СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТА ЗА ХІМІЧНОЮ ФОРМУЛОЮ СПОЛУКИ. СКЛАДАННЯ ФОРМУЛИ СПОЛУКИ ЗА ВІДОМИМИ СТУПЕНЯМИ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

ПОНЯТТЯ ПРО СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ

- **Ступінь окиснення** — це умовний заряд атома в молекулі або кристалі, який би виник на ньому, коли б усі полярні зв'язки, утворені ним, мали йонний характер.
- Ступінь окиснення визначається числом умовно відданих або прийнятих електронів.
- Якщо електрони віддані — атом набуває позитивного ступеня окиснення.
- Якщо електрони прийняті — атом набуває негативного ступеня окиснення.
- Ступінь окиснення позначається арабською цифрою зі знаком «+» або «−» над символом елемента.
- Вищій ступінь окиснення елемента в більшості випадків дорівнює номеру групи в ПС, де він розміщений.

СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ І ВАЛЕНТНІСТЬ

- **СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ** — ПОНЯТТЯ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЄ СТАН ЕЛЕМЕНТА В ХІМІЧНІЙ СПОЛУЦІ ТА ЙОГО ПОВЕДІНКУ В ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПРОЦЕСАХ.

ЦЕ УМОВНИЙ ЗАРЯД, ВЕЛИЧИНА ЯКОГО РОЗРАХОВУЄТЬСЯ ВИХОДЯЧИ З ПРИПУЩЕННЯ, ЩО ВСІ ЕЛЕКТРОНИ, ЯКІ УТВОРЮЮТЬ ХІМІЧНИЙ ЗВ’ ЯЗОК, ПОВНІСТЮ ПЕРЕХОДЯТЬ ДО БІЛЬШ ЕЛЕКТРОНЕГАТИВНОГО ЕЛЕМЕНТА.

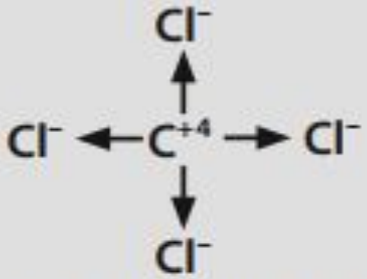
- **ВАЛЕНТНІСТЬ** — ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАТНОСТІ АТОМА УТВОРЮВАТИ ХІМІЧНІ ЗВ’ЯЗКИ.

ВИЗНАЧАЄТЬСЯ ЧИСЛОМ ЗВ’ЯЗКІВ, ЯКІ УТВОРЮЮТЬ ДАНИЙ АТОМ З ІНШИМИ АТОМАМИ В МОЛЕКУЛІ.

Валентність	Ступінь окиснення
Визначається числом зв'язків, які утворює даний атом з іншими атомами в молекулі	Умовний заряд, величина якого розраховується виходячи з припущення, що всі електрони, які утворюють хімічний зв'язок, повністю переходять до більш електронегативного елемента

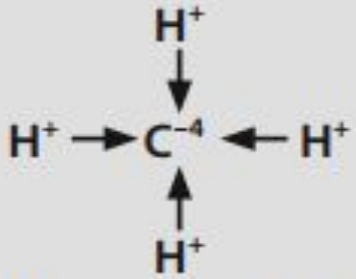
Приклади, що переконують у відмінності понять *валентність* і *ступінь окиснення*:

$C^{+4}Cl_4^-$



ступінь окиснення = +4
валентність = 4 (4 зв'язки)

$C^{-4}H_4^+$



ступінь окиснення = −4
валентність = 4 (4 зв'язки)

У даних прикладах Карбон має валентність, що дорівнює чотирьом, а ступінь його окиснення різний (стрілками показано зсув електронної густини у бік більш електронегативного елемента). Таким чином, за однакових значень валентності елемент може мати різний ступінь окиснення — як за знаком, так і за значенням:

$H_2^{+1}O^{-2}$ (ступінь окиснення Оксигену = −2) и $H_2^{+1}O_2^{-1}$ (ступінь окиснення Оксигену = −1)

СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ І ВАЛЕНТНІСТЬ

(НА ПРИКЛАДІ N_2)

- ЕЛЕКТРОННА ФОРМУЛА АТОМА НІТРОГЕНУ: $_7N — 1s^2\ 2s^2 2p^3$

- НА ЗОВНІШНЬОМУ ЕНЕРГЕТИЧНОМУ РІВНІ 5 ЕЛЕКТРОНІВ,

ТРИ ІЗ ЯКИХ НЕСПАРЕНІ.

- У МОЛЕКУЛІ АЗОТУ N_2 НІТРОГЕН УТВОРЮЄ ТРИ КОВАЛЕНТНІ ЗВ'ЯЗКИ $N \equiv N$

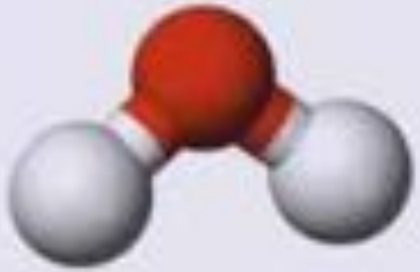
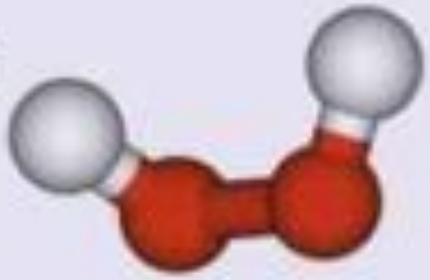
ЙОГО ВАЛЕНТНІСТЬ ДОРІВНЮЄ ТРЬОМ.

- ЗМІЩЕННЯ СПІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПАР НЕ ВІДБУВАЄТЬСЯ, ВОНИ РІВНОВІДДАЛЕНІ ВІД ЯДЕР ОБОХ АТОМІВ

- ТОМУ СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ НІТРОГЕНУ НУЛЬОВИЙ, А ТОДІ ЯК ОБИДВА АТОМИ – ТРИВАЛЕНТНІ.

валентність — III N_2	0 — ступінь окиснення N_2

ЗНАЧЕННЯ ВАЛЕНТНОСТІ Й СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ДЕЯКИХ РЕЧОВИНАХ

Формула речовини	Хімічний елемент	Валентність	Ступінь окиснення
O_2	Оксиген	II	0
H_2O 	Оксиген	II	−2
	Гідроген	I	+1
H_2O_2 	Оксиген	II	−1
	Гідроген	I	+1

ПРАВИЛА ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ОКИСНЕННЯ

Правила	Приклади речовин
1. Сума ступенів окиснення всіх атомів, що входять до молекули, дорівнює нулю	$Cu^{+2}Cl_2^{-1}$
2. Вільні елементи мають ступінь окиснення 0	I_2^0; K^0
3. Елементи в сполуках мають такий ступінь окиснення:	
— Ступінь окиснення металів дорівнює їх валентності (усі метали мають позитивний ступінь окиснення)	$Na_2^{+1}O^{-2}$; $Ca_3^{+2}N_2^{-3}$
— Гідроген має ступінь окиснення +1 (винятком є сполуки з металами, де його ступінь окиснення −1)	H^+Br^- $Ca^{+2}H_2^-$ (виняток)
— Оксиген має характерний ступінь окиснення −2 (виключення становлять пероксиди, у яких ступінь окиснення оксисену −1)	$Ba^{+2}O^{-2}$ $K_2^{+1}O_2^{-1}$ (виняток)
— Флуор має лише негативний ступінь окиснення	$H^{+1}F^{-1}$; $Ca^{+2}F_2^{-1}$
4. Ступінь окиснення простих йонів дорівнює їхньому електронному заряду	$Na^{+1}Br^{-1}$

Ступені окиснення позначають у формулах речовин над символами хімічних елементів:	$\overset{+1}{H}\overset{-1}{Cl}$; $\overset{+2}{Mg}\overset{-2}{O}$; $\overset{+3}{Al_2}\overset{-2}{O_3}$; $\overset{+2}{Ca_3}\overset{-3}{N_2}$
Ступінь окиснення може мати не лише додатне чи від'ємне значення. У простих речовинах ступінь окиснення атомів дорівнює нулю:	$\overset{0}{F_2}$; $\overset{0}{H_2}$; $\overset{0}{N_2}$; $\overset{0}{O_2}$; $\overset{0}{K}$; $\overset{0}{Al}$
Ступінь окиснення Гідрогену в сполуках з неметалічними елементами зазвичай дорівнює +1, а з металічними – –1:	$\overset{+1}{H}Br$; $\overset{+1}{H_2}O$; $N\overset{+1}{H_3}$; $Na\overset{-1}{H}$; $Ca\overset{-1}{H_2}$
Флуор в усіх сполуках з іншими елементами має ступінь окиснення –1:	$\overset{+1}{Na}\overset{-1}{F}$ $\overset{+2}{O}\overset{-1}{F_2}$
Оксиген в усіх сполуках з іншими елементами (за винятком сполук з Флуором та тих, де атоми Оксигену сполучені між собою, наприклад у гідроген пероксиді H–O–O–H) має ступінь окиснення –2:	$H_2\overset{-2}{O}$; $Al_2\overset{-2}{O_3}$; $Mg\overset{-2}{O}$; $\overset{+2}{O}F_2$

МОЖЛИВІ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Металічні елементи

- вищий ступінь окиснення = максимальне число втрачених електронів = номер групи
- нижчий ступінь окиснення = 0

Неметалічні елементи

- вищий ступінь окиснення = максимальне число втрачених електронів = номер групи
- нижчий ступінь окиснення = максимальне число прийнятих електронів = номер групи мінус 8

НАЙБІЛЬШ ХАРАКТЕРНІ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ *S*- ТА *P*-ЕЛЕМЕНТІВ

Група ПС	I	II	III	IV	V	VI	VII
Вищий ступінь окиснення	+1	+2	+3	+4	+5	+6 (крім **O**)	+7 (крім **F**)
Проміжний ступінь окиснення	—	—	—	+2, 0	+3, 0	+4, +2, 0	+5, +3, +1, 0
Нижчий ступінь окиснення	0	0	0	−4	−3	−2	−1

МОЖЛИВІ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ДЕЯКИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Хімічний елемент	Значення ступеня окиснення	Хімічний елемент	Значення ступеня окиснення
Ag	0; +1	Fe	0; +2; +3; +6
Al	0; +3	H	−1; 0; +1
As	−3; 0; +3; +5	J	−1; 0; +1; +3; +5; +7
Au	0; +1; +3	K	0; +1
B	−3; 0; +3	Li	0; +1
Ba	0; +2	Mg	0; +2
Be	0; +2	Mn	0; +2; +3; +4; +6; +7
Bi	0; +3; +5	N	−3; −2; 0; +1; +2; +3; +4; +5
Br	−1; 0; +1; +5; +7	Na	0; +1
C	−4; −1; 0; +2; +4	P	−3; 0; +3; +5
Ca	0; +2	Pb	0; +2; +4
Cl	−1; 0; +1; +3; +4; +5; +6; +7	S	−2; 0; +4; +6
Cr	0; +2; +3; +6	Si	−4; 0; +2; +4
Cu	−2; 0; +1; +2	Sn	0; +2; +4
F	−1; 0	Zn	0; +2

ДЕЯКІ ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ НЕ ПІДПАДАЮТЬ ПІД ЦІ ПРАВИЛА.
СЕРЕД НИХ ГІДРОГЕН, ОКСИГЕН, ФЛУОР:

H → вищий +1; H → нижчий −1 ; O → вищий +2; O → нижчий −2 ; F → вищий 0; F → нижчий −1

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ В БІНАРНИХ СПОЛУКАХ

- ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ У СПОЛУКАХ НЕДОСТАТНЬО ЗНАТИ МОЖЛИВІ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ.
- ДЛЯ ЦЬОГО СЛІД КОРИСТУВАТИСЯ ПЕВНИМИ ПРАВИЛАМИ. НАСАМПЕРЕД, ПРИНЦИПОМ ЕЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТІ:
  ОСКІЛЬКИ БУДЬ-ЯКА РЕЧОВИНА Є ЕЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОЮ, ТО СУМА СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ АТОМІВ УСІХ ЕЛЕМЕНТІВ, З ЯКИХ СКЛАДАЄТЬСЯ РЕЧОВИНА, МАЄ ДОРІВНЮВАТИ НУЛЮ.
- НАПРИКЛАД, ВИЗНАЧИМО СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ У СУЛЬФУР(IV) ОКСИДІ SO_2. В ОКСИДАХ СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ ОКСИГЕНУ ЗАВЖДИ ДОРІВНЮЄ –2. ОТЖЕ, ДЛЯ ТОГО ЩОБ НЕЙТРАЛІЗУВАТИ ЗАРЯД НА ДВОХ АТОМАХ ОКСИГЕНУ, В СУЛЬФУРУ СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ МАЄ БУТИ +4:

$$\overset{+4}{S}\,\overset{-2}{O_2}$$

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ У БІНАРНИХ СПОЛУКАХ

1. Записуємо формули сполук	P_2S_5	Ca_3P_2
2. Визначаємо найбільш електронегативний елемент	Сульфур	Фосфор
3. Визначаємо знаки зарядів на елементах: на атомах більш електронегативного елемента — негативний, на іншому — позитивний	$\overset{+x}{P_2}\overset{-x}{S_5}$	$\overset{+x}{Ca_3}\overset{-x}{P_2}$
4. Визначаємо негативний ступінь окиснення елементів (табл. 7)	Сульфур: −2	Фосфор: −3
5. Обчислюємо сумарний негативний заряд на всіх електронегативних атомах	На атомах Сульфуру: $-2 \cdot 5 = -10$	На атомах Фосфору: $-3 \cdot 2 = -6$
6. Атоми з позитивним ступенем окиснення мають повністю нейтралізувати негативний заряд. Визначаємо ступінь окиснення позитивних атомів, поділивши сумарний позитивний заряд на число позитивних атомів	На атомах Фосфору: $+10 : 2 = +5$	На атомах Кальцію: $+6 : 3 = +2$
7. Записуємо значення ступенів окиснення	$\overset{+5}{P_2}\overset{-2}{S_5}$	$\overset{+2}{Ca_3}\overset{-3}{P_2}$

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ В КИСЛОТАХ, ГІДРОКСИДАХ ТА СОЛЯХ

- ДЛЯ СПОЛУК, УТВОРЕНИХ БІЛЬШЕ НІЖ ДВОМА ХІМІЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ, ПРИНЦИП ЕЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТІ ТАКОЖ Є ОСНОВНИМ.

- ПІДХІД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ ТАКИЙ САМИЙ, ЯК І ДЛЯ БІНАРНИХ СПОЛУК.

- ТАКОЖ СЛІД ПАМ’ЯТАТИ, ЩО В ПЕРЕВАЖНІЙ БІЛЬШОСТІ СПОЛУК СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ ОКСИГЕНУ ДОРІВНЮЄ –2, А ГІДРОГЕНУ — +1.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ У КИСЛОТАХ ТА ГІДРОКСИДАХ

1. Записуємо формули речовин	H_2SO_4	$Cr(OH)_3$
2. Підписуємо ступені окиснення Оксигену та Гідрогену	$\overset{+1}{H_2}\overset{x}{S}\overset{-2}{O_4}$	$\overset{x}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_3$
3. Складаємо рівняння для обчислення невідомого заряду. Слід пам'ятати, що ступінь окиснення — це заряд на одному атомі. Якщо атомів певного елемента більше одного, то його заряд слід помножити на число атомів	$2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) = 0$ Після спрощення: $2 + x - 8 = 0$	$1 \cdot (x) + 3 \cdot (-2) + 3 \cdot (+1) = 0$ Після спрощення: $x - 6 + 3 = 0$
4. Розв'язуємо складене рівняння	$x = +6$	$x = +3$
5. Підписуємо визначений ступінь окиснення	$\overset{+1}{H_2}\overset{+6}{S}\overset{-2}{O_4}$	$\overset{+3}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_3$

ПРИКЛАД:

- РОЗГЛЯНЕМО, ЯК ВИЗНАЧИТИ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ТРЬОХ ЕЛЕМЕНТІВ, НА ПРИКЛАДІ КАЛІЙ СУЛЬФІТУ K_2SO_3.
- СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ КАЛІЮ У СПОЛУКАХ МОЖЕ БУТИ ТІЛЬКИ +1, А ОКСИГЕНУ — –2:

$$\overset{+1}{K_2}\overset{x}{S}\overset{-2}{O_3}$$

- ОСКІЛЬКИ СУМА ЗАРЯДІВ МАЄ ДОРІВНЮВАТИ НУЛЮ, ТО ОБЧИСЛИМО СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ СУЛЬФУРУ, РОЗВ'ЯЗАВШИ РІВНЯННЯ:
  $2 \cdot (+1) + 1 \cdot (X) + 3 \cdot (-2) = 0$, ЗВІДКИ $X = +4$

СКЛАДАННЯ ФОРМУЛ СПОЛУК ЗА СТУПЕНЕМ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

- ВИКОРИСТОВУЮЧИ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ, СКЛАДАТИ ФОРМУЛИ БІНАРНИХ СПОЛУК ПРОСТІШЕ, НІЖ ЗА ВАЛЕНТНІСТЮ.

- СКЛАДАЮЧИ ФОРМУЛИ, СЛІД КЕРУВАТИСЯ ПРАВИЛОМ ЕЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТІ:

- ОСКІЛЬКИ БУДЬ-ЯКА РЕЧОВИНА Є ЕЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОЮ, ТО СУМА СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ АТОМІВ УСІХ ЕЛЕМЕНТІВ, З ЯКИХ СКЛАДАЄТЬСЯ РЕЧОВИНА, МАЄ ДОРІВНЮВАТИ НУЛЮ.

АЛГОРИТМ СКЛАДАННЯ ФОРМУЛ СПОЛУК ЗА ВІДОМИМИ СТУПЕНЯМИ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

1. Записуємо символи елементів у необхідному порядку та надписуємо їхні ступені окиснення	$\overset{+6}{S}\ \overset{-2}{O}$	$\overset{+3}{P}\ \overset{-1}{Cl}$
2. Визначаємо найменше спільне кратне (НСК) для значень ступенів окиснення (на знак не звертаємо уваги)	НСК (6 і 2) = 6	НСК (3 і 1) = 3
3. Число атомів певного елемента дорівнює відношенню НСК до ступеня окиснення цього елемента	6 : 6 = 1 (S) 6 : 2 = 3 (O)	3 : 3 = 1 (Fe) 3 : 1 = 3 (Cl)
4. Записуємо індекси після символів елементів	$\overset{+6}{S}\ \overset{-2}{O_3}$	$\overset{+3}{P}\ \overset{-1}{Cl_3}$

ПРИКЛАДИ

Приклад 1. Визначити ступінь окиснення Сульфуру в сульфатній кислоті H_2SO_4.

Розв'язання

Записуємо алгебраїчне рівняння суми ступенів окиснення атомів елементів у цій сполуці $\overset{+1}{H_2}\overset{x}{S}\overset{-2}{O_4}$:

$$2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) = 0$$
$$2 + x - 8 = 0$$
$$x = 6$$

Відповідь: $H_2\overset{+6}{S}O_4$.

Приклад 2. Визначити ступінь окиснення Фосфору в натрій дигідрогенфосфаті NaH_2PO_4.

Розв'язання

1. Записуємо у формулі NaH_2PO_4 над символами хімічних елементів відомі ступені окиснення, а невідомий позначаємо *x*:

$$\overset{+1}{Na}\overset{+1}{H_2}\overset{x}{P}\overset{-2}{O_4}$$

2. Записуємо алгебраїчне рівняння суми ступенів окиснення атомів елементів у формулі $\overset{+1}{Na}\overset{+1}{H_2}\overset{x}{P}\overset{-2}{O_4}$:

$$1 \cdot (+1) + 2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) = 0$$
$$1 + 2 + x - 8 = 0$$
$$x = 5$$

Відповідь: $NaH_2\overset{+5}{P}O_4$.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

- 1. СКЛАДІТЬ ФОРМУЛИ СПОЛУК ЗА СТУПЕНЯМИ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ:

  А) БРОМ(I) ОКСИД; Б) МАНГАН(II) ОКСИД; В) СТАНУМ(IV) ОКСИД; Г) ФЕРУМ(III) ОКСИД.

- 2. ВИЗНАЧТЕ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ВСІХ ЕЛЕМЕНТІВ У СПОЛУКАХ:

  а) $CrCl_3$, $KClO_3$, $BaCl_2$, $Ca(ClO)_2$, $HClO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, Fe_2O_3, $NaOH$;
  б) $Ba(OH)_2$, $Ca(NO_3)_2$, H_2CO_3, HNO_3, H_2S, H_3PO_4, $HClO$, H_2SO_4;
  в) $KClO_3$, $K_2Cr_2O_7$, Na_2SO_3, $KClO_3$, $NaCl$, Na_2CrO_4, NH_4ClO_4, $BaMnO_4$.

- 3. ВИЗНАЧТЕ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ МАНГАНУ В СПОЛУКАХ:

  Mn, MnO, MnO_2, K_2MnO_4, $KMnO_4$, Mn_2O_7.

- 4. ОБЧИСЛІТЬ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ КАРБОНУ В СПОЛУКАХ. (ВІЗЬМІТЬ ДО УВАГИ, ЩО В УСІХ ЦИХ СПОЛУКАХ СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ ГІДРОГЕНУ — +1, А ХЛОРУ — –1.)

  CH_4, CH_3Cl, CH_2Cl_2, C_2H_5Cl, $C_2H_2Cl_4$, C_2Cl_6.

- 5. ВИЗНАЧТЕ ЕЛЕКТРОННУ ФОРМУЛУ ХЛОРУ В СТУПЕНЯХ ОКИСНЕННЯ: –1, 0, +1, +3, +5, +7.

- 6. НАВЕДІТЬ ФОРМУЛИ СПОЛУК НІТРОГЕНУ З ПОЗИТИВНИМ І НЕГАТИВНИМ СТУПЕНЕМ ОКИСНЕННЯ ЦЬОГО ХІМІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА.

- 7*. МАКСИМАЛЬНА ВАЛЕНТНІСТЬ ТА СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ ОКСИГЕНУ ТА ФЛУОРУ ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ВІД НОМЕРІВ ГРУП ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ, У ЯКИХ ВОНИ РОЗТАШОВАНІ. ЯК ВИ ВВАЖАЄТЕ, ЧИМ ЦЕ МОЖНА ПОЯСНИТИ?