

Віра Пономарьова

ХІМІЯ.
ОСНОВНІ КЛАСИ
НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК
Навчальний посібник

*Схвалено для використання
у загальноосвітніх навчальних закладах*

Київ
Видавництво Ліра-К
2022

УДК 546
П56

Схвалено для використання у загальноосвітніх навчальних закладах комісією з хімії Науково-методичної ради з питань освіти Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (лист ПТЗО від 13. 02. 2013 р. № 14.1/12-Г-49)

Рецензенти:

П. П. Попель – кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Н. В. Дружиніна – заслужений учитель України, учитель хімії Київського природничо-наукового ліцею № 145.

Пономарьова В. В.

П56 Хімія. Основні класи неорганічних сполук: навчальний посіб. / В. В. Пономарьова. — Київ : Видавництво Ліра-К, 2022. — 96 с. ISBN 978-617-520-358-3

У посібнику пояснено, як класифікують неорганічні сполуки, систематизовано їхні хімічні властивості (для кислот та основних солей уперше) та способи добування. Складено схеми, що узагальнюють хімічні властивості сполук, які належать до різних класів. До кожного розділу дібрано вправи для самостійного виконання, розв'язки та пояснення до них.

Посібник стане у пригоді тим, хто прагне поглибити свої знання та поєднати відомості про хімічні властивості сполук у чітку логічно зв'язану систему знань.

Для учнів старших класів, яким допоможе у підготовці до складання ЗНО, вчителів, студентів молодших курсів вищих навчальних закладів, а також для всіх, хто цікавиться хімією.

УДК 546

Навчальне видання

ПОНОМАРЬОВА Віра Василівна
ХІМІЯ. ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПЛУК
Навчальний посібник

Керівник проекту *Б. Фенюк*

Головний редактор *І. Дворницька*

Редактор *К. Гілінська*

Літературний редактор *А. Семенова*

Технічний редактор *А. Трут*

Обкладинка *О. Курила*

Підписано до друку 22.09.2022. Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.

Умовн. друк. аркушів – 5,58. Обл.-вид. аркушів – 4,45.

Видавець і виготовлювач: ТОВ «Видавництво Ліра-К»
Свідоцтво № 3981, серія ДК. 03142, м. Київ, вул. В. Стуса, 22/1
Тел.: (050) 462-95-48. Сайт: lira-k.com.ua, редакція: zv_lira@ukr.net

Усі права застережені
All rights reserved
ISBN 978-617-520-358-3

© В. Пономарьова, 2022
© ТОВ «Видавництво Ліра-К», 2022

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Оксиди	7
1.1. Загальна характеристика оксидів	9
1.2. Визначення хімічного характеру оксидів	10
1.3. Способи отримання оксидів	11
1.4. Хімічні властивості оксидів	12
1.4.1. Оснóвні оксиди	12
1.4.2. Кислотні оксиди	16
1.4.3. Амфотерні оксиди	20
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 1</i>	24
2. Залежність властивостей сполук $E(OH)_n$ від природи елемента	25
3. Основи	28
3.1. Добування основ	29
3.2. Хімічні властивості основ	30
4. Кислоти	33
4.1. Добування кислот	39
4.2. Хімічні властивості кислот	40
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 4</i>	46
5. Амфотерні гідроксиди	47
5.1. Добування амфотерних гідроксидів	47
5.2. Хімічні властивості амфотерних гідроксидів	48
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 5</i>	50

6. Солі	51
6.1. Добування солей	52
6.2. Хімічні властивості солей	54
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 6.2</i>	<i>59</i>
6.3. Кислі солі	60
6.3.1. Добування кислих солей	60
6.3.2. Хімічні властивості кислих солей	61
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 6.3</i>	<i>65</i>
6.4. Основні солі	66
6.4.1. Добування основних солей	66
6.4.2. Хімічні властивості основних солей.....	66
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 6.4</i>	<i>70</i>
6.5. Гідроліз солей	71
<i>Контрольні запитання та вправи для самостійного виконання до розділу 6.5</i>	<i>75</i>
6.6. Комплексні сполуки	76
7. Генетичний зв'язок між основними класами неорганічних сполук.....	79
 <i>Відповіді та пояснення</i>	<i>81</i>
 <i>Додатки.....</i>	<i>94</i>

ВСТУП

Посібник, який Ви тримаєте в руках, стане надійним помічником під час вивчення однієї із фундаментальних тем неорганічної хімії “Основні класи неорганічних сполук”. У ньому Ви знайдете відповіді на запитання “чому?” і “як?”, які виникають при вивченні хімії. Ви зрозумієте, як, виходячи *тільки із положення хімічного елемента в Періодичній системі Д. Менделєєва, визначити, які хімічні властивості і чому буде виявляти його оксид та відповідний гідрат оксиду: кислотні, основні чи амфотерні?* Як визначити, з чим будуть взаємодіяти сполуки будь-якого елемента Періодичної системи та чому з іншими сполуками взаємодія не відбувається? Як правильно написати рівняння реакцій за участю оксидів, кислот, основ, амфотерних гідроксидів та солей, утворених за участю будь-якого елемента Періодичної системи? Як легко скласти формули утворених солей та комплексних сполук.

У посібнику чітко систематизовано відомості про класи неорганічних сполук: оксиди, основи, кислоти, амфотерні гідроксиди, солі. Особливу увагу приділено способам одержання та хімічним властивостям сполук, які належать до різних класів. Дано пояснення того, як саме можна визначити, до якого класу відноситься сполука, за положенням елемента, яким вона утворена в Періодичній системі Д. Менделєєва. Роз'яснюється, як впливає тип хімічного зв'язку на хімічні властивості сполук.

Під час вивчення теми “Основні класи неорганічних сполук” учні часто припускаються помилки і завчають велику кількість рівнянь хімічних реакцій, вважаючи, що чим більше рівнянь реакцій вони запам'ятовують, тим краще вони знають тему. Насправді набагато доцільніше *вивчати типові властивості, притаманні сполукам того чи іншого класу та навчитися свідомо складати рівняння хімічних реакцій між сполуками*. Рівнянь реакцій, які ілюструють одну і ту саму властивість, дуже багато, а найважливіших *властивостей*, характерних для сполук одного й того самого класу, як правило, *не більше шести-семи*. Тому *властивості зрозуміти набагато легше, ніж запам'ятовувати численні рівняння реакцій*.

Для кожного із класів хімічних сполук наведена схема, яка чітко систематизує та узагальнює інформацію про хімічні властивості сполук даного класу та полегшує порівняння їхніх властивостей із такими для інших класів, що сприяє кращому розумінню теми. Схеми дають повні та вичерпні відповіді на питання про всі властивості, які характерні для сполук певного класу, і допомагають усвідомленню та засвоєнню інформації, завдяки чому вона перетворюється у надійну та ґрунтовну систему знань. У кінці розділів запропоновані контрольні запитання та вправи для самостійного виконання, а також подано розв'язки та пояснення до них.

Працюючи з даним посібником, Ви зможете систематизувати набуті знання, які іноді мають розрізнений характер, та створити струнку логічно зв'язану систему знань, яка стане надійним фундаментом при опануванні хімії. Знання і розуміння властивостей сполук запобігає помилкам та дає надійний орієнтир у нескінченному океані знань однієї з найтаємничіших наук – хімії.

* * *

Із самого початку накопичення інформації про хімічні сполуки постало питання про способи її систематизації. Для того щоб розібратися у постійно зростаючій масі інформації, було запропоновано різні способи класифікації неорганічних сполук. Серед них, класифікація на прості та складні речовини, на одно-, дво-, три- та багатоелементні сполуки, на галогеновмісні, сульфуровмісні, оксигеновмісні та багато інших.

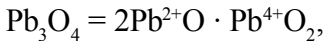
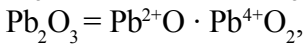
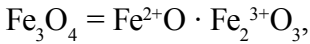
Оскільки Оксиген – один із найпоширеніших елементів на Землі, а більшість неорганічних сполук містить атоми Оксигену у своєму складі, то найважливішою є класифікація саме оксигеновмісних сполук. Зазвичай їх поділяють на оксиди, основи, кислоти, амфотерні гідроксиди та солі, а останні, своєю чергою, – на кислі, основні та середні. В усіх сполуках цих класів ступінь окиснення Оксигену дорівнює -2 . Окремо можна виділити перокссполуки, ступінь окиснення Оксигену в яких відрізняється від -2 .

1. ОКСИДИ

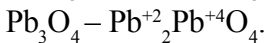
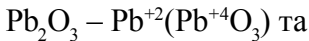
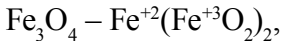
Оксид – сполука елемента з Оксигеном, в якій він має ступінь окиснення мінус два.

В оксидах атоми Оксигену не зв'язані між собою. Сполуки елементів з Оксигеном, у яких є зв'язок між атомами Оксигену, називаються *пероксидами* ($H-O-O-H$ – гідроген пероксид). Сполука Флуору з Оксигеном $O^{+2}F_2^{-1}$ також не належить до оксидів, тому що містить атом Оксигену зі ступенем окиснення +2.

До складу оксиду входить елемент тільки в одному ступені окиснення, тому такі бінарні сполуки, як

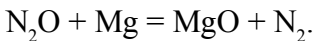
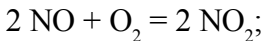
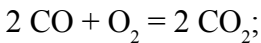


у яких сполучений з Оксигеном елемент має декілька ступенів окиснення, до звичайних оксидів не належать. Їх можна розглядати як подвійні оксиди або умовно як солі



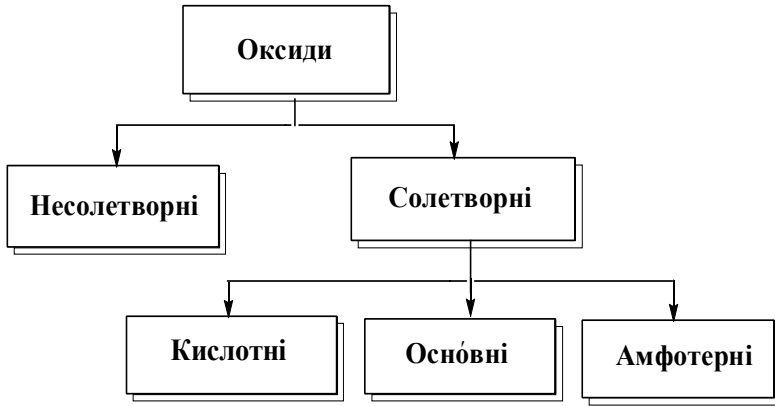
Такі сполуки в хімічних реакціях поведуться як суміш обох оксидів.

За хімічним характером оксиди поділяють на *солетворні* та *несолетворні*. **Несолетворні оксиди** – це *реакційноздатні сполуки, що вступають у хімічні реакції, в результаті яких солі не утворюються*. До них належать CO , SiO , NO , N_2O та деякі інші. Наприклад:



Солетворні – це такі оксиди, що вступають у реакції, в результаті яких утворюються солі. Солетворні оксиди поділяють на *кислотні, основні та амфотерні* (схема 1).

Класифікація оксидів



- **Назви оксидів.**

В назвах оксидів спочатку називають умовний катіон, після якого вказують римськими цифрами (без відступу) у дужках ступінь його окиснення і додають слово оксид. Якщо елемент у сполуках має тільки один ступінь окиснення, то його не вказують.

Формула оксиду	Назва оксиду
Cr_2O_3	хром(III) оксид
N_2O_5	нітроген(V) оксид
CO	карбон(II) оксид
Na_2O	натрій оксид
B_2O_3	бор оксид

1.1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОКСИДІВ

**Оснóвними* називають оксиди, сполуки яких з водою є оснóв-
вами.** До них належать оксиди елементів головних підгруп I та
II груп (Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , Cs_2O та MgO , CaO , SrO , BaO), крім
 H_2O та BeO , а також перехідних елементів у нижчих ступенях
окиснення (FeO , CrO , MnO , Ag_2O ...).

Тип хімічного зв'язку в цих сполуках переважно йонний. Усі
оснóвні оксиди за звичайних умов – це тверді речовини.

**Кислотними називають оксиди, сполуки яких з водою є кисло-
тами.** До них належать солетворні оксиди неметалічних елементів
(SO_2 , P_2O_5 , Cl_2O_7 , N_2O_5 і т. д.) та оксиди металічних елементів у
ступенях окиснення +5, +6, +7 (V_2O_5 , CrO_3 , MoO_3 , Mn_2O_7). Елементи
I та II груп кислотних оксидів не утворюють.

Тип хімічного зв'язку в кислотних оксидах – ковалентний
полярний. За звичайних умов кислотні оксиди бувають: тверді (P_2O_5 ,
 CrO_3 , Mn_2O_7), рідкі (SO_3 , N_2O_3) та газоподібні (Cl_2O , SO_2 , CO_2).

**Амфотерними називають оксиди, яким відповідають амфо-
терні гідроксиди.** Залежно від умов реакції амфотерні оксиди здатні
виявляти властивості як оснóвних, так і кислотних оксидів. До
амфотерних належать оксиди деяких металічних елементів головних
підгруп (BeO , Al_2O_3 , PbO , PbO_2 , SnO) та оксиди металічних елементів
побічних підгруп, переважно у проміжних ступенях окиснення (ZnO ,
 Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO ...).

Тип хімічного зв'язку в амфотерних оксидах – ковалентний по-
лярний або йонний. За звичайних умов амфотерні оксиди – це тверді
речовини.

* У посібнику спеціально ставиться наголос на літеру ó в слові
“оснóвний”, щоб підкреслити його походження від хімічного терміна
“оснóва”, дати правильну вимову цього терміна, а також виправити по-
ширену помилку, коли його плутають зі словом “основні́й” (головний).

1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО ХАРАКТЕРУ ОКСИДІВ

Хімічний характер *вищих* оксидів (оксидів, у яких ступінь окиснення елемента відповідає номеру групи) залежить від положення елемента в Періодичній системі Д. Менделєєва.

У межах малих періодів і рядів великих періодів зі збільшенням порядкового номера елемента характер вищих оксидів змінюється від основних через амфотерні до кислотних. У межах підгруп зі зростанням порядкового номера елемента посилюються основні властивості. Якщо металічний елемент утворює кілька оксидів, то, як правило, нижчий оксид є основним, вищий – кислотним, а з проміжним ступенем окиснення елемента – амфотерним.

Типові металічні елементи утворюють оксиди з йонним зв'язком. З послабленням металічних властивостей елементів простежується перехід типу хімічного зв'язку в оксидах від йонного до ковалентного полярного із поступовим зменшенням ступеня полярності. Таким чином, із зростанням ступеню ковалентності зв'язку елемента з Оксигеном наростають кислотні властивості відповідних оксидів.

У періодах зі зростанням порядкового номера елемента зменшується радіус атома та збільшується його ступінь окиснення у вищих оксидах. Це приводить до зменшення ступеня полярності зв'язку E–O і посилення кислотних властивостей. У підгрупах зі збільшенням порядкового номера елемента спостерігається зростання радіуса атома при сталому ступені окиснення. Внаслідок цього відбувається посилення полярності зв'язку E–O та основних властивостей оксидів.

Таким чином, якщо поділити періодичну систему на дві частини умовною діагоналлю від Берилію до Астату, то *вищі* оксиди елементів, що знаходяться вище від діагоналі, як правило, виявляють кислотні властивості, тоді як оксиди елементів, які знаходяться нижче від діагоналі, – основні, а оксиди елементів, що розміщуються на діагоналі чи близько від неї, можуть виявляти амфотерні властивості.

У ряду *оксидів одного й того самого металічного елемента* зі зростанням ступеня окиснення атома елемента зменшується його радіус, внаслідок чого тип хімічного зв'язку змінюється від йонного до

ковалентного полярного. Тому оксиди елементів з *нижчим ступенем окиснення* виявляють *основні властивості*, з *вищим* – *кислотні*, а з *проміжним* – *амфотерні*. Приклади наведено в *табл. 1*:

Таблиця 1

**Приклади оксидів різної хімічної природи,
утворених одним елементом**

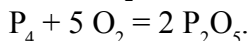
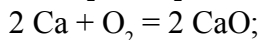
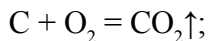
Оснóвні оксиди	Амфотерні оксиди	Кислотні оксиди
Mn ⁺² O	Mn ⁺⁴ O ₂	Mn ⁺⁷ O ₇
Cr ⁺² O	Cr ⁺³ O ₂ O ₃	Cr ⁺⁶ O ₃
V ⁺² O	V ⁺⁴ O ₂	V ⁺⁵ O ₅
Fe ⁺² O	Fe ⁺³ O ₂ O ₃	[Fe ⁺⁶ O ₃]*

* Такого оксиду не добуто, проте відповідні солі досить стійкі (Na₂Fe⁺⁶O₄ та ін.).

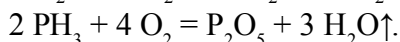
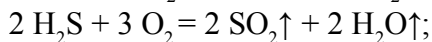
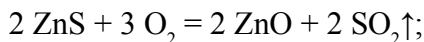
1.3. СПОСОБИ ДОБУВАННЯ ОКСИДІВ

Існує багато способів добування оксидів. До основних способів відносять такі перетворення:

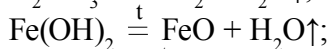
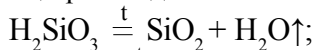
1. Взаємодія простих речовин з киснем:



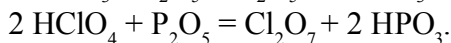
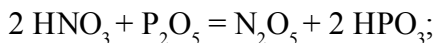
2. Спалювання складних речовин:



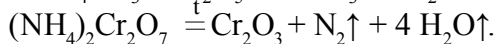
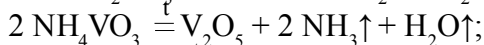
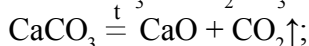
3. Реакції розкладання кислот, основ та амфотерних гідроксидів:



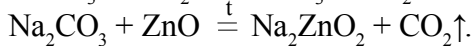
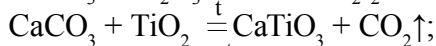
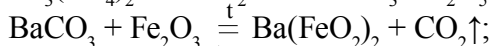
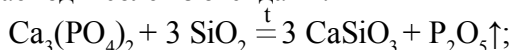
4. Для одержання нестійких кислотних оксидів на кислоти діють речовинами, здатними зв'язувати воду, наприклад P_2O_5 :



5. Розкладання солей оксигеновмісних кислот:



6. Взаємодія солей з оксидами:



7. Інші реакції:



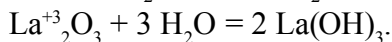
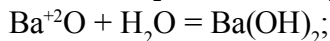
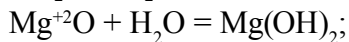
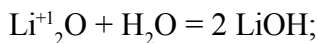
1.4. ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОКСИДІВ

Хімічні властивості оксидів залежать від їхньої хімічної природи. Так, основні оксиди виявляють основні властивості та взаємодіють зі сполуками кислотної природи. Кислотні оксиди виявляють кислотні властивості та взаємодіють зі сполуками основної природи. Амфотерні оксиди виявляють основні й кислотні властивості та взаємодіють зі сполуками як кислотної, так і основної природи.

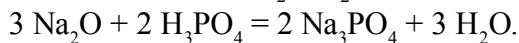
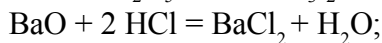
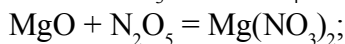
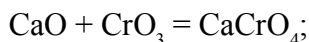
1.4.1. Основні оксиди

Основні оксиди виявляють у хімічних реакціях основні властивості і взаємодіють зі сполуками кислотної природи.

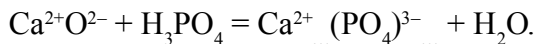
1. Взаємодія з водою. Більшість основних оксидів з водою не взаємодіє, лише оксиди типових металічних елементів (лужних, лужноземельних та лантану) при взаємодії з водою утворюють основи. Ступінь окиснення металічного елемента визначає кількість гідроксогруп:



2. Взаємодія з кислотними сполуками. Основні оксиди взаємодіють із кислотними оксидами з утворенням солі, а з кислотами та кислотними солями з утворенням солі та води (про взаємодію із кислотними солями йтиметься у розділі про кислі солі).

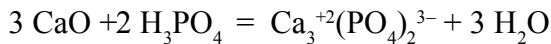
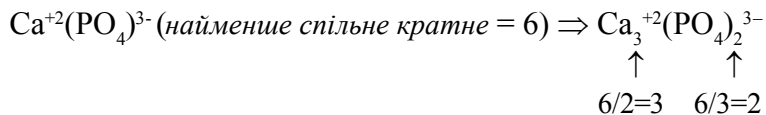


Для того щоб скласти формулу солі, що утворюється в результаті взаємодії основного оксида з кислотою, треба на першому місці написати символ елемента, яким утворений основний оксид, і визначити його ступінь окиснення, на другому – формулу кислотного залишку (тобто групу атомів, яка в формулі кислоти стоїть після атомів Гідрогену). Позитивний заряд катіона дорівнює такому у вихідній сполуці. Негативний заряд кислотного залишку чисельно дорівнює кількості атомів Гідрогену, які заміщуються на атоми металічного елемента. Наприклад:

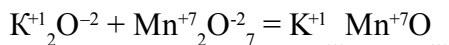


Для того, щоб сумарний заряд катіону та кислотного залишку дорівнював нулю, знаходять найменше спільне кратне для модулів ступеня окиснення металічного елемента та заряду кислотного залишку. Індекс біля катіона металічного елемента знаходять поділом найменшого спільного кратного на модуль ступеня його окиснення, а індекс біля кислотного залишку – частка від ділення найменшого спільного кратного на модуль заряду кислотного залишку.

Наприклад:

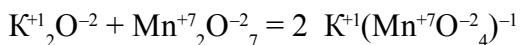


Правильно скласти формулу солі, що утворюється при взаємодії основного оксиду з кислотним децю складніше. Для цього на першому місці потрібно написати символ елемента, яким утворений основний оксид, на другому – кислотний залишок, який складається з атомів кислотоутворюючого елемента та Оксигену. Наприклад:



Після цього треба визначити ступені окиснення всіх елементів, які вони мали у вихідних сполуках, враховуючи, що ступінь окиснення Оксигену –2. Кислотний залишок завжди негативно заряджений, тому треба дібрати мінімальну кількість атомів Оксигену, за якої досягається негативний заряд кислотного залишку. В наведеному прикладі ступінь окиснення Мангану +7, тому потрібно взяти чотири атоми Оксигену, сума ступенів окиснення яких дорівнює –8. При цьому заряд кислотного залишку дорівнює сумі ступенів окиснення всіх атомів Оксигену та Мангану

$$(-2) \cdot 4 + 7 = (-1).$$



Сумарний заряд кислотного залишку й катіона металу має дорівнювати нулю для досягнення електронейтральності утвореної солі. У цьому прикладі заряд атома Калію дорівнює +1, заряд кислотного залишку дорівнює –1, а сумарний заряд +1 + (–1) = 0

3. Взаємодія з амфотерними сполуками. При сплавленні основні оксиди взаємодіють з амфотерними оксидами та гідроксидами, які виявляють при цьому протилежні до основних – кислотні властивості, а елементи, якими утворені амфотерні сполуки, входять до складу кислотного залишку в утвореній солі:

