



Элементы 2й группы

Неорганическая химия, 1 курс, 2024/2025

Щелочные и щелочноземельные металлы

1

2

13

14

15

16

17

18

	H						(H)	He
s-металлы	Li	Be						Ne
	Na	Mg						Ar
	K	Ca	d-block					Kr
	Rb	Sr						Xe
	Cs	Ba						Rn
	Fr	Ra						

Щелочные металлы

Щелочноземельные металлы

Свойства элементов 2 группы

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Электронная конфигурация	[He]2s ²	[Ne]3s ²	[Ar]4s ²	[Kr]5s ²	[Xe]6s ²
R _M (Å)	1.12	1.60	1.97	2.15	2.17
R _M ²⁺ (Å)	0.27	0.72	1.00	1.18	1.35
I ₁ (эВ)	9.33	7.63	6.12	5.68	5.20
I ₂ (эВ)	18.2	15.0	11.9	11.0	10.0
χ ^P	1.57	1.31	1.00	0.95	0.89
χ ^{A-R}	1.47	1.23	1.04	0.99	0.97
C.O.	0, +2	0, +2	0, +2	0, +2	0, +2

Свойства элементов 2 группы

Be

Mg

Ca

Sr

Ba

Электронная

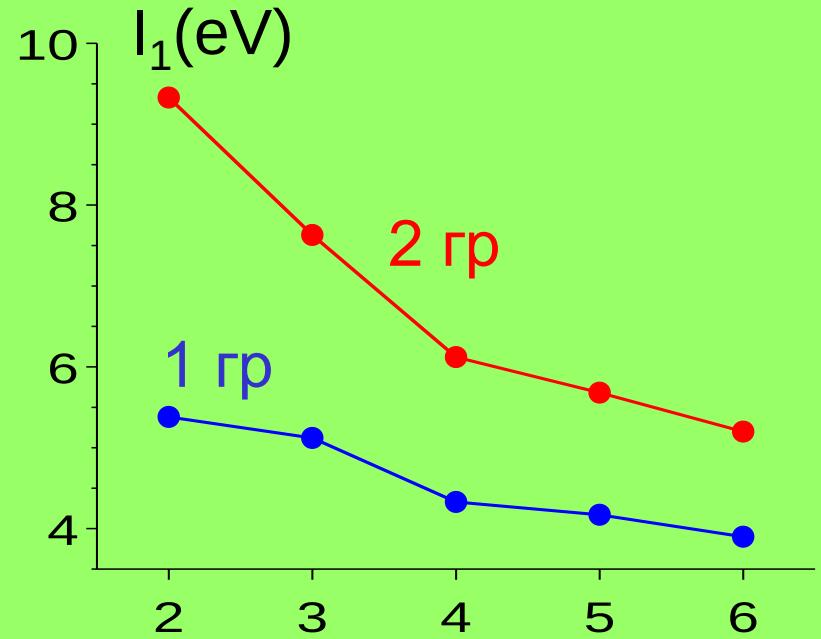
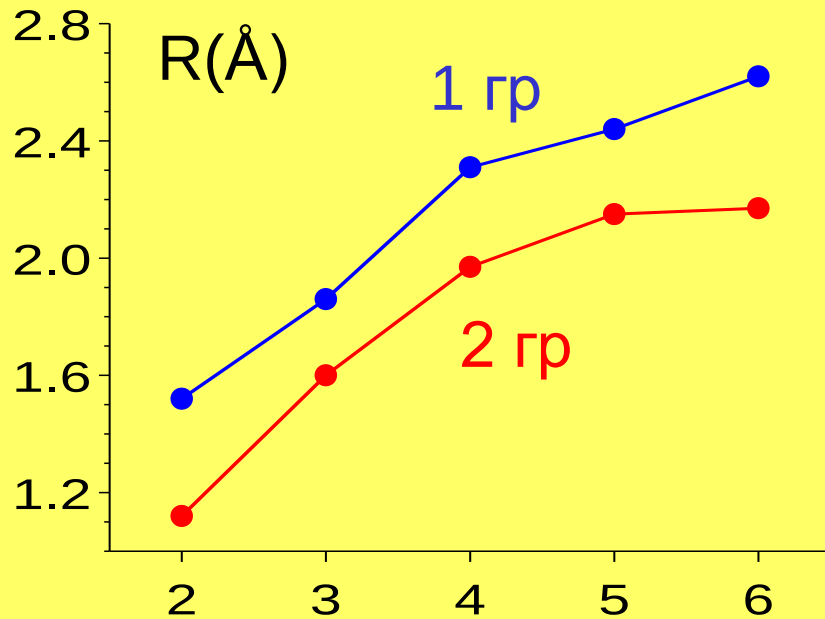
$[\text{He}]2s^2$

$[\text{Ne}]3s^2$

$[\text{Ar}]4s^2$

$[\text{Kr}]5s^2$

$[\text{Xe}]6s^2$



C.O.

0, +2

0, +2

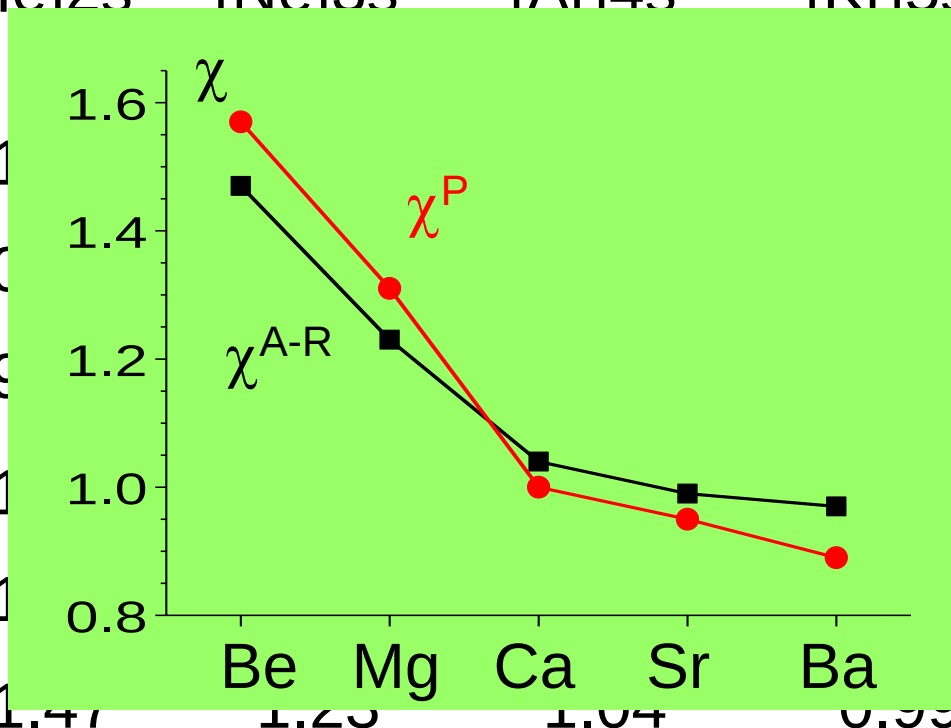
0, +2

0, +2

0, +2

Свойства элементов 2 группы

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Электронная конфигурация	[He]2s ²	[Ne]3s ²	[Ar]4s ²	[Kr]5s ²	[Xe]6s ²
R_M (Å)	1.12	1.73	2.37	2.49	2.17
$R_{M^{2+}}$ (Å)	0.45	0.72	0.99	1.12	1.35
I_1 (эВ)	9.00	7.38	5.90	5.49	5.20
I_2 (эВ)	16.7	14.5	11.9	11.0	10.0
χ^P	1.58	1.31	1.00	0.95	0.89
χ^{A-R}	1.47	1.23	1.04	0.99	0.97
C.O.	0, +2	0, +2	0, +2	0, +2	0, +2

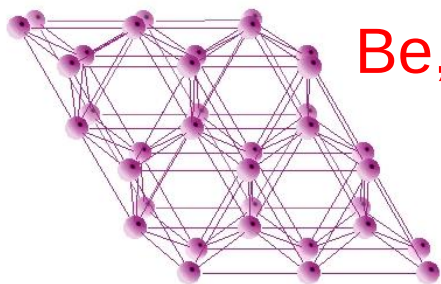


Свойства элементов 2 группы

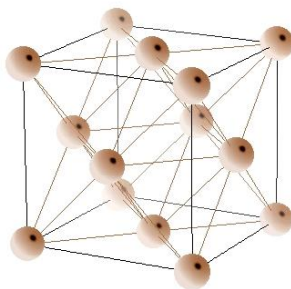
	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Электронная конфигурация	[He]2s ²	[Ne]3s ²	[Ar]4s ²	[Kr]5s ²	[Xe]6s ²
R _M (Å)	1.12	1.60	1.97	2.15	2.17
R _M ²⁺ (Å)	0.27	0.72	1.00	1.18	1.35
I ₁ (эВ)	9.33	7.63	6.12	5.68	5.20
I ₂ (эВ)	18.2	15.0	11.9	11.0	10.0
χ ^P	1.57	1.31	1.00	0.95	0.89
χ ^{A-R}	1.47	1.23	1.04	0.99	0.97
C.O.	0, +2	0, +2	0, +2	0, +2	0, +2

Свойства металлов 2 группы

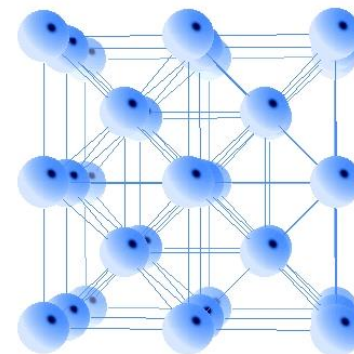
	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Т.пл. (°C)	1289	650	842	768	729
Т.кип. (°C)	2472	1090	1494	1382	1805
d (г/см ³)	1.85	1.74	1.54	2.62	3.51
$E_{M^{2+}/M}$ (В)	-1.85	-2.38	-2.87	-2.89	-2.90
$\Delta_{ат} H_{298}^0$ (кДж/моль)	324	146	178	164	178
Стр. тип	Mg	Mg	Cu	Cu	Fe



Be, Mg



Ca, Sr



Ba

Свойства металлов 2 группы

Т.пл. (°C)

Т.кип. (°C)

d (г/см³)

$E_{M^{2+}/M}$ (В)

$\Delta_{ат} H_{298}^0$
(кДж/моль)

Стр. тип

Be

Mg

Ca

Sr

Ba

68

729

382

1805

1.62

3.51

-2.89

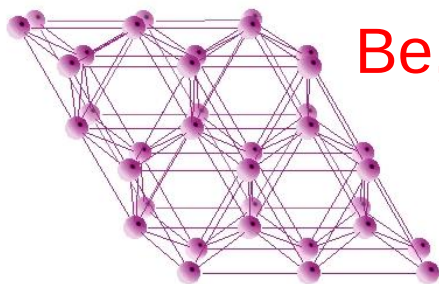
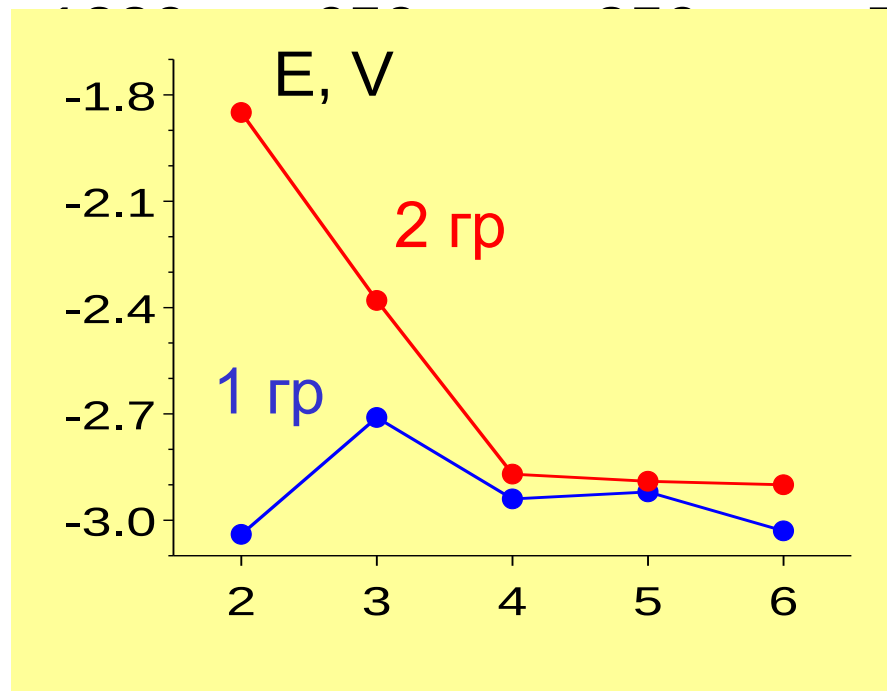
-2.90

64

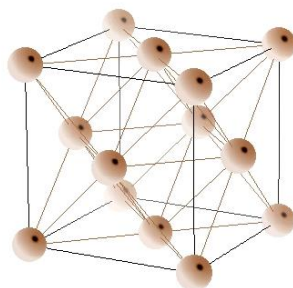
178

Cu

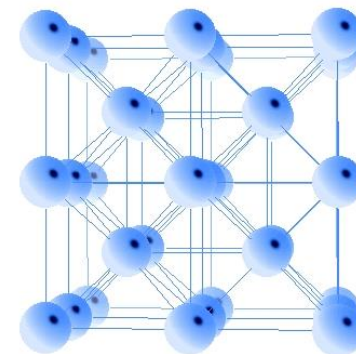
Fe



Be, Mg



Ca, Sr



Ba

Нахождение в природе

Be

берилл, изумруд,
аквамарин $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
хризоберилл $\text{Be}(\text{AlO}_2)_2$
берtrandит $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$



Mg

магнезит MgCO_3
доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$
карналлит
 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



Ca

гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
мел, мрамор, известняк
 CaCO_3

Sr

стронцианит SrCO_3
целестин SrSO_4

Ba

барит BaSO_4
витерит BaCO_3

Нахождение в природе

Be

берилл, изумруд,

аквамарин $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

хризоберилл

берtrandит

Mg

магнезит MgO

доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$

карналлит

$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Ca

гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

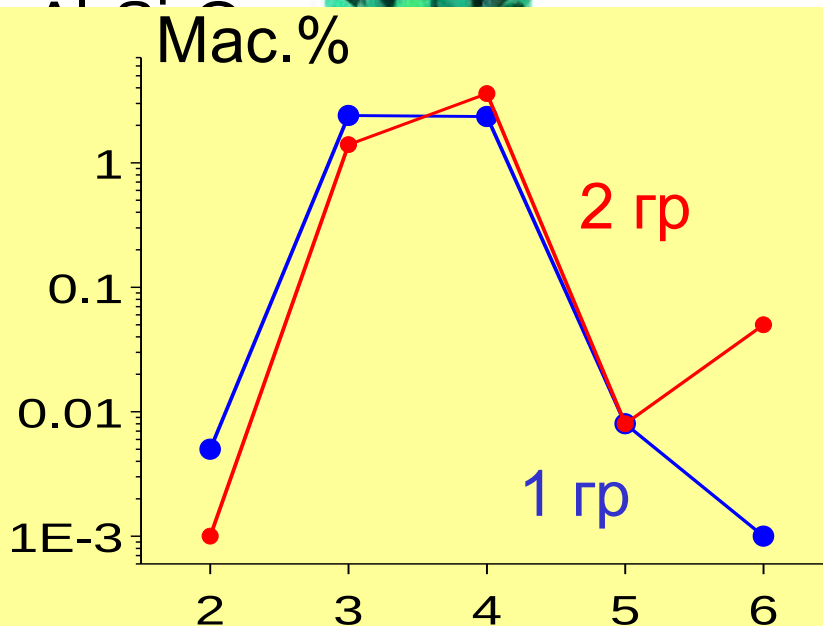
амор, известняк

анит SrCO_3

н SrSO_4

барит BaSO_4

витерит BaCO_3



Получение металлов

Получение магния из **ДОЛОМИТА**:

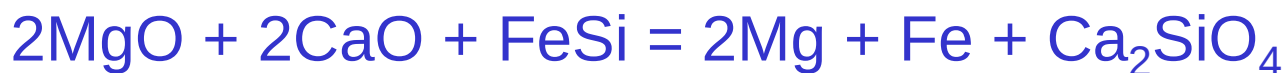


Други



Получение металлов

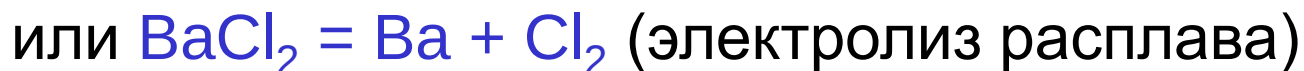
Получение магния из **доломита**:



Другие металлы:



Sr, Ba – аналогично Ca



Применение

Be: в качестве нейтронных отражателей
для изготовления легких и прочных сплавов

Mg: в авиастроении
в медицине
в пиротехнике
в органическом синтезе

Ca: в оптике (CaF_2)
в металлургии
в медицине (фосфаты)
в производстве соды, цемента и бетона

Sr: в пиротехнике

Ba: для поглощения рентгеновских лучей
в красках и пигментах, пиротехнике

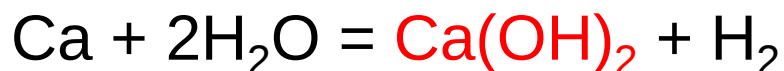


Основные химические свойства

1. Все металлы взаимодействуют с O_2 ; Be и Mg – с N_2 :

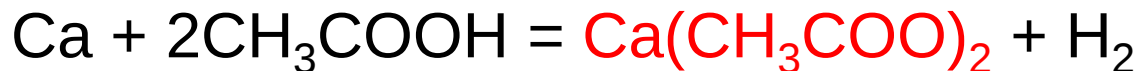


2. Ca, Sr, Ba реагируют с водой, Mg – при нагревании:

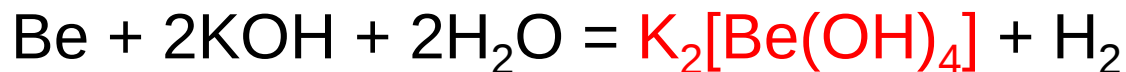


3. Все металлы реагируют с кислотами,

Be пассивируется HNO_3 (конц)

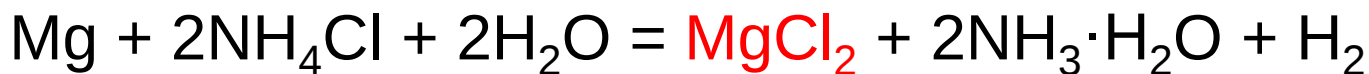


4. Бериллий растворяется в щелочах:

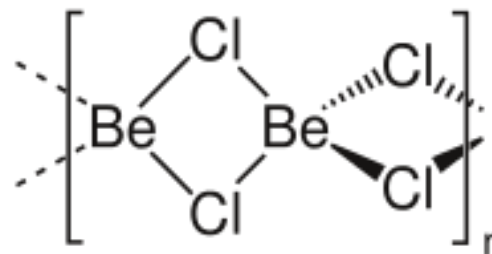
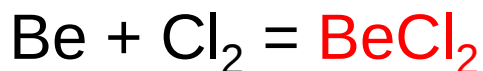


Основные химические свойства

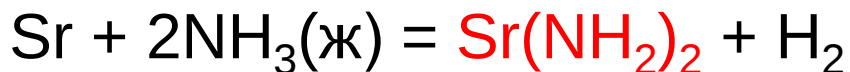
5. Магний растворим в NH_4Cl , бериллий – в NH_4F :



6. Все металлы реагируют с галогенами, серой и фосфором



7. Ca, Sr, Ba растворяются в жидком аммиаке:



8. Все металлы образуют гидриды MH_2

Радий и его свойства

1. **Ra** – металл, т.пл. 699 °С, т.кип. 1535 °С, $d = 5.0 \text{ г/см}^3$
2. Самый устойчивый изотоп **^{226}Ra** ($\tau_{1/2} = 1622$ года),
в природе – как промежуточный продукт распада ^{238}U ,
 α -эмиттер
3. Химически очень активен, реагирует с O_2 , N_2 при н.у.
4. Изоморфен барию (стр. тип $\alpha\text{-Fe}$)
5. **$\text{Ra}(\text{OH})_2$** умеренно растворим,
более сильное основание, чем $\text{Ba}(\text{OH})_2$
6. Нерастворимые соли:



Радий и его свойства

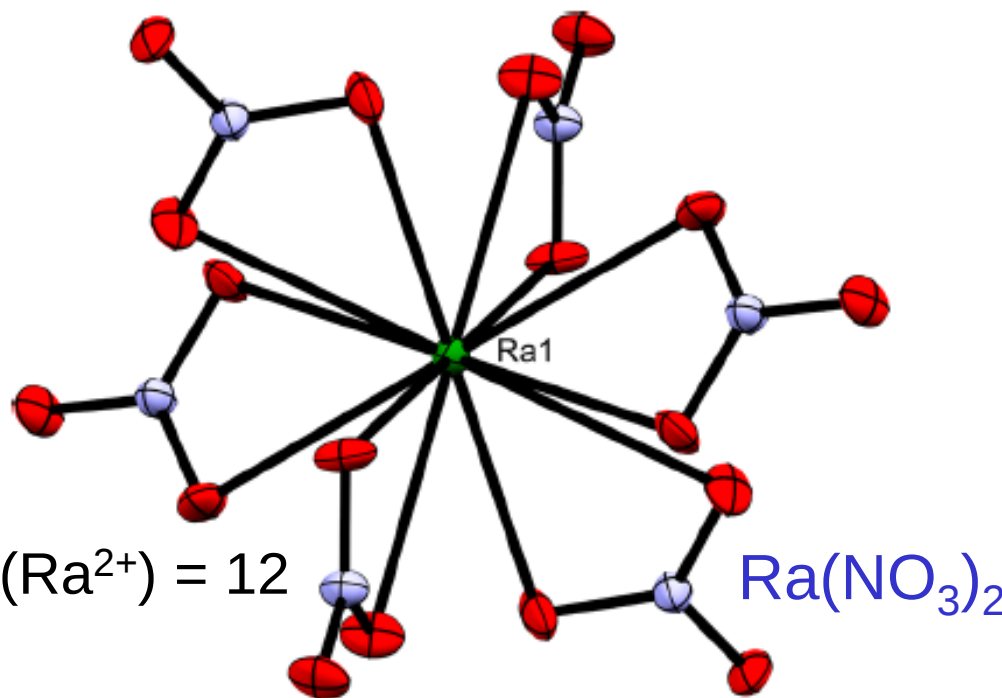
1. **Ra** – металл, т.пл. 699 °С, т.кип. 1535 °С, $d = 5.0 \text{ г/см}^3$

2. Самый у
в природ

3. Химичес

4. Изострук

5. **Ra(OH)₂** к.ч. (Ra^{2+}) = 12
боле

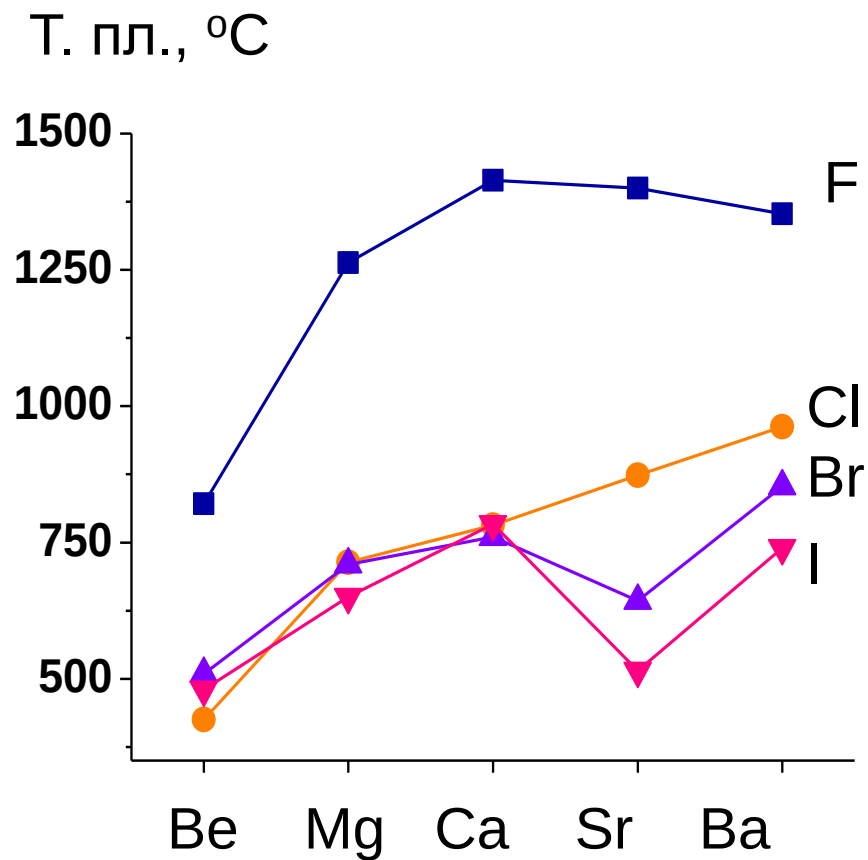
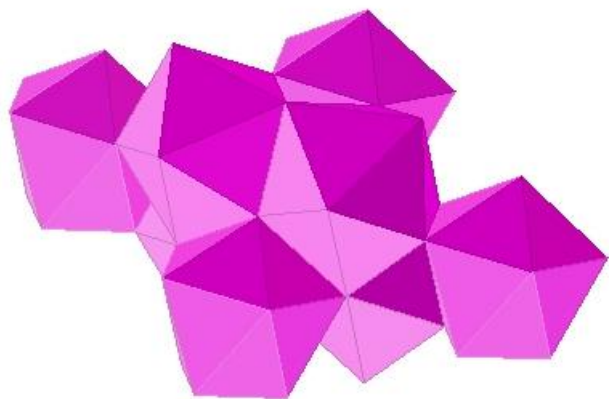
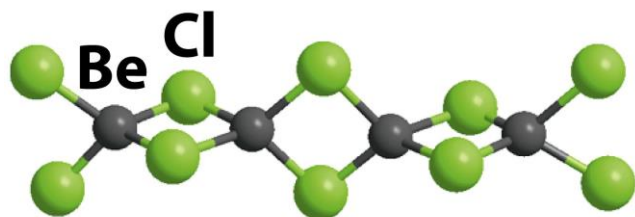


а),
да ^{238}U ,
иттер
и н.у.

6. Нерастворимые соли:



Галогениды металлов 2 группы



Получение MX_2

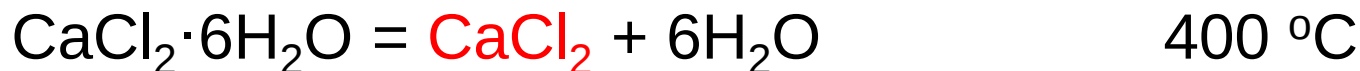
1. Прямое галогенирование



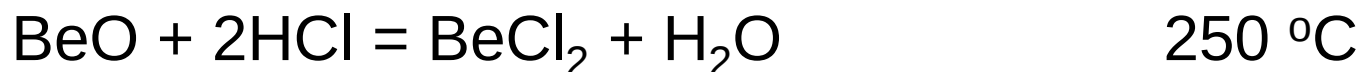
2. Галогенирование оксидов



3. Обезвоживание гидратов в токе HCl , HBr (кроме Be)

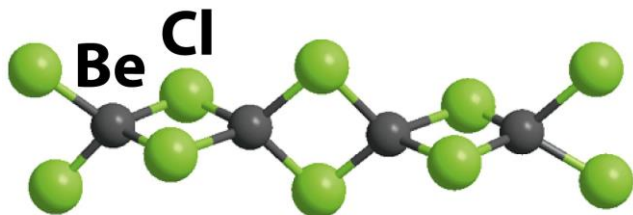


4. Гидрогалогенирование

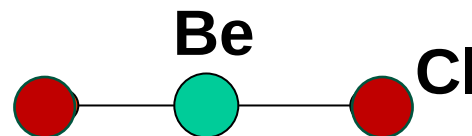


Свойства MX_2

1. Все MX_2 кипят без разложения

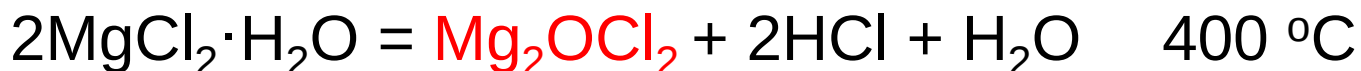
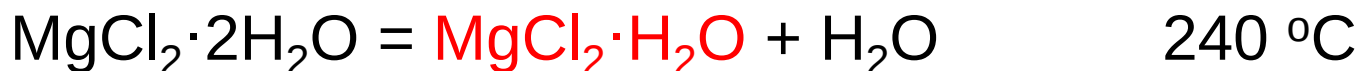


в кристалле



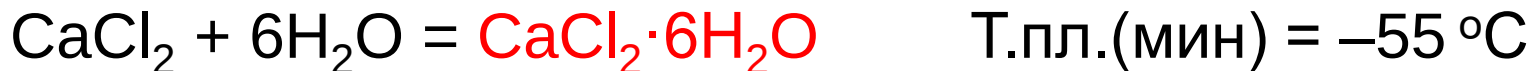
в паре

2. Образование оксогалогенидов



Свойства MX_2

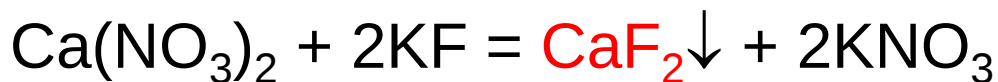
3. Взаимодействие с водой



4. Гидролиз хлорида бериллия



5. Фториды (кроме BeF_2) плохо растворимы в воде

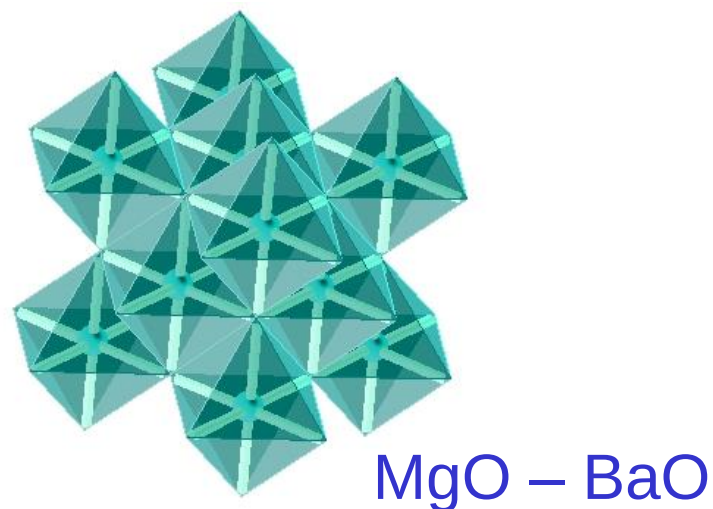


6. BeF_2 образует комплексные фториды



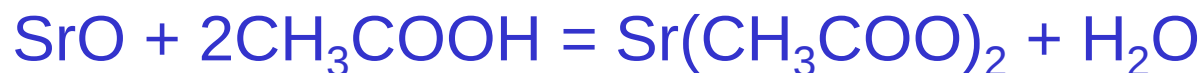
Оксиды, пероксиды и гидроксиды

	BeO	MgO	CaO	SrO	BaO
Т. пл., °C	2470	2850	2614	2420	1920
$\Delta_f H^0_{298}$, кДж/моль	−598	−602	−636	−590	−558
Твердость	9.0	6.5	4.5	3.5	3.0
К.ч. металла	4	6	6	6	6



Оксиды, пероксиды и гидроксиды

1. Растворяются в кислотах



2. **BeO** растворяется в щелочах



3. **SrO** и **BaO** окисляются до пероксида



4. Реагируют (кроме **BeO**) с оксидами d-металлов при нагревании



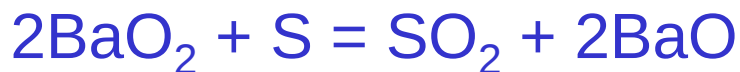
Оксиды, пероксиды и гидроксиды

5. BeO , MgO теряют реакционную способность после прокаливания

6. Пероксиды SrO_2 , BaO_2 образуются при нагревании металлов или оксидов на воздухе,
 CaO_2 , MgO_2 неустойчивы, BeO_2 неизвестен

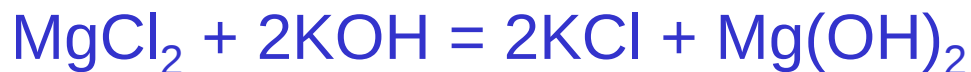
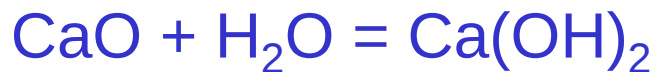
7. Пероксиды SrO_2 , BaO_2 выделяют O_2 в кислой среде
$$\text{SrO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SrSO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$$

8. Пероксиды SrO_2 , BaO_2 – окислители



Оксиды, пероксиды и гидроксиды

9. Образуют гидроксиды



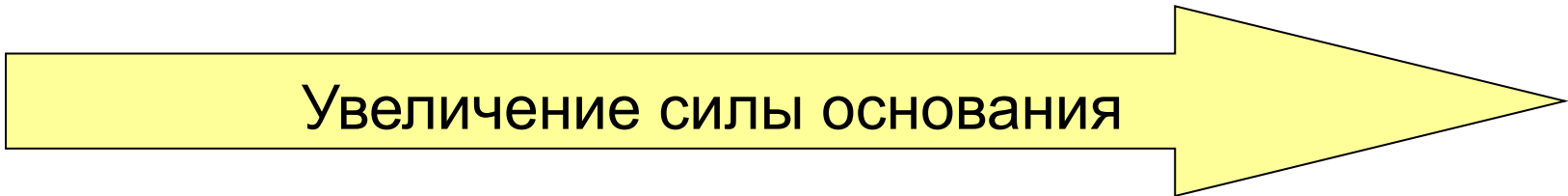
10. Ca(OH)_2 , Sr(OH)_2 , Ba(OH)_2 растворимы в воде,

Mg(OH)_2 – в р-рах солей аммония



$$\text{pK}_b = 2.6$$

11. Be(OH)_2 Mg(OH)_2 Ca(OH)_2 Sr(OH)_2 Ba(OH)_2

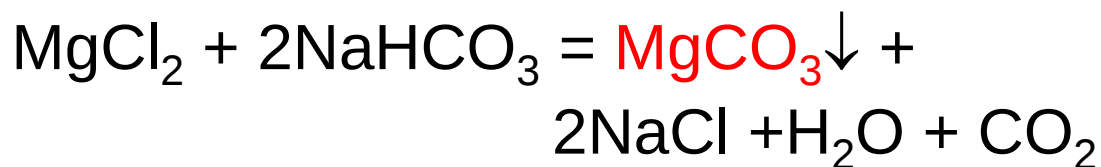
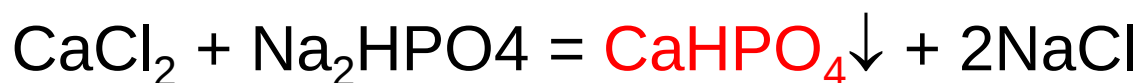
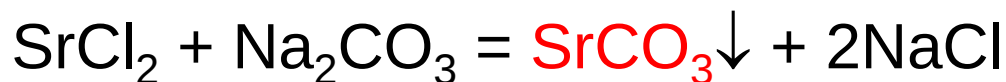
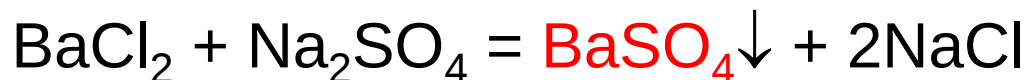


Увеличение силы основания

Соли кислородных кислот

1. Фосфаты, гидрофосфаты, карбонаты и сульфаты

Ca-Ba плохо растворимы



2. Карбонаты разлагаются при нагревании

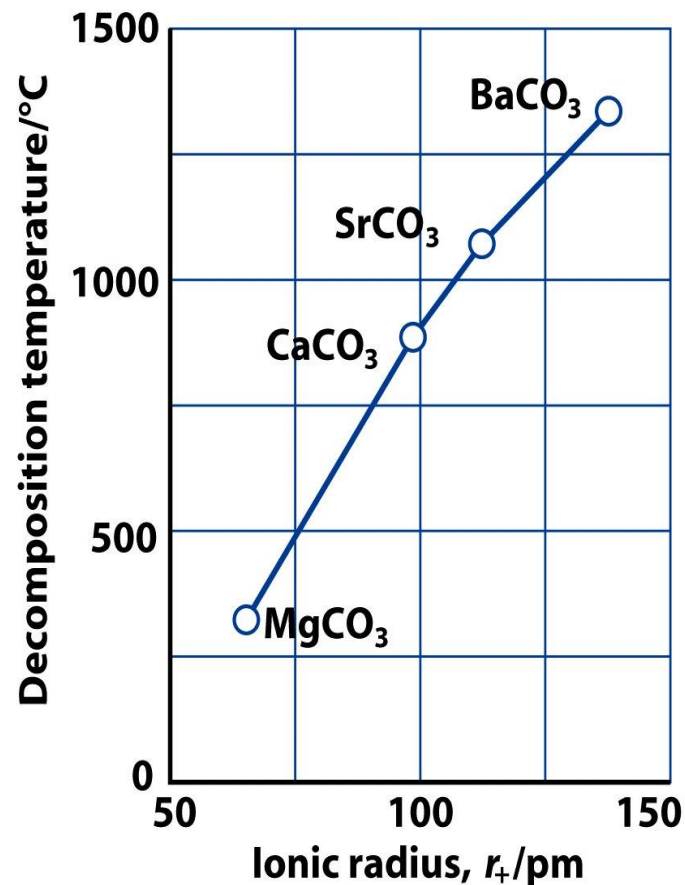
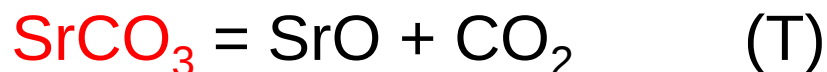
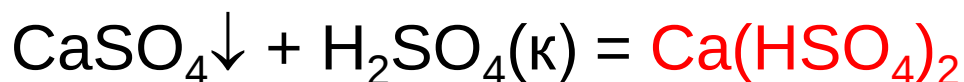
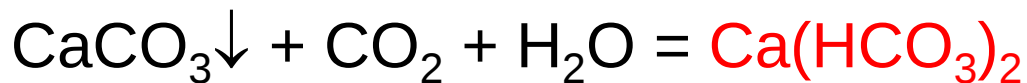


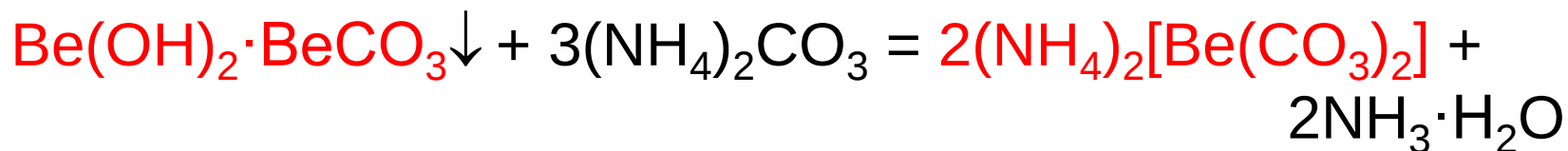
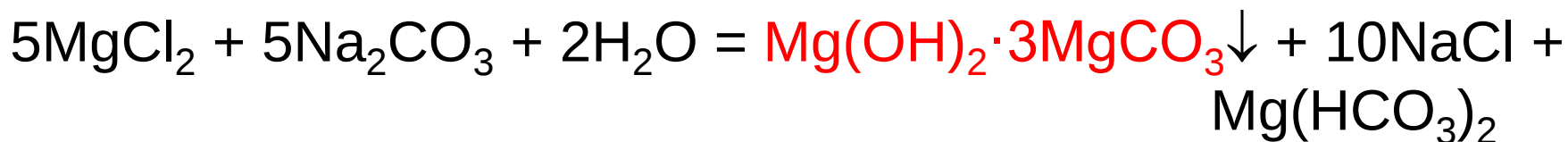
Figure 11-4
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Соли кислородных кислот

3. Растворение за счет образования кислых солей



4. Be и Mg образуют гидроксосоли



Проявление различной основности гидроксидов !

Жесткость воды

Жесткость воды – присутствие растворимых солей

Следствие – образование осадков и взвеси MgCO_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

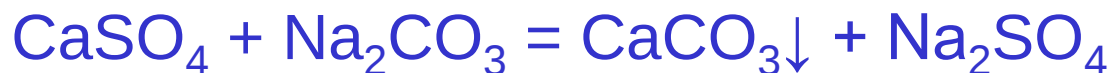
Временная жесткость – $\text{M}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{M} = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}$

Удаление кипячением



Постоянная жесткость – MSO_4 , MCl_2 , $\text{M} = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}$

Удаление карбонатным методом

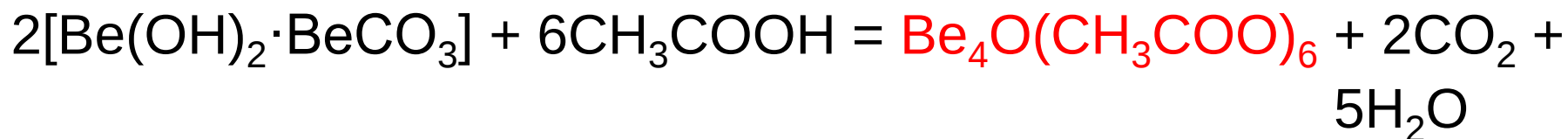
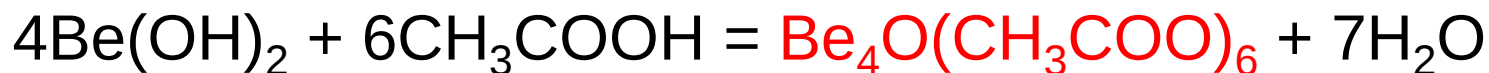


или деминерализацией через ионообменные смолы

Комплексные соединения

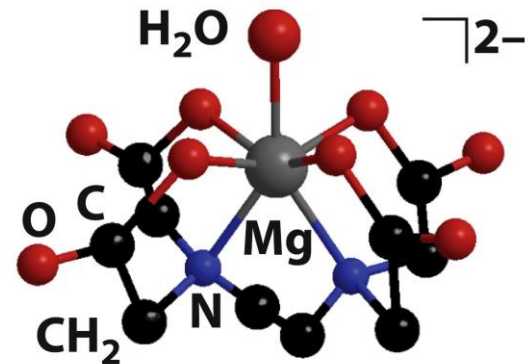
1. **Be** образует комплексные соединения с простыми лигандами

2. **Be** образует летучие комплексные соединения



3. **Mg, Ca** образуют устойчивые комплексы с полидентатными лигандами

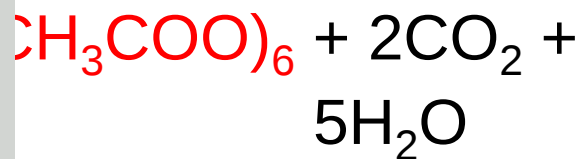
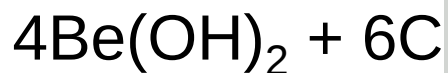
4. **Sr, Ba** образуют комплексы с краун-эфирами
(аналогия с щелочными металлами)



Комплексные соединения

1. **Be** образует комплексные соединения с простыми лигандами

2. **Be** образует комплексные соединения



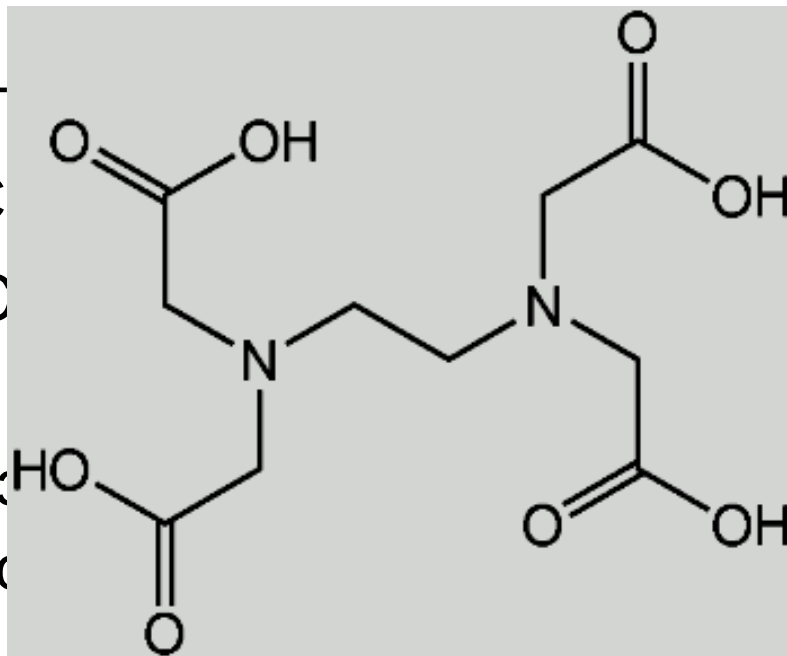
3. **Mg, Ca** образуют

комплексы с

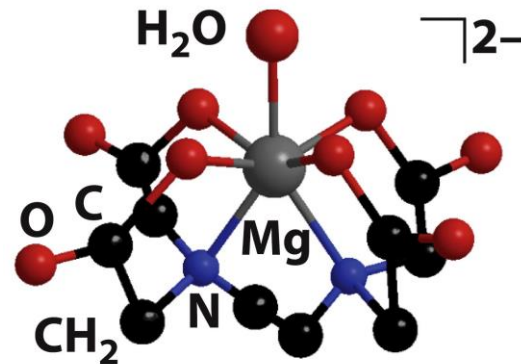
4. **Sr, Ba** образуют комплексы с

краун-эфирами

(аналогия с щелочными металлами)

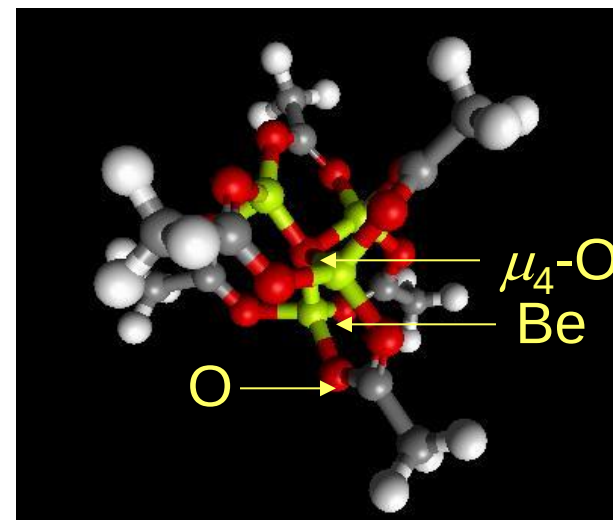
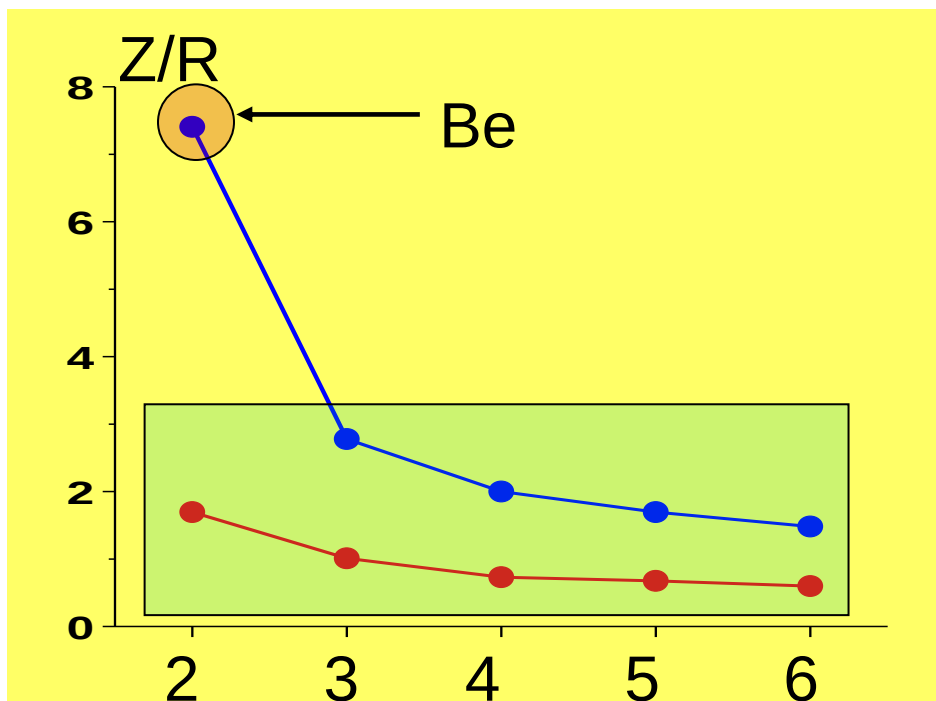


ими



Особые свойства бериллия

1. **Be** пассивируется HNO_3 (конц)
2. **Be**, **BeO** растворяются в щелочах
3. **BeF₂** хорошо растворим в воде
4. **Be** образует комплексные соединения $\text{M}_2[\text{BeF}_4]$,
 $\text{M}_2[\text{Be}(\text{CO}_3)_4]$, $\text{Be}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$



$\text{Be}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$

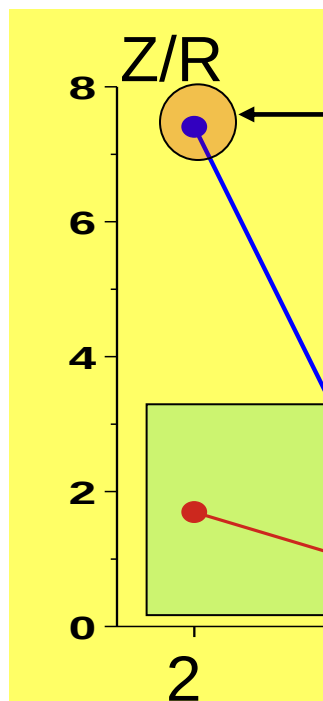
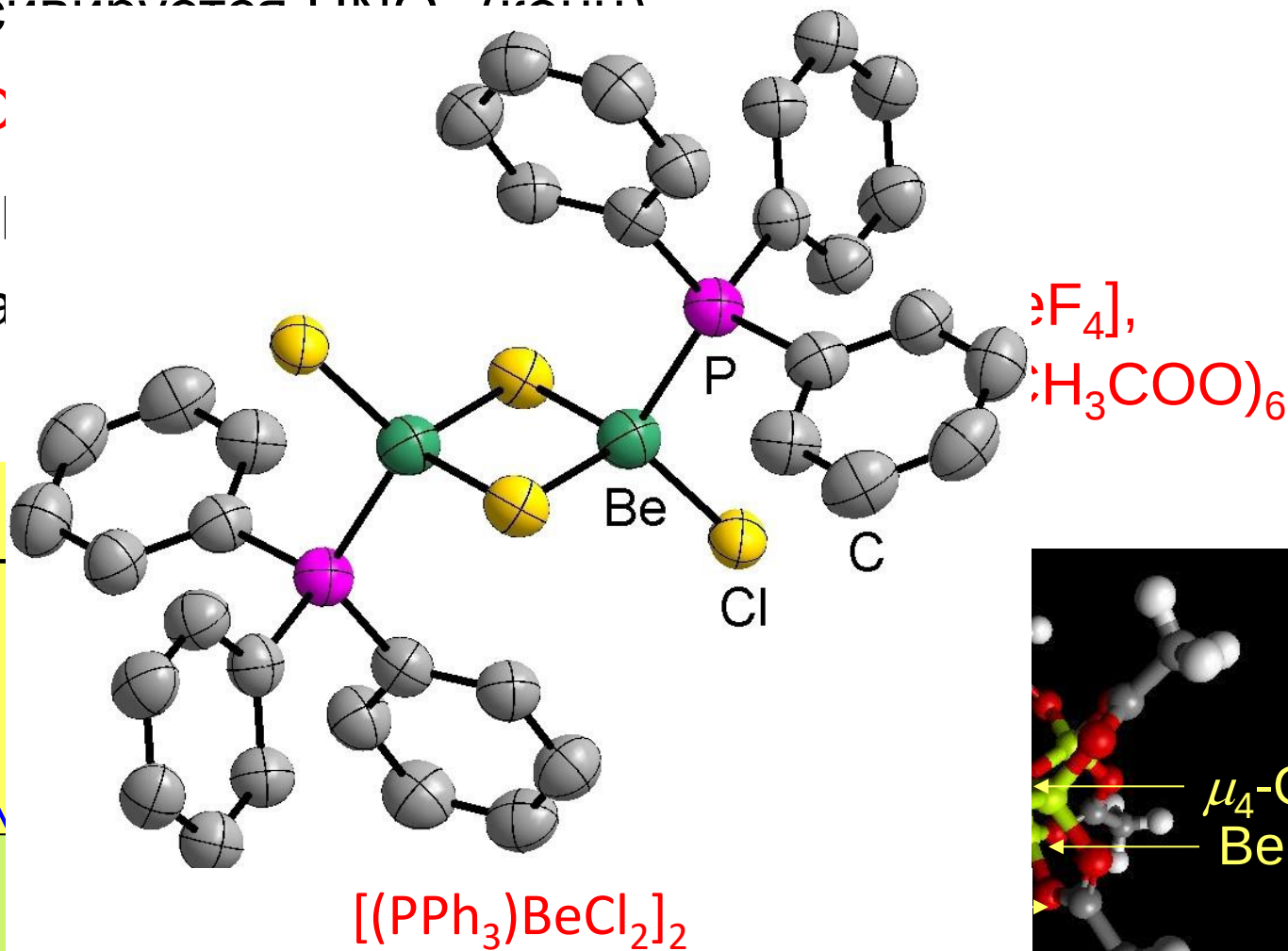
Особые свойства бериллия

1. Be пассивируется HNO₃ (и др.)

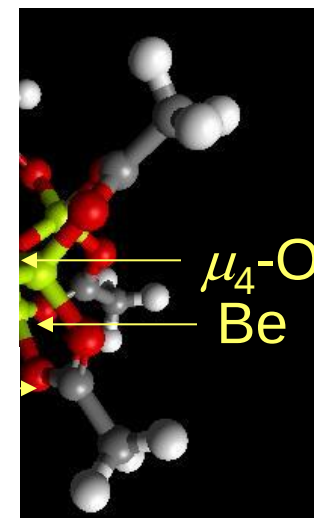
2. Be, BeC

3. BeF₂ хорошо растворим

4. Be образует амфотерные соединения



Eur. J. Inorg. Chem. 2023, 26, e202300199



Диагональное сходство

*Основная причина:
близость Z/R (Z^2/R)*

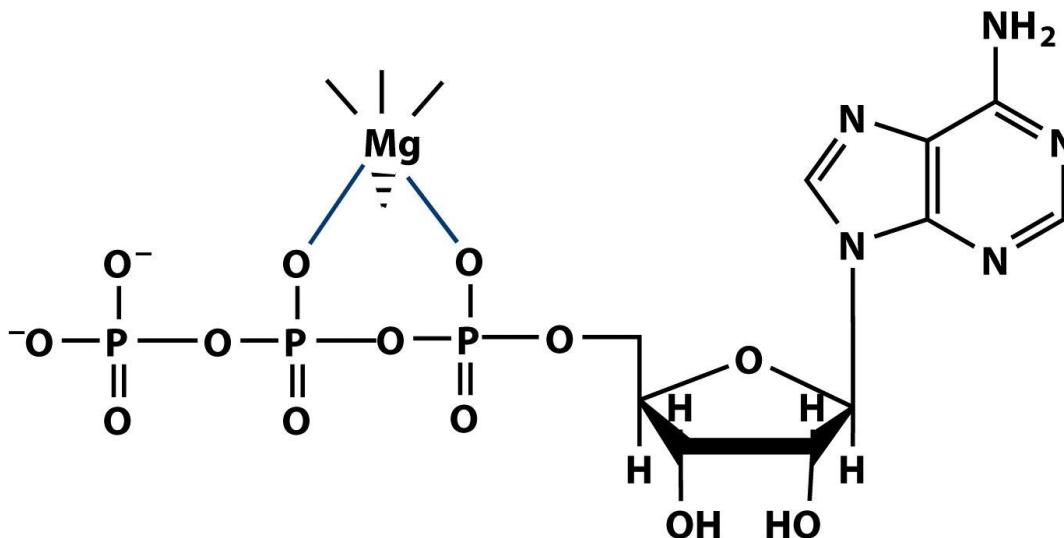
Li $\leftrightarrow$ Mg:

1. Реагируют с N_2
2. Не образуют пероксидов при взаимодействии с O_2
3. Образуют малорастворимые гидроксиды, фториды
4. Нитраты разлагаются до оксидов при невысокой T



Биологическая роль Mg, Ca

1. АТФ существует в виде комплекса с Mg^{2+}



1 Mg-ATP complex

Structure 26-1
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

2. Фосфаты Ca^{2+} вместе с коллагеном формируют кости

Биологическая роль Mg, Ca

3. Поглощение CO_2 Mg-карбоксилазой

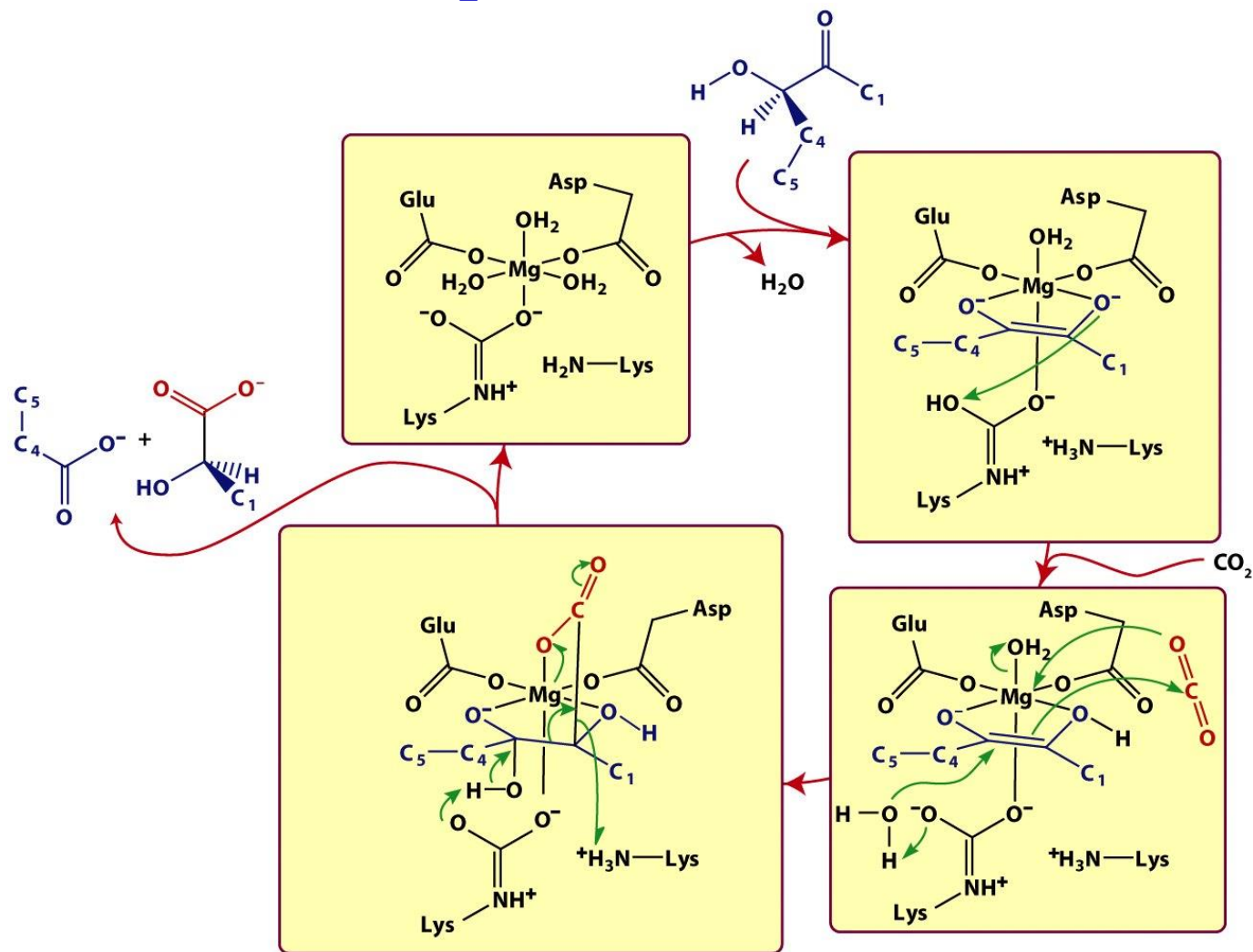


Figure 26-29

Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition

© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong