

Элементы 2й группы

Лекция 14

Щелочные и щелочноземельные металлы

1

2

13

14

15

16

17

18

s-металлы

H						(H)	He					
Li	Be						B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg						Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	d-block					Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr						In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba						Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra											

Щелочноземельные

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

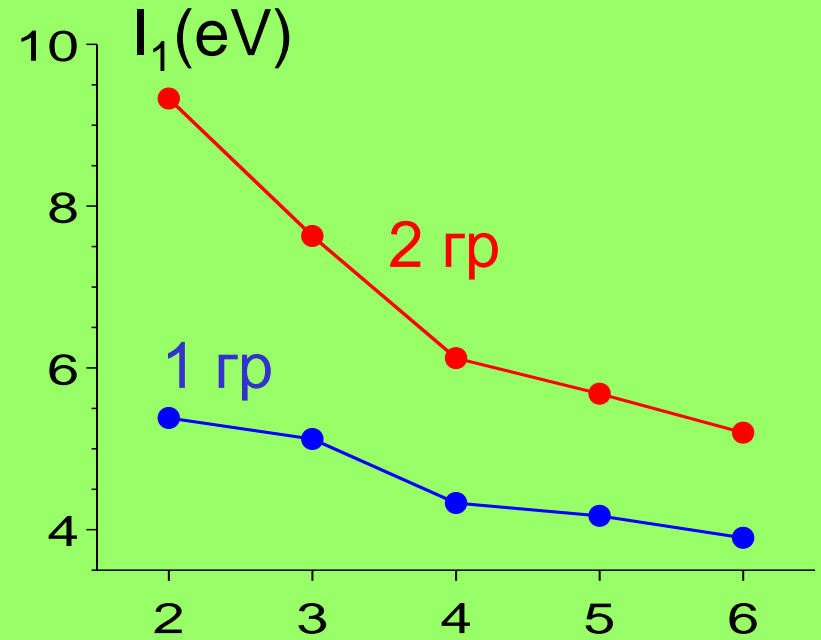
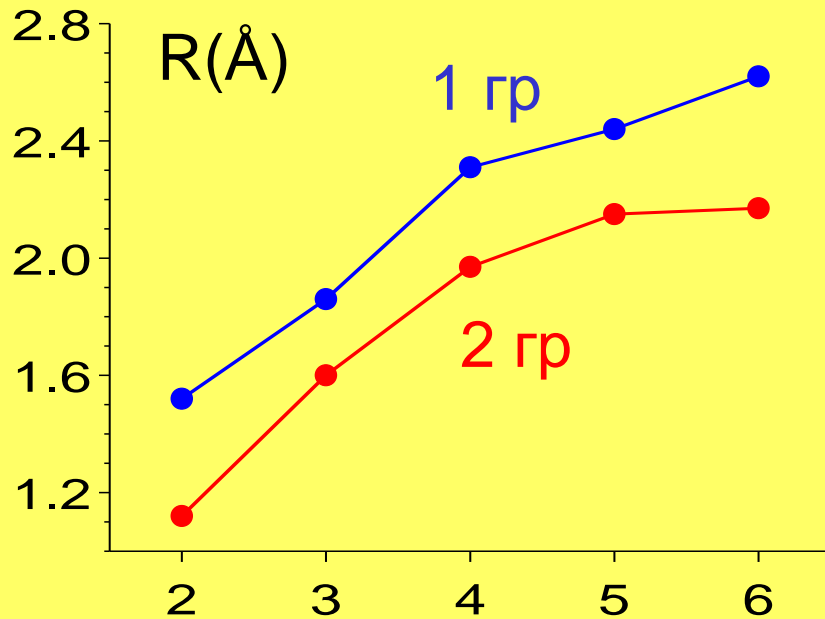
$[\text{He}]2s^2$

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

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

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

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



C.O.

0, +2

0, +2

0, +2

0, +2

0, +2

Свойства элементов 2 группы

Электронная
конфигурация

R_M (Å)

$R_{M^{2+}}$ (Å)

I_1 (эВ)

I_2 (эВ)

χ^P

χ^{A-R}

C.O.

Be

Mg

Ca

Sr

Ba

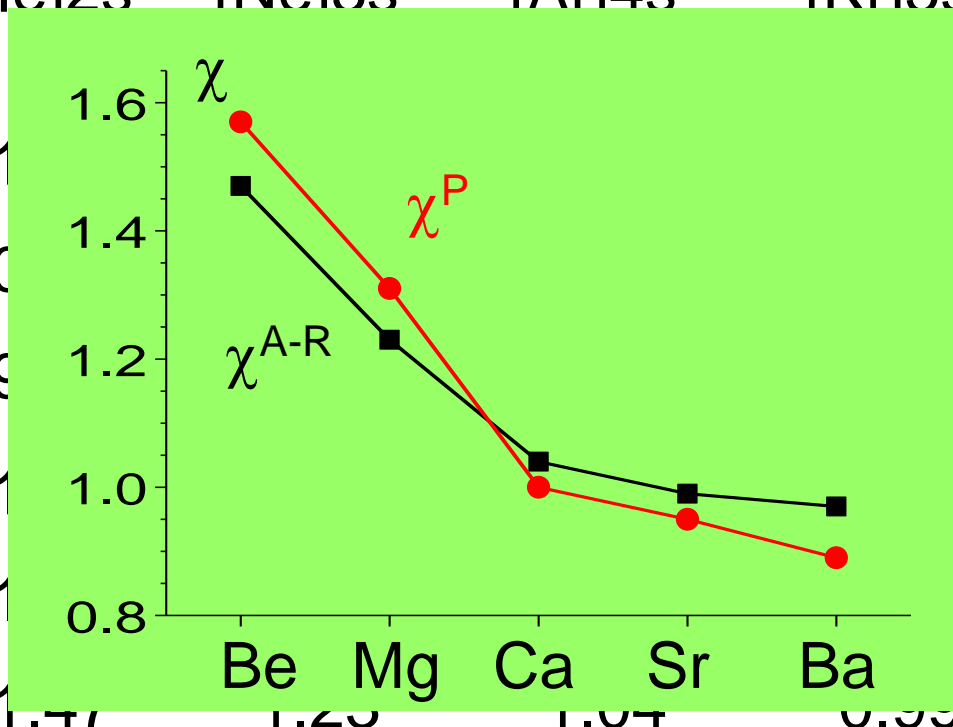
[He]2s²

[Ne]3s²

[Ar]4s²

[Kr]5s²

[Xe]6s²



2.17

1.35

5.20

10.0

0.89

0.97

0, +2

0, +2

0, +2

0, +2

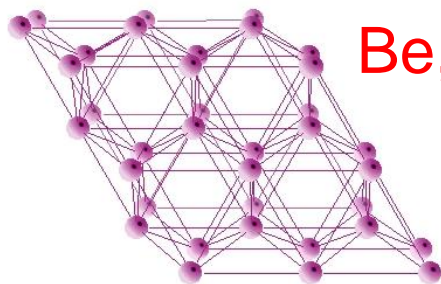
0, +2

Свойства элементов 2 группы

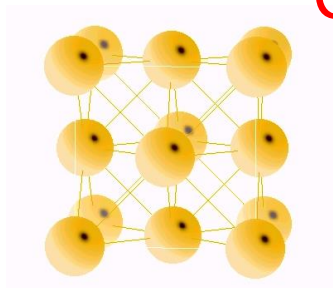
	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Электронная конфигурация	[He]2s ²	[Ne]3s ²	[Ar]4s ²	[Kr]5s ²	[Xe]6s ²
R _M (Å)	1.12	1.60	1.97	2.15	2.17
R _M ²⁺ (Å)	0.27	0.72	1.00	1.18	1.35
I ₁ (эВ)	9.33	7.63	6.12	5.68	5.20
I ₂ (эВ)	18.2	15.0	11.9	11.0	10.0
χ ^P	1.57	1.31	1.00	0.95	0.89
χ ^{A-R}	1.47	1.23	1.04	0.99	0.97
C.O.	0, +2	0,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

Свойства металлов 2 группы

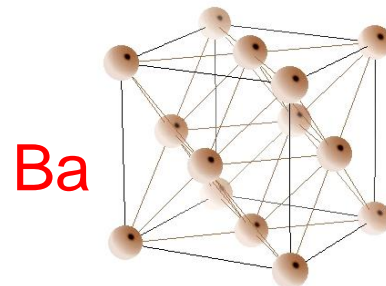
	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Т.пл. (°C)	1280	650	850	768	714
Т.кип. (°C)	2472	1090	1494	1382	1805
d (г/см ³)	1.85	1.74	1.54	2.62	3.51
$E_{M^{2+}/M}$ (В)	-1.85	-2.38	-2.87	-2.89	-2.90
$\Delta_{ат} H_{298}^0$ (кДж/моль)	324	146	178	164	178
Стр. тип	Mg	Mg	Cu	Cu	Fe



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

714

382

1805

1.62

3.51

-2.89

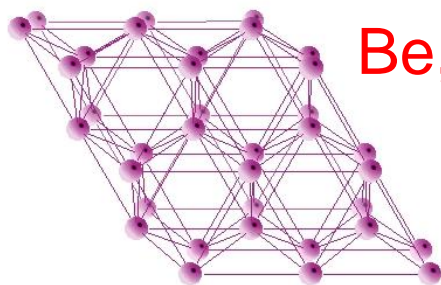
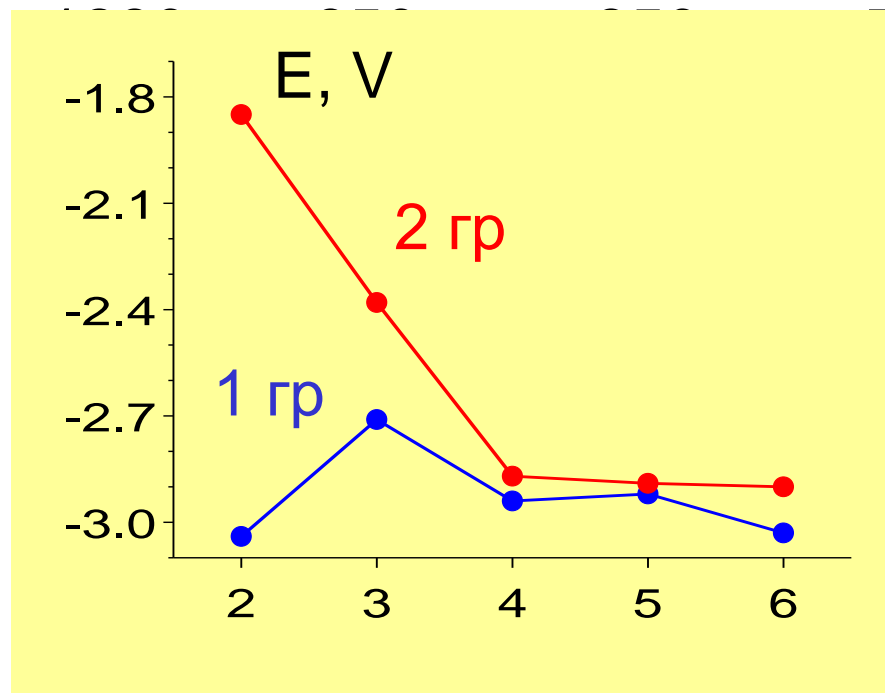
-2.90

64

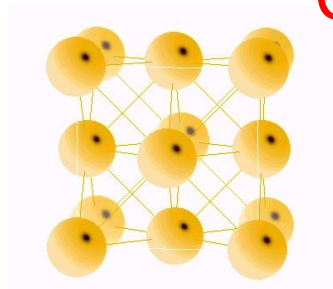
178

Cu

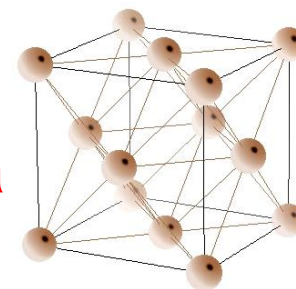
Fe



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 $\text{Be}(\text{AlO}_2)_2$



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



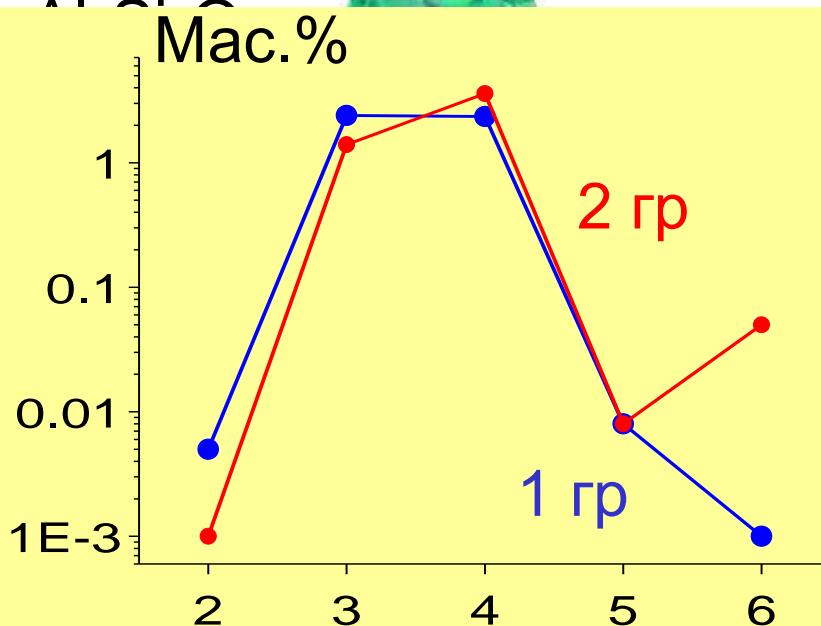
Ca

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

мор, известняк

Mg

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



нит SrCO_3
 SrSO_4



барит BaSO_4

витерит BaCO_3

Получение металлов

Получение магния из **доломита**:



Други



Получение металлов

Получение магния из **доломита**:

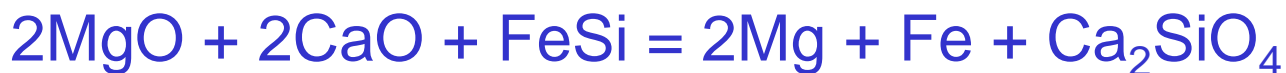


Други



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

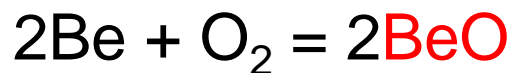
Sr: в пиротехнике

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

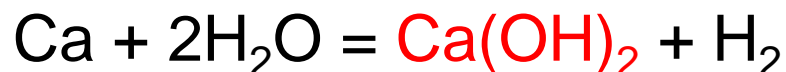


Основные химические свойства

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

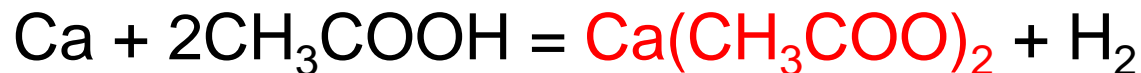


2. Ca, Sr, Ba реагируют с водой, Mg – при нагревании:

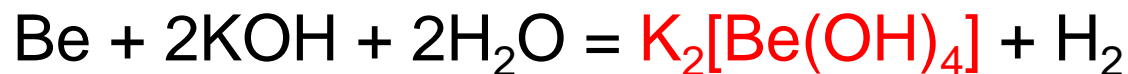


3. Все металлы реагируют с кислотами,

Be пассивируется HNO_3 (конц)



4. Бериллий растворяется в щелочах:

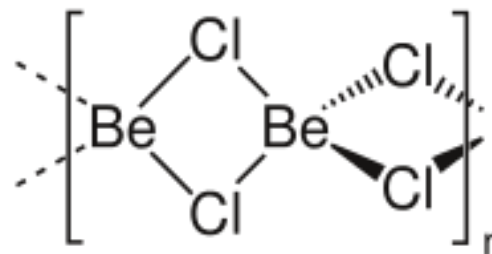
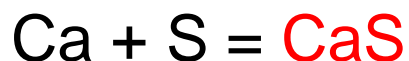
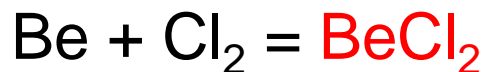


Основные химические свойства

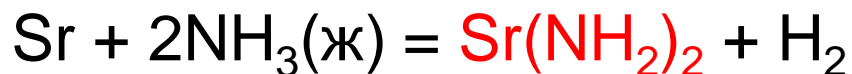
5. Магний растворим в NH_4Cl , бериллий – в NH_4F :



6. Все металлы реагируют с галогенами, серой и фосфором



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



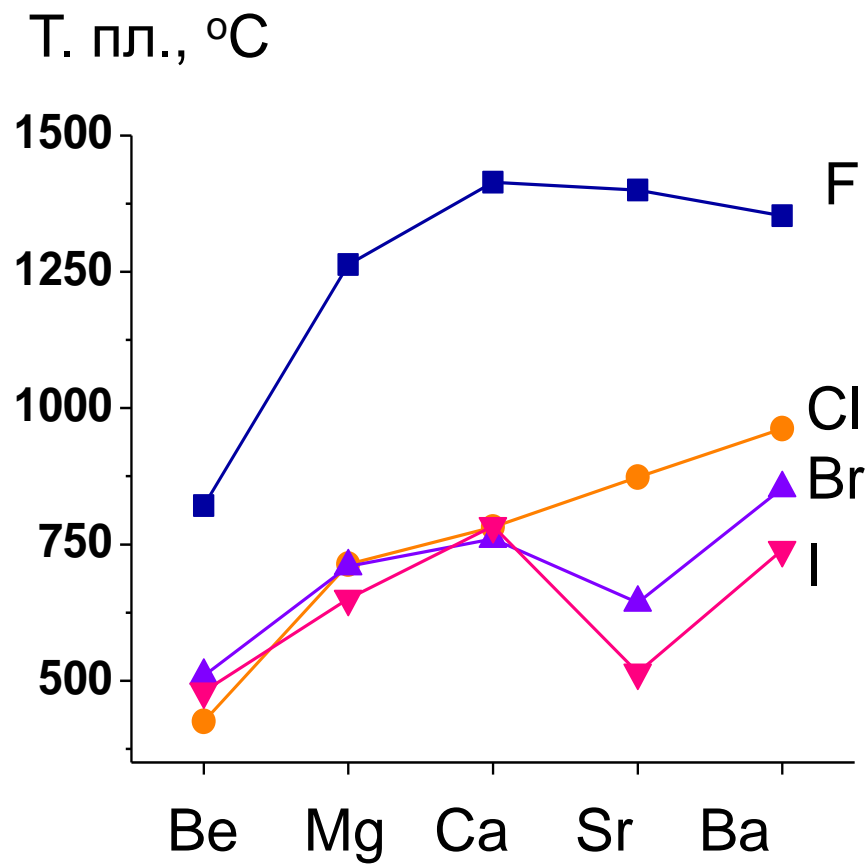
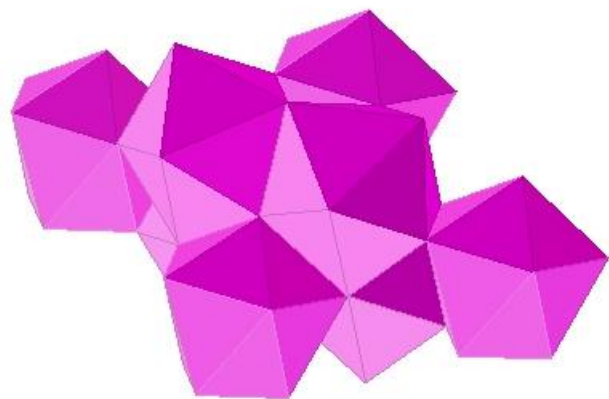
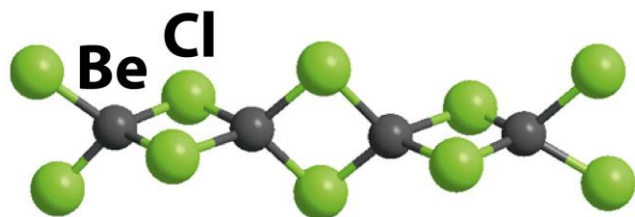
8. Все металлы образуют гидриды MH_2

Радий и его свойства

1. **Ra** – металл, т.пл. 960 °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. Изоструктурен 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:



Галогениды металлов 2 группы



Получение и свойства MX_2

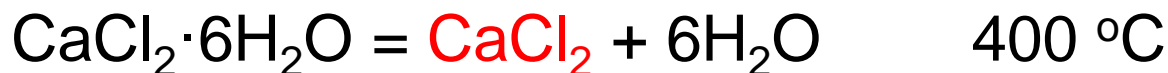
1. Прямое галогенирование



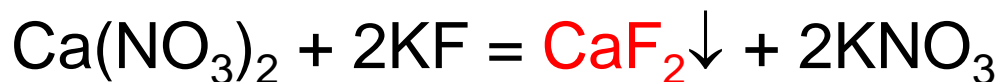
2. Галогенирование оксидов



3. Обезвоживание гидратов в токе HCl (кроме Be)

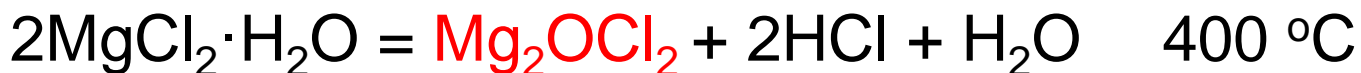
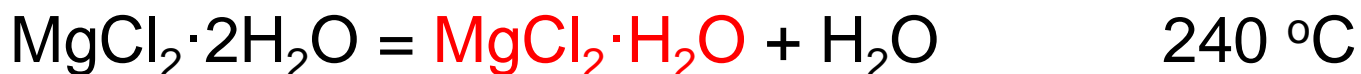


4. Фториды (кроме BeF_2) плохо растворимы в воде



Получение и свойства MX_2

5. Образование оксогалогенидов

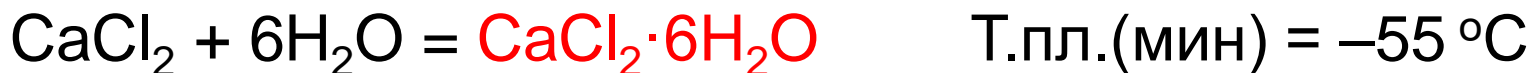


6. Гидролиз хлорида бериллия



кипячение р-ра

7. Взаимодействие с водой

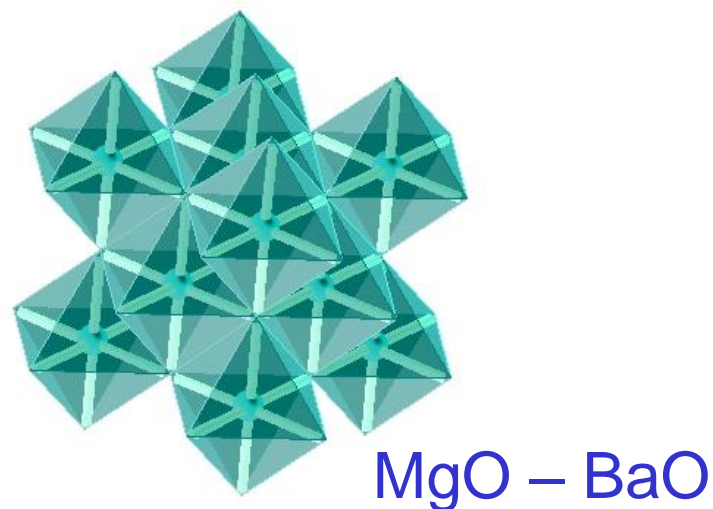


8. BeF_2 образует комплексные фториды



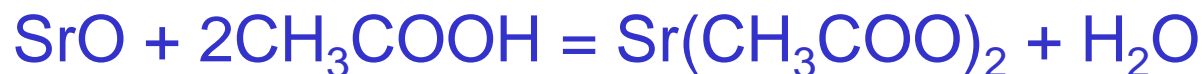
Оксиды, пероксиды и гидроксиды

	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 неустойчив, BeO_2 , MgO_2 неизвестны

7. Пероксиды SrO_2 , BaO_2 выделяют O_2 в кислой среде

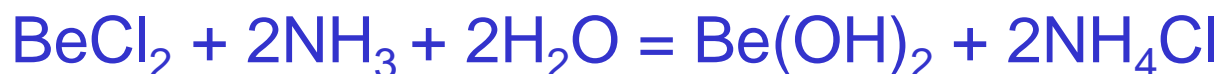
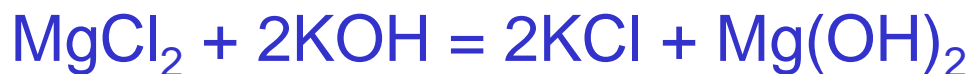
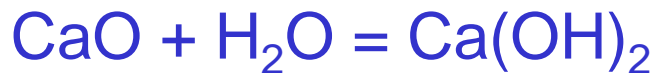
$$\text{SrO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SrSO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$$

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

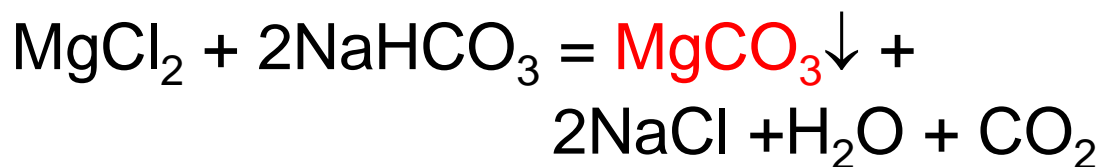
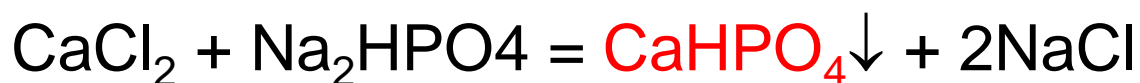
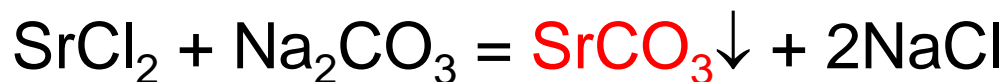
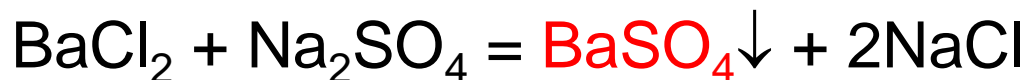


Увеличение силы основания

Соли кислородных кислот

1. Фосфаты, гидрофосфаты, карбонаты и сульфаты

Ca-Ba плохо растворимы



2. Карбонаты разлагаются при нагревании

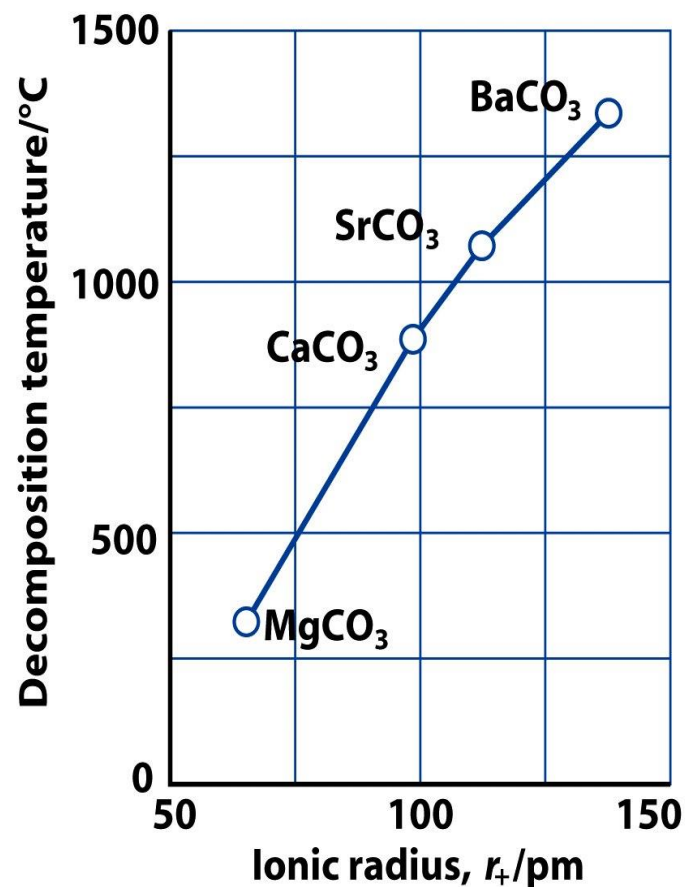
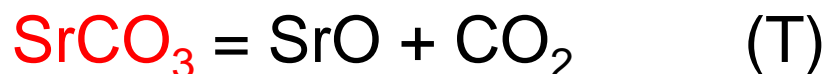
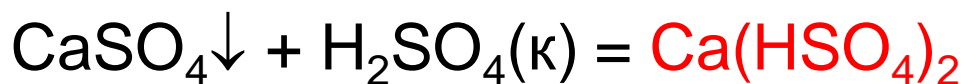
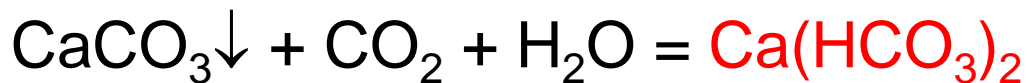


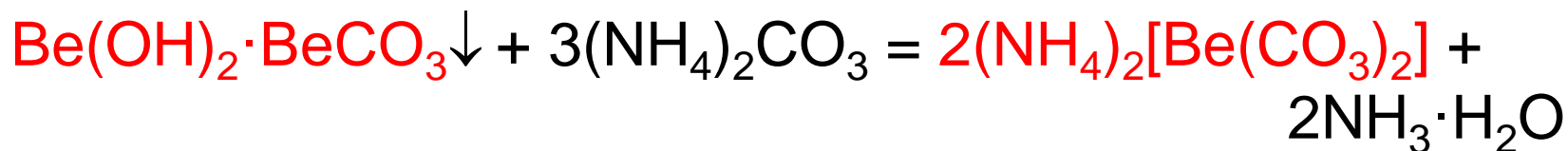
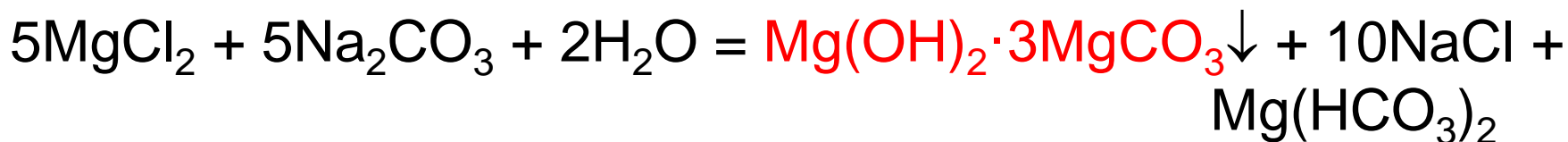
Figure 11-4
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

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 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

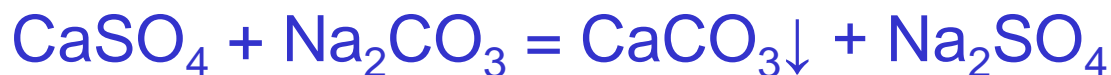
Временная жесткость – $\text{M}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{M} = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}$

Удаление кипячением



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

Удаление карбонатным методом

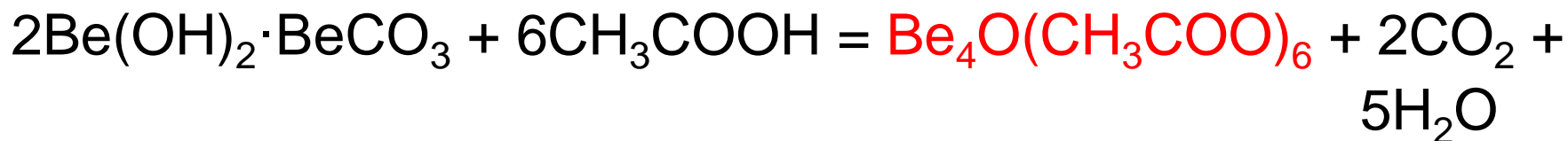
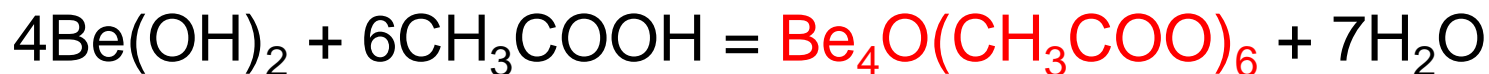


или деминерализацией через ионообменные смолы

Комплексные соединения

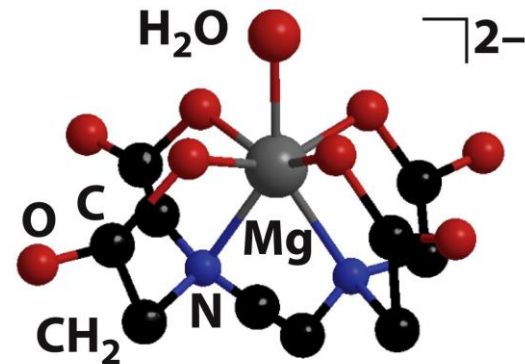
1. **Be** образует комплексные соединения с простыми лигандами

2. **Be** образует летучие комплексные соединения



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

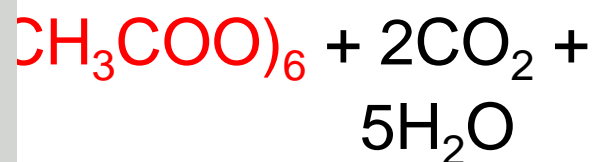
4. **Sr, Ba** образуют комплексы с краун-эфирами
(аналогия с щелочными металлами)



Комплексные соединения

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

2. **Be** образует комплексные соединения



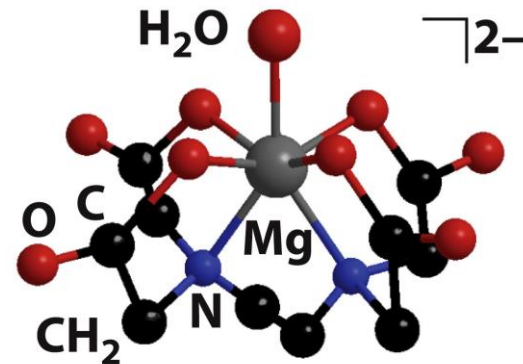
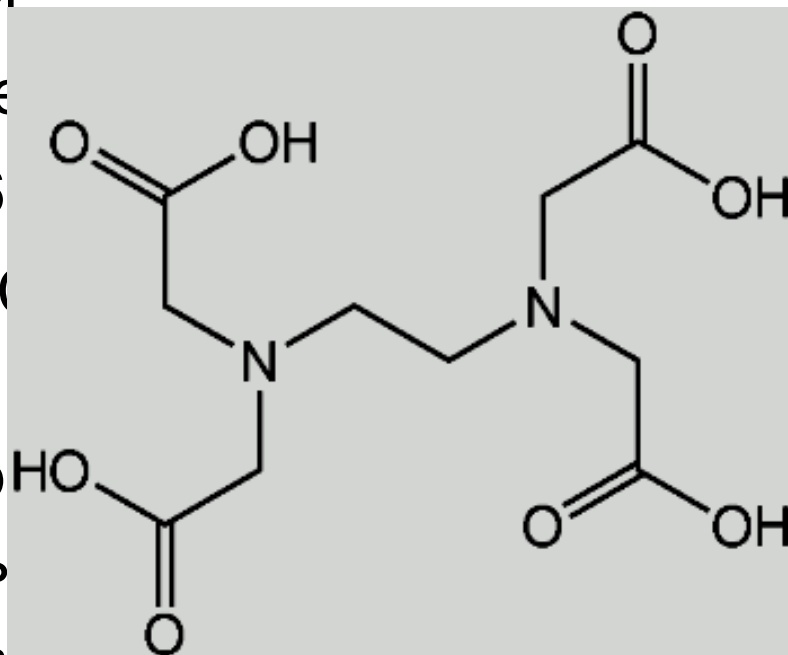
3. **Mg, Ca** образуют

комплексные соединения

4. **Sr, Ba** образуют комплексы с

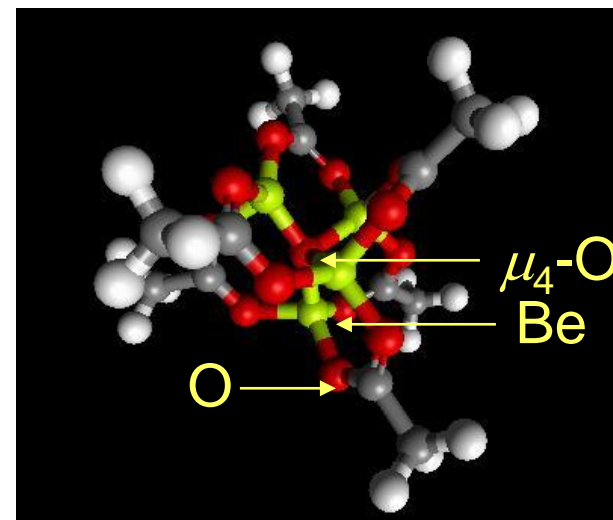
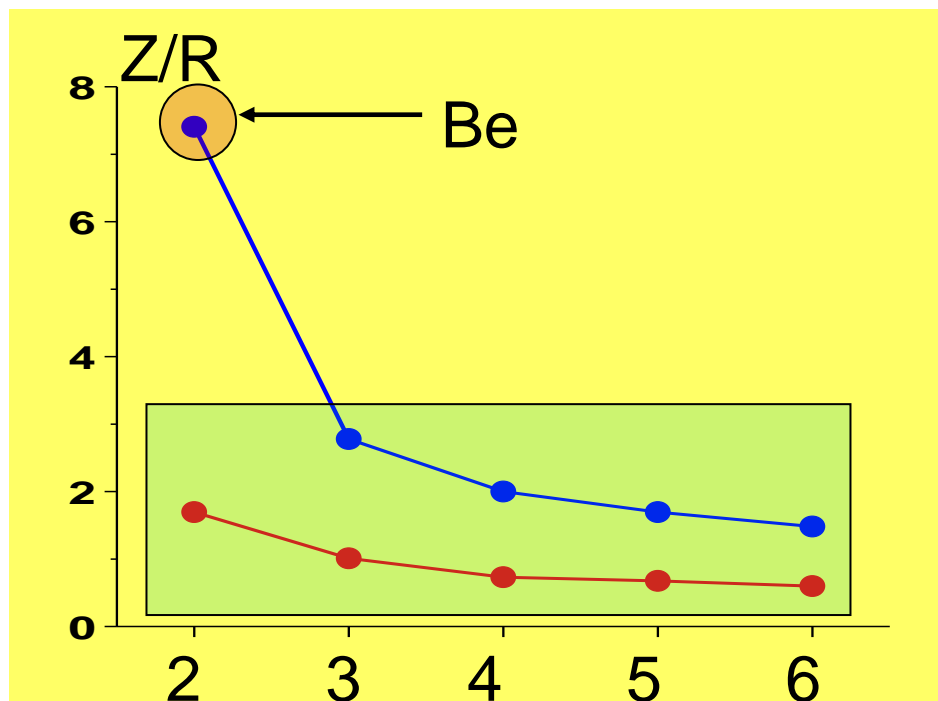
краун-эфирами

(аналогия с щелочными металлами)



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 **$\text{M}_2[\text{BeF}_4]$** ,
 $\text{M}_2[\text{Be}(\text{CO}_3)_4]$, **$\text{Be}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$**



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

Диагональное сходство

*Основная причина:
близость Z/R*

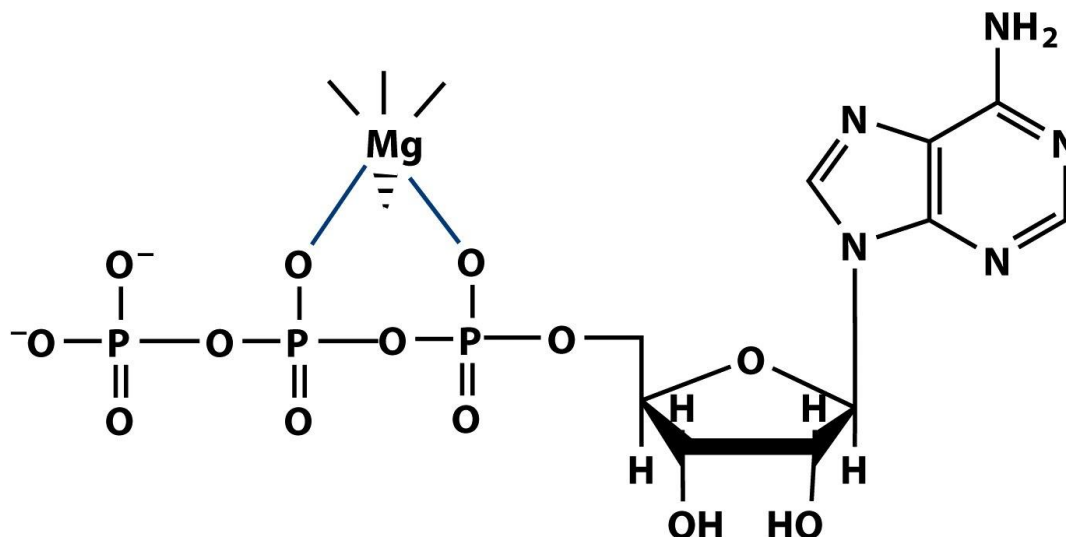
Li ↔ Mg:

1. Реагируют с N₂
2. Не образуют пероксидов при взаимодействии с O₂
3. Образуют малорастворимые 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

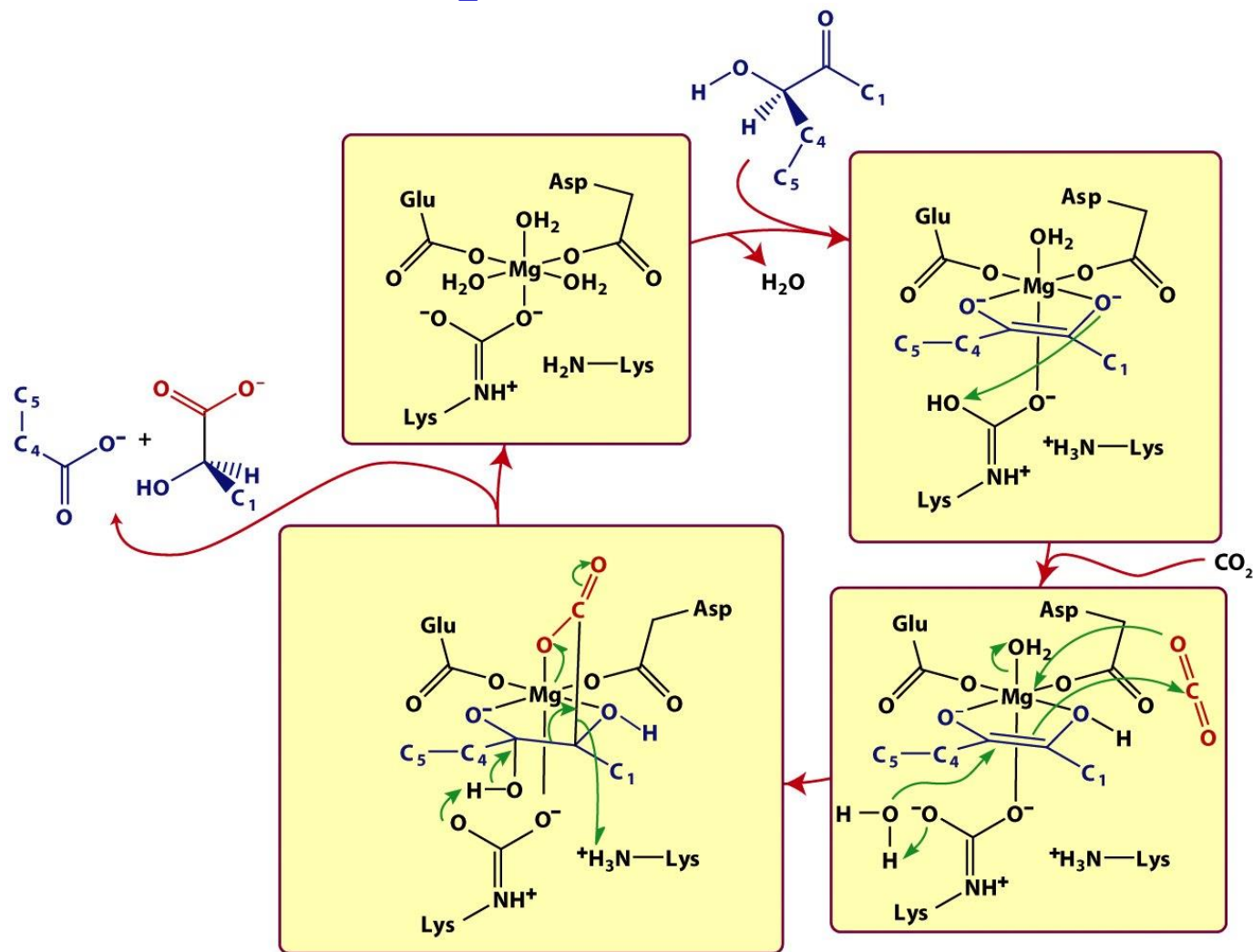


Figure 26-29

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