

Занятие 4

Элементы II группы главной подгруппы

Положение в периодической системе химических элементов

Группа →	2
↓ Период	
2	4 Бериллий Be 9,0122 2s ²
3	12 Магний Mg 24,305 3s ²
4	20 Кальций Ca 40,078 4s ²
5	38 Стронций Sr 87,62 5s ²
6	56 Барий Ba 137,327 6s ²
7	88 Радий Ra (226) 7s ²

Щелочноземельные металлы расположены во второй группе главной подгруппе периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева (или просто во 2 группе в длиннопериодной форме ПСХЭ). На практике к щелочноземельным металлам относят только кальций Ca, стронций Sr, барий Ba и радий Ra. Бериллий Be по свойствам больше похож на алюминий, магний Mg проявляет некоторые свойства щелочноземельных металлов, но в целом отличается от них. Однако, согласно номенклатуре ИЮПАК, щелочноземельными принято считать все металлы II группы главной подгруппы.

Электронное строение и закономерности изменения свойств

Электронная конфигурация внешнего энергетического уровня щелочноземельных металлов: ns^2 , на внешнем энергетическом уровне в основном состоянии находится 2 s-электрона. Следовательно, типичная

степень окисления щелочноземельных металлов в соединениях +2.

Рассмотрим некоторые закономерности изменения свойств щелочноземельных металлов.

В ряду Be—Mg—Ca—Sr—Ba—Ra, в соответствии с Периодическим законом, увеличивается атомный радиус, усиливаются металлические свойства, ослабевают неметаллические свойства, уменьшается электроотрицательность.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ ГЛАВНОЙ ПОДГРУППЫ II ГРУППЫ

Бериллий Be	(+4)	2 2	0,113	9,32	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА</div> </div>
Магний Mg	(+12)	2 8 2	0,160	7,65	
Кальций Ca	(+20)	2 8 8 2	0,197	6,11	
Стронций Sr	(+38)	2 8 18 8 2	0,215	5,69	
Барий Ba	(+56)	2 8 18 18 8 2	0,221	5,21	
Радий Ra	(+88)	2 8 18 32 18 8 2	0,235	5,28	

Физические свойства

Все щелочноземельные металлы — вещества серого цвета и гораздо более твердые, чем щелочные металлы.



Бериллий Be устойчив на воздухе. Магний и кальций (Mg и Ca) устойчивы в сухом воздухе. Стронций Sr и барий Ba хранят под слоем керосина.

Кристаллическая решетка щелочноземельных металлов в твёрдом состоянии — металлическая. Следовательно, они обладают высокой тепло- и электропроводимостью. Кипят и плавятся при высоких температурах.

МЕТАЛЛЫ	ρ , г/см ³	$t_{\text{пл}}$, °C	$t_{\text{кип}}$, °C
Be 	1,85	2470	1285
Mg 	1,74	1107	650
Ca 	1,54	1495	842
Sr 	2,63	1360	768
Ba 	3,76	1640	710

Нахождение в природе

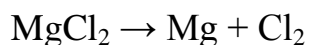
Как правило, щелочноземельные металлы в природе присутствуют в виде минеральных солей: хлоридов, бромидов, йодидов, карбонатов, нитратов и др. Основные минералы, в которых присутствуют щелочноземельные металлы:
 Доломит — $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ — карбонат кальция-магния.



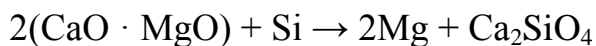
Магнезит MgCO_3 — карбонат магния., Кальцит CaCO_3 — карбонат кальция.
 Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — дигидрат сульфата кальция, Барит BaSO_4 — сульфат бария, Витерит BaCO_3 — карбонат бария.

Способы получения

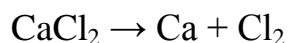
Магний получают электролизом расплавленного карналлита или хлорида магния с добавками хлорида натрия при 720–750°C:



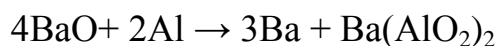
или восстановлением прокаленного доломита в электропечах при 1200–1300°C:



Кальций получают электролизом расплавленного хлорида кальция с добавками фторида кальция:

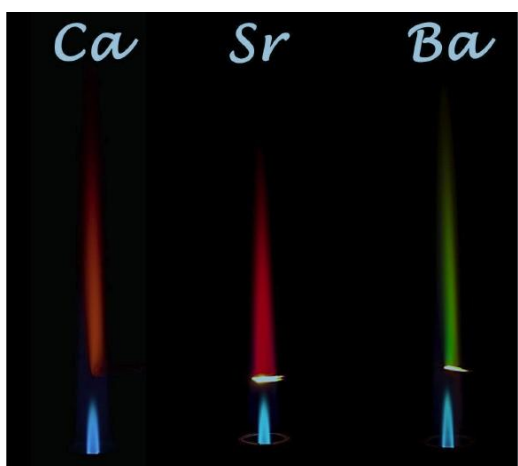


Барий получают восстановлением оксида бария алюминием в вакууме при 1200 °С:



Качественные реакции

Качественная реакция на щелочноземельные металлы — окрашивание пламени солями щелочноземельных металлов.



Цвет пламени:

Ca — кирпично-красный

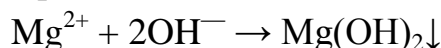
Sr — карминово-красный (алый)

Ba — яблочно-зеленый

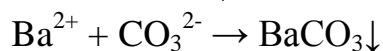
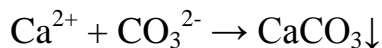
Качественная реакция на ионы магния:

взаимодействие с щелочами. Ионы магния

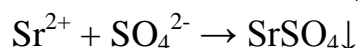
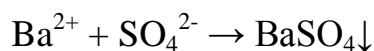
осаждаются щелочами с образованием белого осадка гидроксида магния:



Качественная реакция на ионы кальция, стронция, бария: взаимодействие с карбонатами. При взаимодействии солей кальция, стронция и бария с карбонатами выпадает белый осадок карбоната кальция, стронция или бария:



Качественная реакция на ионы стронция и бария: взаимодействие с сульфатами. При взаимодействии солей стронция и бария с сульфатами выпадает белый осадок сульфата бария и сульфата стронция:



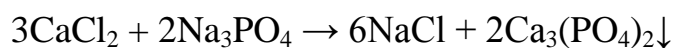


Также осадки белого цвета образуются при взаимодействии

солей кальция, стронция и бария с сульфитами и фосфатами.

Ионы	Реагенты на ионы				
	карбонаты	сульфаты	фосфаты	сульфиты	окраска пламени
Магний	белый осадок	—	белый осадок	помутнение раствора	
Кальций	белый осадок	помутнение раствора	белый осадок	белый осадок	кирпично-красный
Стронций	белый осадок	белый осадок	белый осадок	белый осадок	карминово-красный
барий	белый осадок	белый осадок	белый осадок	белый осадок	яблочно-зеленый

Например, при взаимодействии хлорида кальция с фосфатом натрия образуется белый осадок фосфата кальция:

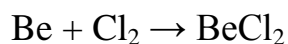


Химические свойства

1. Щелочноземельные металлы — сильные восстановители. Поэтому они реагируют почти со всеми неметаллами.

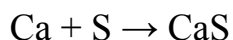
1.1. Щелочноземельные металлы реагируют с галогенами с образованием галогенидов при нагревании.

Например, бериллий взаимодействует с хлором с образованием хлорида бериллия:

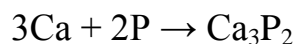


1.2. Щелочноземельные металлы реагируют при нагревании с серой и фосфором с образованием сульфидов и фосфоридов.

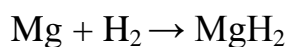
Например, кальций взаимодействует с серой при нагревании:



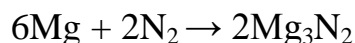
Кальций взаимодействует с фосфором с образованием фосфидов:



1.3. Щелочноземельные металлы реагируют с водородом при нагревании. При этом образуются бинарные соединения — гидриды. Бериллий с водородом не взаимодействует, магний реагирует лишь при повышенном давлении.



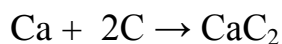
1.4. С азотом магний взаимодействует при комнатной температуре с образованием нитрида:



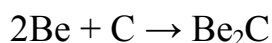
Остальные щелочноземельные металлы реагируют с азотом при нагревании.

1.5. Щелочноземельные металлы реагируют с углеродом с образованием карбидов, преимущественно ацетиленидов.

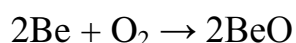
Например, кальций взаимодействует с углеродом с образованием карбида кальция:



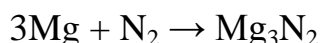
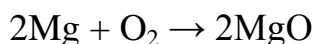
Бериллий реагирует с углеродом при нагревании с образованием карбида — метанида:



1.6. Бериллий сгорает на воздухе при температуре около 900°C:



Магний горит на воздухе при 650°C с выделением большого количества света. При этом образуются оксиды и нитриды:



Щелочноземельные металлы горят на воздухе при температуре около 500°C, в результате также образуются оксиды и нитриды.

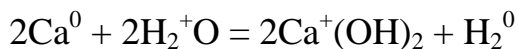
Видеоопыт: горение кальция на воздухе можно посмотреть здесь.

2. Щелочноземельные металлы взаимодействуют со сложными веществами:

2.1. Щелочноземельные металлы реагируют с водой. Взаимодействие с водой приводит к образованию щелочи и водорода. Бериллий с водой не

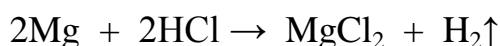
реагирует. Магний реагирует с водой при кипячении. Кальций, стронций и барий реагируют с водой при комнатной температуре.

Например, кальций реагирует с водой с образованием гидроксида кальция и водорода:



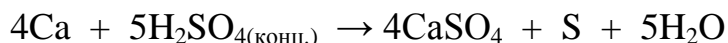
2.2. Щелочноземельные металлы взаимодействуют с минеральными кислотами (с соляной, фосфорной, разбавленной серной кислотой и др.). При этом образуются соль и водород.

Например, магний реагирует с соляной кислотой:

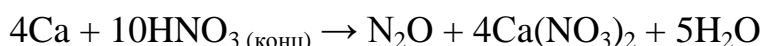


2.3. При взаимодействии щелочноземельных металлов с концентрированной серной кислотой образуется сера.

Например, при взаимодействии кальция с концентрированной серной кислотой образуется сульфат кальция, сера и вода:



2.4. Щелочноземельные металлы реагируют с азотной кислотой. При взаимодействии кальция и магния с концентрированной или разбавленной азотной кислотой образуется оксид азота (I):

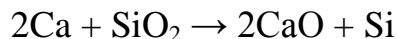


При взаимодействии щелочноземельных металлов с очень разбавленной азотной кислотой образуется нитрат аммония:

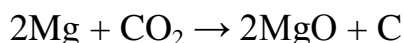


2.5. Щелочноземельные металлы могут восстанавливать некоторые неметаллы (кремний, бор, углерод) из оксидов.

Например, при взаимодействии кальция с оксидом кремния (IV) образуются кремний и оксид кальция:

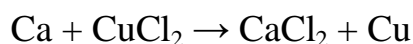


Магний горит в атмосфере углекислого газа. При этом образуется сажа и оксид магния:



2.6. В расплаве щелочноземельные металлы могут вытеснять менее активные металлы из солей и оксидов. Обратите внимание! В растворе щелочноземельные металлы будут взаимодействовать с водой, а не с солями других металлов.

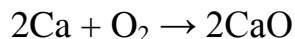
Например, кальций вытесняет медь из расплава хлорида меди (II):



Оксиды щелочноземельных металлов

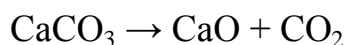
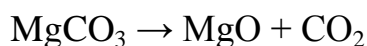
Способы получения

1. Оксиды щелочноземельных металлов можно получить из простых веществ — окислением металлов кислородом:

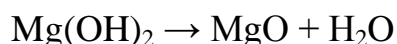


2. Оксиды щелочноземельных металлов можно получить термическим разложением некоторых кислородсодержащих солей — карбонатов, нитратов.

Например, нитрат кальция разлагается на оксид кальция, оксид азота (IV) и кислород:



3. Оксиды магния и бериллия можно получить термическим разложением гидроксидов:

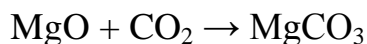


Химические свойства

Оксиды кальция, стронция, бария и магния — типичные основные оксиды. Вступают в реакции с кислотными и амфотерными оксидами, кислотами, водой. Оксид бериллия — амфотерный.

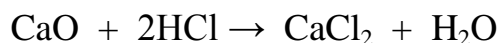
1. Оксиды кальция, стронция, бария и магния взаимодействуют с кислотными и амфотерными оксидами:

Например, оксид магния взаимодействует с углекислым газом с образованием карбоната магния:



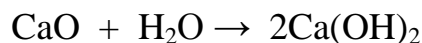
2. Оксиды щелочноземельных металлов взаимодействуют с кислотами с образованием средних и кислых солей (с многоосновными кислотами).

Например, оксид кальция взаимодействует с соляной кислотой с образованием хлорида кальция и воды:

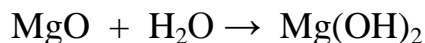


3. Оксиды кальция, стронция и бария активно взаимодействуют с водой с образованием щелочей.

Например, оксид кальция взаимодействует с водой с образованием гидроксида кальция:



Оксид магния реагирует с водой при нагревании:

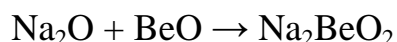


Оксид бериллия не взаимодействует с водой.

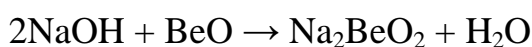
4. Оксид бериллия взаимодействует с щелочами и основными оксидами.

При взаимодействии оксида бериллия с щелочами в расплаве или с основными оксидами образуются соли-бериллаты.

Например, оксид натрия реагирует с оксидом бериллия с образованием бериллата натрия:



Например, гидроксид натрия реагирует с оксидом бериллия в расплаве с образованием бериллата натрия:



При взаимодействии оксида бериллия с щелочами в растворе образуются комплексные соли.

Например, оксид бериллия реагирует с гидроксидом калия в растворе с образованием тетрагидроксобериллата калия:

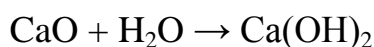


Гидроксиды щелочноземельных металлов

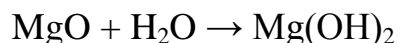
Способы получения

1. Гидроксиды кальция, стронция и бария получают при взаимодействии соответствующих оксидов с водой.

Например, оксид кальция (негашеная известь) при взаимодействии с водой образует гидроксид кальция (гашеная известь):

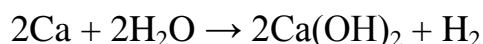


Оксид магния взаимодействует с водой только при нагревании:

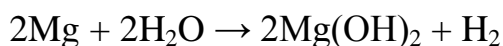


2. Гидроксиды кальция, стронция и бария получают при взаимодействии соответствующих металлов с водой.

Например, кальций реагирует с водой с образованием гидроксида кальция и водорода:

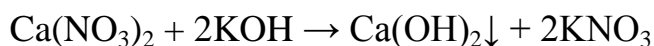


Магний взаимодействует с водой только при кипячении:



3. Гидроксиды кальция и магния можно получить при взаимодействии солей кальция и магния с щелочами.

Например, нитрат кальция с гидроксидом калия образует нитрат калия и гидроксид кальция:

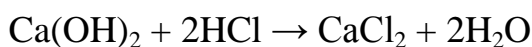


Химические свойства

1. Гидроксиды кальция, стронция и бария реагируют с всеми кислотами (и сильными, и слабыми). При этом образуются средние или кислые соли, в зависимости от соотношения реагентов.

Гидроксид магния взаимодействует только с сильными кислотами.

Например, гидроксид кальция с соляной кислотой реагирует с образованием хлорида кальция:



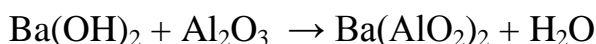
2. Гидроксиды щелочных металлов реагируют с кислотными оксидами. При этом образуются средние или кислые соли, в зависимости от соотношения реагентов.

Например, гидроксид бария с углекислым газом реагирует с образованием карбонатов или гидрокарбонатов:



3. Гидроксиды кальция, стронция и бария реагируют с амфотерными оксидами и гидроксидами. При этом в расплаве образуются средние соли, а в растворе комплексные соли.

Например, гидроксид бария с оксидом алюминия реагирует в расплаве с образованием алюминатов:

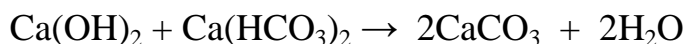


в растворе образуется комплексная соль — тетрагидроксоалюминат:



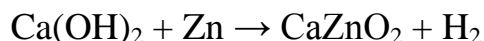
4. Гидроксиды кальция, стронция и бария взаимодействуют с кислыми солями. При этом образуются средние соли, или менее кислые соли.

Например: гидроксид кальция реагирует с гидрокарбонатом кальция с образованием карбоната кальция:



5. Гидроксиды кальция, стронция и бария взаимодействуют с простыми веществами-неметаллами (кроме инертных газов, азота, кислорода, водорода и углерода). Взаимодействие щелочей с неметаллами подробно рассмотрено в статье про щелочные металлы.

6. Гидроксиды кальция, стронция и бария взаимодействуют с амфотерными металлами, кроме железа и хрома. При этом в расплаве образуются соль и водород:

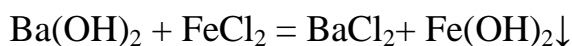


В растворе образуются комплексная соль и водород:



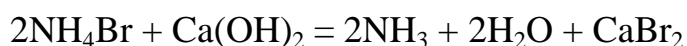
7. Гидроксиды кальция, стронция и бария вступают в обменные реакции с растворимыми солями. Как правило, с этими гидроксидами реагируют растворимые соли тяжелых металлов (в ряду активности расположены правее алюминия), а также растворимые карбонаты, сульфиты, силикаты, и, для гидроксидов стронция и бария — растворимые сульфаты.

Например, хлорид железа (II) реагирует с гидроксидом бария с образованием хлорида бария и осадка гидроксида железа (II):

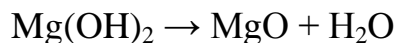


Также с гидроксидами кальция, стронция и бария взаимодействуют соли аммония.

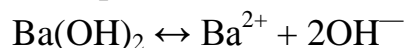
Например, при взаимодействии бромида аммония и гидроксида кальция образуются бромид кальция, аммиак и вода:



8. Гидроксид кальция разлагается при нагревании до 580°C, гидроксиды магния и бериллия разлагаются при нагревании:



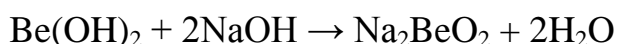
9. Гидроксиды кальция, стронция и бария проявляют свойства сильных оснований. В воде практически полностью диссоциируют, образуя щелочную среду и меняя окраску индикаторов.



Гидроксид магния — нерастворимое основание. Гидроксид бериллия проявляет амфотерные свойства.

10. Гидроксид и бериллия взаимодействует с щелочами. В расплаве образуются соли бериллаты, а в растворе щелочей — комплексные соли.

Например, гидроксид бериллия реагирует с расплавом гидроксида натрия:



При взаимодействии гидроксида бериллия с избытком раствора щелочи образуется комплексная соль:



Соли щелочноземельных металлов

Нитраты щелочноземельных металлов

Нитраты кальция, стронция и бария при нагревании разлагаются на нитриты и кислород. Исключение — нитрат магния. Он разлагается на оксид магния, оксид азота (IV) и кислород.

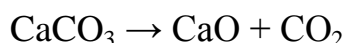
Например, нитрат кальция разлагается при нагревании на нитрит кальция и молекулярный кислород:



Карбонаты щелочноземельных металлов

1. Карбонаты щелочноземельных металлов при нагревании разлагаются на оксид и углекислый газ.

Например, карбонат кальция разлагается при температуре 1200°C на оксид кальция и углекислый газ:



2. Карбонаты щелочноземельных металлов под действием воды и углекислого газа превращаются в растворимые в воде гидрокарбонаты.

Например, карбонат кальция взаимодействует с углекислым газом и водой с образованием гидрокарбоната кальция:



3. Карбонаты щелочноземельных металлов взаимодействуют с более сильными кислотами с образованием новой соли, углекислого газа и воды.

Более сильные кислоты вытесняют менее сильные из солей.

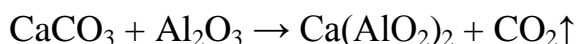
Например, карбонат магния взаимодействует с соляной кислотой:



4. Менее летучие оксиды вытесняют углекислый газ из карбонатов при сплавлении. К менее летучим, чем углекислый газ, оксидам относятся твердые оксиды — оксид кремния (IV), оксиды амфотерных металлов.

Менее летучие оксиды вытесняют более летучие оксиды из солей при сплавлении.

Например, карбонат кальция взаимодействует с оксидом алюминия при сплавлении:



Жесткость воды

Постоянная и временная жесткость

Жесткость воды — это характеристика воды, обусловленная содержанием в ней растворенных солей щелочноземельных металлов, в основном кальция и магния (солей жесткости).

Временная (карбонатная) жесткость обусловлена присутствием гидрокарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ в воде.

Постоянная (некарбонатная) жесткость обусловлена присутствием солей, не выделяющихся при кипячении из раствора: хлоридов (CaCl_2) и сульфатов (MgSO_4) кальция и магния.

Способы устранения жесткости

Существуют химические и физические способы устранения жесткости.

Химические способы устранения временной жесткости:

1. Кипячение. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния распадаются на нерастворимые карбонаты, углекислый газ и воду:

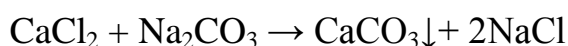


2. Добавление извести (гидроксида кальция). При добавлении щелочи растворимые гидрокарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты:



Химические способы устранения постоянной жесткости — реакции ионного обмена, которые позволяют осадить ионы кальция и магния из раствора:

1. Добавление соды (карбоната натрия). Карбонат натрия связывает ионы кальция и магния в нерастворимые карбонаты:



2. Добавление фосфатов. Фосфаты также связывают ионы кальция и магния:

