


S²-елементи



IIA – Be, Mg, Ca, Sr, Ba (Ra)

- 
- Поширення в природі
 - Будова атомів
 - Фізичні властивості
 - Хімічні властивості металів
 - Хімічні властивості оксидів, гідроксидів і солей

Що таке лужноземельні метали?

- Лужноземельні метали належать до другої групи періодичної таблиці. Елементи II групи - Берилій (Be), Магній (Mg), Кальцій (Ca), Стронцій (Sr), Барій (Ba) та Радій(Ra). Подібно до лужних металів, ці елементи також не зустрічаються в природі у вільному вигляді, і вони також дуже реакційноздатні.
- Усі елементи цієї групи щільніші за воду. Чисті метали мають сріблясто-сірий колір, але вони, як правило, швидко знебарвлюються під впливом повітря, оскільки утворюють на поверхні шар оксиду. Так само, як і лужні метали, ці метали також є хорошими провідниками тепла та електрики. Усі ці метали є комерційно цінними.

Що таке лужноземельні метали?

- Лужноземельні метали приєднують іони OH^- при додаванні води. Розчини лужних сполук мають високі значення рН (>7).
- Ці лужні сполуки також забарвлюють фіолетовий лакмус у синій колір, тобто мають основні властивості.
- Лужноземельні метали твердіші за лужні.
- Ці елементи утворюють катіони $+2$, оскільки вони мають два валентні електрони, і катіон може утворитися шляхом видалення цих електронів. Однак, оскільки ці електрони знаходяться на s-орбіталі як електронна пара, ці елементи не настільки реактивні, як лужні метали.
- Лужноземельні метали мають менший атомний радіус, ніж лужні метали. Це пояснюється тим, що кількість електронів і протонів вища, ніж у сусідніх елементів першої групи.

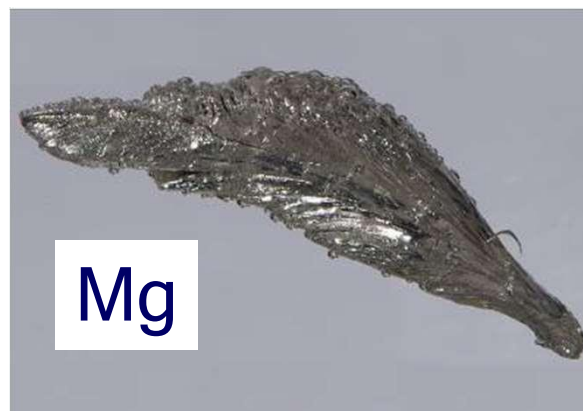
ns^2



Be



Mg



Лужно-земельні метали



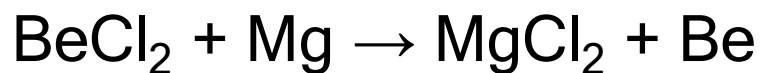
Стандартні електродні потенціали

Metal	E^0, V
Ba ²⁺ /Ba	-2,905
Sr ²⁺ /Sr	-2,888
Ca ²⁺ /Ca	-2,866
Mg ²⁺ /Mg	-2,363
Be ²⁺ /Be	-1,847

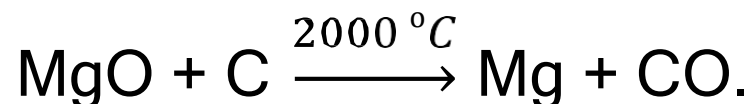
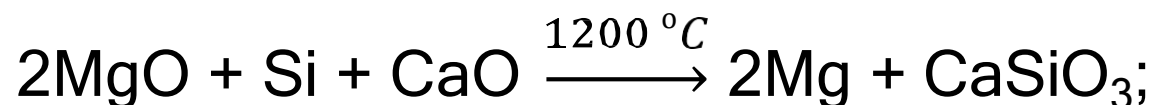
Отримання лужноземельних металів

- Лужноземельні метали отримують електрометалургійними методами шляхом електролізу змішаних розплавів солей :
 $\text{XCl}_2 \rightarrow \text{X} + \text{Cl}_2$, X - метал
- Берилій - з BeCl_2 та NaCl ;
- Магній, кальцій і стронцій - з XCl_2 та KCl ;
- Солі NaCl або KCl додають для зниження температури плавлення суміші.

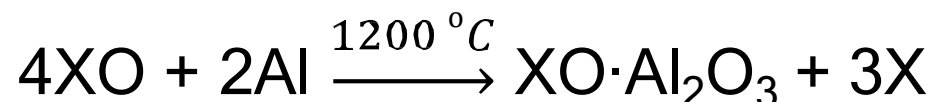
- Берилій отримують металотермією при температурі 1000 °C:



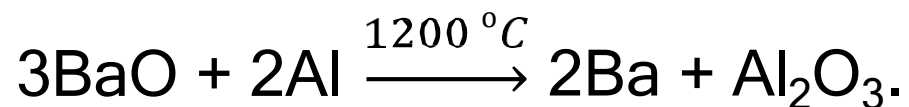
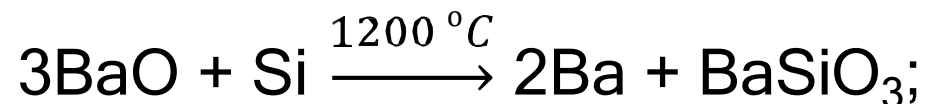
- Магній - кремнієвим і карботермічним методом :



- Кальцій або стронцій - методом алюмотермії :



- Барій отримують кремнієвим або алюмотермічним методами у вакуумній печі :



Подібність між лужними та лужноземельними елементами

- Обидва типи сполук мають основні властивості.
- Обидва типи сполук можуть забарвлювати фіолетовий лакмус у синій колір.
- Обидва типи сполук можуть утворювати водні розчини з $\text{pH} > 7$.
- Обидва типи сполук можуть утворювати іони OH^- при додаванні у воду.

Різниця між лужними та лужно-земельними елементами

□ Визначення

□ **Лужні:** Термін «Лужні» використовується для назви елементів 1 групи періодичної таблиці.

□ **Лужно-земельні:** Термін «Лужно-земельні» використовується для назви елементів 2 групи періодичної таблиці.

□ Фізичні властивості

□ **Лужні:** Лужні метали м'які.

□ **Лужно-земельні :** Лужноземельні метали тверді.

Різниця між лужними та лужно-земельними елементами

□ Валентні електрони

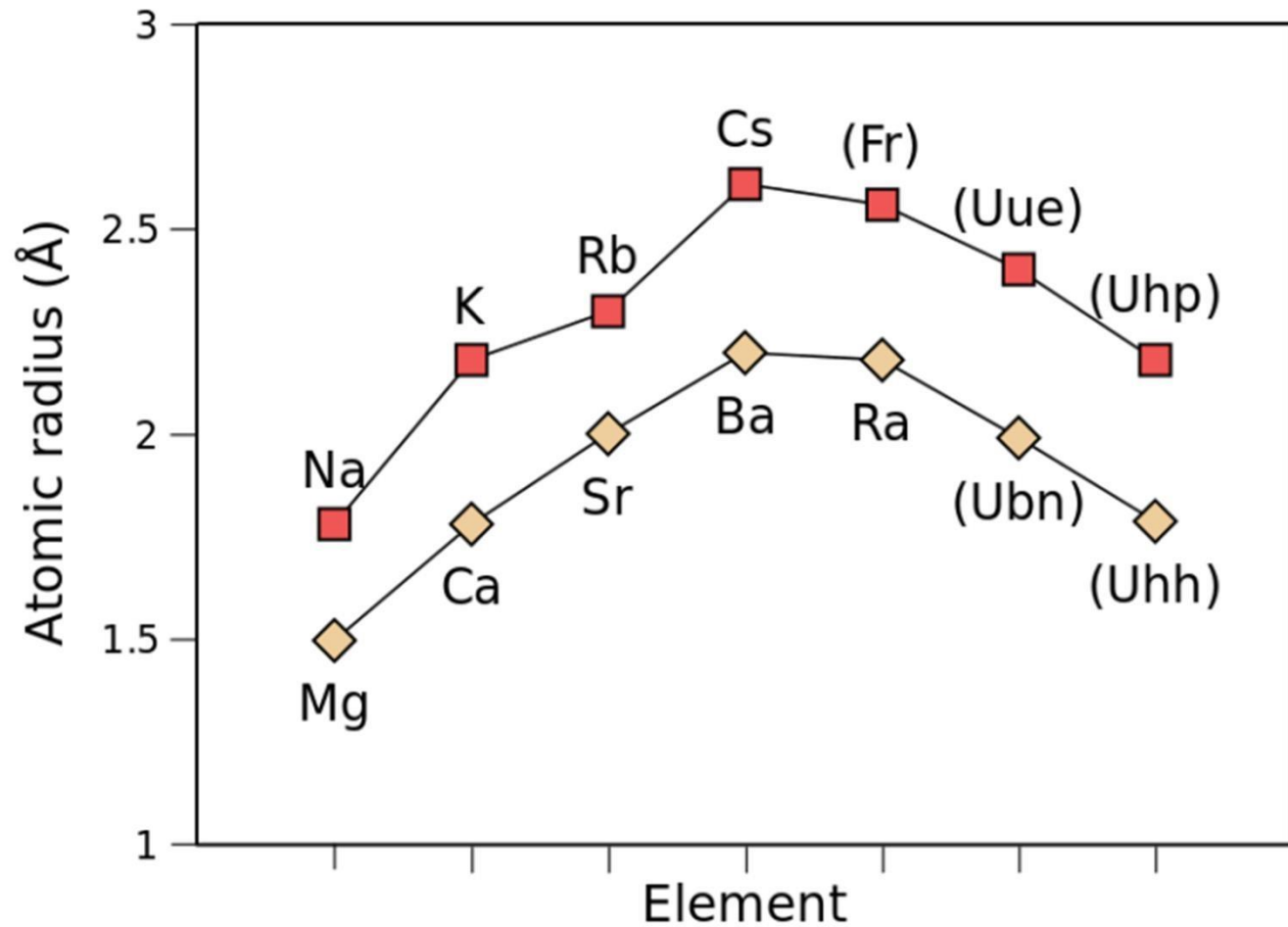
- **Лужні:** Лужні елементи мають один валентний електрон.
- **Лужно-земельні :** Лужноземельні метали мають два валентних електрони.

□ Катіони

- **Лужні :** Лужні метали утворюють катіони зі ступенем окиснення +1.
- **Лужно-земельні :** Лужноземельні метали утворюють катіони зі ступенем окиснення +2 .

□ Енергія іонізації

- **Лужні :** Лужні метали мають меншу енергію іонізації.
- **Лужно-земельні :** Лужноземельні метали мають більшу енергію іонізації.



- Alkali metal
- ◆ Alkaline earth metal
- (...) predicted by calculation

Деякі фізичні властивості

Metal	Atomic weight (u)	Melting point (°C)	Boiling point (°C at 760 mmHg)	Density (g·cm ⁻³)
Lithium	6.041	180	1,342	0.53
Sodium	22.990	97	883	0.97
Potassium	39.098	63	759	0.89
Rubidium	85.468	39	688	1.53
Cesium	132.905	28	671	1.93
Magnesium	24.305	650	1,107	1,738
Calcium	40.078	839	1,484	1,55
Strontium	87.620	764	1,384	2.54
Barium	137.327	725	1,140	3.59

Розмір атомів



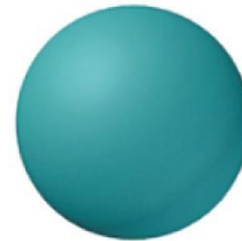
Beryllium, Be



Magnesium, Mg



Calcium, Ca



Strontium, Sr

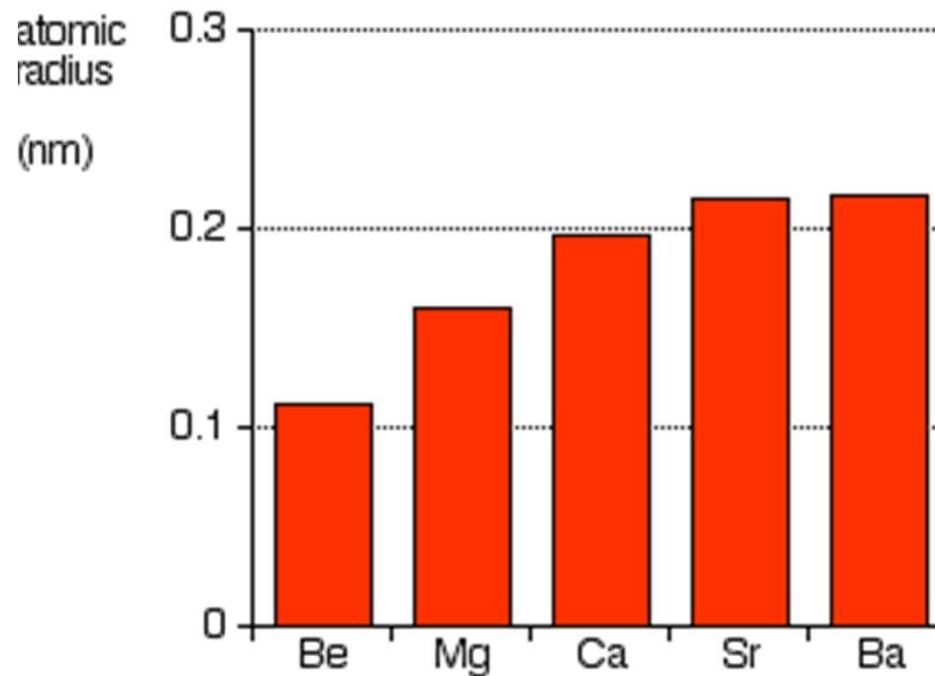


Barium, Ba

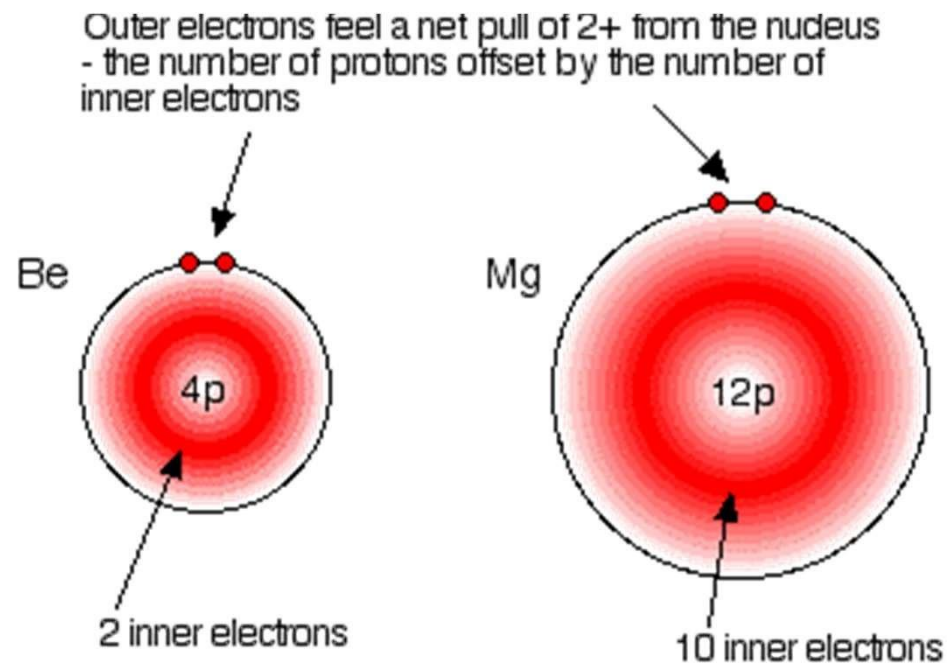
**Group 2,
alkaline earth
metals**

Зміна атомного радіуса

- Атомний радіус збільшується вниз по групі. Берилій має особливо малий радіус порівняно з рештою атомів групи.

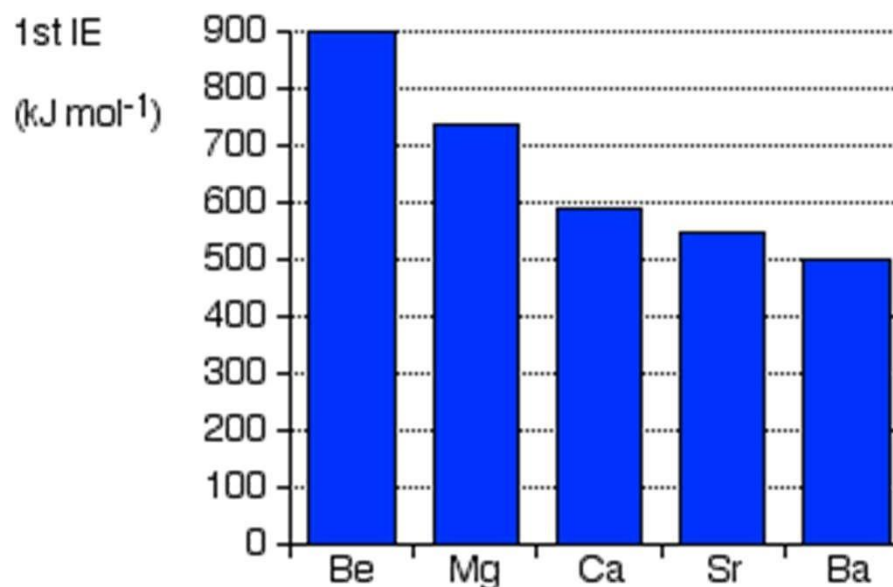


- Порівняємо електронну конфігурацію берилію та магнію :
- Be: $1s^2 2s^2$ Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- Єдиним фактором, що впливає на розмір атома, є кількість внутрішніх електронних рівнів навколо атома. Більша кількість електронних рівнів займають більше місця через відштовхування між електронами. Тому атоми збільшуються в розмірі вниз по групі.



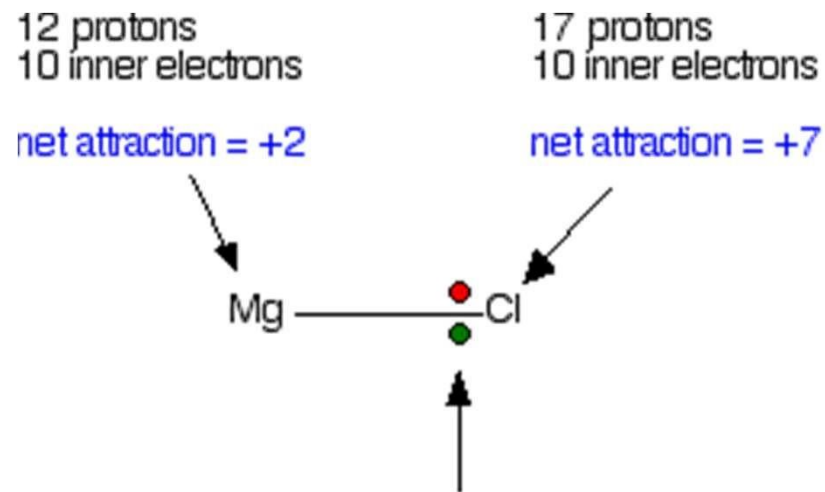
Зміна першої енергії іонізації

- Перша енергія іонізації атома визначається як енергія, необхідна для видалення найбільш слабо утримуваного електрона з одного моля газоподібних атомів, утворюючи один моль однозарядних газоподібних іонів : $X(g) \rightarrow X^+(g) + e^-$



Електронегативність

- Кожен з цих елементів має низьку електронегативність за шкалою Полінга, і електронегативність явно зменшується в групі. Ефективність атомів у притягуванні зв'язуючих пар електронів стає все меншою.

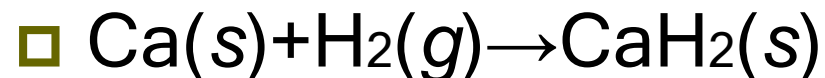


Electron pair is attracted well towards the chlorine end of the bond because it experiences a net pull of 7+ from that end, but only 2+ from the magnesium end.

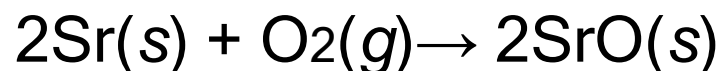
Реакції лужноземельних металів

Реакції лужноземельних металів відрізняються від реакцій металів 1 групи. Радій радіоактивний і не розглядається.

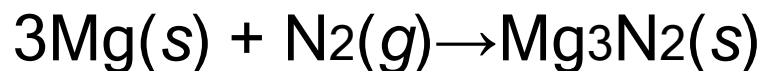
□ **Реакції з Гідрогеном**: Усі лужноземельні метали реагують з воднем, утворюючи металеві гідриди :



- **Реакції з киснем**: Лужноземельні метали реагують з киснем, утворюючи оксиди металів. Берилій не реагує з киснем, але інші метали реагують наступним чином:

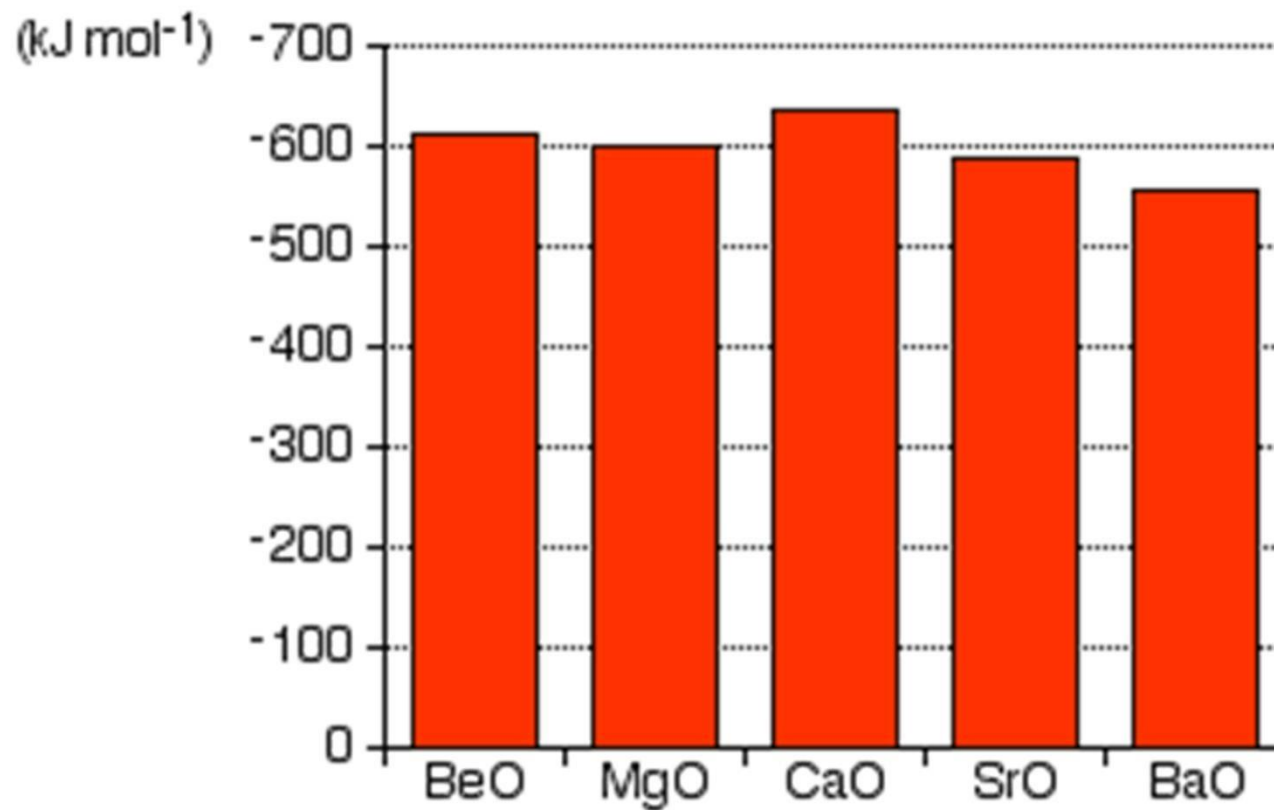


- **Реакції з азотом** не може відбуватися за звичайних умов, лише за надзвичайно високих температур. Теоретично реакція лужноземельного металу з азотом відбувалася б таким чином :



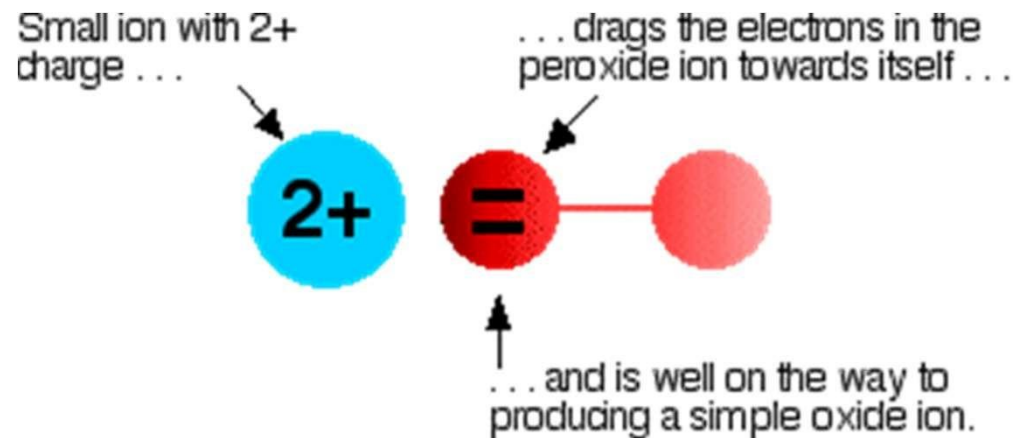
Термічна стійкість оксидів

Heat evolved when 1 mole of oxide is formed from its elements



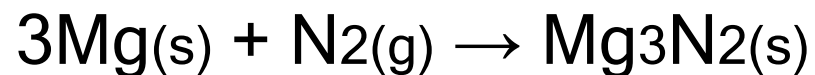
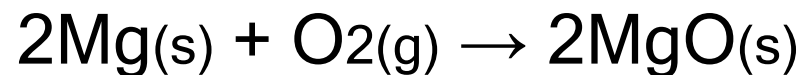
Утворення пероксидів

- Стронцій і барій також реагують з киснем з утворенням пероксидів стронцію або барію. Стронцій утворює пероксид, якщо його нагріти в кисні під високим тиском, але барій утворює пероксид барію просто при нагріванні в кисні. Будуть утворюватись суміші оксиду барію та пероксиду барію :
- $\text{Ba(s)} + \text{O}_2\text{(s)} \rightarrow \text{BaO}_2\text{(s)}$



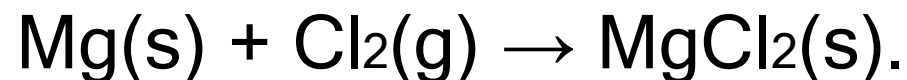
Реакції з повітрям

- Реакції металів 2 групи з повітрям, а не з киснем ускладнюються тим фактом, що всі вони реагують з азотом з утворенням нітридів. У кожному випадку отримується суміш оксиду металу та нітриду металу.
- Наприклад, білий попіл, який отримується при спаленні магнієвої стрічки на повітрі, є сумішшю оксиду магнію та нітриду магнію :



Реакції з галогенами та сіркою

- Лужноземельні метали реагують з галогенами з утворенням галогенідів металів:



- Лужноземельні метали реагують із Сульфуром при нагріванні :



Реакція з водою

- Берилій не реагує з водою; однак магній, кальцій, стронцій і барій реагують з утворенням гідроксидів металів і газоподібного водню :



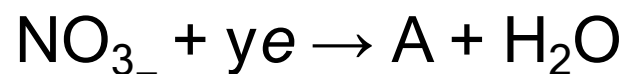
Реакції з розведеною хлоридною та сульфатною кислотами

- Кожен метал реагує з розведеною соляною кислотою, утворюючи бульбашки газоподібного водню та безбарвний розчин хлориду металу :
- $X + 2HCl \rightarrow XCl_2 + H_2$
- Реакції з розведеною сульфатною кислотою протікають складніше через утворення нерозчинних сульфатів.
- Утворюється газоподібний водень і безбарвні розчини сульфату берилію або магнію : $Mg + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2$
- Сульфат кальцію малорозчинний, а сульфати стронцію та барію практично нерозчинні. Під впливом сульфатної кислоти на кожному з цих металів утворюється шар нерозчинного сульфату, який уповільнює або повністю припиняє реакцію.

Кислота-окисник HNO_3



відновлення

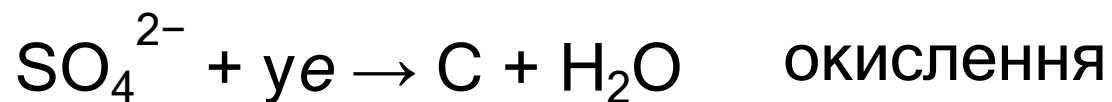


окислення

Продукт відновлення азоту А

Концентрація кислоти ω , %		
Розведена $\omega < 15$	Середня $15 < \omega < 40$	Концентрована $\omega > 45$
$\text{N}^{-3}\text{H}_4\text{NO}_3$ або NH_3	N_2O , N_2 , NO	NO_2

Кислота-окисник H_2SO_4 (концентрована)



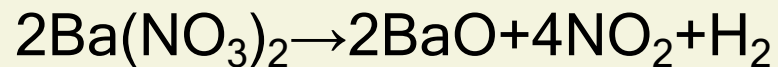
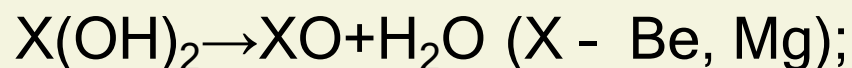
Продукт відновлення сульфуру С

Концентрація кислоти ω , %		
Розведена $\omega < 15$	Середня $15 < \omega < 40$	Концентрована $\omega > 45$
H_2	S	H_2S

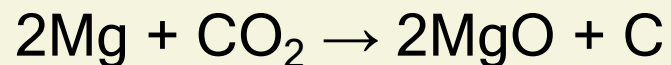
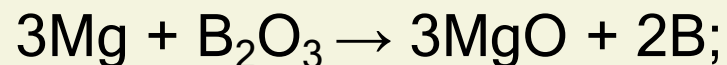
Отримання оксидів і гідроксидів

Оксиди

- Термічне розкладання гідроксидів або солей:

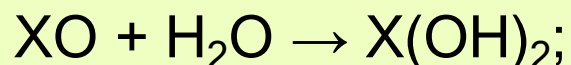


- Або за реакціями :

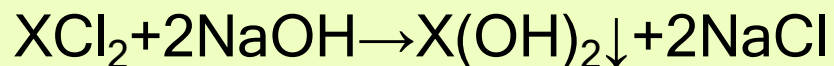


Гідроксиди

- Ca, Sr, Ba:



- Інші :



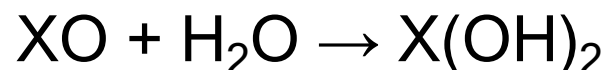
Оксиди та гідроксиди

- Основність оксиду металу II групи та розчинність гідроксиду у воді зростають вниз по групі. BeO та Be(OH)₂ є амфотерними і реагують з кислотами та сильними основами, такими як NaOH.
- MgO є основним і Mg(OH)₂ є слабоосновними і не розчиняються в розчині NaOH.
- Оксиди кальцію, стронцію, барію є основними, а гідроксиди - сильноосновними.
- Розчинність гідроксидів у воді :
Be(OH)₂ < Mg(OH)₂ < Ca(OH)₂ < Sr(OH)₂ < Ba(OH)₂.

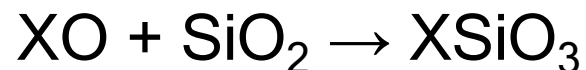
Mg - Ba Оксиди та гідроксиди

Оксиди реагують з

водою :



- Кислотними оксидами:

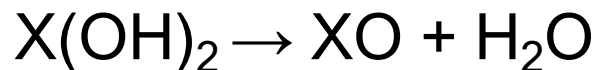


- Кислотами :

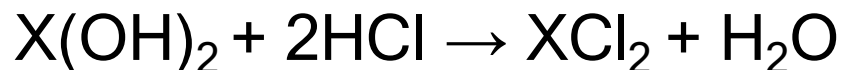


Гідроксиди

Термічна деструкція :

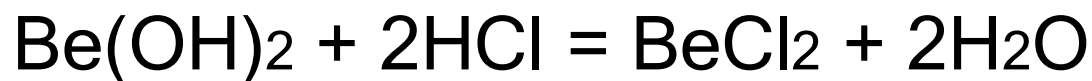
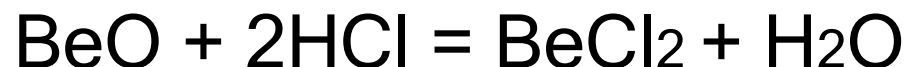


- Реакція з кислотами :

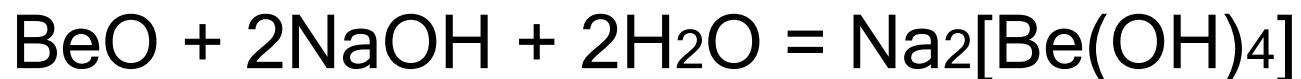


Оксид і гідроксид берилію

- Оксид і гідроксид берилію реагують з кислотами :



- і сильними лугами :



Основність оксидів металів

- Оксиди металів групи II стають більш основними, вниз по групі. Цю тенденцію легко побачити, якщо порівняти електронегативність металу II групи з електронегативністю кисню.

Елемент	Електронегативність	Відносна електронегативність
O	3.44	
Be	1.57	1.87
Mg	1.31	2.13
Ca	1.00	2.44
Sr	0.95	2.49
Ba	0.89	2.55

Розчинність гідроксидів

- Гідроксиди металів II групи стають більш розчинними у воді вниз по групі. Цю тенденцію можна пояснити зменшенням енергії решітки гідроксиду та збільшенням координаційного числа іона металу.

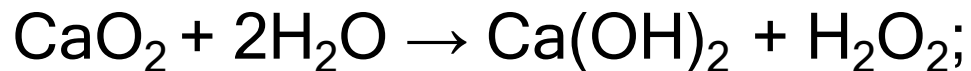
Елемент	Енергія решітки (кДж/моль)	Координаційне число
Be	3620	4
Mg	2998	6
Ca	2637	6
Sr	2474	8
Ba	2330	8

Пероксиди XO_2

□ Отримання: $\text{X}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{XO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (X - Mg, Ca, Ba, Sr)

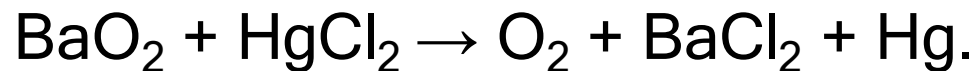
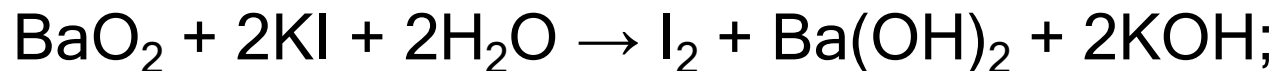
□ Або: $2\text{BaO} + \text{O}_2 \xrightarrow{500\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{BaO}_2$; $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CaO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

□ Пероксиди розкладаються водою і кислотами :

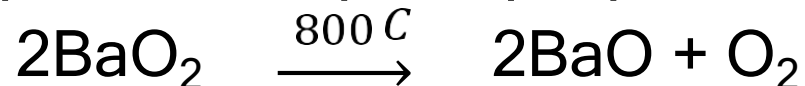


□ $\text{CaO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$.

□ Пероксиди виявляють окисно-відновну подвійність :

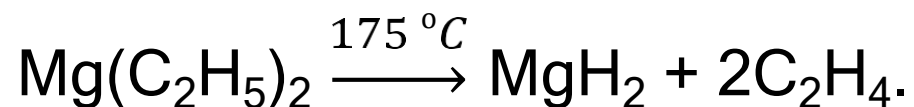
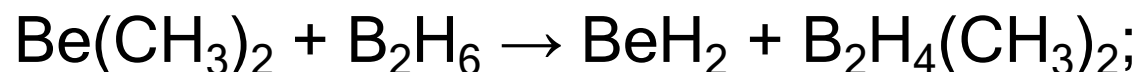


□ Для пероксидів характерні реакції диспропорціонування :

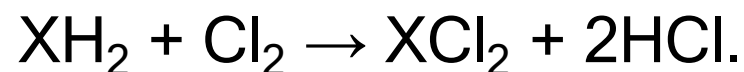
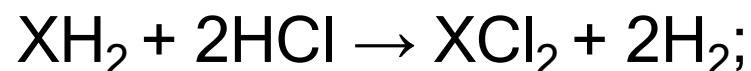
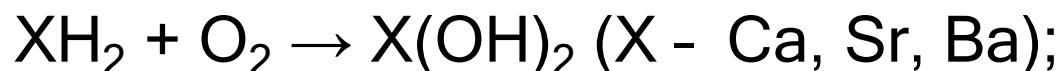
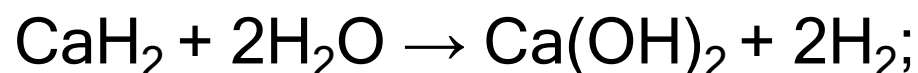


Гідриди XH_2

- Гідриди отримують прямим синтезом елементів, а гідрид берилію в розчині простих ефірів реакцією :
 $BeCl_2 + 2LiH \rightarrow BeH_2 + 2LiCl$; or

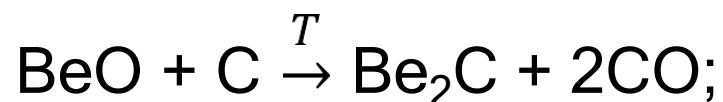


- Гідриди є сильними відновниками :

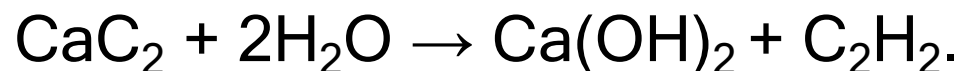
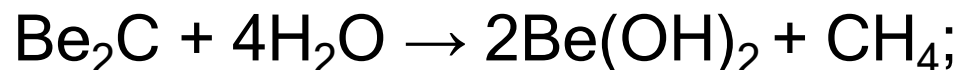


Карбіди

- Карбіди (Be_2C , Mg_3C_2 , $\text{Mg}(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{C}_2$, одержують шляхом прямого синтезу з елементів, їх міцність у ряду Be - Ba підвищується.
- Деякі інші реакції :



- Карбіди гідролізуються з утворенням гідроксидів і вуглеводнів різної природи :



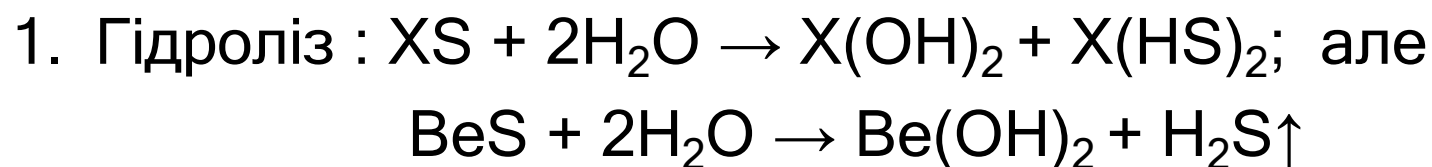
Нітриди та сполуки з азотом

- Лужноземельні метали (крім берилію) реагують з N_2 при 100 - 500 °C: $3X + N_2 \rightarrow X_3N_2$.
- Нітриди гідролізуються з утворенням гідроксидів і аміаку : $X_2N_3 + 6H_2O \rightarrow 3X(OH)_2 + NH_3$.
- Ca, Sr та Ba утворюють гексаамінокомплекси з рідким аміаком $X(NH_3)_6$, які розкладаються в присутності Pt:
 - $Ca(NH_3)_6 \xrightarrow{Pt} Ca(NH_2)_2 + H_2 + 4NH_3$,з подальшим термічним розкладанням :
 - $Ca(NH_2)_2 \xrightarrow{Pt} CaNH + NH_3$.
- $Ca(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2NH_3$;
- $CaNH + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + NH_3$.

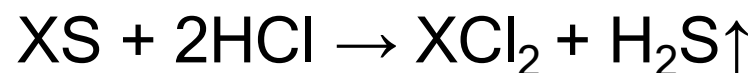
Сульфіди

- Отримання: 1. шляхом відновлення $XSO_4 + 2C \rightarrow XS + 4CO$;
2. шляхом плавлення $X + S \rightarrow XS$

- Властивості :



2. Реакція з сильними кислотами :

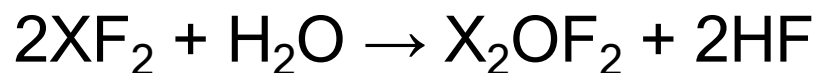


Галоїди

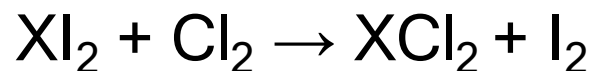
□ Галогеніди лужноземельних металів складу ME_2 безбарвні термостійкі речовини з іонною кристалічною решіткою, добре розчинні у воді (крім BeF_2).

□ Галогеніди Be і Mg є сильними гідролізними сполуками (крім MgF_2): $BeCl_2 + H_2O \rightarrow BeOHCl + HCl$

□ Be і Mg при оксидуванні утворюють оксосолі :

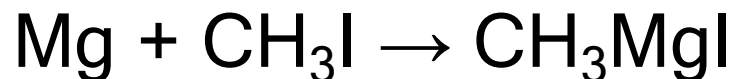


□ Броміди і йодиди лужноземельних металів виявляють відновні властивості :



Реактив Гриньяра

- Реактив Гриньяра утворюється при взаємодії магнію з деякими органічними речовинами, наприклад, галогенвуглеводнями:



- Йодистий метилмагній широко використовується в органічному синтезі.

Розчинність сульфатів і карбонатів

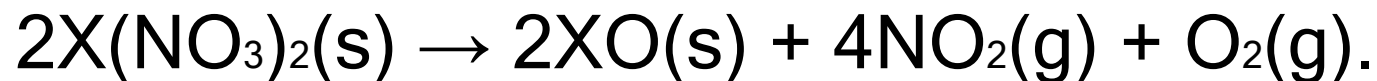
- Вниз по групі сульфати стають менш розчинними. Безводний сульфат берилію, BeSO_4 , є нерозчинним, тоді як гідратована форма, $\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ розчинна, з розчинністю приблизно 39 г BeSO_4 на 100 г води за кімнатної температури.
- Показники розчинності для сульфату магнію та сульфату кальцію також відрізняються залежно від того, гідратована сіль чи ні, але варіації менш помітні.
- Усі карбонати металів 2 групи є дуже помірно розчинними і стають менш розчинними в групі. Карбонат магнію, наприклад, має розчинність приблизно 0,02 г на 100 г води при кімнатній температурі.

Вплив нагрівання на карбонати та нітрати

- Усі карбонати цієї групи піддаються термічному розкладанню до оксиду металу та вуглекислого газу :



- Нітрати металів 2 групи піддаються термічному розкладанню до оксиду металу, діоксиду азоту та газоподібного кисню:



Забарвлення полум'я

- Летючі сполуки лужноземельних металів забарвлюють полум'я в характерні кольори



Ca

Sr

Ba

