

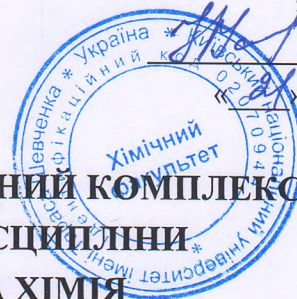
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра неорганічної хімії**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана  
з навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

2026 року



**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ**

для здобувачів освіти

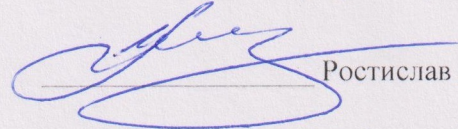
галузь знань	Е Природничі науки, математика та статистика
спеціальність	ЕЗ Хімія
освітній рівень	бакалавр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	обов'язкова
Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	7
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

КИЇВ – 2026

Розробник: Амірханов Володимир Михайлович, д.х.н., професор, професор кафедри неорганічної хімії.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри неорганічної хімії

  
Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 9 від « 21 » 05 2026 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 06 » травня 2026 року № 9

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 року

**Мета дисципліни** –надати студентам фундаментальну базу знань з основних положень сучасної неорганічної хімії; сформуванати підхід до розуміння властивостей хімічних елементів та сполук, що ґрунтується на основі сучасних уявлень про будову атомів, йонів та молекул, природу хімічного зв'язку; на основі одержаних теоретичних знань надати студентам практичні навички щодо планування та здійснення хімічних експериментів в рамках проведення лабораторних робіт по синтезу та вивченню властивостей хімічних елементів та сполук на їх основі.

## 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни

Викладання курсу «Неорганічна хімія» базується на опанованих студентами знаннях шкільного курсу хімії та фізики та передувє вивченню дисциплін професійного спрямування.

## 3. Анотація навчальної дисципліни

Зміст курсу "Неорганічна хімія" входить в обов'язковий мінімум професійних знань хіміка. В межах цієї дисципліни розглядаються питання будови і властивостей *s*- та *p*- елементів та сполук на їх основі з урахуванням положення у періодичної системи елементів. Увага приділяється розгляду сучасних методів ідентифікації та дослідження елементів, форм знаходження у природі та методів їх добування. Кожній підгрупі *s*- та *p*- елементів присвячується окремий розділ, де детально розглядаються закономірності у змінах властивостей елементів у межах підгрупи, а також властивості кожного окремого елемента, одержання простих та складних сполук на його основі та їх взаємоперетворення. Вагому увагу приділено огляду сучасного стану хімії *s*- та *p*- елементів, значення сполук на їх основі для розвитку матеріалознавства. Аналізуються новітні шляхи пошуку та дослідження нових неорганічних сполук з корисними функціональними властивостями для сучасних технологій.

## 4. Завдання (навчальні цілі):

- сформуванати у студентів ґрунтовні уявлення про зв'язок будови і властивостей хімічних елементів, їх простих та складних сполук із положенням елемента у періодичній системі;
- навчити аналізувати закономірності у змінах властивостей елементів у межах підгрупи, а також у межах періоду системи елементів;
- ознайомити студентів із сучасними методами ідентифікації та дослідження елементів та сполук на їх основі;
- надати знання про властивості окремих *s*- і *p*- елементів, про методи одержання простих та складних сполук на їх основі та взаємоперетворення між певними класами хімічних сполук, про форми знаходження у елементів природі та методи їх добування ;
- ознайомити студентів з основними закономірностями перебігу хімічних реакцій, вивчення умов їх проведення та скеровування в той чи інший напрямок для досягнення поставленої мети;
- розглянути сучасний стан хімії *s*- та *p*- елементів, оцінити значення сполук на їх основі для розвитку матеріалознавства, новітні шляхи пошуку та дослідження нових неорганічних сполук з корисними функціональними властивостями для сучасних технологій
- сформуванати у студентів необхідні навички та вміння роботи у хімічній лабораторії, планування експериментів, їх здійснення та вміння на їх основі робити обґрунтовані висновки та подальші кроки у одержання та вивченні нових сполук

Зміст курсу входить в обов'язковий мінімум професійних знань хіміка. Знання основних законів хімії, вміння складати хімічні рівняння, розуміти їх, виконувати по ним розрахунки, прогнозувати можливий характер хімічних процесів і властивості одержаних сполук, а також

наявність відповідних навичок та вмiле володіння технікою проведення експерименту є необхідними умовами успішної професійної діяльності в будь-якій галузі застосування хiмii.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань Е «Природничі науки, математика та статистика», спеціальність ЕЗ «Хімія») навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК2, ЗК3, ЗК9, ЗК10 та ФК2, ФК3, ФК7, ФК8, ФК9.

### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1. знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форма (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання* та порогів критерій оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результати навчання			
1.1	Знати та розуміти загальні властивості хімічних елементів основних підгруп першої-восьмої груп періодичної системи.	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	10
1.2	Знати та розуміти властивості окремих класів сполук для елементів основних підгруп.	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	6
1.3	Знати основні типи хімічних реакцій за участю елементів основних підгруп.	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	5
1.4	Знати основи планування та проведення хімічних експериментів за участю хімічних елементів (у вигляді простих та складних речовин).	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	7
2.1	Здійснювати експериментальну роботу під керівництвом викладача чи інженера, який обслуговує хімічний практикум з метою дослідження властивостей певних класів сполук за участю елементів основних підгруп.	Лабораторний практикум	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	5
2.2	Використання набутих знань та вмінь для порівняльних закономірностей сполук окремих підкласів, моделювання хімічних систем для пошуку нових сполук. Здійснення відповідних	Лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	9

	розрахунків та систем планування експериментів.			
2.3	Вміти описувати хімічні дані експериментів та оцінка їх використання для подальших синтезів як відомих сполук, так і невідомих їх аналогів.	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	8
2.4	Вміти пояснювати взаємозв'язок між будовою та властивостями окремих сполук в ряду їх подібних аналогів та передбачуваних нових, які ще не одержані.	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	10
2.5	Вміти працювати самостійно або в групі, отримувати необхідний результат у межах відведеного часу.	Лабораторний практикум	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	8
2.6	Готувати окремі сполуки, їх суміші та розчини для постановки запланованих експериментів.	Лабораторний практикум	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	6
3.1	Здатність до фахового спілкування в діалоговому режимі з колегами та цільовою аудиторією.	Лекції, лабораторний практикум	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	5
3.2	Вміння коректно використовувати мовні засоби в професійній діяльності залежно від мети спілкування.	Лекції, лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	4
4.1	Здатність вести професійну діяльність з найменшими ризиками для себе та оточуючих, а також для навколишнього середовища.	Лекції, лабораторний практикум	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	7
4.2	Здатність вчитись самостійно та самовдосконалюватися, нести відповідальність за власні судження та результати.	Лабораторний практикум, самостійні роботи	<i>ПКК, ПТК, ОДР, ПЕ</i>	10

*\*письмові курсові колоквиуми (ПКК)*

*групові письмові тематичні контрольні роботи (ПТК)*

*обов'язкові домашні (самостійні) роботи (ОДР)*

*письмовий іспит (ПЕ)*

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання.**

Результати навчання дисципліни(код)	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4
Програмні результати навчання (назва)	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2
P01. Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.	+				+	+		+			+			+
P03. Описувати хімічні дані у символічному вигляді.			+			+	+	+			+			
P04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.	+		+			+					+			+
P06. Розуміти періодичний закон та періодичну систему елементів, описувати, пояснювати та передбачати властивості хімічних елементів та сполук на їх основі.	+	+			+		+	+					+	+
P08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.			+	+		+							+	
P09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.			+	+	+	+	+				+			+

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **60/36 балів**, а саме:

- |    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| 1. | Модульна контрольна робота №1   | <b>8/5 балів</b> (РН: P01, P03, P04, P06)   |
| 2. | Модульна контрольна робота №2   | <b>8/5 балів</b> (РН: P01, P03, P04, P06)   |
| 3. | Модульна контрольна робота №3   | <b>8/5 балів</b> (РН: P01, P03, P04, P06)   |
| 4. | Модульна контрольна робота №4   | <b>8/5 балів в</b> (РН: P01, P03, P04, P06) |
| 5. | Лабораторні та домашні роботи:  | <b>22/9 балів</b> (РН: P08, P09, P17, P20)  |
| 6. | Письмовий курсовий колоквиум №1 | <b>6/4 бали</b> (РН: P01, P03, P04, P06)    |

### Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **40 балів /24 бали**.

Результати навчання які будуть оцінюватись: P01, P03, P04, P06, P08

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: 1 теоретичне питання - 15 балів, 7 практичних питань - 25 балів.

**Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою ніж 24 балів.**

**Студент допускається до іспиту, якщо протягом семестру він:**

набрав не менше, ніж **36 балів** та виконав і вчасно здав всі лабораторні роботи.

### 7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

1. Модульна контрольна робота №1 - не раніше 4 **тижня** семестру
2. Модульна контрольна робота №2 - не раніше 8 **тижня** семестру
3. Модульна контрольна робота №3 - не раніше 12 **тижня** семестру
4. Модульна контрольна робота №4 - не раніше 16 **тижня** семестру
5. Письмовий курсовий колоквиум - не раніше 16 **тижня** семестру
6. Лабораторні роботи виконуються виконується впродовж **1-17 тижня** семестру

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок.

<b>Відмінно/Excellent</b>	<b>90-100</b>
<b>Добре/Good</b>	<b>75-89</b>
<b>Задовільно/Satisfactory</b>	<b>60-74</b>
<b>Незадовільно / Fail</b>	<b>0-59</b>

**8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН.**

№	Назва	Кількість годин		
		лекції	лабораторні роботи	Самост. робота
<b>ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ I</b>				
1	Уявлення про будову атомів, йонів та молекул, природу хімічного зв'язку як основа для розуміння властивостей хімічних елементів та їх сполук. Огляд сучасних методів ідентифікації та дослідження хімічних елементів та складних сполук.	3		6
2	Гідроген. та лужні метали: загальна характеристика, спектральні, фізичні та хімічні властивості. Галузі застосування, біологічна роль.	2		4
	Лабораторна робота №1: «Хімічні властивості лужних металів та їх сполук»		4	2
3	Берилій. Магній. Лужноземельні елементи. Загальна характеристика, форми знаходження у природі, хімічні властивості, галузі застосування, аспекти біологічної дії.	2		4
	Лабораторна робота №2: «Хімічні властивості магнію, лужноземельних металів та їх сполук»		4	2
4	Бор, Алюміній, <i>p</i> -елементи підгрупи Галію (Галій, Індій, Талій): загальна характеристика, форми знаходження у природі, хімічні властивості, галузі застосування.	3		4
	Лабораторна робота №3: «Хімічні властивості бору, алюмінію, індію та їх сполук»		4	2
	Лабораторна робота №4: «Синтез 1. Неорганічний синтез з переліку викладача».		4	4
	<b>Модульна контрольна робота №1</b>			
<b>ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ II</b>				
5	Загальна характеристика елементів 14 групи (Карбон, Силіцій, Германій, Станум, Плюмбум) Карбон. Алотропні модифікації. Хімічні властивості. Оксиди. Карбонати. Нітрогенвмісні сполуки карбону. Бінарні сполуки Карбону. Біологічна роль Карбону.	4		6

6	Силіцій. Фізичні та хімічні властивості. Силікати. Силани, силосани, силікони. Бінарні сполуки Силіцію. Застосування сполук Силіцію у сучасних технологіях.	4		6
	Лабораторна робота №5: «Хімічні властивості сполук Карбону та Силіцію»		4	2
7	Хімічні властивості елементів підгрупи Германію (Германію, Стануму, Плюмбуму). Форми знаходження у природі. Добування та застосування Германію, Стануму, Плюмбуму та сполук на їх основі у сучасних технологіях.	2		4
	Лабораторна робота №6: «Хімічні властивості Стануму, Плюмбуму та їх сполук»		4	2
	Лабораторна робота №7: «Синтез 2. Неорганічний синтез з переліку викладача»		4	2
	<b>Модульна контрольна робота №2</b>			
<b>ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ III</b>				
8	Нітроген. Гідрогенвмісні бінарні сполуки нітрогену. Оксигенвмісні сполуки нітрогену. Нітратна кислота та її солі. Нітратні добрива. Бінарні сполуки нітрогену з металічними та неметалічними елементами. Застосування у промисловості та сучасних технологіях. Біологічна роль нітрогену.	4		6
	Лабораторна робота №8: «Хімічні властивості сполук Нітрогену з Гідрогеном»		4	2
	Лабораторна робота №9: «Хімічні властивості сполук Нітрогену з Оксигеном»			
9	Фосфор. Форми знаходження у природі. Хімічні властивості. Оксиди, кислоти, солі, фосфати та поліфосфати. Фосфатні добрива. Бінарні сполуки фосфору. Застосування фосфору та його сполук у промисловості та сучасних технологіях. Біологічна роль фосфору.	4		6
	Лабораторна робота №10: «Хімічні властивості Фосфору та його сполук»		4	2
10	Хімія елементів підгрупи Арсену (Арсен, Стібій, Бісмут). Форми знаходження у природі. Добування та застосування у промисловості та сучасних технологіях.	4		8

	Лабораторна робота №11: «Хімічні властивості Арсену, Стибію, Бісмуту та їх сполук»		4	2
	Лабораторна робота №12: «Синтез 3. Неорганічний синтез з переліку викладача»		4	2
	<b>Модульна контрольна робота №3</b>			
<b>ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ IV</b>				
<b>11</b>	Загальна характеристика елементів 16 групи (Оксиген, Сульфур, Селен, Телур, Полоній). Фізичні та хімічні властивості оксигену. Озон. Сірка, поліморфні модифікації. Сірководень та сульфід. Оксиди та оксигенвмісні кислоти Сульфуру. Сульфатна кислота та її солі. Бінарні сполуки Сульфуру. Халькогени, форми знаходження у природі, добування та застосування у промисловості та сучасних технологіях.	<b>4</b>		<b>6</b>
	Лабораторна робота №13: «Хімічні властивості Сульфуру та його сполук»		4	2
<b>12</b>	Загальна характеристика елементів 17 групи (галогенів). Хімічні властивості галогенів. Гідроген вмісні сполуки галогенів. Оксигенвмісні сполуки галогенів. Міжгалогенні сполуки. Форми знаходження у природі, добування та застосування у промисловості та сучасних технологіях. Біологічна роль галогенів	<b>4</b>		<b>4</b>
	Лабораторна робота №14 «Хімічні властивості Галогенів та їх сполук»		4	2
<b>13</b>	Загальна характеристика та хімічні властивості елементів 18 групи (інертні газ). Застосування у промисловості та сучасних технологіях.	<b>2</b>		<b>6</b>
	Лабораторна робота №15: «Синтез 4. Неорганічний синтез з переліку викладача»		4	2
<b>14</b>	Сучасний стан неорганічної хімії. Перспективи її розвитку.	<b>2</b>		<b>4</b>
	<b>Модульна контрольна робота №4</b>			
	<b>Разом</b>	<b>44</b>	<b>60</b>	<b>106</b>

Загальний обсяг 210 год., в тому числі:

Лекцій – 44 год.

Лабораторні заняття - 60 год

Самостійна робота - 106 год.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОПАНУВАННЯ МАТЕРІАЛОМ ДИСЦИПЛІНИ «НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ»

### Тема 1: «Уявлення про будову атомів, йонів та молекул, природу хімічного зв'язку як основа для розуміння властивостей хімічних елементів та їх сполук»

#### Загальна характеристика групи елементів включає наступні питання:

1. Положення в Періодичній системі, електронна будова зовнішнього електронного шару.
2. Аналіз у зміні потенціалів іонізації зовнішніх електронів. Оцінка зміні «металічності» (та/або «неметалічності») у властивостях із збільшенням порядкового номеру елементу групи.
3. Форми знаходження елементів групи у природі та оцінка їх розповсюдженості.
4. Зміна по групі фізичних та хімічних властивостей простих речовин елементів (та, при наявності, їх алотропних модифікацій).
5. Найбільш розповсюджені ступені окиснення елементів групи у сполуках, кореляція з положенням у періодичній системі, оцінка окисно-відновних властивостей.
6. Короткий опис оксидів та гідроксидів, що утворюють елементи групи, та оцінка змін кислотно-основних властивостей оксидів та гідроксидів із збільшенням порядкового номеру елементу групи.
7. Найбільш важливі для промисловості та сучасних технологій сполуки, що утворюють елементи групи.

Потрібно вміти визначати ступені окиснення елементів у сполуці, прогнозувати кислотність, основність (амфотерність) тієї чи іншої сполуки залежно від положення елементу в періодичній системі та його ступеня окиснення.

Пам'ятаємо, що перебіг окисно-відновних взаємодій часом суттєво залежить від кислотності середовища, концентрації, температури, наявності комплексоутворювачів. Потрібно завжди враховувати ці чинники при написанні реакцій.

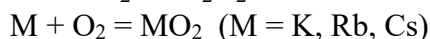
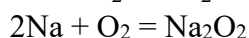
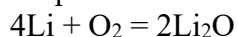
### Тема 2: «Гідроген. та лужні метали: загальна характеристика, спектральні, фізичні та хімічні властивості. Галузі застосування, біологічна роль».

Гідроген - найпоширеніший хімічний елемент у Всесвіті. Кількість Гідрогену у земній корі - близько 1 % за масою. Але за числом атомів – другий після Оксигену, тому значення Гідрогену в хімічних процесах, що відбуваються на Землі, майже таке велике, як і Оксигену. В умовах Землі Гідроген входить до багатьох природних сполук, найважливішою є вода. Три ізотопи Гідрогену мають власні назви:  $^1\text{H}$  - протій (H),  $^2\text{H}$  - дейтерій (D) і  $^3\text{H}$  - тритій (T). Практично весь Гідроген на Землі перебуває у вигляді сполук (незначна кількість - у атмосфері). Молекула Гідрогену - дуваатомна. Хімічний зв'язок - ковалентний неполярний. За нормальних умов водень мало активний (енергія дисоціації молекули 436 кДж/моль), тому для початку реакцій потрібна активація молекули (нагрівання, електричний розряд, освітлення)

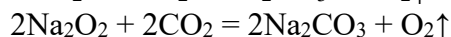
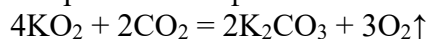
#### Хімічні властивості



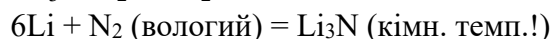
Згоряння на повітрі



Неорганічний «фотосинтез»:



Озоніди.



### Питання для самостійної роботи

Вода як «ідеальна» амфотерна сполука ( $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ ).

Одержання водню в лабораторії та промисловості.

Водневий зв'язок, його вплив на властивості речовин.

Хімічні основи водневої енергетики, її значення для екології.

Найважливіші солі лужних металів.

Реакції утворення сульфідів, нітридів, карбідів, силіцидів лужних елементів.

Реакції щодо добування лужних металів.

Виробництво питної соди ( $\text{NaHCO}_3$ ) та соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) за методом Сольве.

Виробництво  $\text{NaOH}$  та  $\text{Cl}_2$  з водного розчину  $\text{NaCl}$  із застосуванням ртутного катода

Принципова схема літєвого акумулятора, хімічні основи його роботи, значення для екології.

Біологічна роль лужних елементів.

### Питання для самоконтролю

1. Як реагують з киснем лужні метали? Напишіть відповідні рівняння реакцій та назвіть бінарні продукти взаємодії лужних металів з киснем. Поясніть зміну мольних співвідношень метал-кисень у цих продуктах із збільшення атомної маси лужного металу.
2. Напишіть рівняння хімічних реакцій, за якими можна добути оксиди лужних металів.
3. Якими рівняннями хімічних реакцій можна описати взаємодію суміші пероксиду натрію та надпероксиду калію, взятих у мольному співвідношенні 1:2, із вуглекислим газом? Чому ці реакції інколи називають «неорганічним фотосинтезом»?
4. Як змінюється сила основ та їх термічна стійкість у ряду  $\text{LiOH-NaOH-KOH-RbOH-CsOH}$ ?
5. Розчини лугів для титрування зберігають таким чином, щоб не було контакту з повітрям. Чому? Відповідь проілюструйте відповідними рівняннями хімічних реакцій.

### Тема 3: «Берилій. Магній. Лужноземельні елементи. Загальна характеристика, форми знаходження у природі, хімічні властивості, галузі застосування, аспекти біологічної дії»

В порівнянні з 1 групою – з'явився елемент Берилій, оксиди та гідроксиди якого проявляють амфотерні властивості. Це пов'язано із збільшенням заряду катіону до +2 ( $\text{Be}^{2+}$ ). У поєднанні з малим радіусом цього йону, це призводить до суттєвого збільшення поляризуючої дії  $\text{Be}^{2+}$ , і, як наслідок, збільшенню ковалентного внеску у зв'язок  $\text{Be-O}$  і стабілізації аніонів  $(\text{BeO}_2)^{2-}$ ,  $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$ . Ще один аспект високої поляризуючої дії  $\text{Be}^{2+}$  - здатність до утворення достатньо міцних комплексних сполук, що суттєво відрізняє цей елемент від інших представників 2 групи.

Всі представники 2 групи – метали. Для них характерна взаємодія з киснем, галогенами, воднем, водою, кислотами.

#### Хімічні властивості.

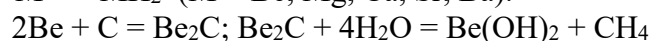
$2\text{Be} + \text{O}_2 = 2\text{BeO}$  - потрібна висока температура, бо плівка оксиду на поверхні є щільною

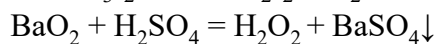
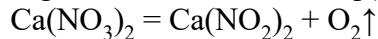
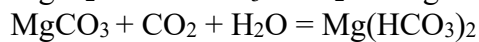
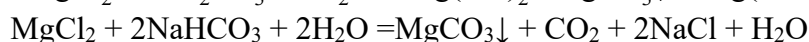
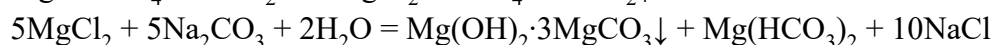
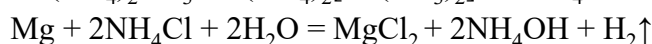
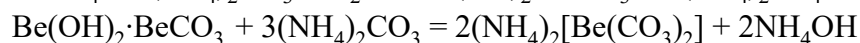
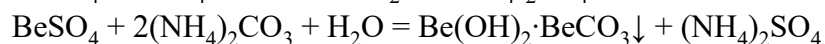
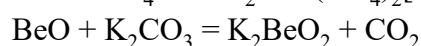
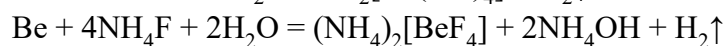
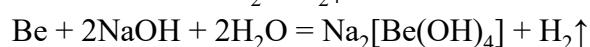
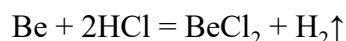
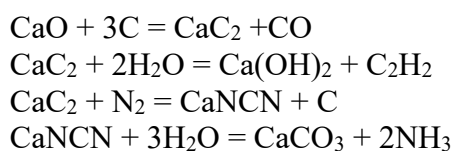
$2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$  – легко загоряється, горить із засліплюючим полум'ям.

$\text{Ba} + \text{O}_2 = \text{BaO}_2$  – пероксид утворюється завдяки великому радіусу та слабкої поляризуючої дії  $\text{Ba}^{2+}$ . на угрупування  $(\text{O}_2)^{2-}$

$\text{M} + \text{H}\text{Hal}_2 \rightarrow \text{M}\text{Hal}_2$  ( $\text{M} = \text{Be, Mg, Ca, Sr, Ba}$ ;  $\text{Hal} = \text{F, Cl, Br, I}$ ) – реакції відбуваються при різних температурах, із флуором –при кімнатній

Гідриди:  $\text{H}_2 + \text{M} \rightarrow \text{MH}_2$  ( $\text{M} = \text{Be, Mg, Ca, Sr, Ba}$ ).





### Питання для самостійної роботи

Розглянути зміну кислотно-основних властивостей оксидів та гідроксидів Берилію, Магнію та Лужноземельних елементів залежно від природи металу.

Пероксиди. Зміна властивостей залежно від природи металу – поляризуючої дії катіону.

Жорсткість води. Накип. Способи пом'якшення води.

Найбільш розповсюджені у природі солі (фториди, хлориди, нітрати, карбонати, фосфати) – їх властивості та використання.

Цемент та магнезіальний цемент.

Добування металів – берилію, магнію, лужноземельних елементів.

Біохімічна роль магнію та кальцію.

### Питання для самоконтролю

1. При взаємодії водного розчину хлориду магнію з розчинами карбонату натрію та гідрокарбонату натрію утворюються осади різного складу. Напишіть рівняння відповідних реакцій та поясніть відміни у хімічному складі цих осадів.
2. Металічний кальцій в лабораторіях часто використовують для зневоднення органічних розчинників. Яка реакція лежить в основі цього процесу? Як його провести на практиці?
3. Як розділити суміш карбонатів берилію та магнію? Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.
4. Відомо, що сульфат барію є надзвичайно погано розчинною у воді сполукою. Для отримання яких речовин можна використати цю властивість? Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій. Наведіть приклади застосування сульфату барію.
5. Якщо стрічку з металічного магнію запалити на повітрі, вона загоряється з виділенням сліпучого світла. При зануренні її у посудину з  $\text{CO}_2$ , горіння не припиняється. Рівняннями яких реакцій можна описати згадані процеси?

### Тема 4: «Бор, Алюміній, р-елементи підгрупи Галію (Галій, Індій, Талій): загальна характеристика, форми знаходження у природі, хімічні властивості, галузі застосування».

Очолює 13 групу типовий неметал - Бор, а хімічні властивості інших елементів цієї групи відрізняються переважно «металічним» характером, який посилюється від Алюмінію до Талію.

Потрібно відзначити також суттєву амфотерність оксидів та гідроксидів наступних за Бором елементів: Алюмінію, Галію та Індію. Аналогічні сполуки Талію мають переважно основний характер.

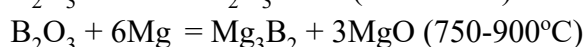
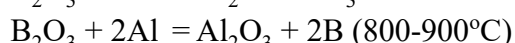
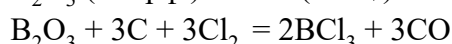
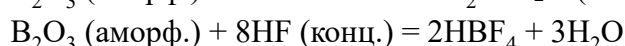
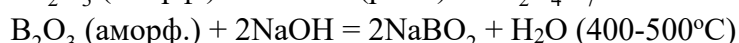
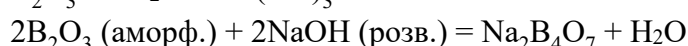
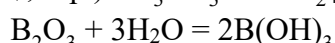
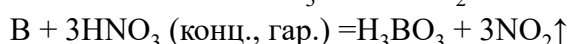
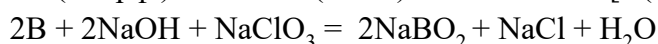
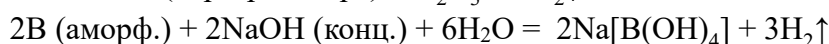
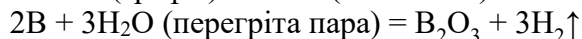
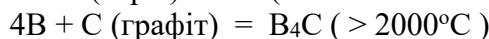
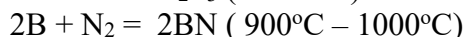
Природа зв'язку елементів XIII групи в їх сполуках змінюється від переважно ковалентної до іонної, що корелює зі зміною атомних радіусів, електронегативностей та потенціалів іонізації вниз по групі (див. табл. 6.1). Зменшення потенціалів іонізації із збільшенням порядкового номеру призводить до того, що важкі елементи входять до складу їх сполук переважно у вигляді катіонів.

Немонотонна зміна температур плавлення простих речовин пояснюється змінами у типах кристалічної ґратки та природі міжатомних взаємодій, які реалізуються для конкретних алотропних модифікацій елементів 13 групи. Наприклад, незвичайно низька температура плавлення металічного галію обумовлена легкістю та міцністю утворення димерних часточок Ga<sub>2</sub> із суттєвим ковалентним внеском у взаємодію між атомами галію.

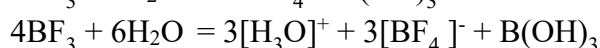
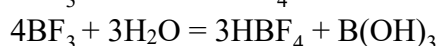
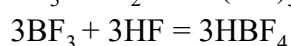
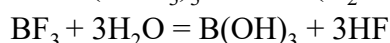
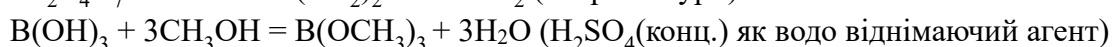
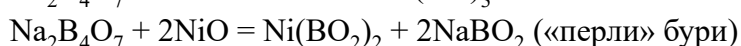
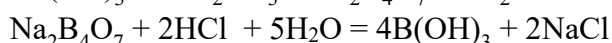
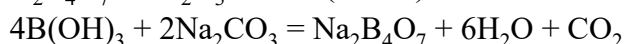
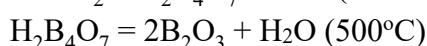
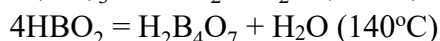
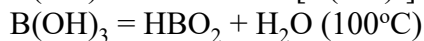
Бажано розглянути хімічні властивості в три етапи: властивості бору, алюмінію та потім підгрупу галію. Хімічні властивості простих речовин традиційно: реакції з киснем, галогенами, іншими неметалами, воднем, водою, кислотами, лугами.

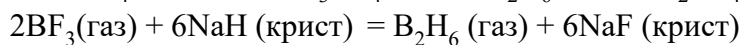
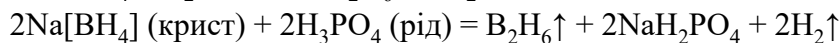
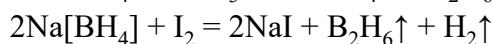
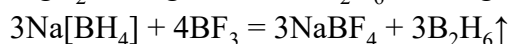
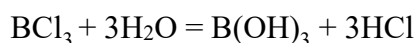
### Хімічні властивості

#### Бор.

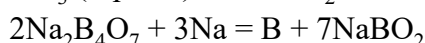
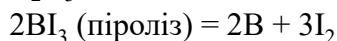
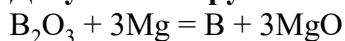


$\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + [\text{B}(\text{OH})_4]^-$  - пояснення кислотних властивостей ортоборатної кислоти

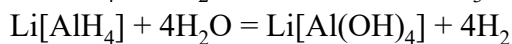
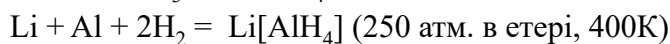
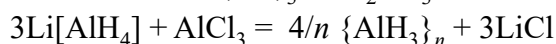
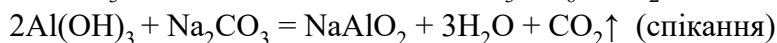
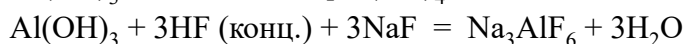
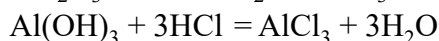
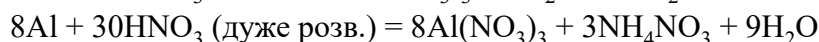
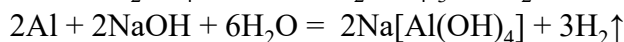
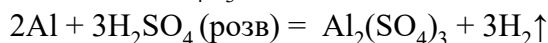
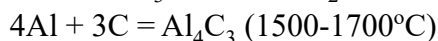
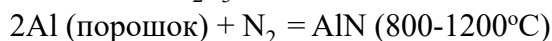
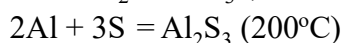
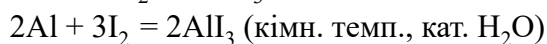




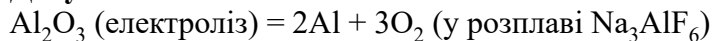
#### Добування бору



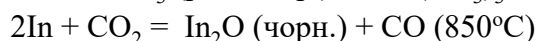
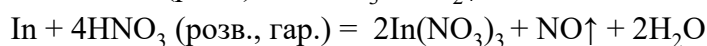
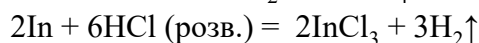
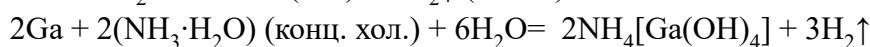
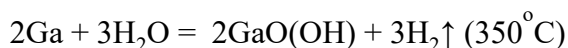
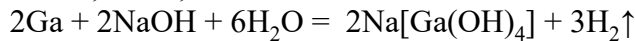
#### Алюміній.

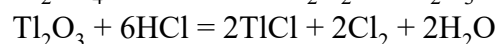
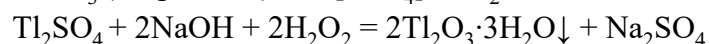
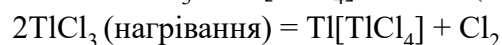
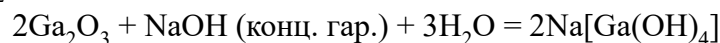
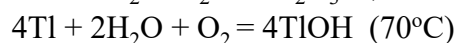
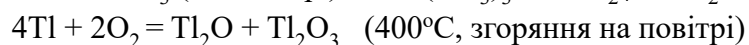
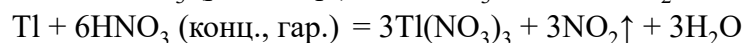
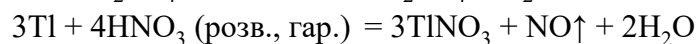
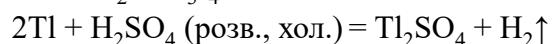
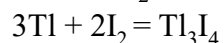
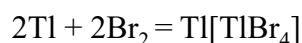


#### Добування алюмінію:



#### Галій, індій, талій.





### Питання для самостійної роботи

Борани, особливості їх електронної будови.

Сполуки, що містять зв'язки бор-нітроген: алотропні модифікації нітриду бору, боразен ( $\text{C}_3\text{N}_3\text{H}_6$ ), особливості природи зв'язку BN.

Процеси оляції та оксоляції на прикладі гідролізу солей алюмінію.

Проаналізувати зміни кислотно-основних та окисно-відновних властивостей сполук елементів в межах підгрупи галію.

### Питання для самоконтролю

1. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



Вкажіть, за яких умов відбувається кожна реакція.

2. Металічний алюміній в принципі є достатньо корозійно стійким матеріалом, але використання алюмінієвого посуду для приготування їжі має певні обмеження. Які і чому? Напишіть приклади реакцій взаємодії алюмінію з кислотами та лугами.

3. Що відбувається при нейтралізації розчину ортоборатної кислоти розчином гідроксиду натрію? Сіль якої кислоти при цьому утворюється?

4. Як реагують металічні галій та талій з сульфатною кислотою та гідроксидом натрію? Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.

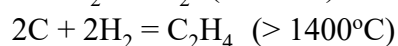
5. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\text{Tl}_2\text{O}_3$  з концентрованою соляною кислотою.

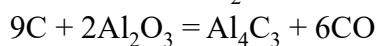
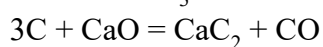
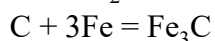
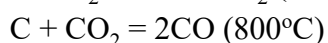
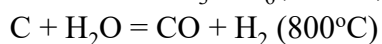
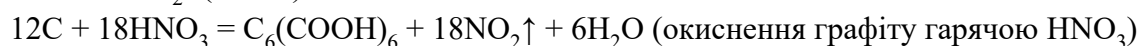
**Тема 5: «Загальна характеристика елементів 14 групи (C, Si, Ge, Sn, Pb). Карбон. Алотропні модифікації. Хімічні властивості. Оксиди. Карбонати. Нітрогенвмісні сполуки карбону. Бінарні сполуки Карбону. Біологічна роль Карбону»**

При порівнянні властивостей карбону та силіцію звернути увагу на переважно ковалентний характер зв'язків карбону з іншими елементами, та суттєвий йонний внесок (до 50%) у зв'язки за участю силіцію (можна на прикладі порівняння властивостей  $\text{CO}_2$  та  $\text{SiO}_2$ ). Відмінності обумовлені перш за все появою у силіцію d-підрівня та збільшенням ковалентного/йонного радіусу.

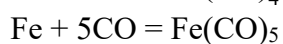
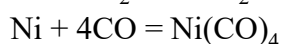
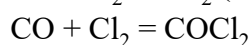
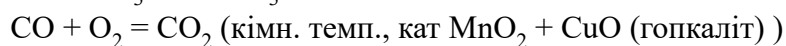
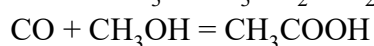
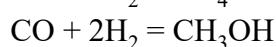
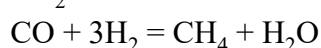
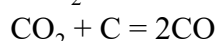
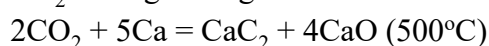
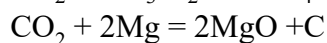
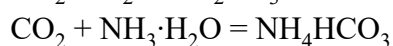
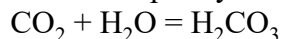
Хімічні властивості простих речовин розглядаємо у традиційній послідовності: реакції з киснем, галогенами, іншими неметалами, воднем, металами, водою, кислотами, лугами. Звернуть увагу на зміни хімічних властивостей залежно від фазового стану (алотропної модифікації).

### Хімічні властивості

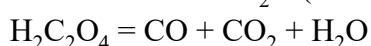
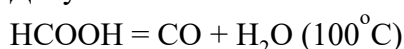




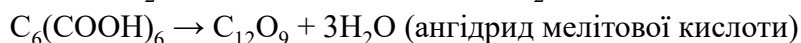
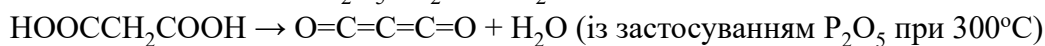
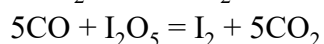
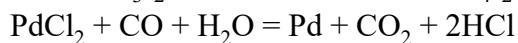
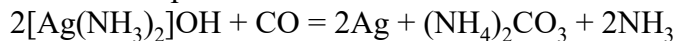
Оксиди карбону



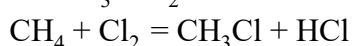
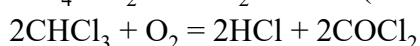
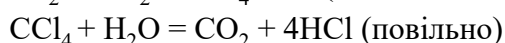
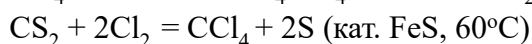
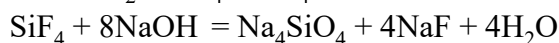
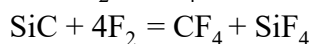
Добування CO:



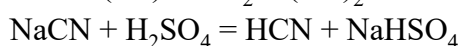
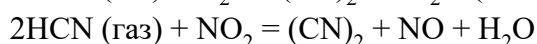
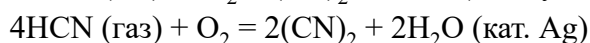
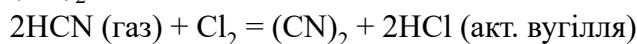
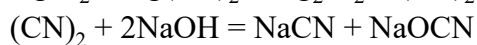
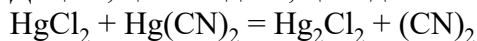
Аналітичні реакції на CO:

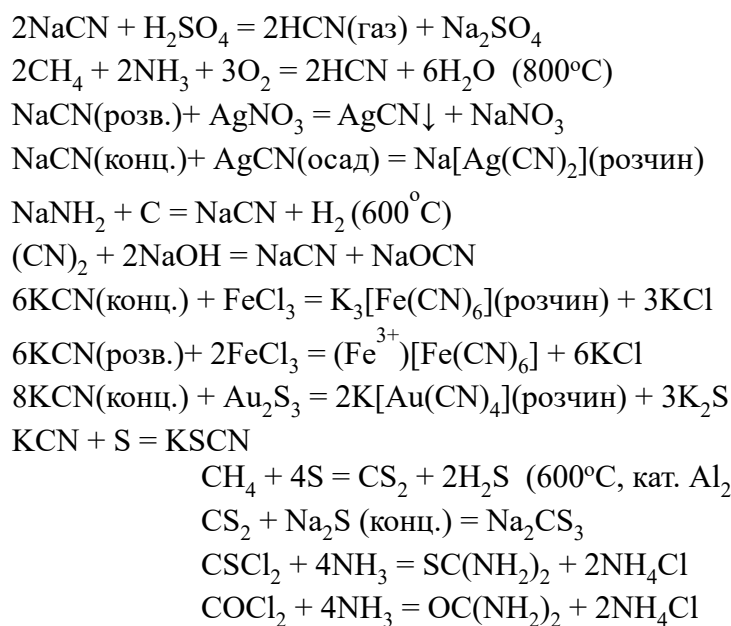


Властивості тетрагалогенідів карбону



Диціан, ціановодень, ціаніди





### Питання для самостійної роботи

Особливе значення елементу карбону як основу живої природи, а силіцію – «неживої» природи (основи земної кори).

Механізми утворення  $sp$ -,  $sp^2$ - та  $sp^3$  гібридних станів, геометричні характеристики молекул, в яких реалізується відповідний тип гібридизації. Зміни «неметалічності» та «металічності» елементів 14 групи, стійкості ступенів окиснення +2 та +4 із збільшенням порядкового номеру елементу групи.

Пояснення властивостей алотропних модифікацій карбону (алмаз, графіт, карбін, графен, фулерени, вуглецеві нанотрубки) з точки зору будови атому та реалізації відповідної кристалічної ґратки (будови молекули).

### Питання для самоконтролю

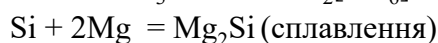
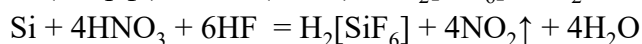
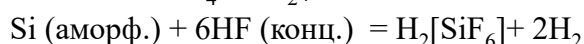
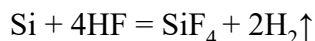
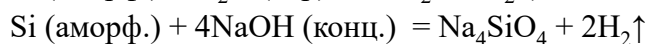
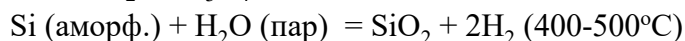
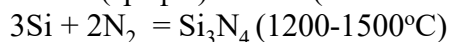
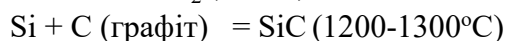
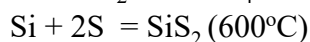
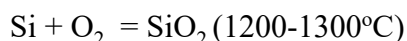
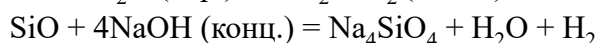
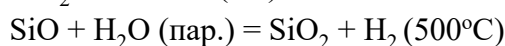
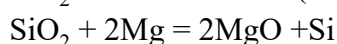
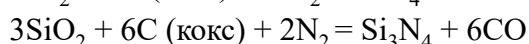
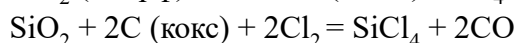
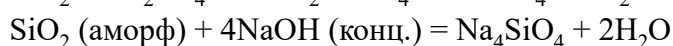
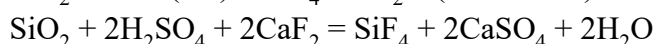
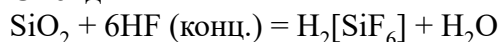
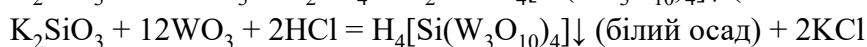
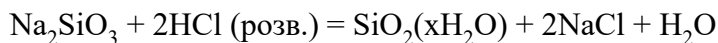
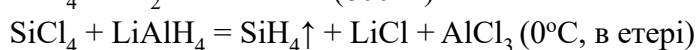
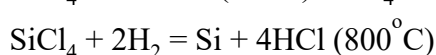
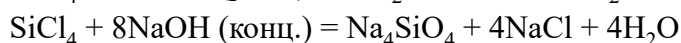
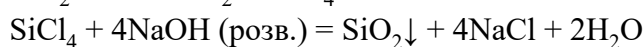
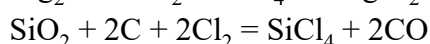
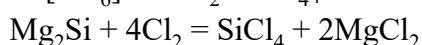
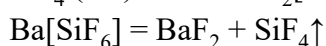
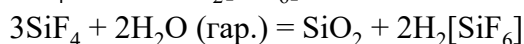
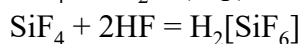
1. Карбонат кальцію у воді майже нерозчинний. Тим не менш, у природі у шарах вапняку часто утворюються величезні порожнини (карстові печери). Які хімічні реакції описують процес «розчинення» вапняку? Чи є ці реакції оборотними?
2. Чому ціанід іон відносять до так званих «псевдогалогенід іонів»? Відповідь проілюструйте відповідними рівняннями хімічних реакцій.
3. Напишіть рівняння реакцій для здійснення ланцюга перетворень:  
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{CaNCN} \rightarrow \text{NH}_3$  (7 балів)
4. Напишіть рівняння хімічних реакцій розчинення металічних золота та срібла у водному розчині ціаніду калію на повітрі.

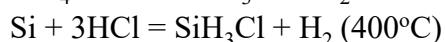
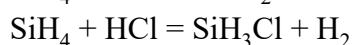
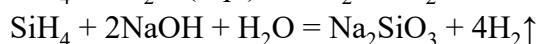
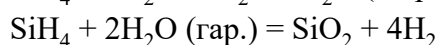
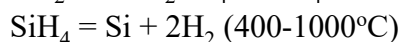
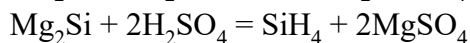
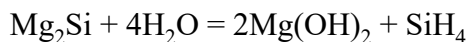
## Тема 6: «Силіцій. Фізичні та хімічні властивості. Силікати. Силани, силоскани, силікони. Бінарні сполуки Силіцію. Застосування сполук Силіцію у сучасних технологіях»

Вміст Силіцію у земній корі складає 27,6 % за масою. Фактично він є основою «неживої» природи. Відомо понад 400 мінералів, що містять кремній. Найважливіші мінерали Силіцію – силікати та кремнезем. У разі ізоморфного заміщення в їхній структурі частини кремнію алюмінієм, утворюються алюмосилікати.

Вільний Силіцій – проста речовина - може існувати в аморфному і кристалічному стані. Кристалічний кремній є напівпровідником та використовується у сучасних технологіях для виготовлення мікропроцесорів.

За звичайної температури Силіцій досить пасивний і взаємодіє лише з Флуором. За високих температур взаємодіє з багатьма іншими елементами.

**Хімічні властивості****Оксиди****Силікати****Галогеніди**

**Силани****Питання для самостійної роботи**

Природа хімічного зв'язку Силіцій-Оксиген.

Як на основі кристалічного Силіцію створюють напівпровідникові матеріалу *p*-типу та *n*-типу?

Яким чином можна отримати надчистий (99,9999%) Силіцій для електронної промисловості.

Силіциди. Отримання та хімічні властивості.

Силоксани (силікони) – способи отримання та застосування.

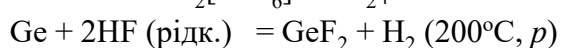
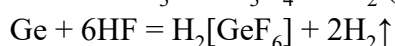
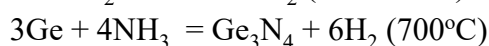
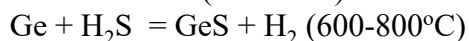
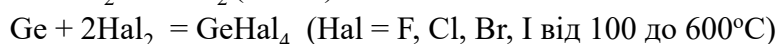
**Питання для самоконтролю**

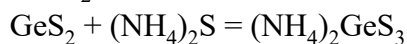
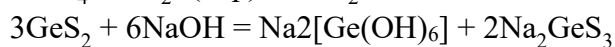
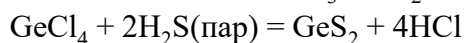
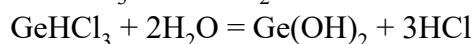
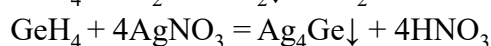
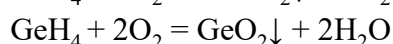
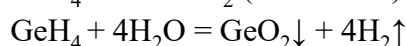
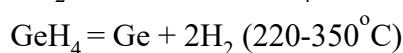
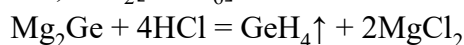
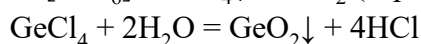
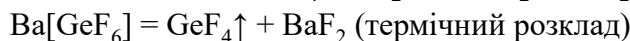
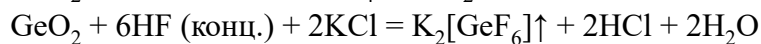
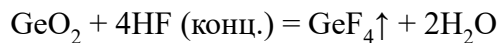
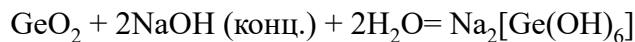
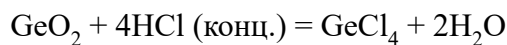
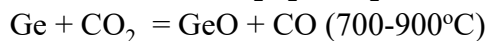
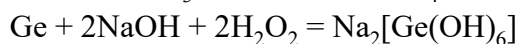
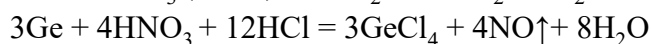
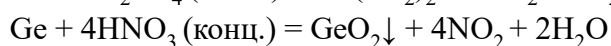
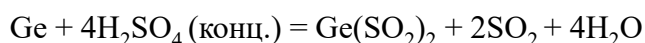
1. Чому силіцій розчинний у суміші плавикової та нітратної кислот, але не розчинний у царській воді (латинською мовою «aqua regia»)? Відповіді проілюструйте рівняннями реакцій
2. Що відбувається при дії хлору на розжарену суміш діоксиду силіцію та вугілля? Напишіть відповідне рівняння хімічної реакції.
3. Чому силіцій розчинний у суміші плавикової та нітратної кислот, але не розчинний у царській воді?
4. Напишіть рівняння реакцій гідролізу  $\text{SiF}_4$  та  $\text{SiCl}_4$ . З чим пов'язані відмінності поведінки цих сполук по відношенню до води? (6 балів)

**Тема 7: «Хімічні властивості елементів підгрупи Германію (Германію, Стануму, Плюмбуму). Форми знаходження у природі. Добування та застосування Германію, Стануму, Плюмбуму та сполук на їх основі у сучасних технологіях»**

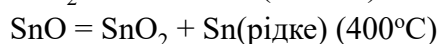
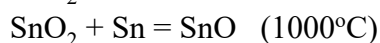
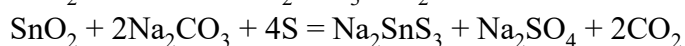
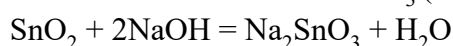
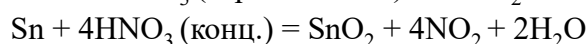
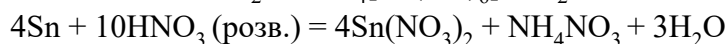
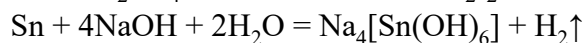
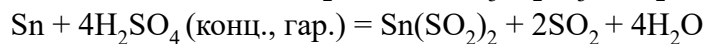
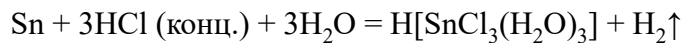
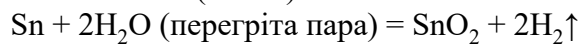
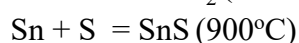
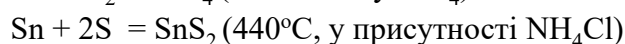
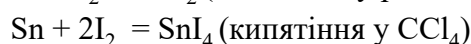
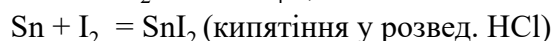
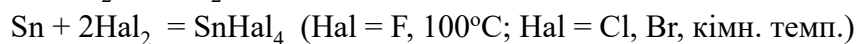
Зміну хімічних властивостей простих речовин Германію, Стануму, Плюмбуму із збільшенням порядкового номеру елементу можна прослідкувати на прикладі реакцій з Оксигеном, галогенами, іншими неметалами, Гідрогеном, металами, водою, кислотами, лугами.

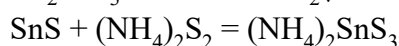
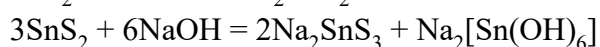
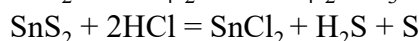
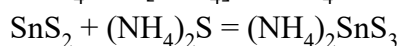
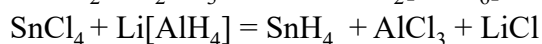
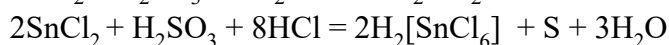
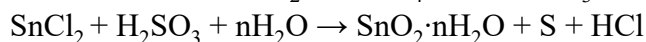
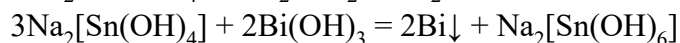
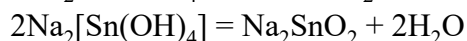
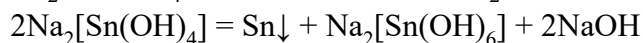
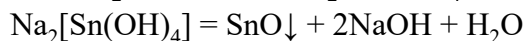
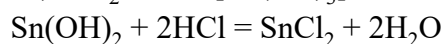
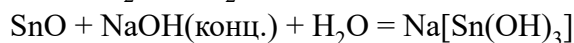
Степінь окиснення +4 дестабілізується від Германію до Плюмбуму. Так, наприклад, оксид  $\text{PbO}_2$  проявляє властивості дуже потужного окисника. Це пов'язано з так званим ефектом «інертної»  $6s^2$  електронної пари.

**Хімічні властивості****Германій**

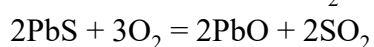
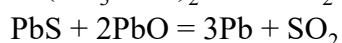
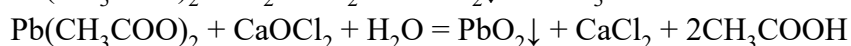
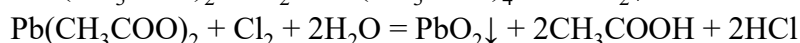
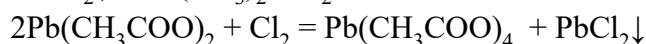
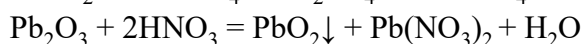
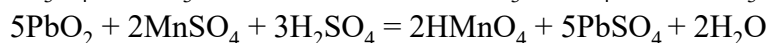
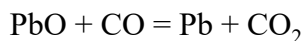
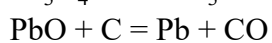
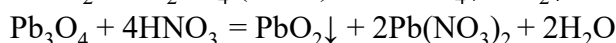
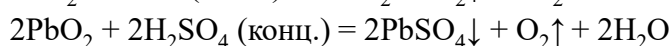
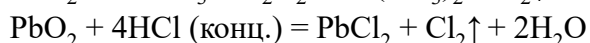
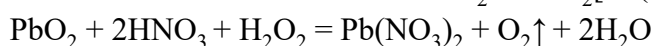
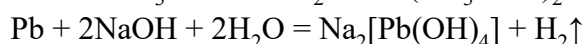
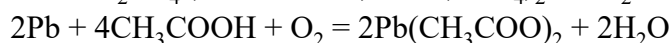
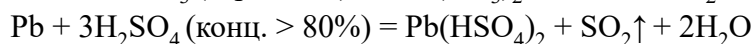
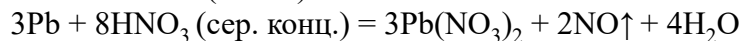
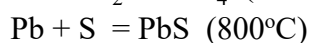
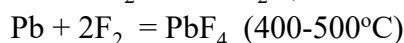
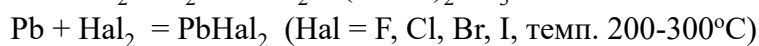
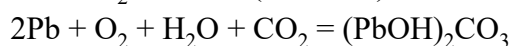
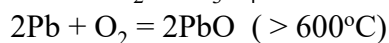
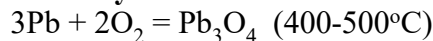


### Станум





### Плюмбум



### Питання для самостійної роботи

Прослідкувати зміну «металічності» в ряду елементів підгрупи германію, зміну стійкості ступенів окиснення +2 та +4, а також зміну кислотно-основних та окисно-відновних характеристик сполук на основі елементів підгрупи германію в ступенях окиснення +2 та +4.

### Питання для самоконтролю

- Звичайні консервні банки виробляють з тонкого листового заліза, вкритого шаром олова. Використані банки переробляють з метою відокремлення порівняно дорогого металу – олова. Які реагенти можна використати для реалізації цього процесу? Відповідь проілюструйте відповідними рівняннями хімічних реакцій.
- Які хімічні реакції лежать в основі роботи свинцево-кислотного акумулятору? Яка властивість сульфату свинцю була визначальною при створенні цього джерела електричного струму?
- Які речовини, що містять свинець, можна отримати при дії концентрованої нітратної кислоти на свинцевий сурик ( $Pb_3O_4$ )?
  - $Pb(NO_3)_2$  та  $Pb(NO_3)_4$
  - $PbO$  та  $Pb(NO_3)_4$
  - $Pb(NO_3)_2$  та  $PbO_2$
  - реакція не відбувається
- Суміш олова та свинцю нагріли в концентрованій нітратній кислоті. Після завершення реакції осад виділили, висушили та прожарили. Якій склад осаду? Що знаходиться у розчині? Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
- Взаємодія якого оксиду з концентрованим розчином  $HCl$  призводить до виділення вільного хлору? (3 бали)
  - $PbO_2$
  - $SnO_2$
  - $GeO_2$
  - $SiO_2$

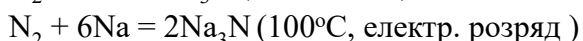
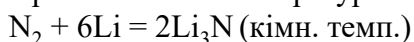
### Тема 8: «Нітроген. Гідрогенвмісні бінарні сполуки нітрогену. Оксигенвмісні сполуки нітрогену. Нітратна кислота та її солі. Нітратні добрива. Бінарні сполуки нітрогену з металічними та неметалічними елементами. Застосування у промисловості та сучасних технологіях. Біологічна роль нітрогену»

Зверніть увагу на зміну хімічних властивостей по 15 групі від суто неметалічних до типово металічних, на кореляцію основних ступенів окиснення елементів 15 групи з будовою їх атомів. Зауважити на зменшення стійкості вищого ступеня окиснення для сполук бісмуту (ефект «інертної»  $6s^2$  електронної пари).

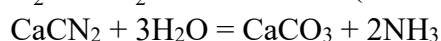
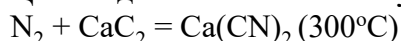
Особливість хімії нітрогену – можливість реалізації для його неорганічних сполук всіх ступенів окиснення від +5 до -3.

#### Хімічні властивості

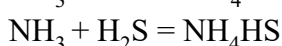
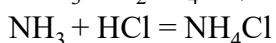
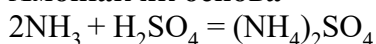
При кімнатній температурі азот реагує лише з літієм

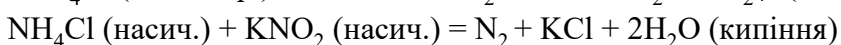
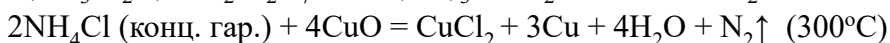
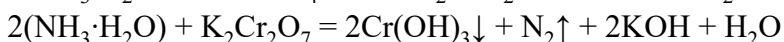
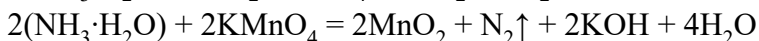
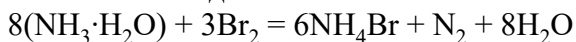
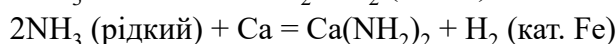
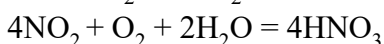
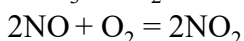
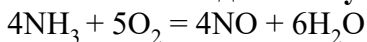
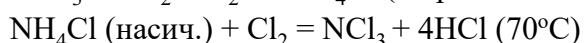
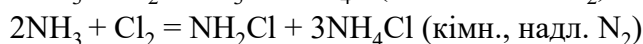
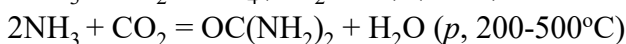
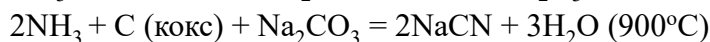
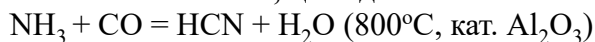
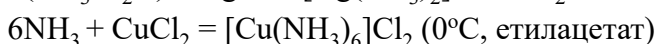
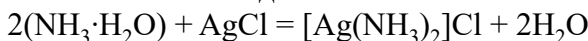
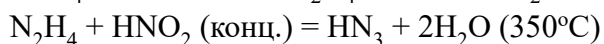
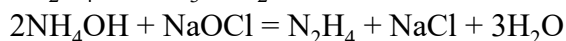
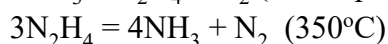
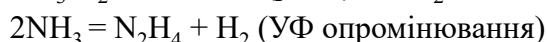
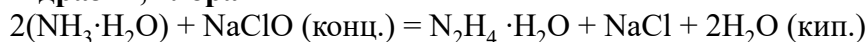
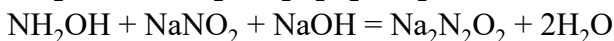
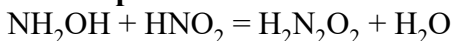
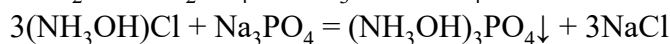
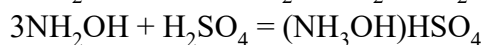
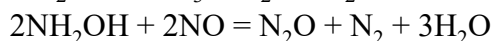
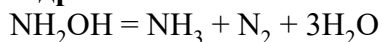
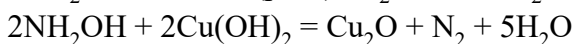
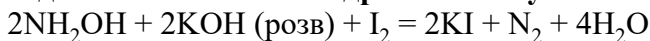


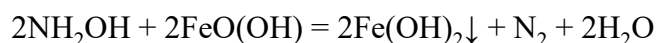
Ціанамідний синтез амоніаку.



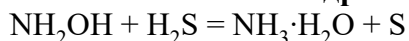
#### Амоніак як основа



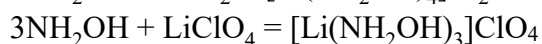
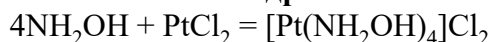
**Амоніак як відновник****Аміди****Амоніак - вихідна сполука для синтезу нітратної кислоти****Реакції з галогенами****Синтез сечовини****Синільна кислота, ціаніди****Амоніак як ліганд****Гідразин, хлорамін****Гіпонітритна кислота****Гідроксиламін****Відновні властивості гідроксиламіну**



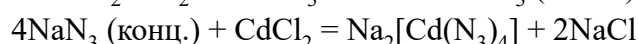
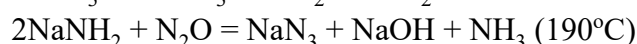
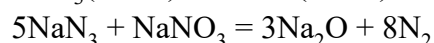
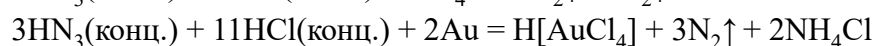
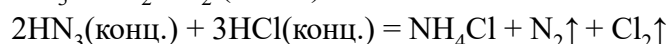
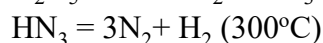
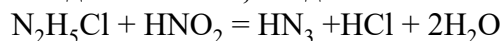
### Окисні властивості гідроксиламіну



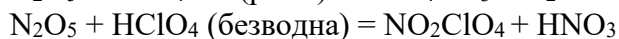
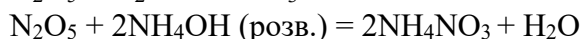
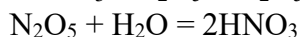
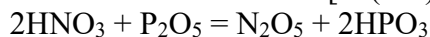
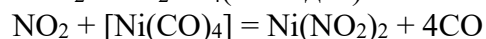
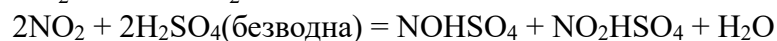
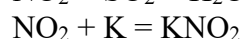
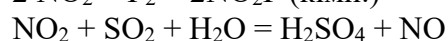
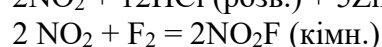
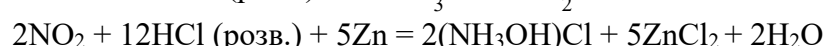
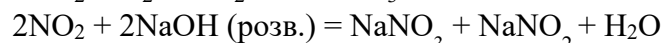
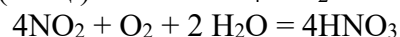
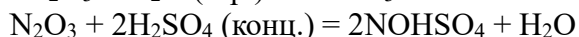
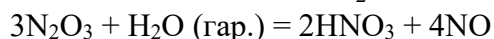
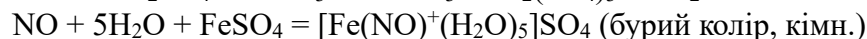
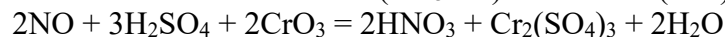
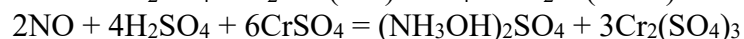
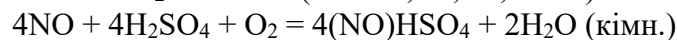
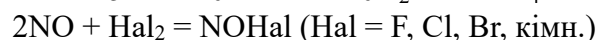
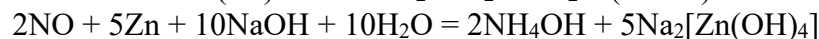
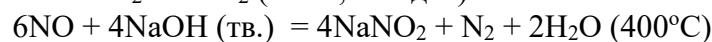
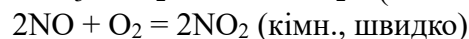
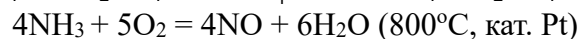
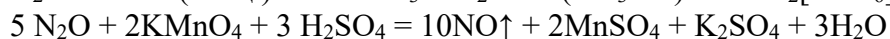
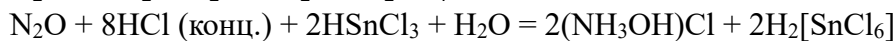
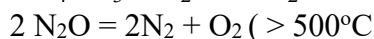
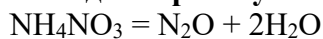
### Гідроксиламін як ліганд



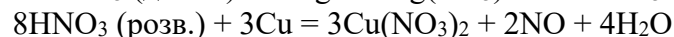
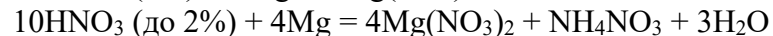
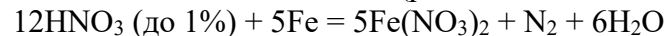
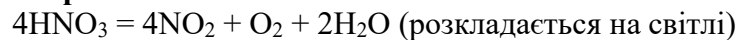
### Азидна кислота, азиди

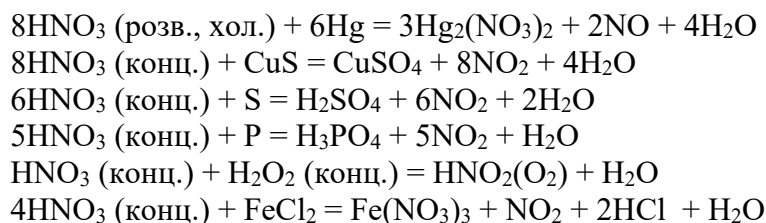


### Оксиди нітрогену

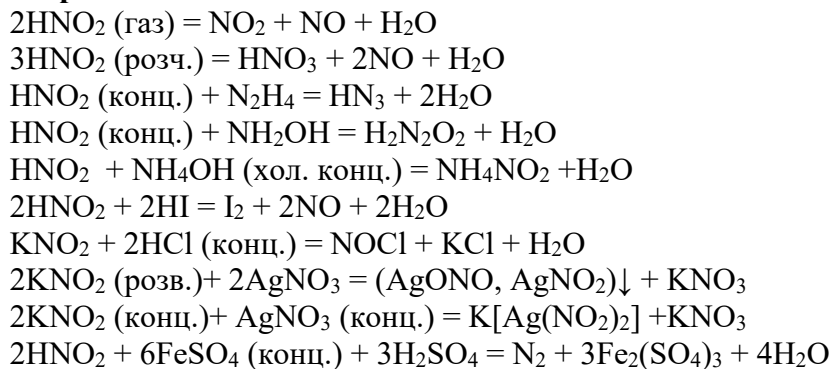


### Нітратна кислота

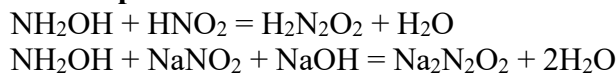




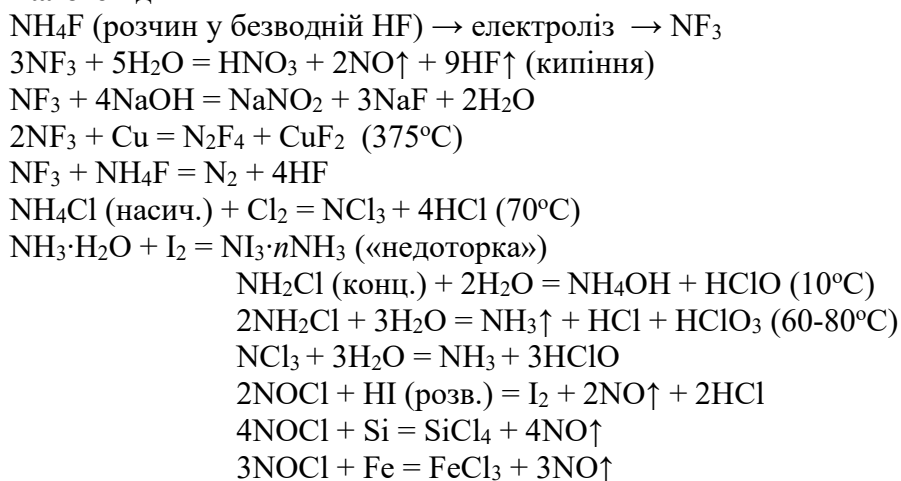
### Нітратна кислота



### Гіпонітритна кислота



### Галогеніди



### Питання для самостійної роботи

Причини підвищеної стійкості молекули  $\text{N}_2$ . Порівняти зі сполукою  $\text{P}_4$ .  
 Особливе значення елементів нітрогену для біохімічних циклів живої природи.  
 Розібрати синтез амоніаку у промисловості, застосування принципу Ле Шательє.  
 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 \text{ (500}^\circ\text{C, } p, \text{ кат. Fe, Pt)}$

Проаналізувати будову молекули амоніаку, зв'язати її з можливим типом гібридизації атому нітрогену та фізичними властивостями сполуки  $\text{NH}_3$ .

### Питання для самоконтролю

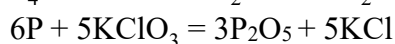
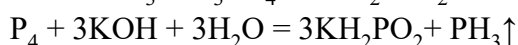
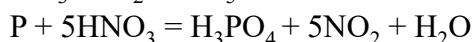
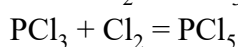
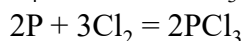
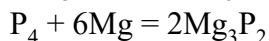
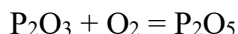
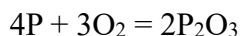
1. Які хімічні реакції описують процес добування нітратної кислоти у промисловості? Чому концентрована  $\text{HNO}_3$  зазвичай забарвлена у жовтуватий колір?
2. З яким металом надзвичайно інертний газ азот ( $\text{N}_2$ ) реагує за кімнатної температури? Що відбувається при взаємодії продукту цієї реакції з соляною кислотою? Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.

- Відомо, що концентрована нітратна кислота зазвичай трохи забарвлена у коричневий колір. Чому? Якими рівняннями хімічних реакцій можна описати синтез нітратної кислоти у промисловості?
- Напишіть рівняння хімічних реакцій, за якими можна добути азот (N<sub>2</sub>) в лабораторних умовах.
- Напишіть реакції взаємодії концентрованої нітратної кислоти з металічними стибієм та бісмутом. Чим вони відрізняються? Чому?

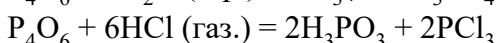
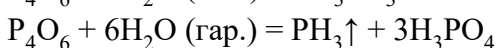
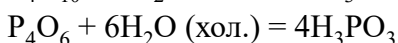
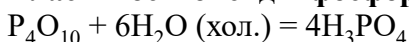
**Тема 9: «Фосфор. Форми знаходження у природі. Хімічні власивості. Оксиди, кислоти, солі, фосфати та поліфосфати. Фосфатні добрива. Бінарні сполуки фосфору. Застосування фосфору та його сполук у промисловості та сучасних технологіях. Біологічна роль фосфору».**

Для Фосфора та елементів підгрупи арсену утворення кратних зв'язків у простих речовинах не є характерним. У вільному стані він в природі не зустрічається через високу хімічну активність. Утворює близько 190 мінералів, найважливішими з яких є апатит Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(F, Cl, OH), фосфорит та інші. Фосфор міститься у рослинах, тканинах тварин, входить до складу білків та інших найважливіших органічних сполук (аденозинтрифосфат (АТФ), дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)), є біогенним елементом. Фосфор менш активний окисник, ніж Нітроген.

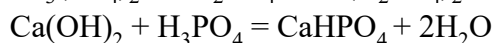
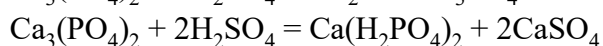
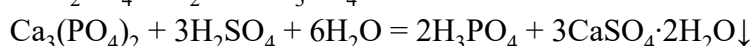
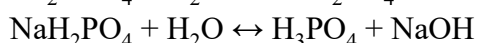
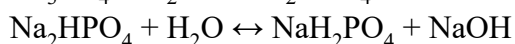
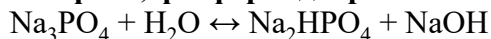
**Хімічні властивості**



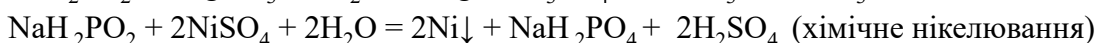
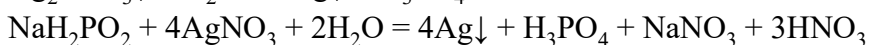
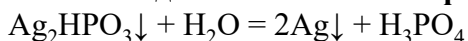
**Властивості оксидів фосфору**



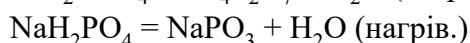
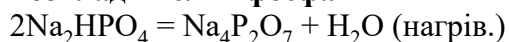
**Фосфати, фосфорні добрива**

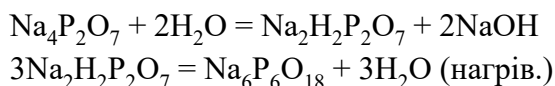
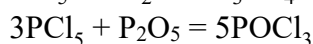
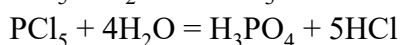
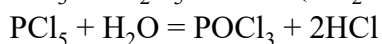
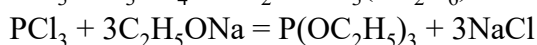
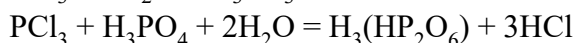
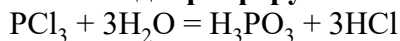
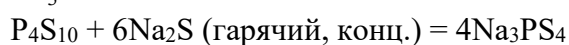
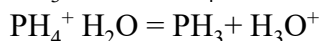
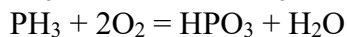
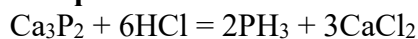
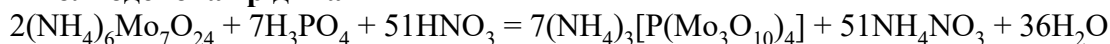
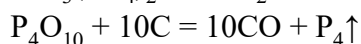
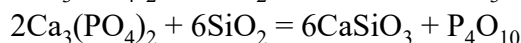


**Окисно-відновні властивості фосфітів, гіпофосфітів**



**Розклад кислих фосфатів**



**Галогеніди фосфору****Фосфін****«Молибденова» рідина****Отримання фосфору****Питання для самостійної роботи**

Будова оксидів фосфору та оксигенвмісних кислот фосфору. Кореляції типу: будова молекули – властивості, будова молекули – сила кислоти.

Окисно-відновні властивості фосфітів, гіпофосфітів.

Хлориди фосфору – будова, властивості, застосування.

Особливе значення фосфору для біохімічних циклів живої природи.

**Питання для самоконтролю**

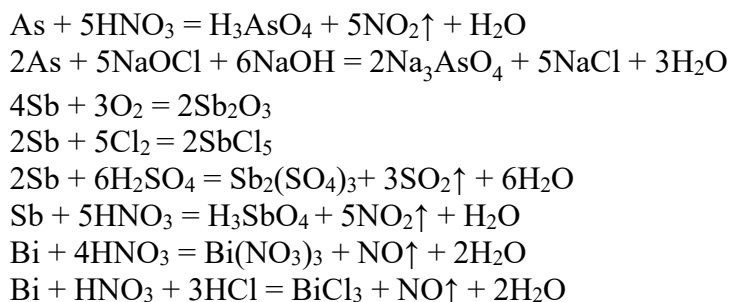
- Червоний фосфор, як і більшість неметалів, розчиняється у концентрованих розчинах лугів. При цьому на поверхні розчину спостерігаються спалахи. Якими хімічними реакціями можна описати вищезгадані процеси?
- Напишіть реакцію взаємодії червоного фосфору з бромною водою.
- Як добувають фосфор у промисловості, виходячи із флюоропатиту ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ )?
- Розкладання гідрофосфату кальцію призводить до утворення:
  - $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$
  - $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$
  - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
  - $\text{Ca}_3\text{P}_2$
- За якою реакцією оксид фосфору  $\text{P}_2\text{O}_5$  реагує з безводною нітратною кислотою?

**Тема 10: «Хімія елементів підгрупи Арсену (Арсен, Стійбій, Бісмут). Форми знаходження у природі. Добування та застосування у промисловості та сучасних технологіях»**

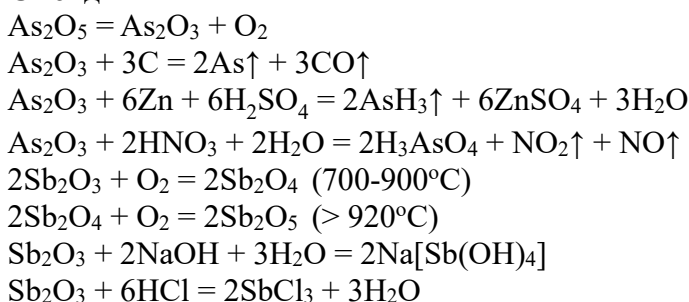
Для арсену – переважають неметалічні властивості, у випадку стійбію та бісмуту – металічні, що обумовлено перш за все збільшенням радіусу атому та, відповідно, гнучкості зовнішніх електронних оболонок.

Ефект інертної  $6s^2$  електронної пари призводить до того, що сполуки  $\text{Bi}^{5+}$  є дуже потужними окисниками.

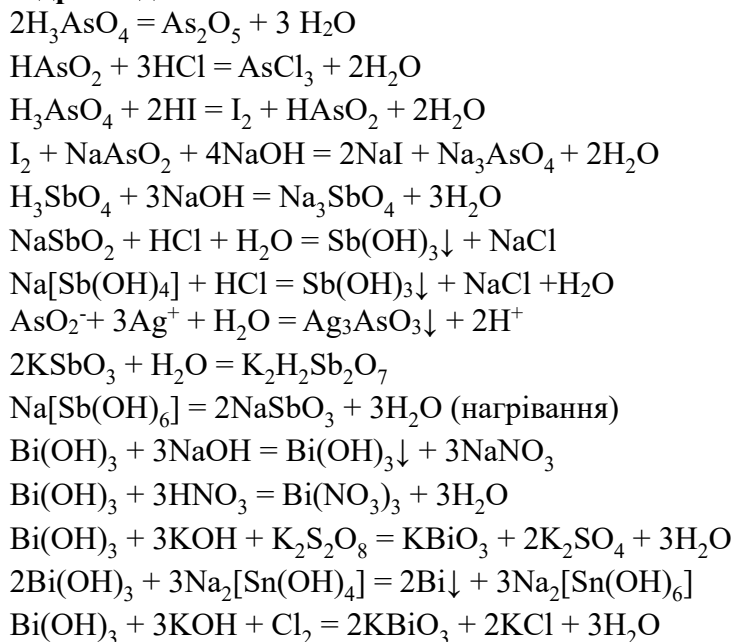
### Хімічні властивості



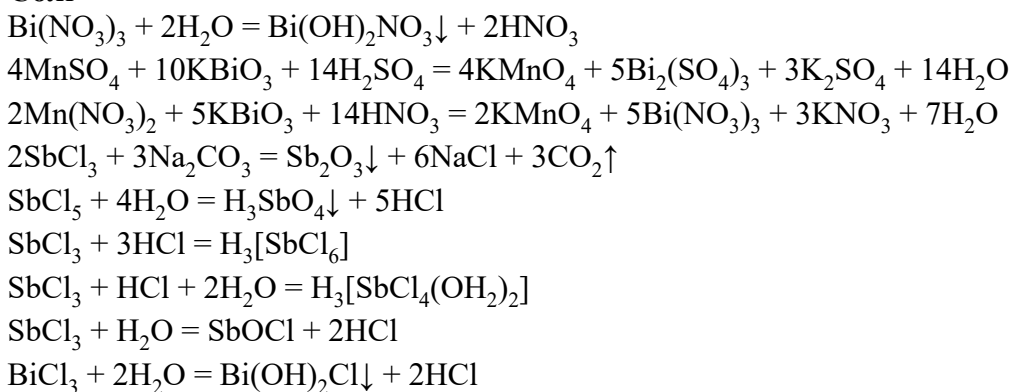
#### Оксиди

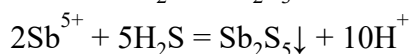
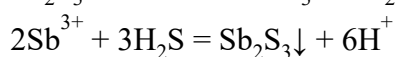
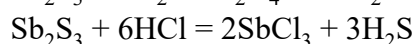
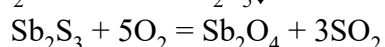
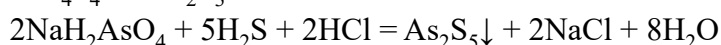
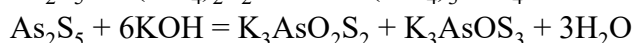
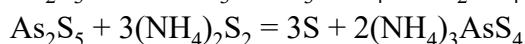
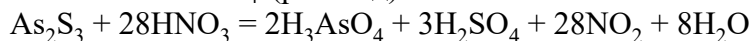
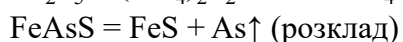
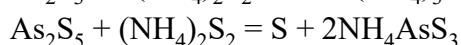
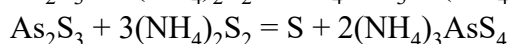
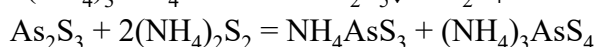
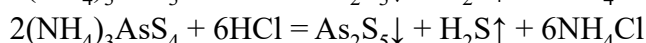
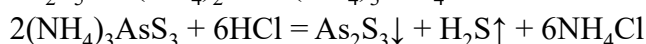
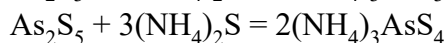
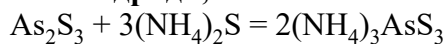
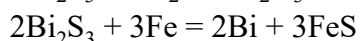
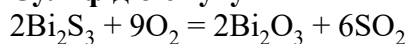


#### Гідроксиди



#### Соли



**Тіоангідриди, тіосолі****Сульфід бісмуту****Питання для самостійної роботи**

Для підгрупи арсену розглянути зміну окисно-відновних властивостей.

Пояснити нестабільність стану  $\text{Bi}^{5+}$ .

Тіофільність елементів підгрупи Арсену.

Тіосолі для Арсену та Стилбію.

**Питання для самоконтролю**

1. Однією з якісних реакцій на арсен є «реакція арсенового дзеркала». Яке рівняння хімічної реакції описує цей процес?
2. Відомо, що ортофосфатна кислота – кислота-неокисник. А ортоарсенатна кислота проявляє окисні властивості. Проілюструйте ці факти рівняннями хімічних реакцій.
3. Як реагує металічний стибій із хлором? Продукт реакції є гідролітично нестійким. Напишіть відповідну реакцію гідролізу.
4. Чи реагує гідроксид бісмуту з надлишком лугу? Чому?
5. Взаємодія бісмутату калію ( $\text{KBiO}_3$ ) з розчином нітрату мангану ( $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ), підкисленою нітратною кислотою, призводить до виникнення яскравого фіалкового забарвлення. Яка реакція при цьому відбувається?

**Тема 11: «Загальна характеристика елементів 16 групи (Оксиген, Сульфур, Селен, Телур, Полоній). Фізичні та хімічні властивості оксигену. Озон. Сірка, поліморфні модифікації. Сірководень та сульфіді. Оксиди та оксигенвмісні кислоти Сульфуру. Сульфатна кислота та її солі. Бінарні сполуки Сульфуру. Халькогени, форми знаходження у природі, добування та застосування у промисловості та сучасних технологіях»**

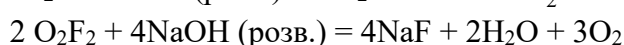
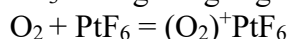
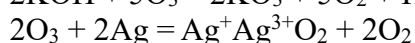
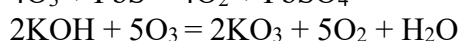
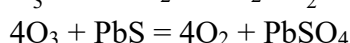
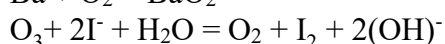
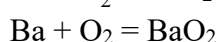
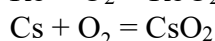
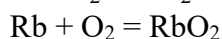
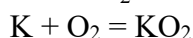
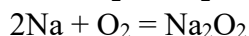
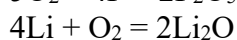
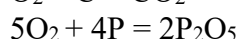
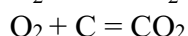
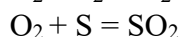
Унікальність елемента Оксиген - найбільш розповсюджений у умовах Землі, здатний утворювати сполуки майже зі всіма іншими елементами періодичної таблиці, висока хімічна активність та наявність в атмосфері «вільного» кисню, парамагнетизм молекули, біологічна роль кисню та інш.

Для сірки характерна схильність до катенації. Одинарний зв'язок є більш енергетично вигідний в порівнянні з подвійним. У природі родовища сірки - елементарна (проста речовина) та у ступенях окиснення +6 (сульфати) та -2 (сульфіді).

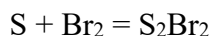
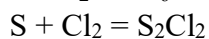
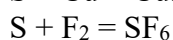
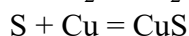
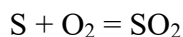
Для підгрупи селену: з одного боку, певна подібність до властивостей Сульфуру, з іншого – зміна окисно-відновних властивостей із збільшенням атомного номеру елемента. Відмітити дестабілізацію стану  $Te^{6+}$  – порівняти з нестабільністю стану  $Bi^{5+}$

### Хімічні властивості

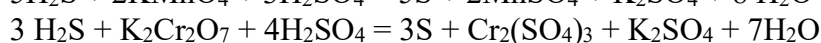
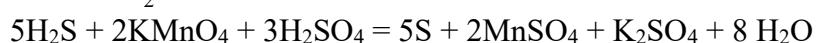
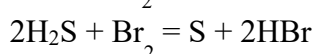
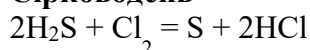
#### Оксиген

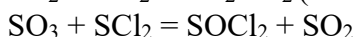
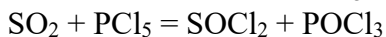
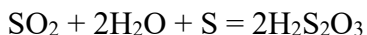
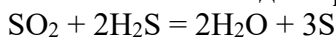
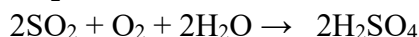
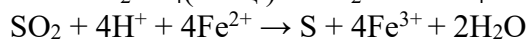
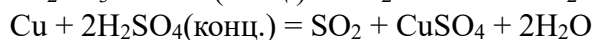
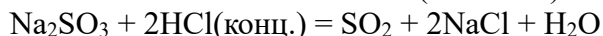
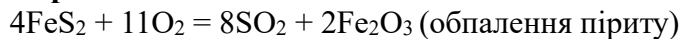
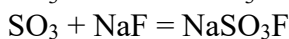
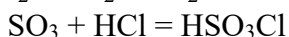
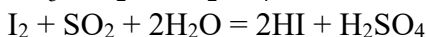
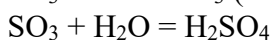
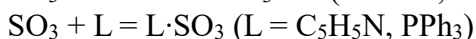
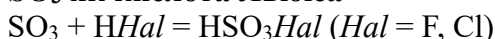
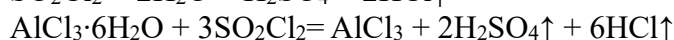
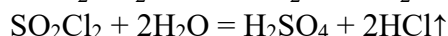
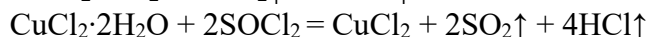
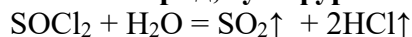
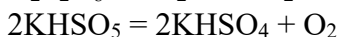
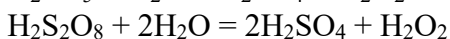
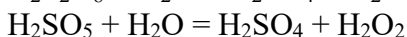
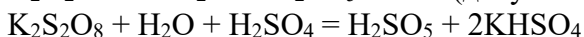
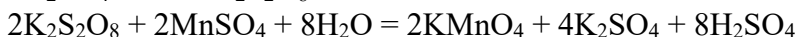
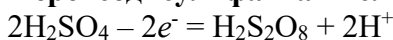
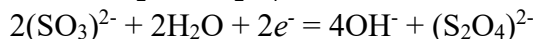
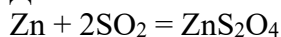
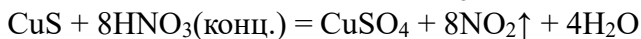
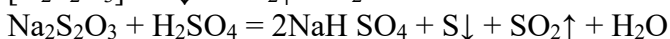
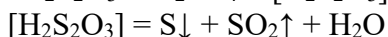
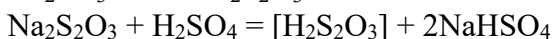
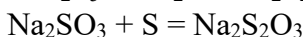
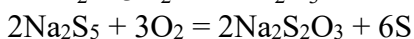
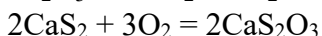
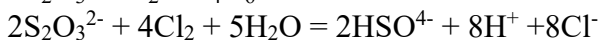
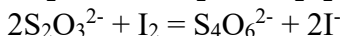
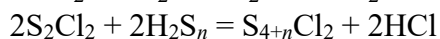
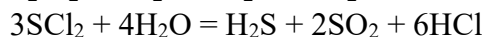
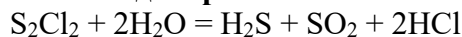


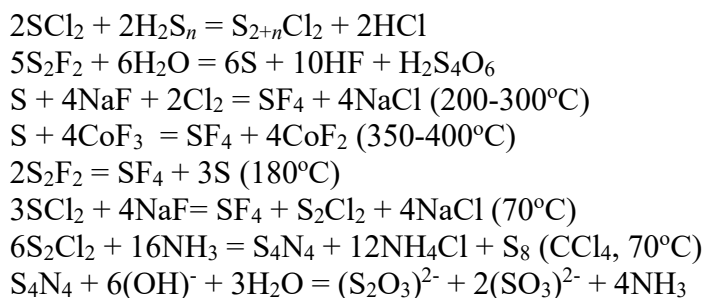
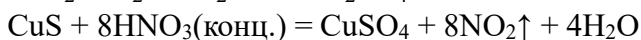
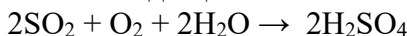
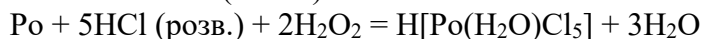
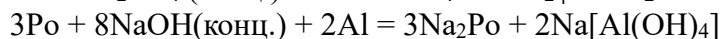
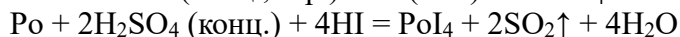
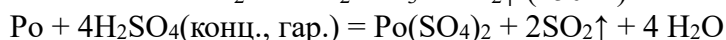
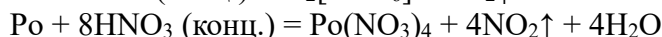
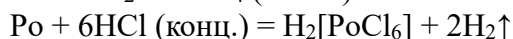
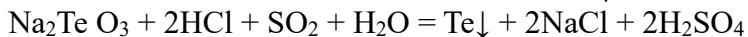
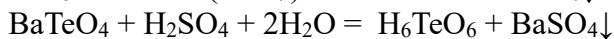
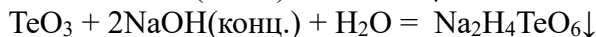
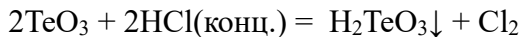
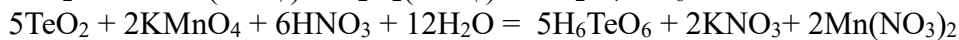
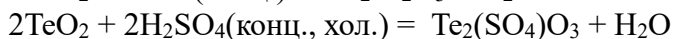
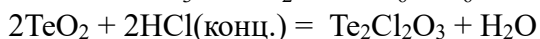
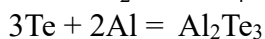
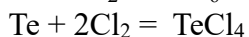
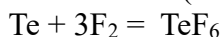
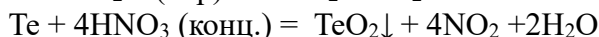
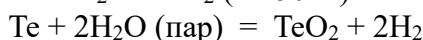
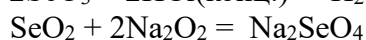
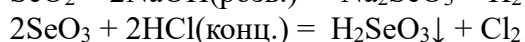
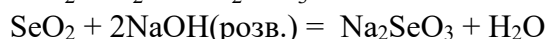
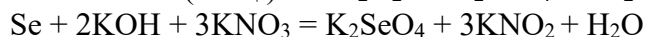
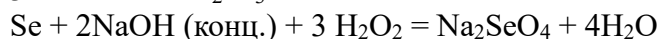
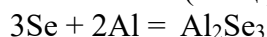
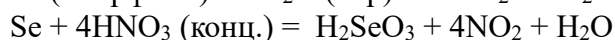
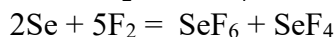
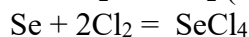
#### Властивості сірки



#### Сірководень



**Властивості оксидів сірки****Отримання SO<sub>2</sub>****SO<sub>3</sub> як кислота Льюїса****Тіоніл хлорид, сульфурил хлорид****Перексодисульфатна кислота, кислота Каро****Дитіоніт****Тіосульфати****Галогеніди сірки**

**Кислотні дощі:****Селен, Телур, Полоній**

### Питання для самостійної роботи

Проаналізувати будову сірковмісних кислот, обґрунтувати кореляцію будови з кислотними та окисно-відновними властивостями.

Тіосульфатна кислота, її солі та окисно-відновні властивості.

Біологічне значення сірки (сірковмісні амінокислоти).

### Питання для самоконтролю

1. Як реагують хлориди сірки ( $S_2Cl_2$  та  $SCl_2$ ) з водою? До якого типу хімічних реакцій відносяться ці процеси?
2. Напишіть реакції взаємодії селену з концентрованими розчинами нітратної кислоти та луку ( $NaOH$ ).
3. Відомо, що озон кількісно реагує з водними розчинами йодидів лужних металів. Яка реакція при цьому відбувається?
4. Як реагує сірка з хлором? Як реагують продукти взаємодії сірки з хлором з водою? Опишіть ці процеси рівняннями хімічних реакцій.
5. Тіосульфат натрію ( $Na_2S_2O_3$ ) використовується у фотографічному процесі для «відмивання» фотопапіру та фотоплівки від залишків броміду срібла ( $AgBr$ ). Яка реакція при цьому відбувається?

### Тема 12: «Загальна характеристика елементів 17 групи (галогенів). Хімічні властивості галогенів. Гідроген вмісні сполуки галогенів. Оксигенвмісні сполуки галогенів. Міжгалогенні сполуки. Форми знаходження у природі, добування та застосування у промисловості та сучасних технологіях. Біологічна роль галогенів»

Як і для всіх елементів другого періоду, властивості Флуору суттєво відрізняються від властивостей інших елементів 17 групи. Це пов'язано перш за все з відсутністю d-підрівня та надзвичайною «жорсткістю» попереднього до валентного електронного шару ( $1s^2$ ).

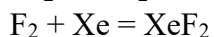
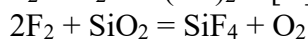
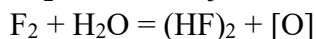
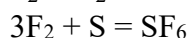
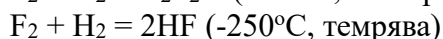
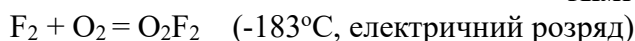
Маленький радіус атому флуору та висока електронна густина зовнішнього шару дестабілізують зв'язок F-F. Енергія дисоціації є неочікувано низькою... Що впливає на хімічну активність флуору. Він вступає в реакцію майже з усіма елементами, крім гелію, неону та аргону. Флуор найбільш електронегативний елемент, ступені окиснення – тільки дві (-1 та 0). Згадати про аномальну відмінність властивостей HF від інших галогенводневих сполук ( $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$ )...

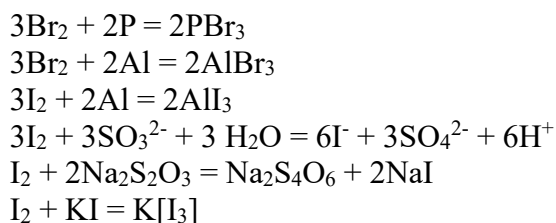
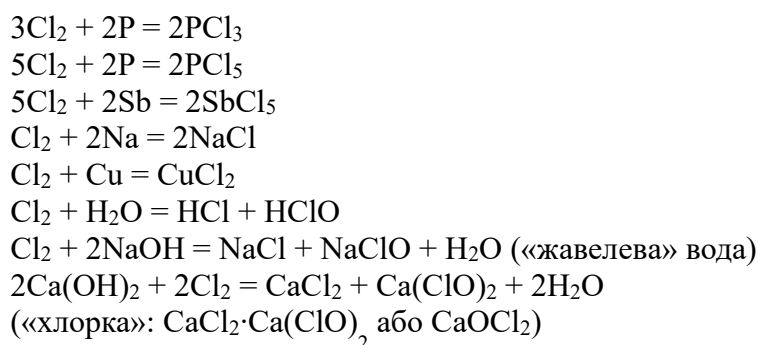
У всіх інших галогенів наявна пуста d-орбіталь, найбільш характерні ступені окиснення в конденсованому стані -1, +1, +3, +5, +7. Валентність варіюється в межах: 1, 3, 5, 7 – відповідно для електронної будови зовнішнього шару.

Потрібно відмітити, що безпосередньо з киснем флуор практично не реагує (потрібні жорсткі умови). По відношенню до Оксигену у галогенів проявляється вторинна періодичність: флуор – сполуки кисню до оксидів не відносяться і є порівняно нестабільними, оксиди хлору більш-менш стабільні за звичайних умов, оксиди бромю – вкрай нестабільно, йоду – фактично стабільні...

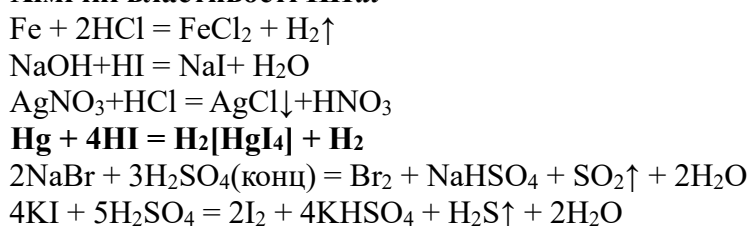
І найбільш важливі сполуки галогенів у позитивних ступенях окиснення – оксигенвмісні сполуки. На них – основна увага.

### Хімічні властивості

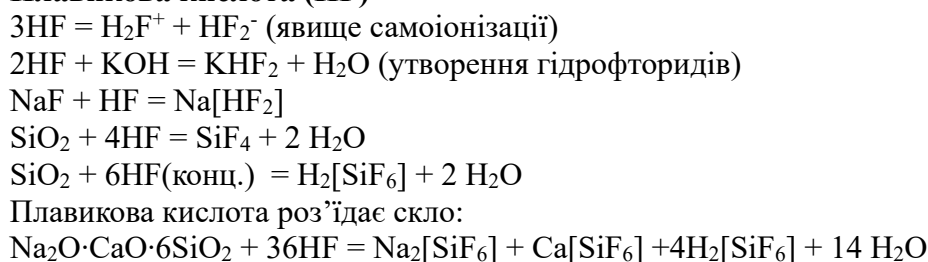




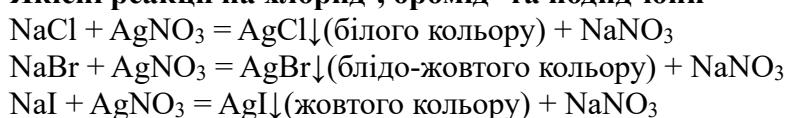
#### Хімічні властивості $\text{HHal}$



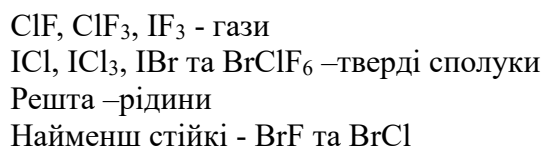
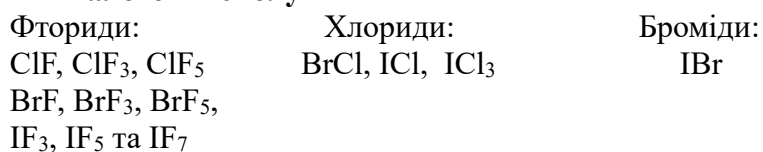
#### Плавікова кислота ( $\text{HF}$ )



#### Якісні реакції на хлорид-, бромід- та йодид-іони



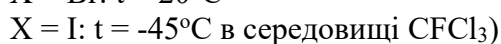
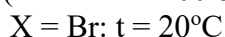
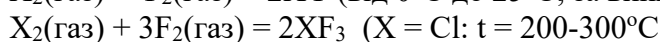
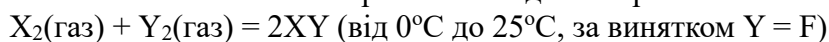
#### Міжгалогенні сполуки

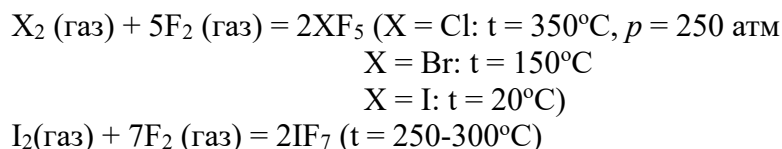


Особливість міжгалогенних сполук - здатність утворювати комплекси з неорганічними галогенідами ( $\text{KCl} \cdot \text{ICl}$ ,  $\text{BrF}_3 \cdot \text{SbF}_3$ ), а також з органічними сполуками (аніліном, піридином, діоксаном та інш.)

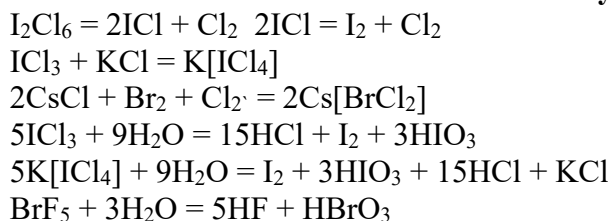
#### Добування міжгалогенних сполук $\text{XY}_n$

ОСНОВНИЙ СПОСІБ - пряма взаємодія між різними галогенами



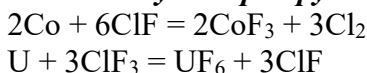


### Хімічні властивості міжгалогенних сполук $XU_n$



### Хімічні властивості міжгалогенних сполук $XU_n$

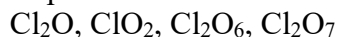
#### $XU_n$ – потужні фторуючі агенти



#### З органічними сполуками реагують з вибухом!

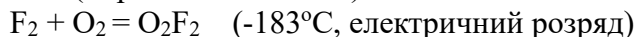
### Бінарні оксигенвмісні сполуки галогенів

Переважає більшість - нестійкі, вибухонебезпечні



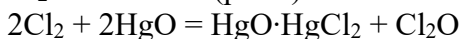
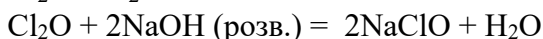
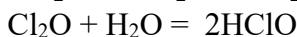
$Br_2O, Br_2O_3, BrO_2$  (існують тільки при дуже низьких температурах)

$I_2O_5$  (порівняно стійкий)



#### Оксиди складу $Hal_2O$ ( $Hal = Cl, Br$ )

$Cl_2O$  – жовто-коричневий газ, розкладається з вибухом:



$Br_2O$  – червоно-коричнева рідина, розкладається вище  $-40^\circ\text{C}$

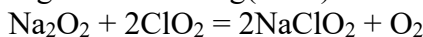
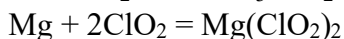
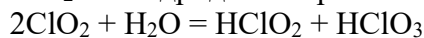
#### Оксиди складу $HalO_2$ ( $Hal = Cl, Br$ )

$ClO_2$  – жовто-зелений газ, термодинамічно нестійкий, парамагнітний

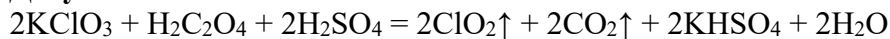
$ClO_2$  добре розчинний у воді.

Можна отримати гідрати складу  $ClO_2 \cdot n H_2O$  ( $n = 6\text{-}10$ )

$ClO_2$  є ангідридом хлоритної та хлоратної кислот:



#### Добування $ClO_2$



( $CO_2$  розбавляє  $ClO_2$  і запобігає вибуху)



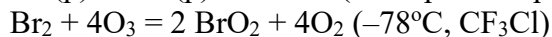
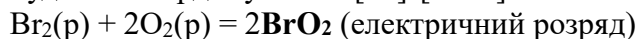
#### Використання $ClO_2$

Для знезараження питної води та стічних вод, відбілювання паперу.

$Br_2O$  – жовта кристалічна речовина,

розкладається вище  $-40^\circ\text{C}$ :  $2Br_2O = Br_2 + 2O_2$

Будова в твердому стані:  $[Br]^+[BrO_4]^-$



Оксид бромову  $Br_2O_3$

$\text{Br}_2\text{O}_3$  – помаранчева кристалічна речовина,  
розкладається з вибухом вище –  $40^\circ\text{C}$ :  
 $2 \text{Br}_2\text{O}_3 = 2 \text{Br}_2 + 3\text{O}_2$   
Будова в твердому стані:  $[\text{Br}]^+[\text{BrO}_3]^-$

#### Оксид хлору $\text{Cl}_2\text{O}_6$

$\text{Cl}_2\text{O}_6$  – темно-червона олієподібна вибухонебезпечна рідина  
Будова в твердому стані:  $[\text{ClO}_2]^+[\text{ClO}_4]^-$   
 $\text{Cl}_2\text{O}_6$  є ангідридом хлоратної та перхлоратної кислот:  
 $\text{Cl}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} = \text{HClO}_3 + \text{HClO}_4$   
 $\text{Cl}_2\text{O}_6 + 2\text{KOH} = \text{KClO}_3 + \text{KClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 $2\text{ClO}_2 + 2\text{O}_3 = \text{Cl}_2\text{O}_6 + 2\text{O}_2$   
 $2\text{NaClO}_3(\text{крист.}) + \text{F}_2(\text{газ}) = \text{Cl}_2\text{O}_6 + 2\text{NaF}$

#### Оксид хлору $\text{Cl}_2\text{O}_7$

$\text{Cl}_2\text{O}_7$  – найбільш стійкий серед оксидів хлору, безбарвна олієподібна рідина  
вибухає при детонації та реакції з органічними сполуками  
 $2\text{Cl}_2\text{O}_7 = 2\text{Cl}_2 + 7\text{O}_2$   
 $\text{Cl}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HClO}_4$   
 $2\text{HClO}_4 + \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Cl}_2\text{O}_7 + 2\text{HPO}_3$

#### Оксид йоду $\text{I}_2\text{O}_5$

$\text{I}_2\text{O}_5$  – біла кристалічна, гігроскопічна речовина,  
найбільш стійкий з усіх оксидів галогенів  
 $\text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HIO}_3$   
 $\text{I}_2\text{O}_5 + 2\text{KOH} = 2\text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 $2\text{HIO}_3 = \text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} (>240^\circ\text{C})$   
 $2\text{I}_2\text{O}_5 = 2\text{I}_2 + 5\text{O}_2 (>300^\circ\text{C})$   
 $4\text{I}_4\text{O}_9 = 6\text{I}_2\text{O}_5 + 2\text{I}_2 + 3\text{O}_2 (75^\circ\text{C})$   
 $5\text{I}_2\text{O}_4 = 4\text{I}_2\text{O}_5 + \text{I}_2 (135^\circ\text{C})$   
 $\text{I}_2\text{O}_5 + 5\text{CO} = \text{I}_2 + 5\text{CO}_2$

#### Оксигенвмісні кислоти галогенів

$\text{HHalO}$  ( $\text{Hal} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ )

$\text{HClO}$  – гіпохлоритна кислота,  $K_a = 10^{-8}$ ,  
 $\text{HBrO}$  – гіпобромітна кислота,  $K_a = 10^{-9}$ ,  
 $\text{HIO}$  – гіпоіодитна кислота,  $K_a = 10^{-11}$ .

У вільному вигляді не виділені

Амфотерність  $\text{HIO}$ :

$\text{HIO} = \text{H}^+ + \text{IO}^-$ ,  $K_a = 10^{-11}$

$\text{HIO} = \text{OH}^- + \text{I}^+$ ,  $K_b = 10^{-10}$

$\text{AgNO}_3 + \text{I}_2 + 2\text{Py} = [\text{I}(\text{Py})_2]^+(\text{NO}_3)^- + \text{AgI}\downarrow$

$\text{H-O-F}$  – «гіпофторитна кислота»

$\text{F}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{льод}) = \text{HOF} + \text{HF} (-40^\circ\text{C})$

$\text{HOF}$  є вкрай нестабільною:

$2\text{HOF} = 2\text{HF} + \text{O}_2$

$4\text{HOF} + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + 2\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$

Відповідних солей не існує

$\text{HOF} + \text{NaOH} = \text{NaF} + \text{H}_2\text{O}_2$

#### $\text{HHalO}$ ( $\text{Hal} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ )

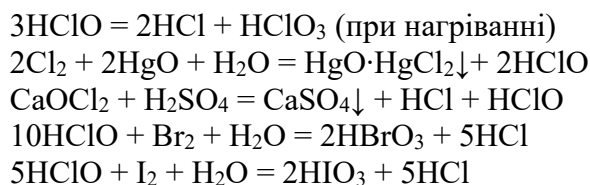
Всі гіпогалогенітні кислоти - сильні окисники

Сила окисника зменшується в ряду:

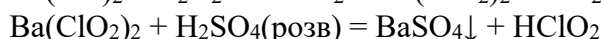
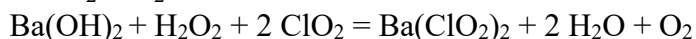
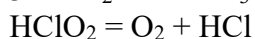
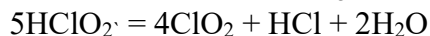
$\text{HClO} > \text{HBrO} > \text{HIO}$

$3\text{HIO} = 2\text{HI} + \text{HIO}_3$

$2\text{HClO} = \text{HCl} + \text{HClO}_2$

**НHalO<sub>2</sub>**

HBrO<sub>2</sub> та HIO<sub>2</sub> – не виділено

**НHalO<sub>3</sub> (Hal = Cl, Br, I)**

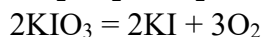
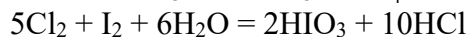
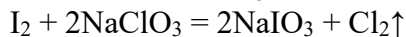
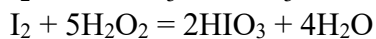
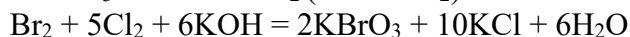
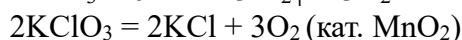
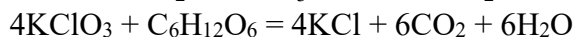
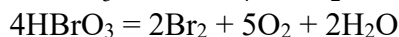
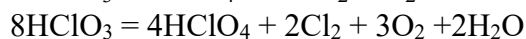
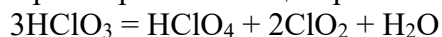
HClO<sub>3</sub> – відома лише в розчині

HBrO<sub>3</sub> - відома лише в розчині

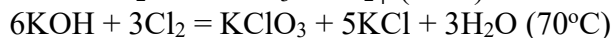
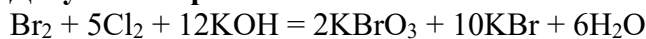
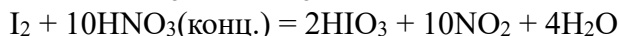
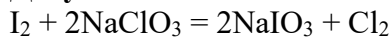
HIO<sub>3</sub> – виділена у вільному стані

Сила кислот: HClO<sub>3</sub> > HBrO<sub>3</sub> > HIO<sub>3</sub>

При нагріванні концентрованих розчинів:

**Добування хлоратів:**

електрохімічне окиснення хлоридів:

**Добування броматів:****Добування іодатів:****НHalO<sub>4</sub> (Hal = Cl, Br, I)**

HClO<sub>4</sub> – можна одержати в індивідуальному стані (безводну)

Сильна кислота. Вибухонебезпечна!

HBrO<sub>4</sub> - можна одержати в чистому вигляді (безводну)

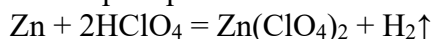
Сильна кислота. Вибухонебезпечна!

HIO<sub>4</sub> – метаперіодатна кислота.  $K_a = 3 \cdot 10^{-2}$ ,

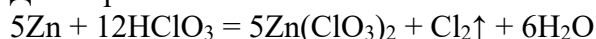
H<sub>5</sub>IO<sub>6</sub> – ортоперіодатна кислота.  $K_{a1} = 2 \cdot 10^{-2}$ ,  $K_{a2} = 10^{-9}$

Пергалогенатні кислоти та їх солі є потужними окисниками.

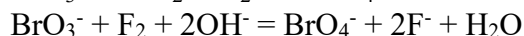
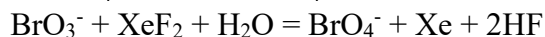
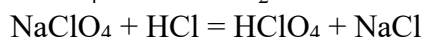
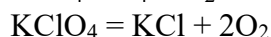
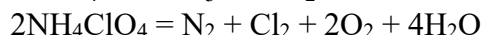
Але перхлорати зазвичай окисні властивості не проявляють.



Для порівняння:



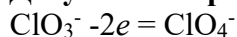
Окисні властивості:



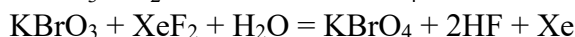
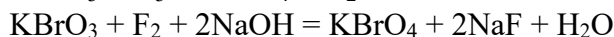
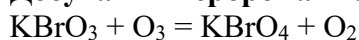
**ПЕРХЛОРАТИ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ МОЖУТЬ ВИБУХАТИ ПРИ НАГРІВАННІ!!!**



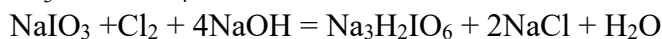
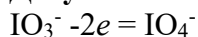
**Добування перхлоратів - електрохімічне окиснення хлоратів:**



**Добування перброматів:**



**Добування періодатів - електрохімічне окиснення іодатів:**

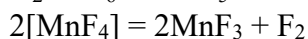
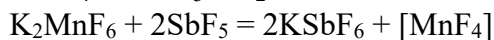


**Добування фтору**

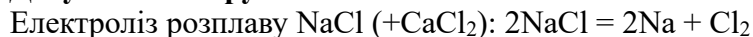
Електроліз  $\text{KHF}_2$  (домішка  $\text{LiF}$ ) в нікелевих електролізерах.

Матеріал аноду – графіт.

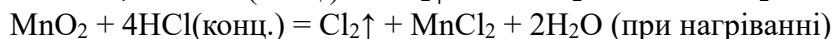
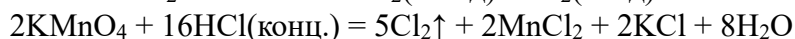
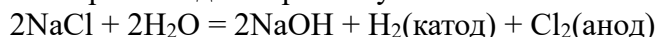
**«Хімічні» способи добування фтору**



**Добування хлору**

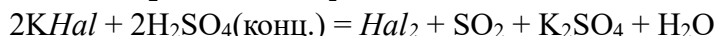
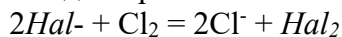


Електроліз водного розчину  $\text{NaCl}$ :

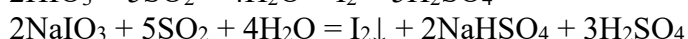


**Добування бром, іоду**

З водних розчинів

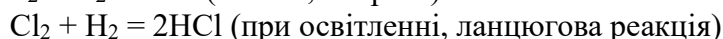
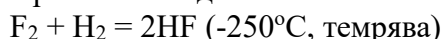


$\text{Hal} = \text{Br}, \text{I}$

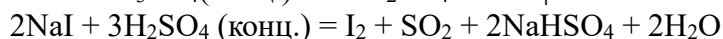
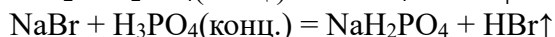
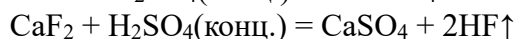
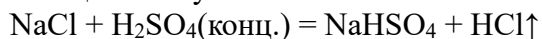


**Добування галогеноводнів**

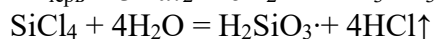
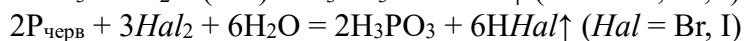
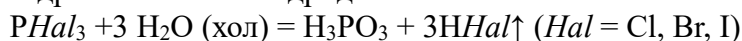
Пряма взаємодія



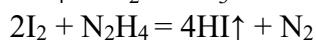
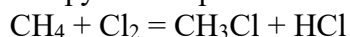
Реакції обміну



Гідроліз галогенангідридів



Хлорування органічних сполук



### Питання для самостійної роботи

Використання Флуору та фторуєчих реагентів у промисловості.

Зміна сили кислот та окисно-відновних властивостей у рядку  $HClO - HClO_2 - HClO_3 - HClO_4$ .

Отримання хлору в лабораторних умовах.

Хлорне вапно – практичне застосування.

Використання хлору для знезараження води – переваги та недоліки.

Галегени у організмі людини.

### Питання для самоконтролю

1. Напишіть рівняння двох хімічних реакцій, за якими в промисловості в основному добувають соляну кислоту.
2. Йод добувають продуванням хлору крізь артезіанські води з підвищеною концентрацією йодидів. Які процеси при цьому відбуваються? Як сконцентрувати отриманий йод? Відповідь проілюструйте відповідними рівняннями хімічних реакцій.
3. Відомо, що фтороводнева кислота є слабкою. Але при додаванні до неї фторидів деяких елементів відбувається утворення дуже сильних кислот («суперкислот»). Які фториди можна застосувати для здійснення таких перетворень? Відповідь проілюструйте рівняннями хімічних реакцій.
4. Кисень ( $O_2$ ) в лабораторних умовах можна добути термічним розкладом бертолетової солі ( $KClO_3$ ). Але, якщо цей реагент ( $KClO_3$ ) має дуже високу чистоту, кисень не виділяється. Чому? Напишіть рівняння хімічної реакції, яка при цьому відбувається. Що Ви пропонуєте додати до бертолетової солі, щоб при її нагріванні отримати кисень з високим виходом? Напишіть рівняння відповідної реакції.
5. Як реагує фтор з водою? Які продукти реакції при цьому утворюються? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

### Тема 13: «Загальна характеристика та хімічні властивості елементів 18 групи (благородні газ). Застосування у промисловості та сучасних технологіях»

Всі елементи 18 групи характеризуються наявністю на зовнішньому електронному рівні стабільного октету:  $ns^2np^6$ , що обумовлює їхню хімічну «інертність». Після відкриття перших хімічних сполук Ксенону термін «благородні газ» став більш вживаним.

На теперішній час отримано досить велику кількість сполук Ксенону та певну кількість сполук Криптону. Деякі з них знайшли своє практичне застосування

### Хімічні властивості

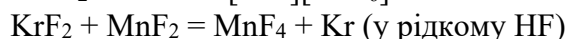
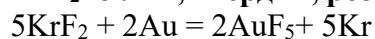
$Xe + PtF_6 = Xe[PtF_6]$  (експеримент Бартлета (1962 р.)

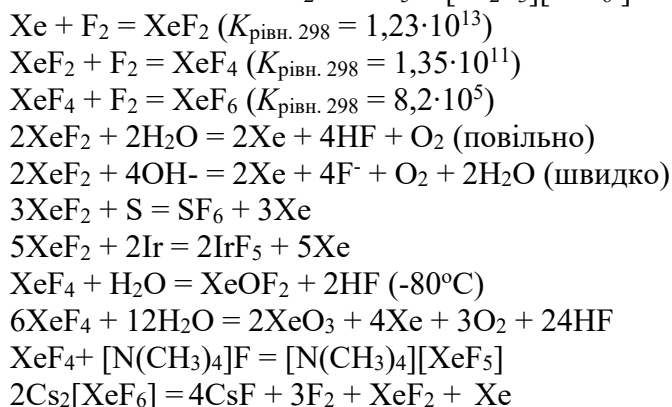
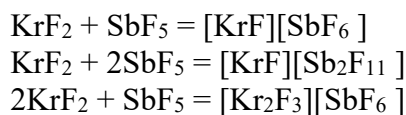
$PtF_6$  – темно-червоний газ

$Xe[PtF_6]$  – жовтий порошок

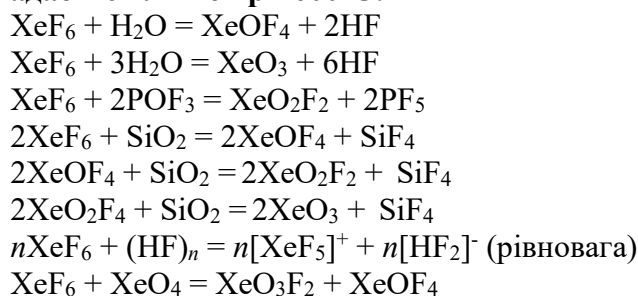


**$KrF_2$  – білий, твердий, розкл.  $>25^\circ C$**





**Cs<sub>2</sub>[XeF<sub>6</sub>] розкладається лише при 600°C!**



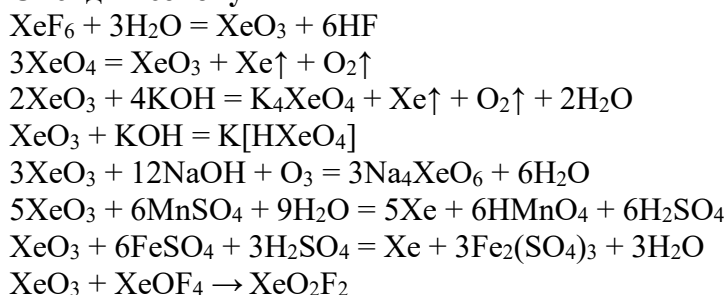
XeF<sub>6</sub> + CsF = Cs[XeF<sub>7</sub>] (безбарвні кристали, стійкі до -50°C)

XeF<sub>6</sub> + 2CsF = Cs<sub>2</sub>[XeF<sub>8</sub>] (жовті кристали, стійкі при 400°C)

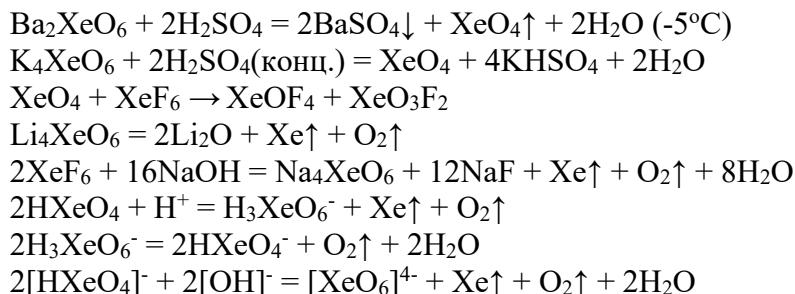
**Окислювальна активність фторидів криптоно та ксенону:**

**KrF<sub>2</sub> > O<sub>2</sub>F<sub>2</sub> > RuF<sub>6</sub> > F<sub>2</sub> > XeF<sub>6</sub> > ClF<sub>5</sub> = XeF<sub>4</sub> > XeF<sub>2</sub>**

**Оксиди ксенону**



**Солі та кислоти**



### Питання для самостійної роботи

Історії відкриття шляхетних газів.

Корисні фізичні властивості благородних газів

Роль Гелію у розвитку новітніх технологій.

Застосування Аргону в хімічних лабораторіях.

«Ксенонові» лампи як потужне джерело білого світла.

Використання фторидів криптоноу та ксенону для отримання фторидів та флуоровмісних сполук.

**Питання для самоконтролю**

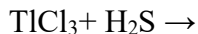
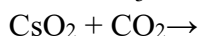
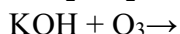
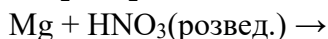
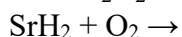
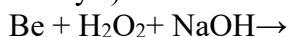
1. Чому ступені окиснення ксенону та криптоноу в їхніх сполука є парними?
2. Чому з гексафторидом ксенону не можна працювати з використанням скляного посуду?  
Відповідь проілюструйте рівняннями хімічних реакцій.
3. Напишіть формули деяких оксигенвмісних сполук Ксенону. Як їх можна отримати?
4. Яку будову мають молекули  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeF}_6$ . Відповідь обґрунтуйте на основі методу Гіллеспі.
5. Поясніть, чому хімія сполук Ксенону є більш різноманітною ніж хімія сполук Криптоноу.

## ПРИКЛАД МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.

### Модульна контрольна № 1 з курсу «Неорганічна хімія» (1 курс, 2 сем).

(Теми: 1 група (лужні метали), 2 група (Be, Mg, лужнозем. метали),  
13 група (B, Al, Ga, In, Tl))

1. Як реагують з киснем лужні метали? Напишіть відповідні рівняння реакцій та назвіть бінарні продукти взаємодії лужних металів з киснем. Поясніть зміну мольних співвідношень метал-кисень у цих продуктах із збільшення атомної маси лужного металу. (10 балів)
2. При взаємодії водного розчину хлориду магнію з розчинами карбонату натрію та гідрокарбонату натрію утворюються осади різного складу. Напишіть рівняння відповідних реакцій та поясніть відміни у хімічному складі цих осадів. (10 балів).
3. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:  
 $\text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NaBO}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{H}[\text{BF}_4] \rightarrow \text{BF}_3$   
Вкажіть, за яких умов відбувається кожна реакція. (10 балів)
4. Напишіть рівняння реакції та підберіть стехіометричні коефіцієнти: (2 бали за рівняння -20 балів максимум)



## ПРИКЛАД ЗАВДАНЬ НА КУРСОВИЙ КОЛОКВІУМ.

### Колоквіум з курсу «Неорганічна хімія» (1 курс, 2 сем) (1,2, 13-17 групи)

1. Чому літій «спокійно» реагує з водою, а рубідій – з вибухом? Яка сполука термічно більш стійка - LiOH чи CsOH? Відповіді проілюструйте рівняннями реакцій (4 бали)
2. Розчини лугів для титрування зберігають таким чином, щоб не було контакту з повітрям. Чому? Відповідь проілюструйте відповідними рівняннями хімічних реакцій (4 бали)
3. Взаємодією KOH з озоном зазвичай добувають (3 бали):  
А)  $\text{K}_2\text{O}$   
Б)  $\text{K}_2\text{O}_2$   
В)  $\text{KO}_2$   
Г)  $\text{KO}_3$
4. Запропонуйте ймовірний склад «плівки», що утворюється на поверхні металічного кальцію при контакті з повітрям. Які реакції при цьому відбуваються? (5 балів)
5. Як розділити суміш нітратів берилію та магнію? Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій (6 балів)
6. Яким реагентом треба подіяти на розчин суміші солей  $\text{Al}^{3+}$  та  $\text{Ga}^{3+}$  для розділення цих елементів? (3 бали):  
А) HF  
Б) NaOH  
В)  $\text{NH}_4\text{OH}$   
Г)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

7. Чому алюміній розчиняється в концентрованих розчинах амоній хлориду та натрій карбонату? Відповідь проілюструйте рівняннями хімічних реакцій (6 балів).
8. Що відбувається при нейтралізації розчину ортоборатної кислоти розчином гідроксиду натрію? Сіль якої кислоти при цьому утворюється? (4 бали)
9. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\text{Al}[\text{BH}_4]_3$  з водою (7 балів)
10. Чим відрізняються властивості та структура алюміній карбіду від кальцій карбіду? Як діють кислоти на карбіди цих металів? (5 балів)
11. Напишіть рівняння реакцій гідролізу  $\text{SiF}_4$  та  $\text{SiCl}_4$ . З чим пов'язані відмінності поведінки цих сполук по відношенню до води? (5 балів).
12. Напишіть реакцію взаємодії червоного фосфору з бромною водою (5 балів).
13. Відомо, що концентрована нітратна кислота зазвичай трохи забарвлена у жовто-коричневий колір. Чому? Якими рівняннями можна описати синтез  $\text{HNO}_3$  у промисловості? (7 балів).
14. Взаємодія бісмутату калію ( $\text{KBiO}_3$ ) з розчином нітрату мангану ( $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ), підкисленого нітратною кислотою, призводить до виникнення яскравого фіалкового забарвлення. Яка реакція при цьому відбувається? (6 балів).
15. Напишіть реакції взаємодії телуру з концентрованими розчинами  $\text{HNO}_3$  та  $\text{NaOH}$  (5 балів).
16. Які речовини, що містять свинець, можна отримати при дії концентрованої нітратної кислоти на свинцевий сурик ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )? (3 бали):
  - А)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  та  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_4$
  - Б)  $\text{PbO}$  та  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_4$
  - В)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  та  $\text{PbO}_2$
  - Г) реакція не відбувається
17. Як реагує сірка з хлором? Як реагують продукти взаємодії сірки з хлором з водою? Опишіть ці процеси рівняннями хімічних реакцій (6 балів).
18. Відомо, що фтороводнева кислота є слабкою. Але при додаванні до неї фторидів деяких елементів відбувається утворення дуже сильних кислот («суперкислот»). Які фториди можна застосувати для здійснення таких перетворень? Відповідь проілюструйте рівняннями хімічних реакцій (4 бали).
19. Один із варіантів добування хлорату калію (бертолетової солі) – електроліз при інтенсивному перемішуванні гарячого водного розчину хлориду калію. Чому розчин має бути гарячим? Для чого потрібно перемішувати розчин під час електролізу? Які реакції відображують цей процес? (7 балів)
20. В аналітичній хімії існує термін «йодометрія» - визначення концентрації речовин за рахунок їх титрування розчином йоду. В основі методу лежить реакція між йодом та тіосульфатом натрію. Яка саме? (5 балів).

### ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА.

(1 курс, 2 сем)

#### Екзаменаційний білет № 1

1. Загальна характеристика хімічних властивостей елементів 15 групи. Окисно-відновні властивості оксидів нітрогену ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ). Як ці оксиди реагують з водою? Наведіть приклади відповідних хімічних рівнянь. (15 балів).
2. Запропонуйте способи отримання гідрокарбонату натрію. Який спосіб синтезу використовують у промисловості? Які реакції при цьому відбуваються? Відповідь проілюструйте відповідними рівняннями хімічних реакцій (4 бали).
3. Запропонуйте ймовірний склад «плівки», що утворюється на поверхні металічного кальцію при контакті з повітрям. Які реакції при цьому відбуваються? (4 бали).
4. Чому металічний алюміній розчиняється в концентрованих розчинах амоній хлориду та натрій карбонату? Відповідь проілюструйте рівняннями хімічних реакцій. (3 бали).

5. Яка реакція відбувається при пропусканні через розжарену суміш піску ( $\text{SiO}_2$ ) та вугілля газоподібного хлору? Якими рівняннями хімічних реакцій можна описати процеси взаємодії продуктів цієї реакції з водою? (3 бали).
6. Наведіть приклади хімічних перетворень в яких сірка є відновником, окисником або зазнає самоокиснення – самовідновлення. (3 бали).
7. Напишіть реакції взаємодії тіосульфату натрію з бромом та йодом. (4 бали).
8. Відомо, що фторид ксенону ( $\text{XeF}_2$ ) – потужний фторуєчий агент. Як він реагує з сіркою, фосфором, водою? Напишіть відповідні хімічні рівняння. (4 бали).

## 9. Рекомендовані джерела.

### Основні:

1. А.М.Голуб « Загальна та неорганічна хімія» В 2 ч.-К: Вища школа, 1971. -442с.
2. С.Е.Housecroft, А.Г.Sharpe Inorganic Chemistry (fifth edition), Pearson, 2018.
3. M.Weller, T.Overton, J.Rourke, F.Armstrong Inorganic Chemistry (6th edition), Oxford, 2014
4. С.А. Неділько, П.П.Попель « Загальна і неорганічна хімія» Київ , Либідь , 2001.
5. М.С.Слободяник, К.М.Бойко, В.М.Самійленко, Н.В.Улько « Практикум по загальній і неорганічній хімії» Київ , Либідь , 2002.
6. О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов « Загальна та неорганічна хімія» в 2 Ч. Київ «Педагогічна преса» 2000.
7. Ф. Коттон, Дж. Уилкінсон « Общая и неорганическая химия»М., Мир 1979.
8. К.Дей, Д.Селбин «Теоретическая неорганическая химия» М., 1971. 416с.

### Додаткові:

1. В.А. Копілевич, О.І. Карнаухов та інш. « Загальна і неорганічна хімія» Київ, 2003.
2. Слободяник, М.С.; Скляр, С.І.; Чеботько, К.О. Загальна і неорганічна хімія. – К.: Фенікс, 2003. –752 с.
3. <https://ptable.com/?lang=uk#Властивості>