок

1. Складаємо рівняння реакції добування дивінілу із спирту (реакція Лебедева)



2. Обчислюємо масу розчину етанолу

$$m(\text{р-ну } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,8 \text{ г/см}^3 \cdot 200000 \text{ см}^3 = 160000 \text{ г або } 160 \text{ кг}$$

3. Обчислюємо масу етанолу

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,96 \cdot 160 \text{ кг} = 153,6 \text{ кг}$$

4. Обчислюємо кількість речовини етанолу

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 153,6 \text{ кг} / 46 \text{ кг/кмоль} = 3,3391 \text{ кмоль}$$

5. Обчислюємо кількість речовини дивінілу за рівнянням реакції

$$n(\text{дивінілу}) = \frac{1}{2} n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{1}{2} \cdot 3,3391 \text{ кмоль} = 1,6696 \text{ кмоль}$$

6. Обчислюємо теоретичну масу дивінілу

$$m_{\text{теор}}(\text{дивінілу}) = 54 \text{ кг/кмоль} \cdot 1,6696 \text{ кмоль} = 90,2 \text{ кг}$$

7. Обчислюємо практичну масу дивінілу

$$m_{\text{практ}}(\text{дивінілу}) = 90,2 \text{ кг} \cdot 0,75 = 67,7 \text{ кг}$$

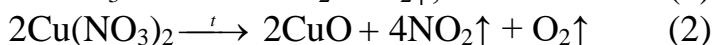
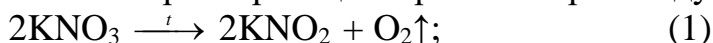
Відповідь: масу дивінілу дорівнює 67,7кг.

Задача 3. (10 балів)

Суміш нітратів Калію і Купруму масою 23,85 г піддали термічному розкладу. Газ, що утворився, за наявності мідного каталізатора пропустили через суміш, що містить бутан-1-ол і 2-метилпентан-2-ол. Після того, як до продуктів реакції додали аміачний розчин аргентум оксиду, випав осад масою 32,4 г. Визначте масу калій нітрату в суміші.

Розв'язок

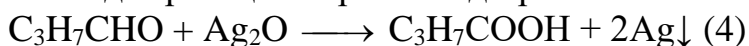
1. Зазначимо перебіг реакцій термічного розкладу:



2. Із суміші бутан-1олу та 2-метилпентан-2-олу лише бутан-1-ол взаємодіє з киснем, а третинний спирт не взаємодіє:



3. Бутаналь дає реакцію «срібного дзеркала»:



$$n(\text{Ag}) = \frac{32,4}{108 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль.}$$

4. За реакцією (4) $n(\text{бутаналу}) = 1/2 n(\text{Ag}) = 1/2 \cdot 0,3 \text{ моль} = 0,15 \text{ моль.}$

5. За реакцією (3) $n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{бутаналу}) = 0,075 \text{ моль.}$

6. Обчислюємо молярні маси калій нітрату і купрум(II) нітрату:

$$M(\text{KNO}_3) = 101,1 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 187,5 \text{ г/моль.}$$

5. Нехай масова частка калій нітрату в суміші становить x , тоді масова частка купрум(II) нітрату буде $1 - x$. Звідси:

$$n(\text{KNO}_3) = \frac{23,85x}{101,1} \text{ моль};$$

$$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{23,85(1-x)}{187,5} \text{ моль.}$$

6. За реакцією (1): $n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{KNO}_3) = \frac{23,85x}{2 \cdot 101,1};$

$$\text{за реакцією (2): } n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{23,85(1-x)}{2 \cdot 187,5}.$$

Складаємо алгебраїчне рівняння щодо кисню, що утворився за реакціями (1) і (2):

$$\frac{23,85x}{2 \cdot 101,1} + \frac{23,85(1-x)}{2 \cdot 187,5} = 0,075$$

Отже, $x = 0,21$

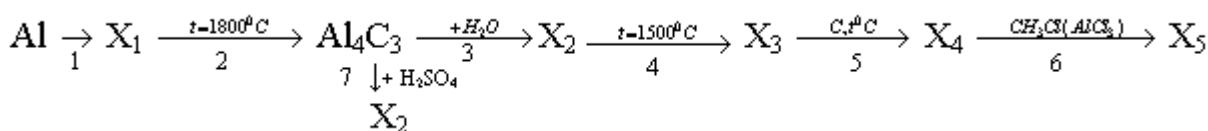
Відповідно $m(\text{KNO}_3) = 23,85 \cdot 0,21 = 5 \text{ г.}$

Задача 4. (10 балів)

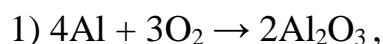
У результаті перетворень утворився кінцевий продукт X_5 , який широко використовують у хімічній промисловості під час органічного синтезу: для одержання вибухових речовин, барвників та як розчинник.

А Напишіть рівняння реакції, що відповідають зазначеній нижче схемі, укажіть їх умови проходження, визначте речовини X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , назвіть продукти реакцій.

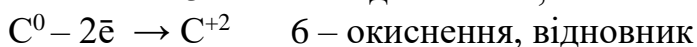
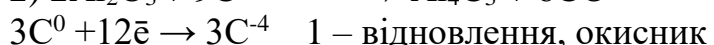
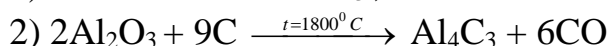
Б Для реакції 2 складіть схему електронного балансу, визначивши окисник і відновник.



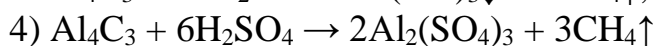
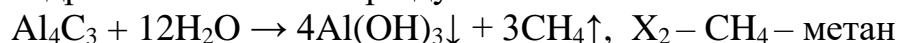
Розв'язок



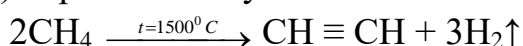
$X_1 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{алюміній оксид}$



3) Гідроліз алюміній карбїду

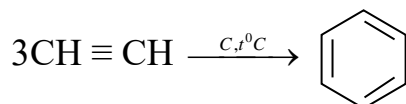


5) Піроліз метану за 1500°C



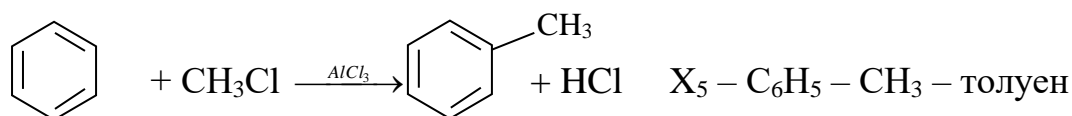
$X_3 - \text{CH}\equiv\text{CH} - \text{ацетилен}$

6) Тримеризація ацетилену



X₄ – C₆H₆ – бензен

7) Алкілювання бензену за реакцією Фріделя-Крафтса



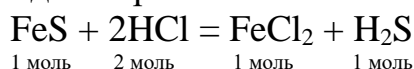
X₅ – C₆H₅ – CH₃ – толуен

Задача 5. (12 балів)

Обчисліть масові частки речовин у розчині, що утворився в результаті дії 25 мл розчину, в якому масова частка хлороводню 20% (густина 1,1 г/мл), на ферум(II) сульфід масою 4 г.

Розв'язок

1. Складаємо рівняння хімічної реакції.



1 моль 2 моль 1 моль 1 моль

2. Обчислюємо масу хлороводню

$$m_{\text{р-ну}}(\text{HCl}) = 25\text{мл} \cdot 1,1 \text{ г/мл} = 27,5\text{г}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 27,5 \text{ г} = 5,5\text{г}$$

3. Обчислюємо кількість речовини FeS та HCl.

$$n(\text{FeS}) = \frac{4\text{г}}{88\text{г/моль}} = 0,0454\text{моль}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{5,5\text{г}}{36,5\text{г/моль}} = 0,1507\text{моль}$$

4. В утвореному розчині містяться:

1) FeCl₂, що утворився під час хімічної реакції.

2) H₂S, який утворився під час хімічної реакції погано розчиняється 4,7 г у 1000 г води. Це ж лабораторний спосіб добування сірководню.

3) HCl, що не прореагував.

5. За рівнянням хімічної реакції: n(FeS) : n(HCl) = 1:2, тому HCl у надлишку, тоді розрахунки ведемо за FeS.

$$n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{FeCl}_2) = n(\text{FeS}) = 0,0454 \text{ моль.}$$

6. Обчислюємо маси FeCl₂ і H₂S, що утворилися під час реакції

$$m(\text{FeCl}_2) = 0,0454\text{моль} \cdot 127\text{г/моль} = 5,77 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{S}) = 0,0454\text{моль} \cdot 34\text{г/моль} = 1,53 \text{ г}$$

7. Обчислюємо кількість речовини HCl, який не прореагував. За рівнянням хімічної реакції, кількість речовини гідроген хлориду, що прореагував, дорівнює 0,09 моль, тоді кількість речовини HCl, яка не прореагувала, дорівнює:

$$n(\text{HCl}) = 0,15 \text{ моль} - 0,09 \text{ моль} = 0,06 \text{ моль}$$

8. Обчислюємо масу HCl у розчині.

$$m(\text{HCl}) = 0,06\text{моль} \cdot 36,5\text{г/моль} = 2,19 \text{ г}$$

9. Обчислюємо масу розчину.

$$m_{\text{р-ну}} = m_{\text{р-ну}}(\text{HCl}) + m(\text{FeS}) - m(\text{H}_2\text{S}) = 2,19\text{г} + 4\text{г} - 1,53\text{г} = 29,97\text{г}$$

10. Обчислюємо масові частки HCl, FeCl₂ і H₂S у розчині.

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{2,19\text{г}}{29,97\text{г}} \cdot 100\% = 7,3\%$$

$$\omega(FeCe_2) = \frac{5,77г}{29,97г} \cdot 100\% = 19,2\%$$

Відповідь: $w(HCl) = 7,3\%$, $w(FeCl_2) = 19,2\%$

Задача 6. (14 балів)

Крізь розведений розчин **Z** при 18 °С і 746 мм.рт.ст. пропустили протягом 10 хв. електричний струм. Процес здійснювали в комірці з інертними електродами. Утворився гримучий газ об'ємом 652,2 мл. Відомо, що речовину **Z** називають «кров'ю» хімії або «хлібом» хімічної промисловості.

А Назвіть і напишіть структурну формулу речовини **Z**, відповідь обґрунтуйте.

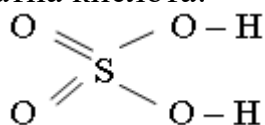
Б Напишіть рівняння реакцій, що відбувалися в комірці.

В Укажіть гази, які утворилися. Визначте їх об'єми.

Г Розрахуйте заряд електрона, прийнявши, що вихід за током дорівнює 1.

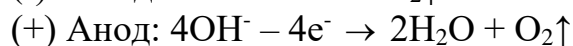
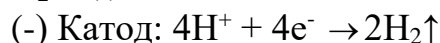
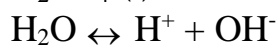
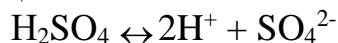
Розв'язок

А Сульфатна кислота:



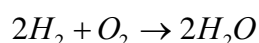
Сульфатна кислота – найважливіший продукт хімічної промисловості. Використовується для виробництва інших кислот, солей, основ, мінеральних добрив, барвників, штучних волокон, в органічному синтезі, очистці нафтопродуктів, цукру, олії та ін.

Б Рівняння реакцій:



В Водень – утворюється на катоді, кисень – на аноді. Гримучий газ – це суміш двох об'ємів водню і одного об'єму кисню. Обчислимо об'єм гримучого газу за н.у. (273 К, 760 мм.рт.ст.)

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}; V_0 = \frac{746 \cdot 652,2 \cdot 273}{291 \cdot 760} = 600,6(\text{мл})$$



$$V(O_2) = \frac{1}{3} V_{\text{грим.газ}} = 200,2 \text{ мл}; V(H_2) = \frac{2}{3} V_{\text{грим.газ}} = 400,4 \text{ мл};$$

Г Обчислимо кількість електрики.

$$11,2 \text{ л } H_2 - 96500 \text{ Кл}$$

$$0,4004 \text{ л } H_2 - X \text{ Кл}$$

$$X = 3449,9 \text{ Кл}$$

Обчислимо кількість речовини водню:

$$\nu(H_2) = \frac{0,4004 \text{ л}}{22,4 \text{ л / моль}} = 0,018 \text{ моль}$$

Враховуючи, що катодне співвідношення:

$$\nu(e^-) : \nu(H_2) = 4 : 2 \text{ або } 2 : 1, \text{ тобто } \nu(e^-) = 2 \cdot 0,018 = 0,036 \text{ моль},$$

$$\text{число електронів: } N(e^-) = 0,036 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,17 \cdot 10^{22}.$$

$$\text{Заряд електрона: } e^- = \frac{Q}{N(e^-)} = \frac{3449,9}{2,17 \cdot 10^{22}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$