

1. У лабораторії є два гази A_2 і B_2 та тверда речовина чорного кольору EO . Під дією світла з вибухом відбувається реакція сполучення A_2 і B_2 з утворенням речовини AB , яка добре розчиняється у воді. Якщо нагріти оксид EO з розчином AB , то розчин набуває блакитного забарвлення. Коли газ A_2 пропускати при нагріванні над порошком EO , утворюються вода і метал E , який не взаємодіє з розчином AB . Назвіть усі речовини, які брали участь у реакціях, і продукти цих реакцій. Напишіть відповідні хімічні рівняння.

Розв'язок:

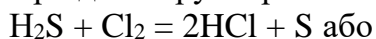
Описана в умові реакція $A_2 + EO \xrightarrow{t} E + H_2O$ вказує, що газом A_2 є водень – H_2 . Водень при освітленні (дія ультрафіолету) сполучається з вибухом саме з хлором. Отже газ B_2 це Cl_2 , а реакція $H_2 + Cl_2 = 2HCl$. Хлороводень добре розчиняється у воді з утворенням хлоридної кислоти.

Металу, який не взаємодіє з HCl , а оксид якого розчиняється в HCl з утворенням розчину блакитного забарвлення, відповідає мідь. Також, оксид Купруму (II) легко відновлюється воднем до металу при нагріванні: $H_2 + CuO \xrightarrow{t} Cu + H_2O$.

2. Крізь розчин сірководню у воді пропустили хлор. Розчин разом з продуктами реакції перенесли у порцелянову чашку і обережно упарили до припинення виділення газоподібних речовин, які забарвлюють зволожений лакмусовий папір у червоний колір. Що залишилось після упарювання, якщо під час дії цього розчину на розчини солей Натрію — карбонату, сульфату та сульфідну — виділяються газоподібні речовини? Які це гази? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

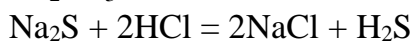
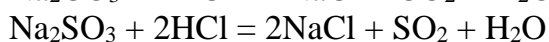
Розв'язок:

При дії хлору на розчин сірководневої кислоти відбуваються наступні реакції:

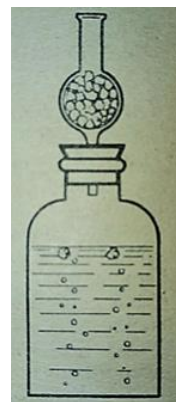


Розчин після пропускання хлору містить $HCl + S$. Залишок після упарювання – сірка.

З солями Натрію взаємодіє HCl :



3. Для визначення відносної атомної маси одного з лужних елементів використали прилад, зображений на рисунку. Він складається з посудини із дистильованою водою, пробки та трубки з літій оксидом. Маса приладу разом з водою та пробкою (однак без трубки з Li_2O) становить 200 г. Шматок лужного металу масою 1,4 г внесли в прилад і швидко закрили пробкою з трубкою з літій оксидом. Після завершення реакції металу з водою маса приладу без трубки становила 201 г. Який лужний метал було взято для досліджу? Для чого помістили в трубку літій оксид? Більшою чи меншою від зафіксованої була би маса приладу після завершення реакції, якщо б застосовували порожню трубку?



Розв'язок:

Маса водню, що виділилась при взаємодії лужного металу та води: $200 + 1,4 - 201 = 0,4$ грами.

$$\begin{array}{r}
 1,4 \qquad \qquad \qquad 0,4 \\
 2\text{Me} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MeOH} + \text{H}_2 \\
 2x \qquad \qquad \qquad 2 \\
 \frac{1,4}{2x} = \frac{0,4}{2}; x = 2 \cdot 1,4 \div 0,4 \div 2 = 3,5 \text{ г/моль}
 \end{array}$$

Під час формування фінальних умов завдань була зроблена помилка у масі приладу після завершення реакції. Вона повинна бути 201,2 грами. Отже маса водню повинна становити 0,2 г, а молярна маса невідомого металу 7 г/моль - Li.

Якщо не застосовувати трубку з літій оксидом то маса приладу буде більшою від зафіксованої внаслідок поглинання CO₂ з повітря розчином LiOH, який утворився після розчинення літію у воді.

4. Технологія одержання пігменту «тенарова синь»

Порцелянові вироби Китаю у яскравих синіх кольорах приховують таємницю виготовлення пігменту, який має назву «кобальтовий синій» або «тенарова синь». Сучасникам вдалося відновити його старовинний рецепт. Пігмент одержують у два етапи. Спочатку до розчину, що містить натрій карбонат, по краплях додають розчин кобальт (II) нітрату при перемішуванні. Отриманий осад лавандового кольору відповідає основному кобальт (II) карбонату з масовою часткою кобальту 53,44 %. До отриманого осаду після фільтрування та висушування додають алюміній оксид та нагрівають суміш у муфельній печі при 1200 °С протягом години до одержання яскраво-синього порошку. Завдання: 1) напишіть рівняння реакцій, які відбуваються в процесі виготовлення пігменту; 2) за допомогою розрахунків встановіть формулу основного карбонату кобальту (II).



Розв'язок:

Кобальт(II) гідроксокарбонат має змінну формулу, тому представимо цю основну сіль у вигляді комбінації Co(OH)₂ та CoCO₃ - xCo(OH)₂·(1-x)CoCO₃

$$\text{Mg}(x\text{Co}(\text{OH})_2 \cdot (1-x)\text{CoCO}_3) = 93x + (1-x)119$$

Для найпростішої формули xCo(OH)₂ + (1-x)CoCO₃ молярна маса розраховується за пропорцією:

$$53,44 \% \text{ мас Кобальту відповідає } 59 \text{ г/моль}$$

$$100 \% \text{ сполуки відповідає } \text{Mg}(\text{сполуки}) \text{ г/моль}$$

$$\text{Mg}(\text{сполуки}) = \frac{100 \times 59}{53,44} = 110 \text{ г/моль}$$

Підставляємо отримане значення у рівняння:

$$93x + (1-x)119 = 110$$

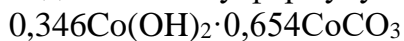
$$93x + 119 - 119x = 110$$

$$119 - 110 = 119x - 93x$$

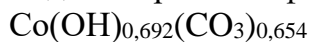
$$9 = 26x$$

$$x = 0,346$$

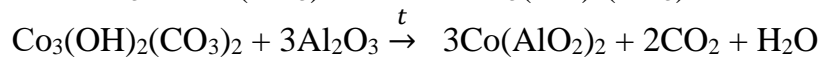
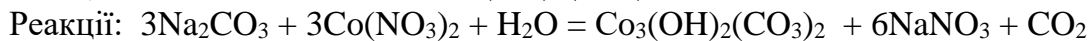
Підставляємо у формулу:



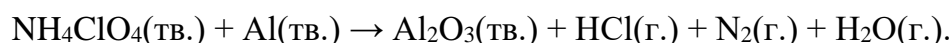
Тоді найпростіша формула основного карбонату буде



Отже, лавандовий осад – це $\text{Co}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$

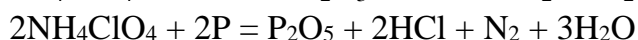


5. Твердий паливний елемент деяких космічних шатлів вивільняє 72 % своєї маси за перші 2 хв. після старту. Основною частиною паливного елемента є контейнер, що містить суміші амоній перхлорату та алюмінію. Складіть рівняння реакції за її схемою:

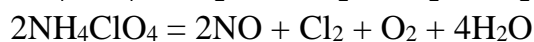
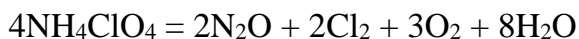
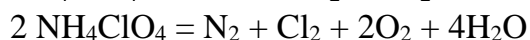
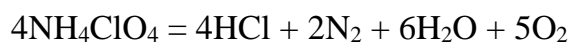


Які речовини будуть продуктами реакції, якщо алюміній замінити на фосфор? Запропонуйте схему розкладу амоній перхлорату.

Розв'язок:

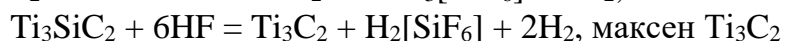
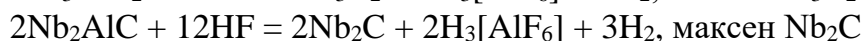


Реакція розкладу амоній перхлорату може відбуватися за декількома альтернативними механізмами:



6. Український вчений Юрій Гогоці відомий у світі завдяки відкриттю у 2011 році нового класу матеріалів, який отримав назву «максени» (анг. «MXenes»). Ідея науковця полягала у витонченому травленні кристалів карбіду Ti_3AlC_2 у фторидній кислоті так, що залишалися тоненькі лусочки графітоподібного карбіду Ti_3C_2 з унікальними напівпровідниковими властивостями, а алюміній, що з'єднував ці лусочки у початковому кристалі, утворював комплекс $\text{H}_3[\text{AlF}_6]$ та водень. На сьогодні цей клас матеріалів включає більш ніж 200 речовин, які можуть бути виготовлені травленням інших карбідів. На основі вказаної інформації складіть рівняння хімічних реакції карбідів Ti_3AlC_2 , Nb_2AlC та Ti_3SiC_2 із фторидною кислотою, вкажіть формули максенів, що при цьому утворюються.

Розв'язок:



7. Розташуйте картки на полі таким чином, щоб утворилась єдина схема перетворень речовин. Картки можна рухати $\leftarrow \uparrow \rightarrow \downarrow$, але не можна обертати; речовини мають «чергуватися» з умовами реакцій. Додайте до тривіальних назв речовин їхні назви за номенклатурою IUPAC і структурні формули. Які з цих речовин і для чого використовують у промисловості?

			бензаль-дегід	метил-цинамат	\leftarrow MeOH, H ₂ SO ₄ , кип'ятіння
			бензиловий спирт	стирен	ферментативне декарбоксілювання -CO ₂ \uparrow
			корична (цинамова) кислота	\leftarrow MnO ₂	SO ₃ H SO ₃ H SO ₃ H кип'ятіння з основою -H ₂ O, -CO ₂ \rightarrow

Розв'язок:

метил-цинамат	\leftarrow MeOH, H ₂ SO ₄ , кип'ятіння	стирен	бензаль-дегід <chem>c1ccccc1C=O</chem> бензальдегід або бензенкарбальдегід
SO ₃ H SO ₃ H SO ₃ H кип'ятіння з основою -H ₂ O, -CO ₂	корична (цинамова) кислота	ферментативне декарбоксілювання -CO ₂ \uparrow	бензиловий спирт <chem>c1ccccc1CO</chem> фенілметанол
бензаль-дегід	\leftarrow MnO ₂	бензиловий спирт	корична (цинамова) кислота <chem>c1ccccc1/C=C/C(=O)O</chem> 3-фенілпроп-2-енова кислота
			метил-цинамат <chem>c1ccccc1/C=C/C(=O)OC</chem> метиловий естер 3-фенілпроп-2-енової кислоти
			стирен <chem>c1ccccc1C=C</chem> етенілбензен

Наведені тут речовини використовуються в хімічній промисловості та лабораторному органічному синтезі як попередники для одержання багатьох інших органічних сполук, але кожна з них має свою «спеціалізовану» сферу застосування:

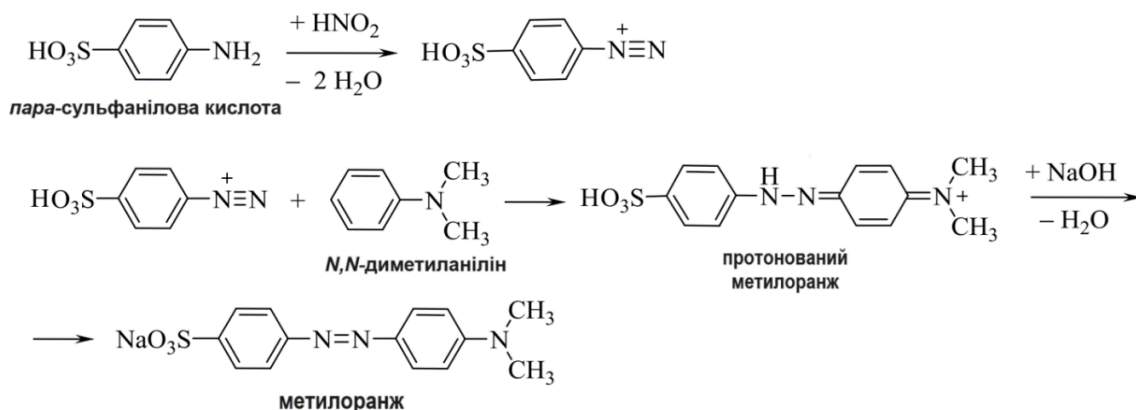
- Корична кислота – сполука природного походження, використовується як запашна речовина при виробництві продуктів харчування, напоїв, косметики та парфумерії.
- Її метиловий естер – також має приємний сильний запах і використовується переважно для виготовлення парфумів.
- Бензальдегід можуть додавати до продуктів і, рідше, косметичних засобів для надання їм запаху мигдалю.
- Бензиловий спирт теж додають до косметики і навіть до ліків, але як антибактеріальний засіб.
- Стирен відомий переважно як вихідна речовина (мономер) для синтезу полістирену – міцного полімеру з широкою сферою застосування.

8. Зобразіть схему синтезу метилоранжу із *N,N*-диметиланіліну та інших необхідних реагентів. З якою метою використовують метилоранж у хімічному аналізі? До якого класу барвників належить метилоранж? Наведіть приклади інших речовин цього класу, важливих для практики.

Розв'язок:

• Метилоранж синтезують взаємодією *N,N*-диметиланіліну та солі діазонію, отриманої із *para*-сульфанілової кислоти (цей тип реакцій називають азосполученням). Для одержання відповідної солі діазонію *para*-сульфанілову кислоту потрібно обробити нітритною кислотою. Нітритна кислота – нестабільна, швидко розкладається, тому її утворюють безпосередньо в розчині, де буде відбуватись реакція (розчиняють у розведеному водному лузі *para*-сульфанілову кислоту та нітрит натрію та додають соляну кислоту).

Ці перетворення можна зобразити наступним чином:

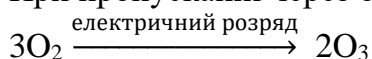


- Метилоранж – кислотно-основний індикатор, його часто використовують для титрування. Він має червоний колір у кислому середовищі та жовтий колір у лужному.
- Інтенсивне забарвлення метилоранжу обумовлене, зокрема, присутністю в його молекулі азогрупи (–N=N–). За цією ознакою він належить до азобарвників. Це дуже яскраво забарвлені, переважно хімічно стійкі речовини.

9. Сухе повітря, що містить 21 % кисню та 79 % азоту (об'ємні частки) пропустили через озонатор. Унаслідок перетворення частини кисню в озон об'єм початкової суміші зменшився на 3 %. Визначте об'ємні частки газів в отриманій суміші. Як можна визначити наявність озону в даній суміші? Яку функцію виконує озон у природі та яке значення він має в практичній діяльності людства? Відповідь проілюструйте хімічними рівняннями.

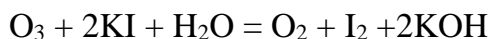
Розв'язок:

При пропусканні через озонатор має місце наступна реакція:



Візьмемо для спрощення обчислень, що через озонатор пропустили 100 л повітря (21 л кисню та 79 л азоту). Після проходження через озонатор об'єм суміші зменшився за рахунок перетворення частини кисню у озон. Згідно наведеного рівняння реакції зменшенню об'єму на 3 літри відповідає перетворення 9 л O_2 у 6 л O_3 . Отже після проходження реакції ми отримаємо суміш, що містить 79 л N_2 , 21 –

9 = 12 л O₂ та 6 л O₃. Процентний вміст цієї суміші наступний:
 $\varphi(\text{N}_2) = (79 \text{ л}/97 \text{ л}) \cdot 100 \% \approx 81,4 \%$,
 $\varphi(\text{O}_2) = (12 \text{ л}/97 \text{ л}) \cdot 100 \% \approx 12,4 \%$ та $\varphi(\text{O}_3) = (6 \text{ л}/97 \text{ л}) \cdot 100 \% \approx 6,2 \%$.
 Присутність озону можна визначити за допомогою його реакції із йодидом калію:



Змочений йодокрохмальний папірець (містить KI та крохмаль) буде синіти в атмосфері озону.

Озоновий шар захищає біосферу нашої планети від жорсткого ультрафіолету. Людство використовує озон для знезараження та очистки води.

10. Для виготовлення багаторазової сольової грілки для наших захисників учень вирішив приготувати розчин натрій ацетату у воді з масовою часткою солі 54 % та розлити його у вакуумовані пакетики з пускачем (речовиною, яка ініціює кристалізацію солі). Він розчинив 1 кг тригідрату натрій ацетату ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) у 250 мл води. Однак, в отриманому розчині сіль не кристалізувалася при терті або контакті з пускачем. Поясніть причину цього. За допомогою розрахунків установіть, який компонент розчину (сіль або воду) та в якій кількості потрібно додати до виготовленого учнем розчину, щоб сіль кристалізувалася і грілка працювала.

Розв'язок:

Знайдемо масову частку солі у розчині, що виготовив учень:

Якщо $M(\text{CH}_3\text{COONa}) = 82 \text{ г/моль}$

$M(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 136 \text{ г/моль}$

Кожні 136 кг $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ містять 82 кг CH_3COONa

А 1 кг $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ містить x кг CH_3COONa

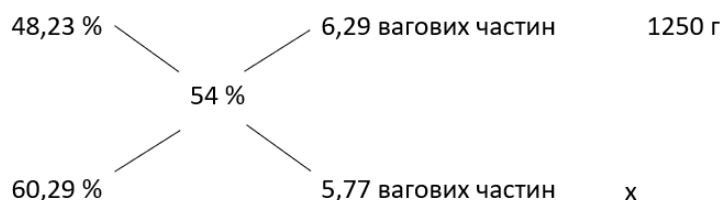
$$x = 1 \cdot 82 / 136 = 0,6029 \text{ кг}$$

Тоді розчин, що виготовив учень має таку масову частку солі:

$$w(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{0,6029}{1+0,25} = 48,23 \%$$

Тобто, учень виготовив розчин, масова частка в якому менша за значення для насиченого розчину. Висновок: треба додати ще солі (кристалогідрату $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Визначимо методом квадрата Пірсона кількість солі, яку треба додати до розчину:



$$X = 5,77 \cdot 1250 / 6,29 = 1146 \text{ г}$$

Відповідь: до утвореного розчину слід додати ще 1146 г $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$