



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements



Щелочные и щелочноземельные металлы

Шевельков А.В.

Химический факультет МГУ

6.03.2019

Щелочные и щелочноземельные металлы

1 2 13 14 15 16 17 18

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

d-block

Щелочные металлы

Щелочноземельные металлы

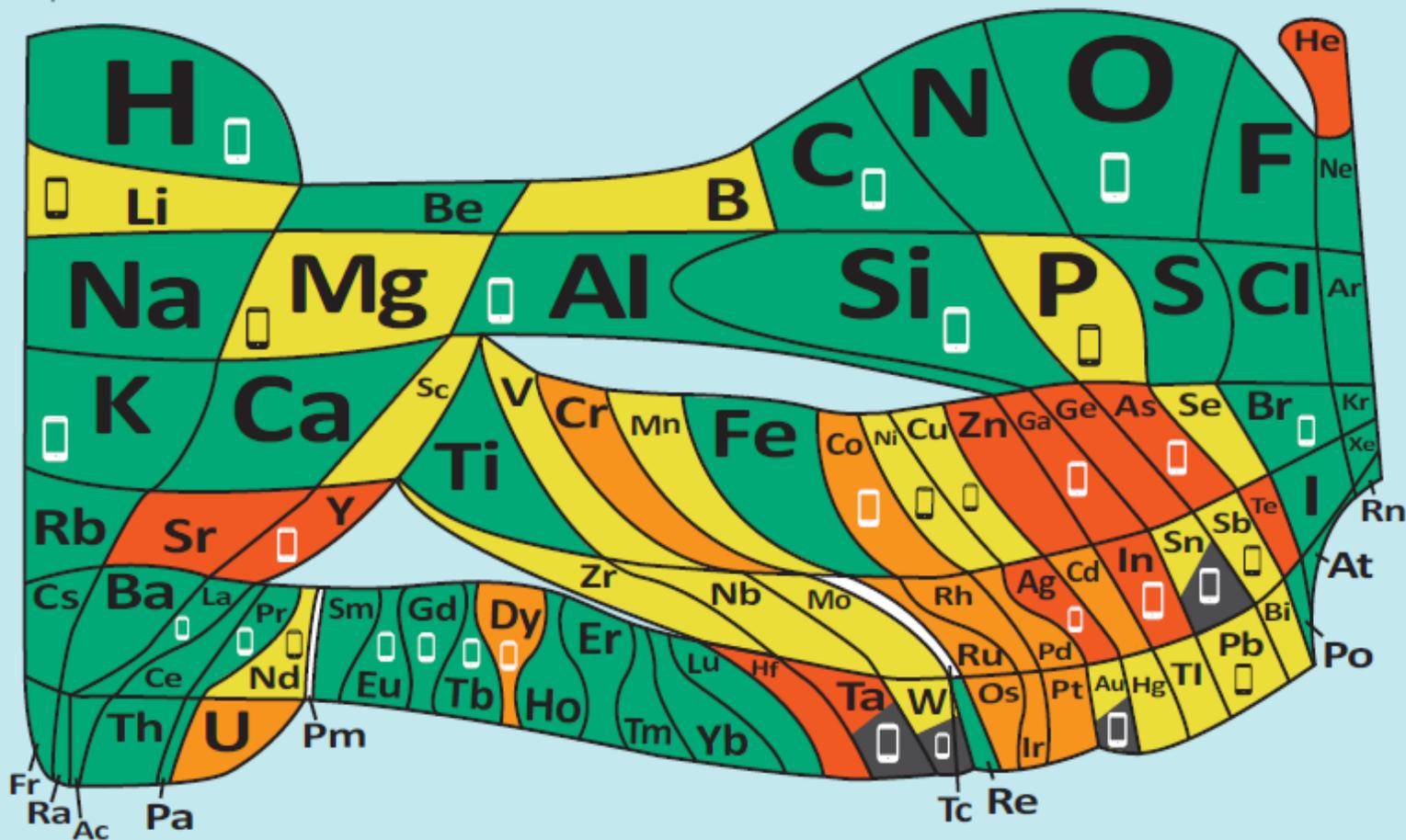


The 90 natural elements that make up everything

How much is there? Is that enough?

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements



- Serious threat in the next 100 years
- Rising threat from increased use
- Limited availability, future risk to supply
- Plentiful Supply
- Synthetic
- From conflict minerals
- Elements used in a smart phone

Read more and play the video game <http://bit.ly/euchems-pt>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivs CC-BY-ND

Свойства щелочных металлов

	Li	Na	K	Rb	Cs
Т.пл. (°C)	180	98	64	40	29
Т.кип. (°C)	1342	883	759	688	671
d (г/см ³)	0.53	0.97	0.86	1.53	1.90
$E_{M^{+}/M}$ (В)	-3.04	-2.71	-2.94	-2.92	-3.03
$\Delta_{\text{ат}}H^0_{298}$ (кДж/моль)	161	108	90	82	78
E_{M-M} (кДж/моль)	110	74	55	49	44
Цвет в пламени	Красный	Желтый	Фиолетовый	Розовый	Голубой

Свойства щелочных металлов

Li

Na

K

Rb

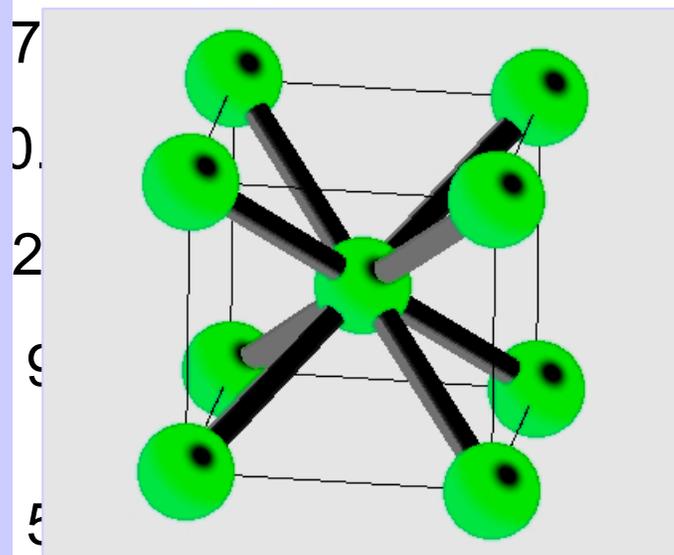
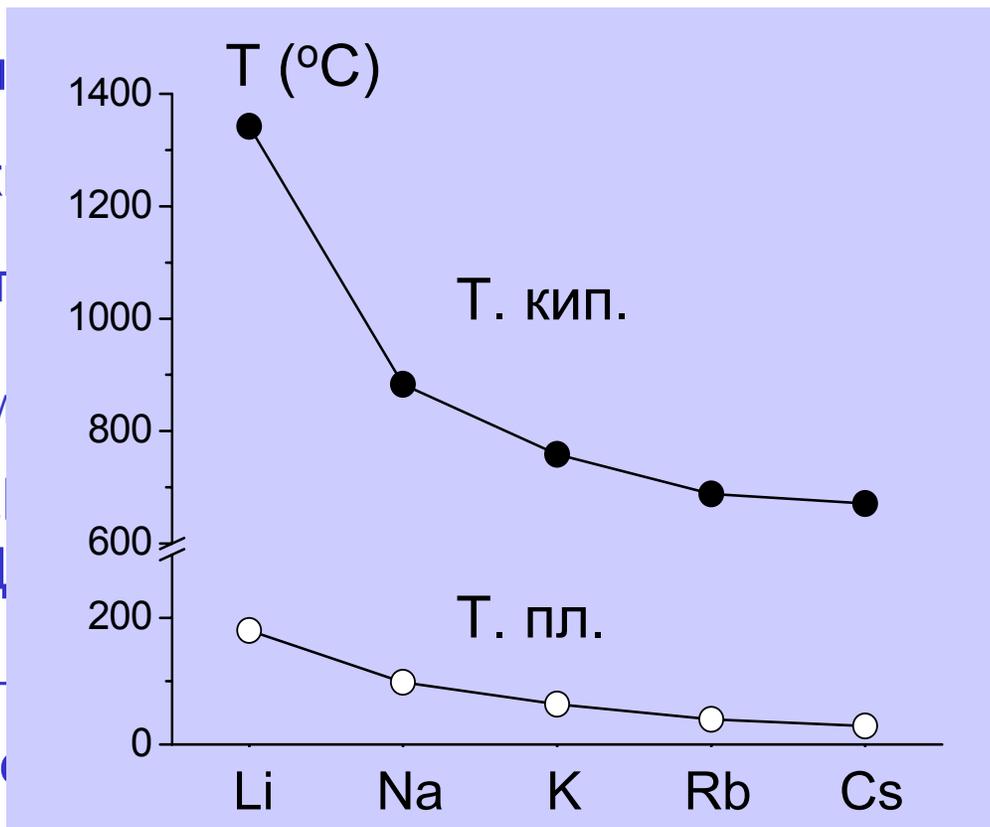
Cs

64

40

29

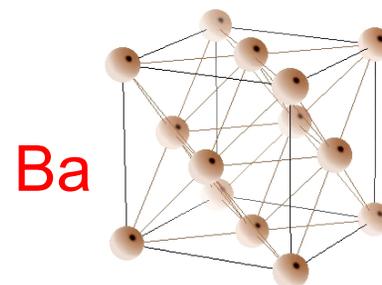
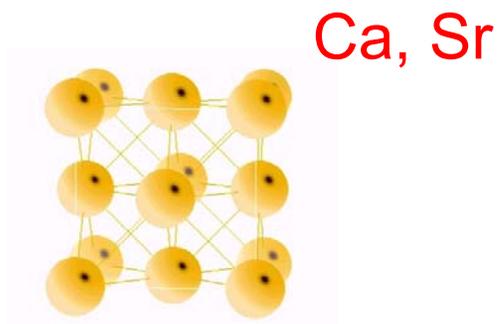
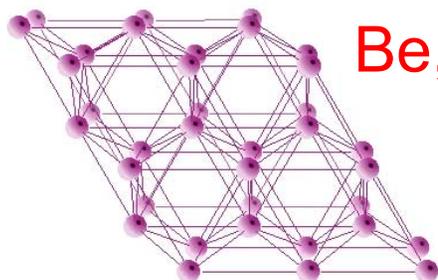
Т.п
Т.к
d (г
E_M
Δ_{ат}
(кД
E_M
Цв



Летовый Розовый Голубой

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



Минералы щелочных металлов

Li Сподумен $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$

Na Галит NaCl

Мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Чилийская селитра NaNO_3

Бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Криолит Na_3AlF_6

K Сильвин KCl

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

Сильвинит $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$

Rb, Cs

Сопутствуют калию



Галит



Чилийская селитра

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
хризоберилл

Mg

магнезит $MgCO_3$
доломит $CaMg(CO_3)_2$
оливин $(Mg, Fe)_2SiO_4$
карналлит
 $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Ca

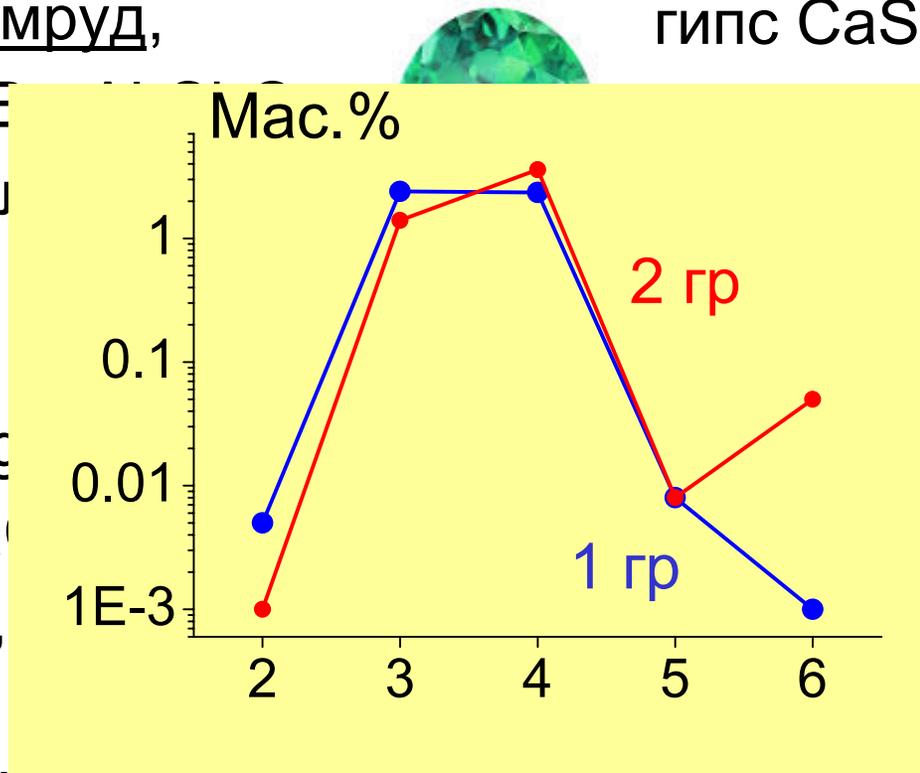
гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

мор, известняк

нит $SrCO_3$
 $SrSO_4$

барит $BaSO_4$

витерит $BaCO_3$



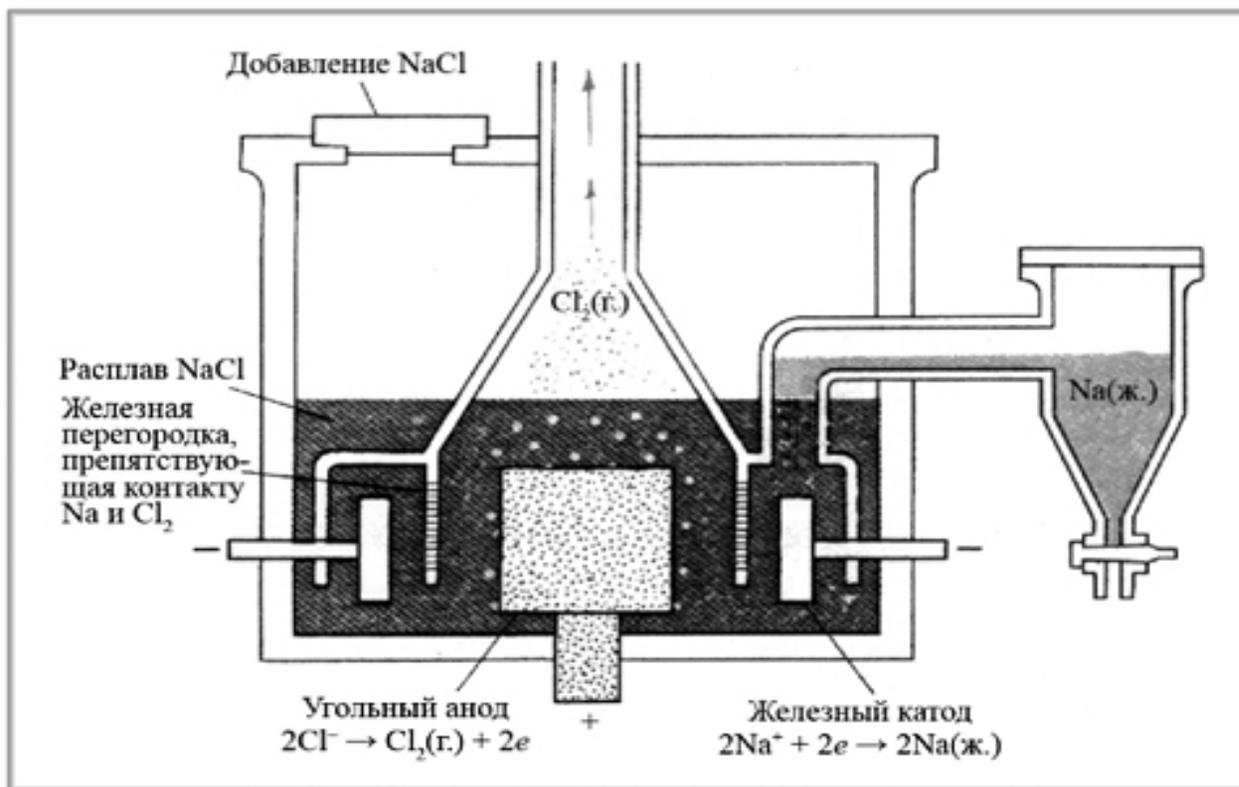
Получение щелочных металлов

Промышленное получение натрия (процесс Даунса):

Электролиз расплава $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ при 580°C

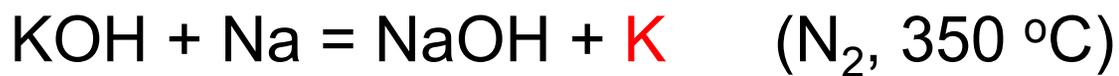
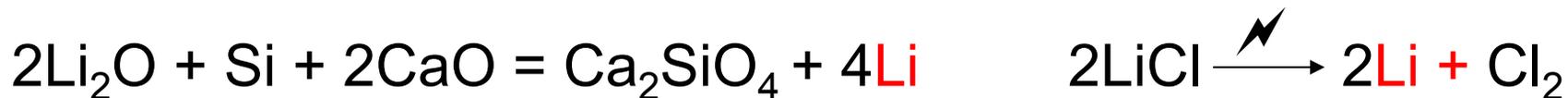
На катоде: $\text{Na}^+(\text{ж}) + e^- = \text{Na}(\text{ж})$

На аноде: $2\text{Cl}^-(\text{ж}) = \text{Cl}_2(\text{г}) + 2e^-$



Получение щелочных металлов

Получение других щелочных металлов:



Кристаллы Cs

Получение металлов

Получение магния из **доломита**:



Други



Получение металлов

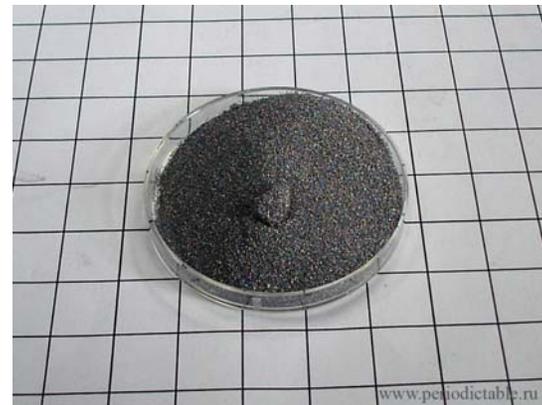
Получение магния из **доломита**:



Другие металлы:



Sr, Ba – аналогично Ca



Применение щелочных металлов

1. **Li**: источники тока, аккумуляторы



2. **Na**: в химической промышленности

3. **Na**: в пищевой промышленности



4. **Na**: хлоралкалиновое производство

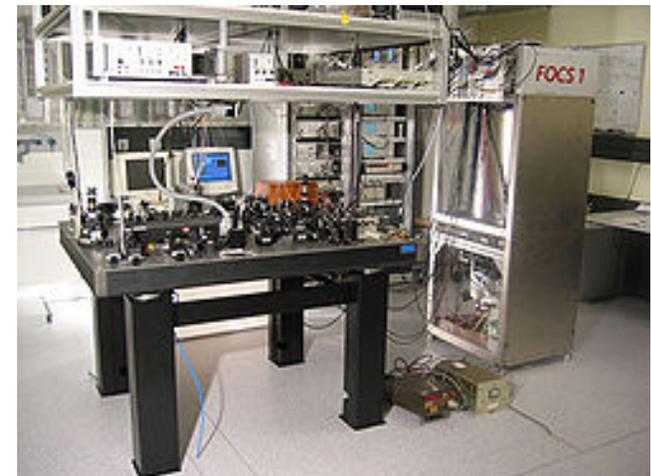
5. **Na**: производство стекла

6. **Na, K**: производство удобрений

7. **Na, K**: в медицине

8. **Rb, Cs**: в оптических устройствах

9. **Cs**: «атомные часы»



Применение щелочноземельных металлов

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

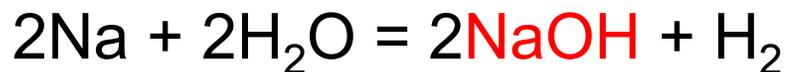
Sr: в пиротехнике

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



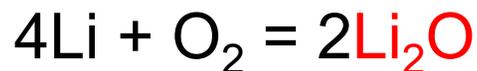
Основные химические свойства ЩМ

1. Взаимодействие с водой

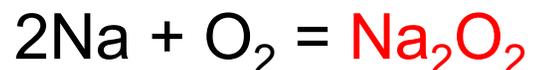


бурно для всех металлов

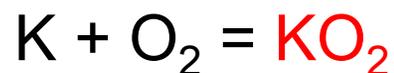
2. Окисление кислородом



оксид



пероксид

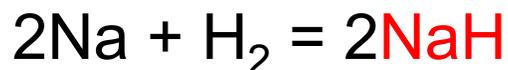


надпероксид

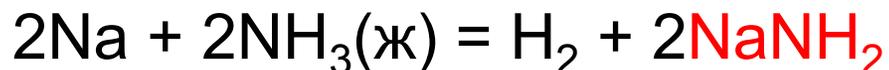
3. Окисление галогенами



4. Образование солеобразных гидридов

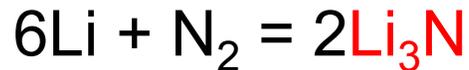


5. Растворение в жидком аммиаке



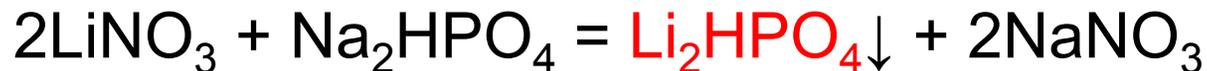
Особые свойства лития

1. Литий реагирует с азотом, образуя устойчивый нитрид



2. Литий реагирует с углем, образуя карбиды Li_2C_2 и Li_4C_3

3. Фторид, карбонат и фосфат лития плохо растворимы в воде



4. Гидроксид и карбонат лития разлагаются при нагревании в твердой фазе



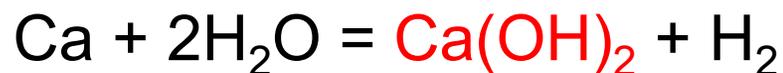
5. Литий не образует квасцов

Основные химические свойства ЩЗМ

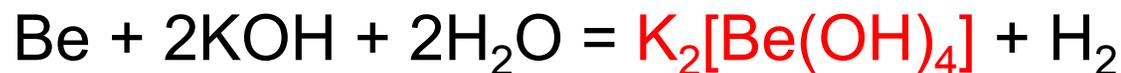
1. Все металлы взаимодействуют с O_2 ; **Be** и **Mg** – с N_2 :



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



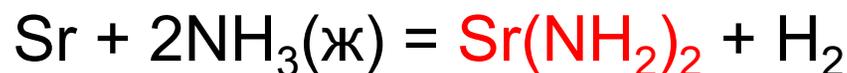
3. Бериллий растворяется в щелочах:



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

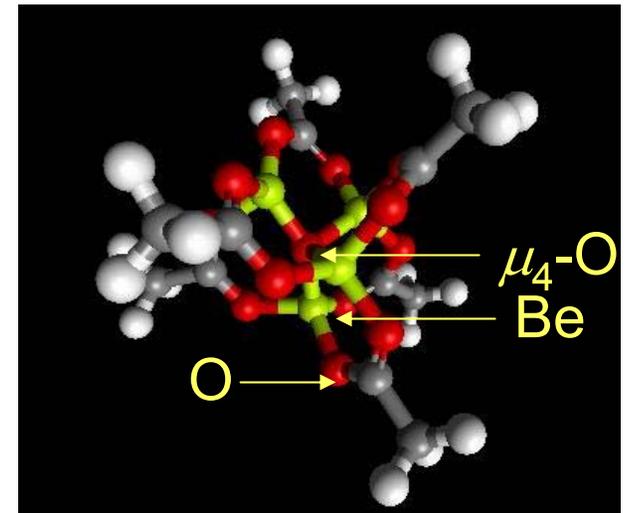
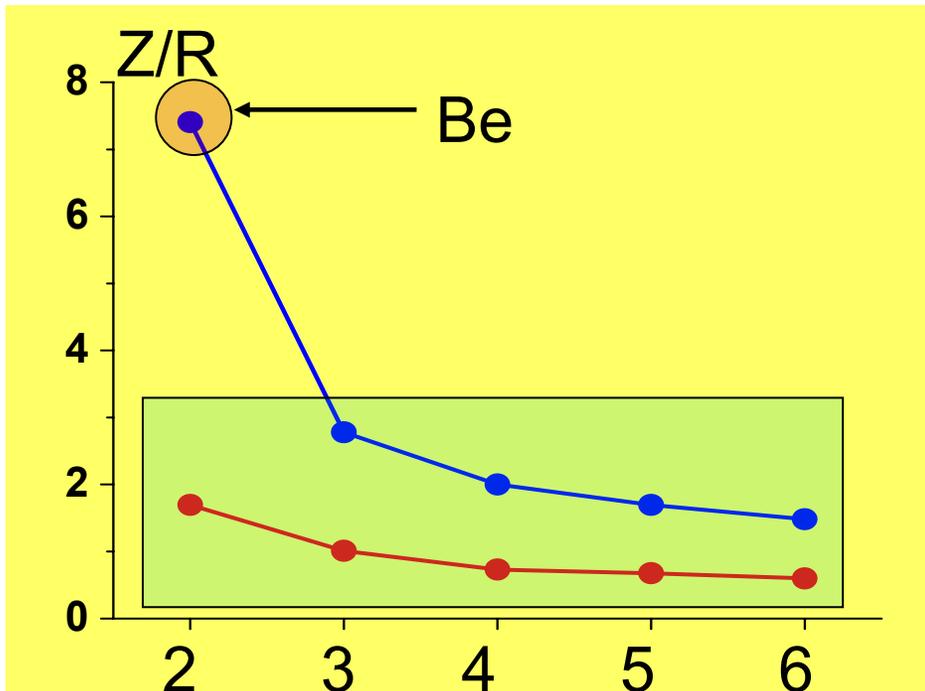


5. **Ca**, **Sr**, **Ba** растворяются в жидком аммиаке:



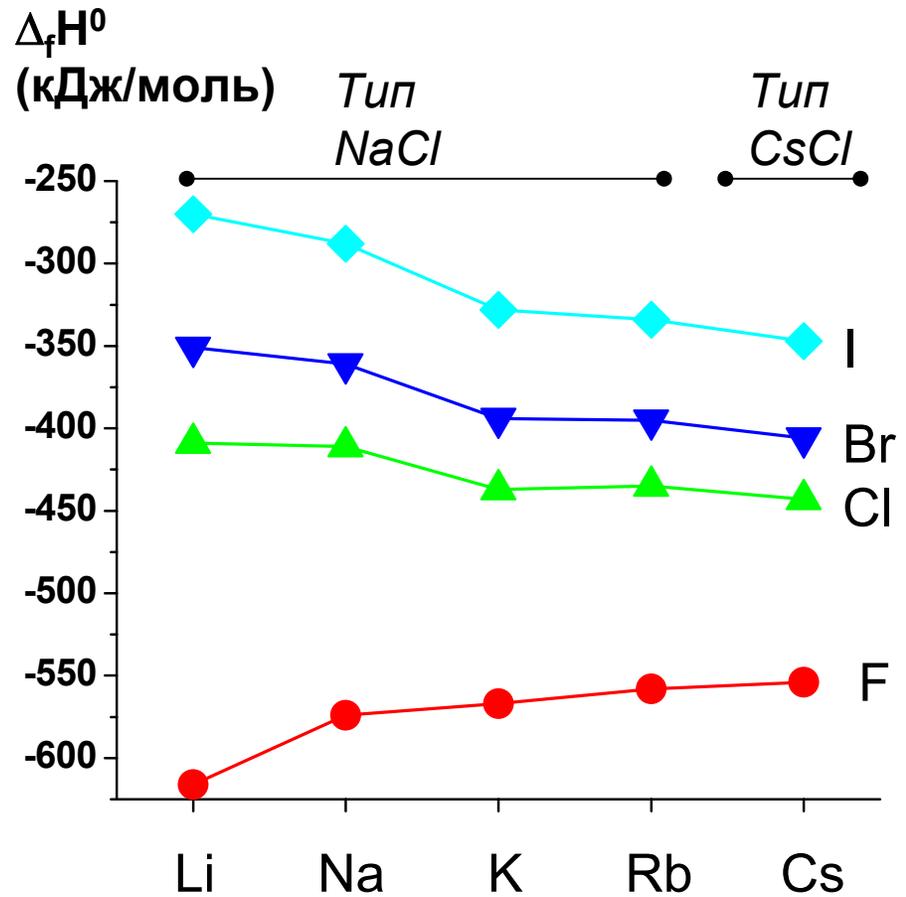
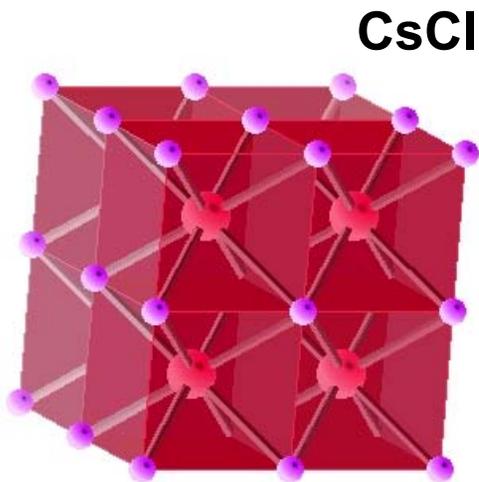
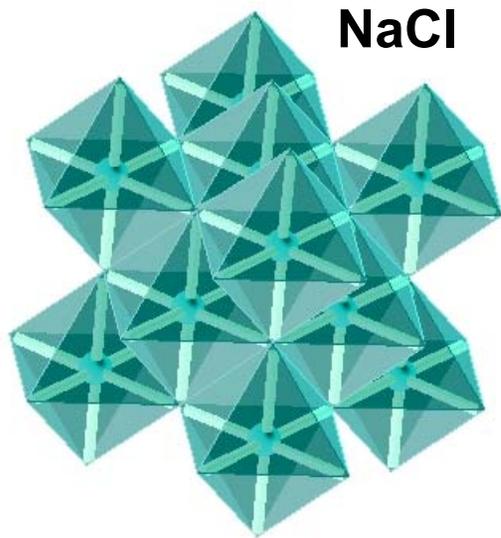
Особые свойства бериллия

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



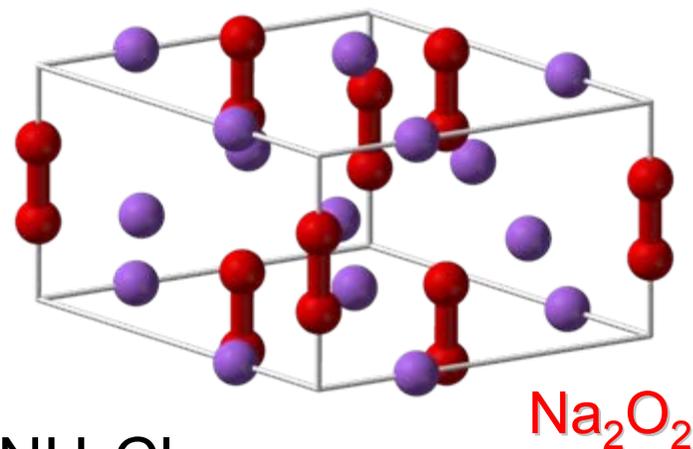
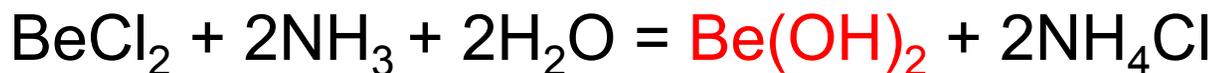
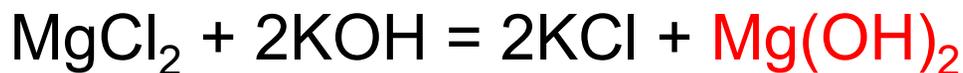
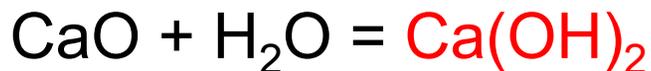
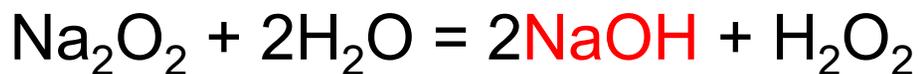
$\text{Be}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$

Галогениды щелочных металлов



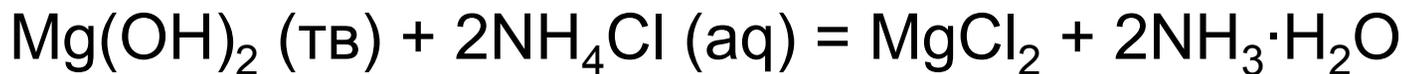
Кислородные соединения ЩМ и ЩЗМ

1. Получение гидроксидов:



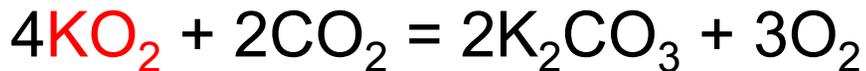
2. NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂

растворимы в воде, Mg(OH)₂ – в р-рах солей аммония



Кислородные соединения ЩМ и ЩЗМ

3. Окислительные свойства пероксидов:



4. Фосфаты, гидрофосфаты,
карбонаты и сульфаты

Ca-Ba плохо растворимы

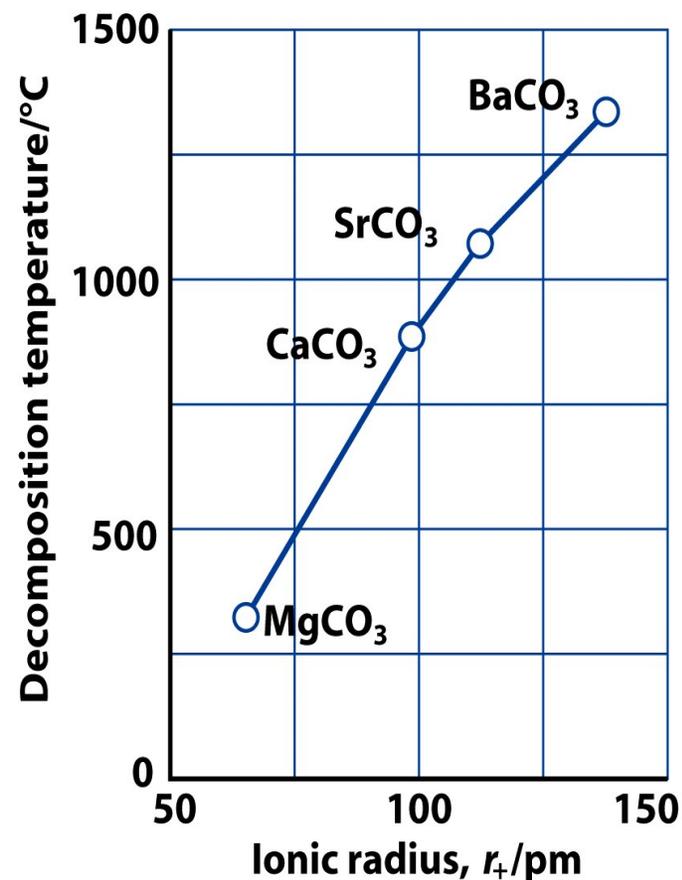
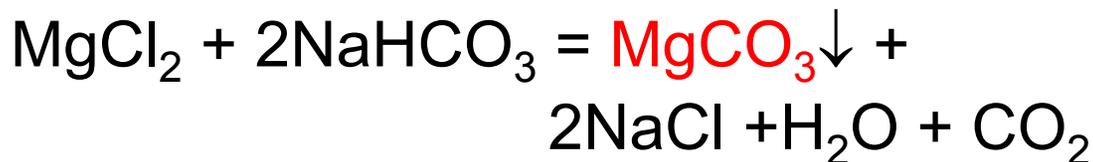


Figure 11-4
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Получение щелочи и соды

Хлоралкалиновое производство:

Электролиз раствора NaCl с инертным анодом и диафрагмой

На катоде: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2$

На аноде: $2\text{Cl}^- = \text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{e}^-$

Суммарно: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$

Получение соды методом Сольвэ
(свыше 30 млн. тонн в год):

1. Насыщение рассола аммиаком и углекислым газом

$2\text{NaCl} + 2\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{NaHCO}_3$

2. Разложение бикарбоната натрия

$2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

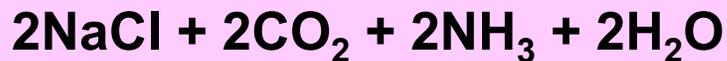
Получение соды методом Сольвэ



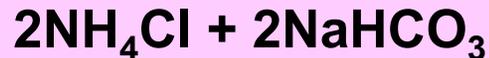
1000°C



$+ \text{H}_2\text{O}$



NaCl



CO_2



NH_4Cl



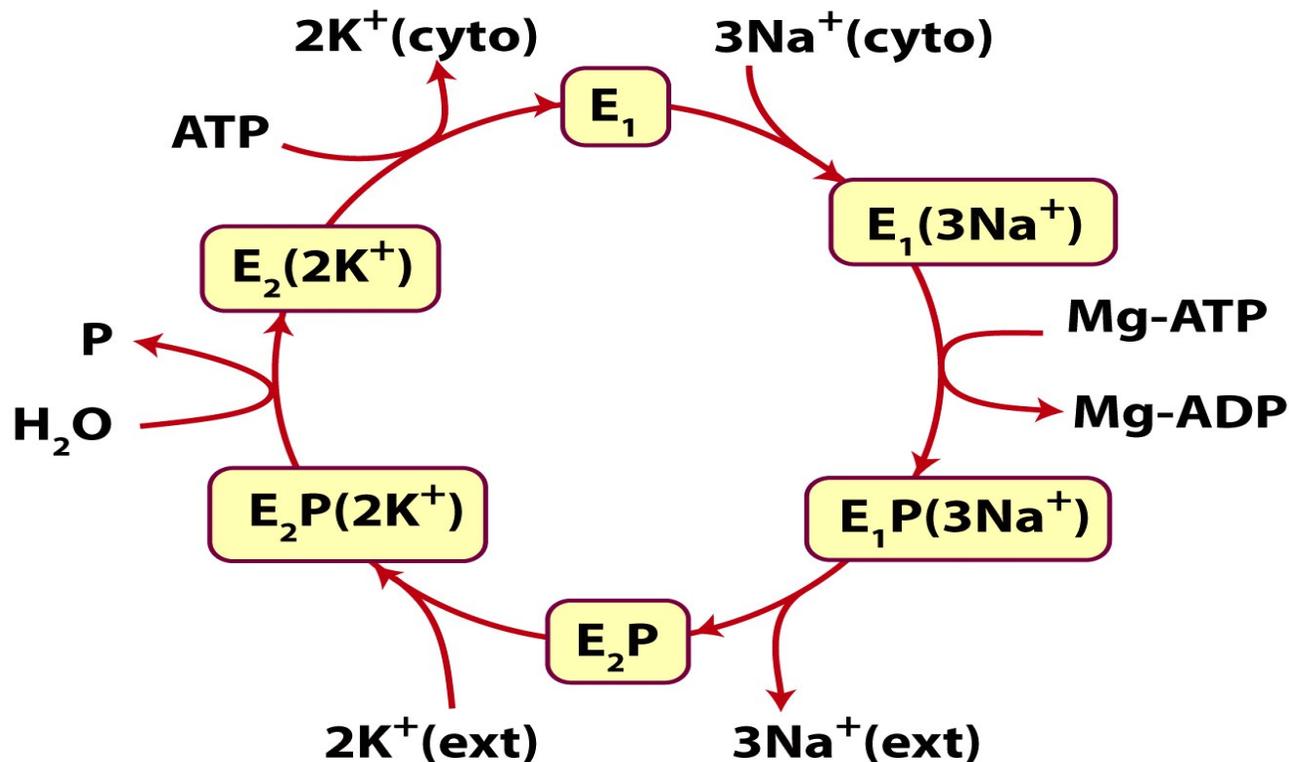
CaCl_2
(в отвал)

Na_2CO_3

Биологическая роль Na, K

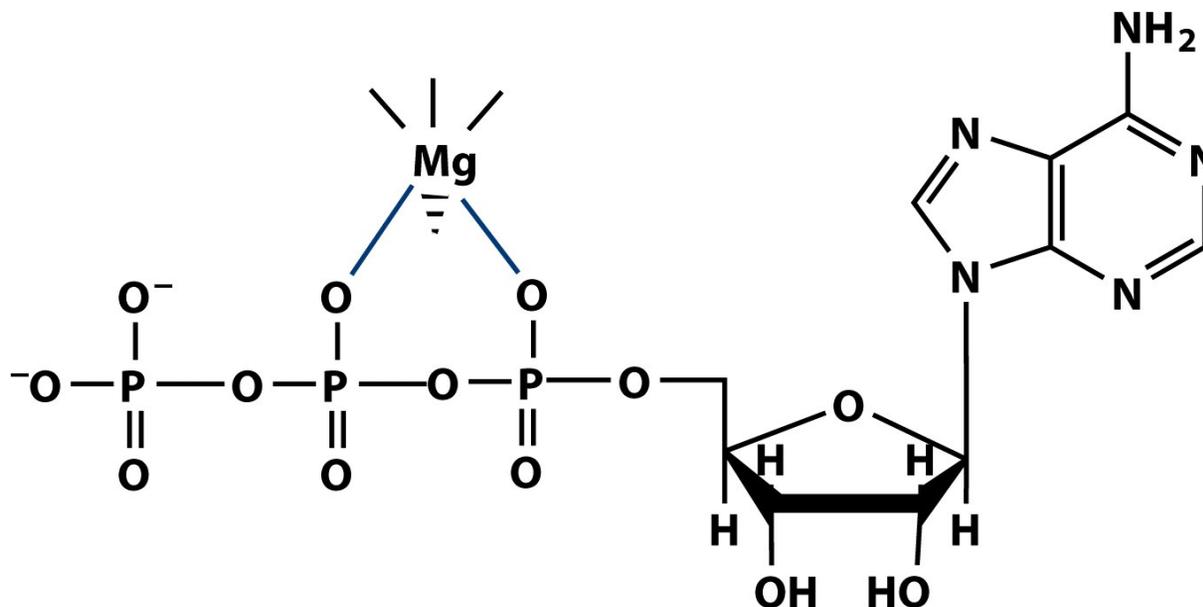
Na/K насос: создает высокую концентрацию Na^+ вне клетки, K^+ - внутри клетки

Транспорт катионов против концентрации, используется при проведении нервного импульса



Биологическая роль Mg

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

Биологическая роль Mg

2. Поглощение CO₂ Mg-карбоксилазой

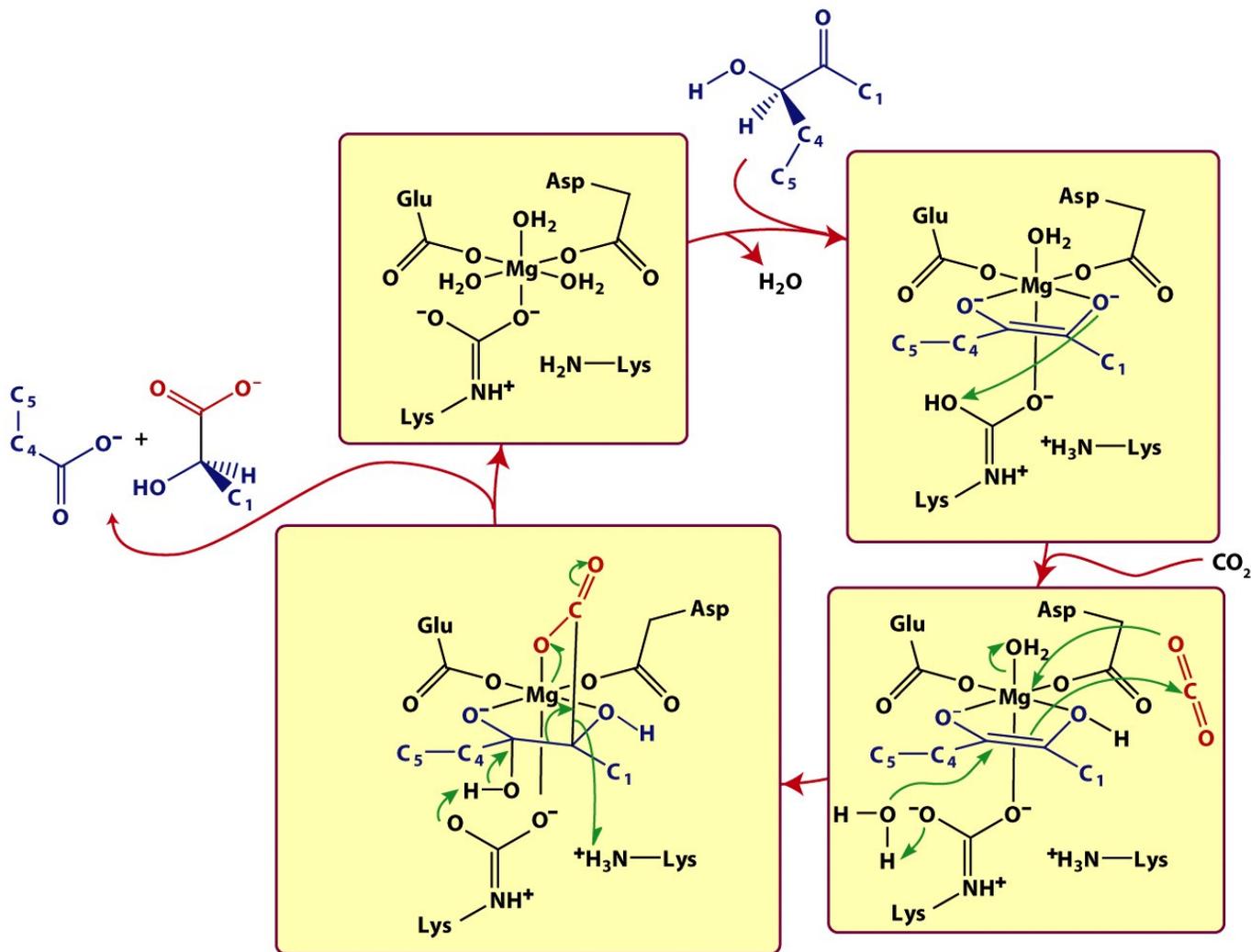


Figure 26-29

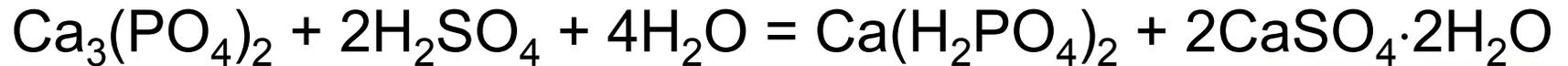
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition

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

Биологическая роль Са

1. Фосфаты Ca^{2+} – удобрения

Суперфосфаты



Преципитат



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

Апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$, $\text{X} = \text{OH}, \text{F}$



Жесткость воды

Жесткость воды – присутствие растворимых солей

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

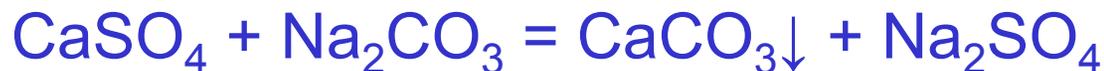
Временная жесткость – $\text{M}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{M} = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}$

Удаление кипячением



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

Удаление карбонатным методом



или деминерализацией через ионообменные смолы

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:



Радий и его свойства



1. **Ra** – металл

2. Самый усредненный
в природе

3. Химически активен

4. Изоструктурен

5. **Ra(OH)₂** у
более

6. Нерастворим



1.0 г/см³

да),
ада ²³⁸U,

миттер

при н.у.

выделения)