

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Нижегородский государственный технический  
университет им. Р.Е.Алексеева  
Кафедра “Общая и неорганическая химия”

## Свойства S-элементов

Методические указания  
для проведения практических и лабораторных занятий  
по курсу общей и неорганической химии  
(Выпуск 2)

Для студентов специальностей «Технология  
электрохимических производств», «Биотехнология»,  
«Материаловедение в машиностроении», «Машины и  
технологии литейного производства» дневных форм обучения

Нижний Новгород, 2007

Составители: Л.Н. Четырбок, Г.Н. Борисова, А.В. Борисов,  
В.К. Османов, Ж.В. Мацулевич  
УДК 54 (07)

Свойства S-элементов: метод. указания для практических и  
лабораторных занятий по курсу общей и неорганической  
химии для студентов специальностей 2500300, 070100,  
120800, 120300 дневных форм обучения/ НГТУ; сост.:  
Л.Н. Четырбок, Г.Н. Борисова и др. Н.Новгород, 2007-36 с.

Методические указания по теме “Свойства S-элементов”  
включают вопросы и задачи по данной теме, а также описание  
проведения лабораторных работ.

Научный редактор Г.Ф. Володин

Редактор Э.Б. Абросимова

Подп. к печ. 6.09.07      Формат 60x84 1/16. Бумага газетная.  
Печать офсетная. Печ. л. 2,25. Уч.-изд. л. 2,5 Тираж 700 экз.  
Заказ

---

Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е.Алексеева.

Типография НГТУ. 603950, Н.Новгород, ул. Минина, 24.

©Нижегородский государственный технический  
университет им. Р.Е.Алексеева, 2007

К семейству S относятся 14 элементов, общим для которых является застраивание в их атомах S-подуровня (подслоя) внешнего энергетического уровня (слоя).

S – элементы – это элементы главных подгрупп I-группы (или IA-подгруппы) и II-группы (или IIA-подгруппы), а также водород и гелий. Электронная формула внешнего энергетического уровня элементов IA-подгруппы и водорода  $nS^1(\uparrow)$ , а элементов IIA-подгруппы и гелия  $nS^2(\uparrow\downarrow)$ . Электроны nS внешнего уровня являются валентными.

Простые вещества элементов IA и IIA-подгрупп – это типичные металлы, обладающие высокой электрической проводимостью и теплопроводностью.

Элементы IA-подгруппы Li, Na, K, Rb, Cs, Fr называются щелочными металлами. Франций Fr – радиоактивен, стабильных изотопов не имеет.

К элементам IIA-подгруппы относятся Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra. Кальций, стронций, барий и радий называют щелочноземельными металлами. Ra – радиоактивный элемент.

Некоторые константы элементов приводятся в табл. 1 и 2.

### Общие закономерности

Константы, представленные в табл. 1 и 2, показывают, что щелочные металлы являются легкими, очень мягкими металлами с низкими температурами плавления и кипения. Наименьшую плотность имеет Li, самую низкую температуру плавления имеет Fr (27°C).

Температура плавления и твердость металлов подгруппы IIA значительно выше, чем щелочных. Наиболее тугоплавким является Be, он имеет твердость стали, но хрупок.

Увеличение радиуса в подгруппе приводит к ослаблению сил притяжения между атомами или ионами и как следствие к тенденции уменьшения температур плавления и кипения.

S-элементы имеют малые значения энергии ионизации при относительно больших радиусах атомов и ионов. Они легко

	IA-подгруппа				
	Li	Na	K	Rb	Cs
Валентные электроны	$2S^1$	$3S^1$	$4S^1$	$5S^1$	$6S^1$
Атомные радиусы, нм	0,155	0,189	0,236	0,248	0,268
Радиус иона $\text{Э}^+$ , нм	0,068	0,098	0,133	0,149	0,165
Эн. ионизации $\text{Э}^0 \rightarrow \text{Э}^+$ , эВ	5,39	5,14	4,34	4,18	3,89
$\text{Э}^+ \rightarrow \text{Э}^{2+}$ , эВ	75,6	47,3	31,8	27,5	25,1
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	0,539	0,97	0,86	1,5	1,9
$T_{\text{пл}}$ , °C	180,5	97,8	63,6	39,5	28,4
$T_{\text{кип}}$ , °C	1336,6	882,9	760	685	667,6
Твердость (алмаз=10)	0,6	0,4	0,5	0,3	0,2
$E_{\text{Me}}^0 \text{Me}^{n+}/\text{Me}$ , В	-3,05	-2,71	-2,92	-2,93	-2,92
Содержание в земной коре, мол.доли, %	0,02	2,4	1,4	$7 \cdot 10^{-9}$	$9,5 \cdot 10^{-9}$
Относительная электроотрицательность (по Полинг, $\text{ЭО}(F)=4.0$ )	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7

Таблица 2

	IIA-подгруппа					
	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
Валентные электроны	2S <sup>2</sup>	3S <sup>2</sup>	4S <sup>2</sup>	5S <sup>2</sup>	6S <sup>2</sup>	7S <sup>2</sup>
Атомные радиусы, нм	0,113	0,160	0,197	0,215	0,221	0,235
Радиус иона Э <sup>2+</sup> , нм	0,034	0,074	0,104	0,120	0,138	0,144
Эн. ионизации Э <sup>0</sup> → Э <sup>+</sup> , эВ Э <sup>+</sup> → Э <sup>2+</sup> , эВ	9,32 18,21	7,65 15,04	6,11 11,87	5,69 11,03	5,21 10,0	5,28 10,1
Плотность, ρ, г/см <sup>3</sup>	1,85	1,74	1,54	2,63	3,76	~6
T <sub>пл</sub> , °C	1287	650	842	768	727	991
T <sub>кип</sub> , °C	2507	1095	1495	1390	1640	1500
Твердость (алмаз=10)	6	2,6	2,2	1,8	2,0	
E <sup>0</sup> <sub>Ме<sup>n+</sup>/Ме</sub> , В	-1,85	-2,36	-2,87	-2,89	-2,90	-
Содержание в земной коре, мол. доли, %	1,2•10 <sup>-3</sup>	2,0	2,0	1•10 <sup>-2</sup>	5,7•10 <sup>-3</sup>	1•10 <sup>-10</sup>
Относительная электроотрицательность (по Полингу, ЭО(F) = 4.0)	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9

отдают валентные электроны, т.е. являются сильными восстановителями. Элементы IIA-подгруппы имеют более высокие энергии ионизации, меньшую химическую активность по сравнению со щелочными металлами.

С ростом радиуса атома в подгруппах и с возрастанием экранирования ядра внутренними электронными слоями ослабевает связь валентных электронов с ядром, вследствие чего уменьшается энергия ионизации и увеличиваются химическая активность и металлические свойства в рядах элементов Li – Fr и Be – Ra.

Как правило, для данных элементов характерны соединения с ионным типом связи. Доля ковалентной связи в соединениях подгруппы IIA значительно выше, чем в соединениях щелочных металлов. Частично ковалентный характер связи имеет место в соединениях лития, бериллия и магния. Для водорода в соединениях даже с самыми электроотрицательными элементами характерна преимущественно ковалентная связь. Элементы IA- и IIA-подгрупп проявляют только положительные степени окисления +1 и +2 соответственно. Образующиеся ионы Э<sup>n+</sup> имеют устойчивую конфигурацию благородного газа, поэтому эти элементы не проявляют других степеней окисления, и большинство соединений этих элементов бесцветны (если бесцветен анион).

Из-за большого радиуса, малого заряда и отсутствия d-электронов во внешнем слое для ионов щелочных металлов нехарактерно комплексобразование с неорганическими лигандами. Для ионов Э<sup>2+</sup> (IIA-подгруппы) комплексные ионы с неорганическими лигандами неустойчивы, однако для них более, чем для щелочных металлов, характерно образование кристаллогидратов. Устойчивость комплексов Э<sup>2+</sup> уменьшается в ряду Be<sup>2+</sup> – Ba<sup>2+</sup>. Ион Be<sup>2+</sup> образует прочные гидроксокомплексы [Be(OH)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup> в сильно щелочных средах. В хлорофилле зеленых растений комплексобразователь Mg<sup>2+</sup>.

Химические свойства элементов IA- и IIA-подгрупп во многом сходны, они обладают высокой химической активностью. Однако свойства лития имеют некоторые отличия

от других щелочных металлов, что обусловлено строением предвнешнего электронного уровня. У атома лития в предвнешнем слое содержится 2 электрона, а у остальных щелочных металлов – по восемь электронов. По ряду свойств литий ближе к магнию (диагональное сходство).

Свойства магния и в особенности бериллия существенно отличаются от свойств щелочноземельных металлов. Химические свойства Ве во многом сходны со свойствами Al (диагональное сходство). Это явление объясняется значительным отличием радиусов атомов и ионов бериллия и магния, строением внутренних электронных слоев, а также наличием у Ca, Sr, Ba и Ra d-орбиталей, близких по энергии к pS-орбиталям. Большинство неорганических соединений бериллия в обычных условиях полимерны. Ве является типичным амфотерным элементом.

Металлы IA- и IIA-подгрупп в ряду напряжений расположены далеко впереди водорода, их стандартные электродные потенциалы отрицательны и имеют большие абсолютные значения. Это также характеризует их как сильные восстановители.

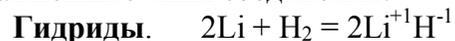
Металлы IA- и IIA-подгрупп из-за своей активности в природе встречаются исключительно в виде соединений, часто – в виде силикатов и алюмосиликатов. При получении этих металлов с помощью электролиза (электрометаллургия) используют расплавы (а не водные растворы) хлоридов (или оксидов).

### Химические свойства

Восстановительные свойства металлов обуславливают их способность вступать в реакции с различными окислителями: неметаллами, водой, кислотами, солями менее активных металлов.

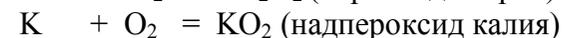
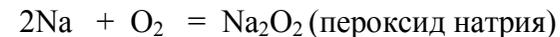
#### 1. Взаимодействие металлов S-элементов с неметаллами.

Важнейшие типы соединений:



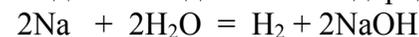
В этих реакциях водород  $H_2$  является окислителем.

Гидриды – сильные восстановители.

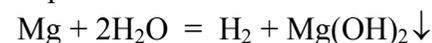


Щелочные металлы Rb и Cs воспламеняются на воздухе. В ряду Li – Cs возрастает тенденция к образованию перекисных соединений. Только литий образует оксид непосредственно при взаимодействии с  $O_2$ . Пероксиды – сильные окислители. Все оксиды металлов, кроме оксида бериллия, характеризуются основными свойствами. Оксид бериллия  $BeO$  – амфотерен. С другими неметаллами образуются галогениды (в реакциях с галогенами), нитриды (с азотом), сульфиды (с серой), карбиды (с углеродом), фосфиды (с фосфором), силициды (с кремнием) и т.д.

2. **Взаимодействие с водой** щелочных и щелочноземельных металлов, стандартный электродный потенциал которых меньше потенциала восстановления воды (-0,41В, рН=7), сопровождается выделением водорода:



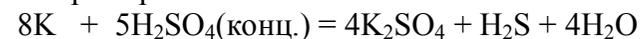
Бериллий и магний пассивируются оксидными или гидроксидными пленками и взаимодействуют с водой только при нагревании.



3. Все S-металлы взаимодействуют с **растворами кислот**  $HCl$ ,  $H_2SO_4$  с выделением водорода. Концентрированная  $H_2SO_4$  восстанавливается до  $SO_2(g)$ , S (тв.) или  $H_2S(g)$ .

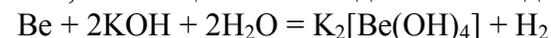
Разнообразные продукты восстановления азотной кислоты содержат азот в различных степенях окисления (от +4 до -3).

Например:

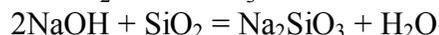
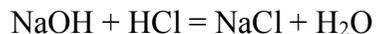


Бериллий пассивируется в концентрированных холодных серной и азотной кислотах, магний – в конц.  $H_2SO_4$ .

Подобно алюминию Ве растворяется не только в кислотах, но и в щелочах с выделением водорода:

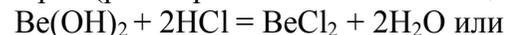


4. Гидроксиды щелочных металлов ЭОН проявляют основные свойства, являются сильными основаниями, в твердом виде гигроскопичны, легко поглощают  $\text{CO}_2$  из воздуха, разъедают стекло:



Гидроксиды элементов IIА-подгруппы  $\text{Э}(\text{OH})_2$  более слабые основания, чем гидроксиды щелочных металлов. Основные свойства увеличиваются в ряду  $\text{Be}(\text{OH})_2 - \text{Ba}(\text{OH})_2$ .

$\text{Be}(\text{OH})_2$  – полимерное соединение, в воде растворяется, амфотерен (растворяется в кислотах и щелочах).



5. Большинство солей щелочных металлов хорошо растворимы в воде (за исключением лития). Для щелочных металлов характерно образование кислых солей.
6. Многие соли щелочноземельных металлов малорастворимы в воде.
7. Наличие в природной воде солей кальция и магния обуславливают её жёсткость. Различают временную и постоянную жёсткость. Временную жёсткость придают воде гидрокарбонаты, постоянную – сульфаты и хлориды  $\text{Ca}(\text{II})$  и  $\text{Mg}(\text{II})$ .

Жёсткость воды выражают в ммоль/л:

$$\text{Ж} = ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]), \text{ ммоль/л}$$

## Вопросы и задачи

### Элементы IА-подгруппы

1. Составьте электронные формулы атомов элементов IА-подгруппы, укажите валентные электроны и распишите их по атомным орбиталям. Чем объяснить постоянство степени окисления элементов I-А подгруппы?

2. Объясните характер изменения энергии ионизации ( $I_1, I_2, I_3$ ), радиусов атомов и ионов щелочных металлов в зависимости от порядкового номера. Какие соседние элементы должны проявлять наибольшую близость свойств, какие – наименьшую? Чем объясняется постоянство степени окисления S-элементов?
3. Объясните различия взаимного расположения щелочных металлов в ряду напряжений и в периодической системе.
4. Объясните, почему энергия ионизации в ряду  $\text{Li} - \text{Na} - \text{K}$  наименьшая у калия, а стандартный электродный потенциал наименьший для лития?
5. Чем можно объяснить большую восстановительную способность щелочных металлов. При сплавлении гидроксида натрия с металлическим натрием последний восстанавливает водород щелочи в гидрид-ион. Составьте электронные и молекулярные уравнения этой реакции.
6. Какие соединения S-элементов характеризуются ионными решетками? Каковы их физические свойства?
7. Объясните, почему энергия кристаллической решетки в ряду  $\text{LiCl} - \text{NaCl} - \text{KCl} - \text{RbCl} - \text{CsCl}$  закономерно уменьшается?
8. Объясните, почему закономерно уменьшается энергия кристаллической решетки в ряду  $\text{LiF} - \text{LiCl} - \text{LiBr} - \text{LiI}$ ?
9. Какие соседние элементы ряда  $\text{Li} - \text{Na} - \text{K} - \text{Rb} - \text{Cs} - \text{Fr}$  должны проявлять наибольшую близость свойств, какие – наименьшую?
10. Объясните, почему комплексообразование не характерно для щелочных металлов?
11. Щелочные металлы. Нахождение в природе, получение и применение.
12. Какие отличия наблюдаются в свойствах некоторых соединений лития по сравнению со свойствами соединений других щелочных металлов? Чем можно объяснить отличия?
13. Коррозионная стойкость щелочных металлов. Их отношение к воде, воздуху, водороду.
14. Гидриды щелочных металлов. Их получение и свойства. Отношение к воде и нагреванию.

15. Оксиды, пероксиды, надпероксиды щелочных металлов. Их получение и свойства.
16. Какие соединения образуются при сгорании в избытке кислорода: а) лития, б) натрия, в) калия? Составьте уравнения реакций каждого из полученных веществ с водой.
17. Пероксид натрия применяется в изолирующих противогазах для регенерации кислорода. Составьте уравнение реакции пероксида натрия с углекислым газом. К какому типу окислительно-восстановительных процессов относится эта реакция?
18. Гидроксиды натрия и калия. Их получение и свойства.
19. Какие вещества называют содой кальцинированной, пищевой, кристаллической, каустической?
20. Какую степень окисления может проявлять водород в своих соединениях? Приведите примеры реакций, в которых газообразный водород играет роль окислителя и в которых – восстановителя.
21. Назовите три изотопа водорода. Укажите состав их ядер. Что такое тяжелая вода? Как она получается и каковы ее свойства?
22. Составить уравнения реакций:
- $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MnSO}_4 +$
  - $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 +$
  - $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KIO}_4 +$
- Определить эквивалент и эквивалентную массу окислителя и восстановителя в реакциях.
23. Какое соединение образуется при сгорании калия в избытке кислорода? Кислород этого соединения при взаимодействии его с водой и с разбавленной серной кислотой диспропорционирует, приобретая степень окисления -1 и 0. Составьте уравнения реакций.
24. Напишите реакции гидрида натрия с: а) гидридом бора, б) гидридом алюминия, в) водой.
25. Какие соединения образуются при пропускании над нагретым литием:
- водорода, б) азота? Как реагируют полученные соединения с водой?

26. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
- $\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaNO}_3$
  - $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$
27. Составьте уравнения реакций:
- $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
  - $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - $\text{NaH} + \text{Cl}_2 \rightarrow$
  - $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow$
  - $\text{RbO}_2 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - $\text{KO}_3 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - $\text{KO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
28. Запишите реакции, соответствующие переходам:  
 $\text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}$ .
29. Составьте полное уравнение окислительно-восстановительной реакции  $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
30. Какие вещества получаются при насыщении водного раствора NaOH а) хлором; б) оксидом серы (IV); в) углекислым газом; г) сероводородом? Запишите уравнения реакций.
31. Запишите реакции, соответствующие переходам:  
 $\text{KCl} \rightarrow \text{K}_2\text{S} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ .
32. Запишите уравнения реакций:
- $$\text{KOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \quad ; \quad \text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$$
- $$\text{KOH} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \quad ; \quad \text{K}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 \rightarrow$$
33. Запишите реакции разложения:  
 $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \quad ; \quad \text{KClO}_4 \rightarrow \quad ; \quad \text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow$
34. Какие соли образуются при взаимодействии гидроксида калия: а) с оксидом углерода (IV); б) с оксидом серы (VI); в) с хлороводородом; г) с хлором? Рассчитайте массу KOH, которая потребуется для взаимодействия с хлором объемом 1,2 л (н.у.) при высокой температуре.
35. Через раствор, содержащий гидроксид натрия массой 60 г, пропустили оксид углерода (IV), полученный при разложении карбоната кальция массой 200 г. Определите массу образовавшейся соли и назовите ее.

36. Кристаллогидрат соды массой 2,5 г после удаления кристаллизационной воды имеет массу 0,926 г. Вычислите массовую долю воды в кристаллогидрате и выведите его формулу.
37. Напишите уравнения реакций натрия с водородом, кислородом, азотом и серой. Какую степень окисления приобретают атомы окислителя в каждой из этих реакций?
38. Какие свойства может проявлять пероксид водорода в окислительно-восстановительных реакциях? Почему? Напишите уравнения реакций  $\text{H}_2\text{O}_2$ : а) с  $\text{Ag}_2\text{O}$ ; б) с  $\text{KI}$ .
39. Почему пероксид водорода способен диспропорционировать (самоокисляться – самовосстанавливаться)? Составьте электронные и молекулярные уравнения процесса разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
40. Как можно получить гидроксиды щелочных металлов? Почему едкие щелочи необходимо хранить в хорошо закрытой посуде? Составьте уравнения реакций, происходящих при насыщении гидроксида натрия:
- а) хлором; б) оксидом серы  $\text{SO}_3$ ; в) сероводородом.
41. Какой объем газа (н.у.) выделится при растворении в воде 8г лития, содержащего 12,5% примесей?
42. Как изменится pH воды, если к 10л ее добавить: а) 0,4г гидроксида натрия, б)  $10^{-3}$  моль гидроксида натрия.
43. Сколько едкого натра может быть получено при электролизе  $1\text{ м}^3$  40% раствора хлорида натрия плотностью  $1,2\text{ г/см}^3$ ? Какой объем водорода (н.у.) при этом получается?
44. Напишите уравнение взаимодействия надпероксида калия с разбавленной серной кислотой. Какой объем кислорода (н.у.) выделяется, если в реакцию вступит 35,5 г надпероксида?
45. Каким объемом 35%-ного раствора гидроксида калия плотностью  $1,34\text{ г/см}^3$  можно заменить 10 л 4N раствора KOH?
46. Плотность 11%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  составляет  $1,12\text{ г/см}^3$ . Сколько килограммов кальцинированной и кристаллической соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) содержится в  $1\text{ м}^3$  раствора?

47. Сколько пероксида натрия потребуется для поглощения углекислого газа на  $100\text{ м}^3$  воздуха, содержащего 2% углекислого газа?
48. На основании значения  $\Delta G^\circ$  реакции
- $$2\text{LiOH}_{(к)} = \text{Li}_2\text{O}_{(к)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$$
- сделайте вывод о возможности протекания процесса при 1000 К.
49. На основании термодинамических расчетов сделайте вывод о возможности протекания при 1000 К реакции
- $$2\text{Li}_2\text{O}_{(к)} + \text{Si}_{(к)} = \text{SiO}_{2(к)} + 4\text{Li}_{(к)}$$
50. По значениям  $\Delta G_{298}^\circ$  укажите, к какому галогену калий проявляет большее химическое сродство.
51. Какие из перечисленных ниже солей щелочных металлов подвергаются гидролизу:  $\text{CH}_3\text{COOLi}$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{NaClO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ?
52. Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций гидролиза карбоната и гидрокарбоната натрия. В растворе какой из этих солей при одинаковой молярной концентрации pH больше? Почему? Константы диссоциации угольной кислоты:  $K_1=4,0 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2=5,2 \cdot 10^{-11}$ .
53. Запишите уравнение гидролиза  $\text{K}_2\text{S}$ . Какой будет реакция водного раствора данной соли? Как изменится степень гидролиза при повышении температуры; при добавлении в раствор KOH?
54. Какие из солей  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}$  подвергаются гидролизу? Какую реакцию имеют водные растворы этих солей?
55. Напишите уравнения реакций с водой следующих соединений натрия:  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaN}$ ,  $\text{Na}_3\text{N}$ .
56. На какой реакции основано получение гидридов щелочных металлов? Составьте уравнения реакции гидролиза гидрида натрия и электролиза расплава гидрида лития.
57. Какие процессы протекают на графитовых электродах при электролизе водного раствора KI? Рассчитайте массы веществ, выделившихся на электродах при прохождении через раствор 2 Фарадеев электричества.

58. Запишите реакции, протекающие на графитовых электродах при электролизе водного раствора сульфата натрия. Рассчитайте теоретическое напряжение разложения. Изменяются ли анодные процессы, если в качестве анода взять медный электрод?
59. Как получают металлический натрий? Составьте электронные уравнения процессов, проходящих на графитовых электродах при электролизе расплава NaOH.

### Элементы II-A подгруппы

60. Общая характеристика S-элементов II группы. Отличие бериллия от остальных элементов.
61. Составьте электронные формулы атомов элементов II-A подгруппы, укажите валентные электроны и распишите их по атомным орбиталям. Какая степень окисления характерна для элементов этой подгруппы?
62. Как изменяются атомные, ионные радиусы, энергия ионизации и электроотрицательность в ряду Be – Ba? Как изменяется способность к комплексообразованию в ряду ионов металлов II-A подгруппы? Почему ион  $Be^{2+}$  обладает большим поляризующим действием?
63. Как изменяется химическая активность в ряду металлов Be – Mg – Ca? Какой из металлов имеет большее химическое сродство к кислороду; более энергично взаимодействует с водой?
64. Охарактеризовать изменение восстановительной способности металлов II-A подгруппы.
65. Как изменится восстановительная способность элементов II-A подгруппы, находящихся:
- а) в состоянии газообразных атомов;
  - б) в виде металлов в водных растворах.
- Что является в каждом случае количественной характеристикой восстановительной способности?
66. Сравните физические константы (твердость, плотность) металлов I-A и II-A подгрупп и объясните их различие.

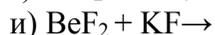
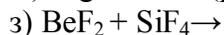
67. Могут ли атомы элементов главной подгруппы II группы в газообразном состоянии образовывать молекулы  $A_2$ ? Ответ мотивируйте на основе принципа МО.
68. Написать электронную формулу магния и его иона. Как изменяется радиус в ряду ионов  $Na^+$  –  $Mg^{2+}$  –  $Al^{3+}$ ? Как изменяется доля ковалентной связи в ряду соединений  $NaCl$  –  $MgCl_2$  –  $AlCl_3$ ? Какие из приведенных солей подвергаются гидролизу? Записать уравнения соответствующих реакций гидролиза.
69. Объясните почему теплота гидратации ионов уменьшается в ряду  $Mg^{2+}$  –  $Ca^{2+}$  –  $Sr^{2+}$  –  $Ba^{2+}$ ?
70. По теплотам испарения металлов (кДж/моль): Be (295), Mg (128,7), Ca (150), Sr (139), Ba (651) укажите, какой из металлов имеет более прочную кристаллическую решетку. Можно ли сказать, что эти металлы кристаллизуются в одинаковой форме?
71. Взаимодействие оксидов элементов II-A подгруппы с триоксидом серы протекает по уравнению
- $$x \text{ЭO}_{(к)} + \text{SO}_{3(г)} = \text{ЭSO}_{4(к)}$$
- Рассчитайте  $(\Delta G_{298}^0)_{x.p.}$  и ответьте на вопросы:
- а) какие свойства (основные, кислотные) проявляют в этих реакциях оксиды металлов;
  - б) как изменяются эти свойства с изменением порядкового номера элемента?
72. Какими свойствами обладают гидроксиды II-A подгруппы?
73. Гидроксид какого из s-элементов II-A группы проявляет амфотерные свойства? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций этого гидроксида:
- а) с кислотой, б) со щелочью.
74. Почему с ростом порядкового номера металла II-A группы склонность к образованию кристаллогидратов уменьшается? Объяснение дайте на основании закономерности изменения атомных радиусов.
75. Объясните, почему в ряду сульфидов  $BaS$  –  $BeS$  степень гидролиза увеличивается.

76. Объясните, почему  $\text{BeCl}_2$  имеет низкую температуру плавления, и расплав его не проводит электрического тока в отличие от расплавов хлоридов остальных элементов II-A группы.

### Бериллий. Магний

77. Написать электронную формулу бериллия в основном и возбужденном состояниях. Сколько связей по обменному и донорно-акцепторному механизмам может образовать атом бериллия? Объяснить пространственную структуру молекулы  $\text{BeCl}_2$ .
78. Почему первый потенциал ионизации атома бериллия (9,32 эВ) выше, чем у атома лития (5,39 эВ), а второй потенциал ионизации (18,21 эВ) ниже, чем у атома лития (75,64 эВ)?
79. Коррозионная стойкость бериллия. Его отношение к воде, кислотам, щелочам. Напишите уравнения реакций.
80. Постройте графическую зависимость коррозионной устойчивости Be от pH среды.
81. Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций: а) бериллия с раствором щелочи; б) магния с концентрированной серной кислотой, учитывая, что окислитель приобретает низшую степень окисления.
82. Оксид и гидроксид бериллия. Их получение и свойства. Приведите примеры реакций, иллюстрирующих амфотерный характер бериллия, оксида и гидроксида бериллия.
83. При сплавлении оксид бериллия взаимодействует с диоксидом кремния и с оксидом натрия. Напишите уравнения соответствующих реакций. О каких свойствах BeO говорят эти реакции?
84. Акцепторные свойства бериллия. Приведите пример образования связей бериллием по донорно-акцепторному механизму.
85. Опишите электронное строение и пространственную конфигурацию газообразной молекулы  $\text{BeCl}_2$ . Каково строение иона  $\text{BeCl}_4^{2-}$ ?

86. Объясните пространственную структуру ионов  $[\text{Be}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  и  $[\text{BeF}_4]^{2-}$ . Какой из ионов  $\text{Be}^{2+}$  или  $\text{Mg}^{2+}$  обладает большей склонностью к комплексообразованию? Может ли бериллий давать комплексные ионы с координационным числом более четырех?
87. Напишите реакцию получения бериллия из фторида бериллия магниетермическим методом. Определите тепловой эффект реакции и рассчитайте, сколько потребуется магния и фторида бериллия для получения 1 кг бериллия.
88. Запишите реакцию гидролиза хлорида бериллия. Какую среду имеет раствор данной соли? Почему степень гидролиза по второй ступени очень мала? Что препятствует полному гидролизу? Запишите выражение константы гидролиза.
89. Почему расплав  $\text{BeCl}_2$  не проводит электрического тока, а расплав  $\text{K}_2[\text{BeCl}_4]$  проводит ток? Запишите процессы, протекающие на катоде и аноде при электролизе расплава  $\text{K}_2[\text{BeCl}_4]$  с графитовыми электродами.
90. Запишите в виде комплексного соединения двойную соль  $2\text{KCl} \cdot \text{BeCl}_2$ . Какие орбитали комплексообразователя принимают участие в образовании донорно-акцепторных связей?
91. Сколько литров газообразного продукта (н.у.) выделится при взаимодействии с водой 1 кг а) нитрида бериллия, б) бериллия?
92. Сколько литров 40%-ного раствора KOH плотностью  $1,4 \text{ г/см}^3$  потребуется для растворения 10 моль бериллия. Сколько газообразного продукта при этом выделится?
93. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  
 $\text{Be} \rightarrow \text{BeCl}_2 \rightarrow \text{Be}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{BeSO}_4$
94. Составьте уравнения реакций:  
а)  $\text{BeO} + \text{NaOH} \rightarrow$   
б)  $\text{BeO} + \text{Na}_2\text{O} \xrightarrow{\text{сплав.}}$   
в)  $\text{Be} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
г)  $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{HCl} \rightarrow$   
д)  $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$



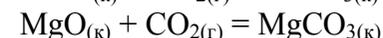
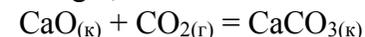
95. Магний. Нахождение в природе. Получение магния электролитическим, металлотермическим и углетермическим методами.
96. Коррозионная стойкость магния. Его отношение к воде, кислотам, щелочам. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций.
97. В кислой, нейтральной или щелочной среде магний будет более коррозионно устойчив? Почему магний не разлагает воду на холоду, но в водном растворе  $\text{NH}_4\text{Cl}$  энергично взаимодействует с водой? Запишите уравнения соответствующих реакций.
98. Объясните, почему магний не разлагает воду на холоду, а амальгамированный магний разлагает.
99. Оксид и гидроксид магния. Их получение и свойства. Почему гидроксид магния растворяется в хлориде аммония? Ответ мотивируйте.
100. При каком значении pH начинает осаждаться гидроксид магния из 2N раствора хлорида магния?
101. Почему при реакции между  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$  образование малорастворимого гидроксида магния происходит не полностью? Что следует добавить к этой системе, чтобы полностью предотвратить образование  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ?
102. Может ли гореть магний в каких-либо газах в отсутствие кислорода? Почему горящий магний нельзя тушить водой? Напишите уравнения подходящих реакций.
103. Записать процессы, протекающие на графитовых электродах при электролизе водного раствора  $\text{MgCl}_2$ . Рассчитать теоретическое напряжение разложения водного раствора  $\text{MgCl}_2$ .
104. Напишите реакции, протекающие при электролизе расплава и раствора хлорида магния. Сколько грамм вещества выделится на катоде, если на аноде выделилось 10л хлора?

105. Напишите реакцию хлорирования оксида магния в присутствии угля. Сколько исходных продуктов необходимо для получения 1 кг хлорида магния?

106. По термодинамическим данным определите, к какому элементу: кислороду, сере или фтору магний имеет большее химическое сродство?

107. На основании термодинамических данных определите, углерод или кремний является лучшим восстановителем для магния из его оксида при 2000 К?

108. По термодинамическим данным определите какой из оксидов,  $\text{CaO}$  или  $\text{MgO}$ , является более основным:



109. Будет ли магний термодинамически устойчив в атмосфере  $\text{CO}_2$  при стандартных условиях? Ответ дайте на основании значения  $\Delta G_{298}^0$  для реакции  $2\text{Mg}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)} = 2\text{MgO}_{(к)} + \text{C}_{\text{граф}}$ .

110. По термодинамическим данным определите температуру, выше которой возможно восстановление магния по реакции  $\text{MgF}_{2(к)} + \text{Be}_{(к)} = \text{Mg}_{(к)} + \text{BeF}_{2(к)}$

111. Запишите реакции, соответствующие переходам



112. Запишите реакции:



113. Составьте уравнения реакций:



### Щелочноземельные металлы. Жесткость воды

114. Нахождение в природе, получение и применение щелочноземельных металлов. Почему они так называются?

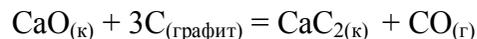
115. Оксиды, гидроксиды, пероксиды щелочноземельных металлов. Их получение, свойства, применение.

116. Что представляет собой по химическому составу: а) гипс, б) мел, в) известь негашеная, г) известь гашеная, д) известь белильная, е) известь натронная, ж) известняк?

117. Какие соединения называют негашеной и гашеной известью? Составьте уравнения реакций их получения. Какое соединение образуется при прокаливании негашеной извести с углем? Что является окислителем и восстановителем в последней реакции? Составьте электронные и молекулярные уравнения.
118. Гидриды, карбиды щёлочноземельных металлов. Их получение, свойства, применение.
119. Как можно получить гидрид и нитрид кальция? Напишите уравнения реакций этих соединений с водой.
120. Как можно получить карбид кальция? Что образуется при его взаимодействии с водой? Напишите уравнения соответствующих реакций.
121. Составьте полные уравнения гидролиза  $\text{Ca}_3\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ , учитывая, что он протекает практически до конца.
122. Составьте уравнения реакций пероксида бария: а) с кислотой, б) с водой, в) с йодидом калия в кислой среде, г) с оксидом марганца(IV) при сплавлении.
123. При пропускании диоксида углерода через известковую воду (раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) образуется осадок, который при дальнейшем пропускании  $\text{CO}_2$  растворяется. Дайте объяснение этому явлению. Составьте уравнения реакций.
124. Растворимость солей щелочноземельных металлов. Что произойдет, если к растворам хлоридов кальция, стронция, бария прилить насыщенный раствор: а) сульфата кальция, б) сульфата стронция, в) сульфата бария?  
 $\text{PP}_{\text{CaSO}_4} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ ,  $\text{PP}_{\text{SrSO}_4} = 2,8 \cdot 10^{-7}$ ,  $\text{PP}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ .
125. При кипячении 250 мл воды, содержащей гидрокарбонат кальция, выпал осадок 3,5 мг. Чему равна жесткость воды?
126. По величине произведения растворимости определите,  $\text{BaSO}_4$  ( $\text{PP} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ) или  $\text{CaSO}_4$  ( $\text{PP} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ ) более растворим в воде. По значениям  $\text{PP}$  рассчитайте  $\Delta G_{298}^0$  процессов растворения сульфатов.
127. По значениям  $\text{PP}$  сульфатов определите, какой осадок начинает выпадать в первую очередь, если к раствору,

- содержащему ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Ba}^{2+}$ , по каплям приливать раствор сульфата калия?
128. По величине произведения растворимости определите, какой из карбонатов  $\text{MgCO}_3$  ( $\text{PP} = 2,1 \cdot 10^{-5}$ ) или  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{PP} = 4,8 \cdot 10^{-9}$ ) более растворим в воде. Рассчитайте  $\Delta G_{298}^0$  процессов растворения.
129.  $\text{PP}_{\text{SrSO}_4} = 2,8 \cdot 10^{-7}$ . Образуется ли осадок этой соли, если смешать равные объемы 0,004N растворов  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?
130. По величине  $\text{PP}$  определите, какой гидроксид  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , будет более чувствительным реактивом на ион  $\text{SO}_4^{2-}$ ?
131. По значениям  $\text{PP}$  рассчитайте, какой из гидроксидов  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  или  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , более растворим в воде?
132. Чем обусловлена жесткость воды? Временная и постоянная жесткость. Методы устранения жесткости.
133. Рассчитайте жесткость насыщенного раствора сульфата кальция.  $\text{PP}_{\text{CaSO}_4} = 6,4 \cdot 10^{-5}$ .
134. Чем объясняется различный характер продуктов взаимодействия соды с солями  $\text{Be}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и с солями  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ? Напишите уравнения соответствующих химических реакций.
135. Какое свойство кальция позволяет применять его в металлургии для получения некоторых металлов из их соединений? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций кальция с  $\text{V}_2\text{O}_5$ .
136. Рассчитайте жесткость воды, содержащей в одном литре: а) 1г хлорида кальция, б) 1ммоль нитрата кальция, в) 0,01моль гидрокарбоната кальция.
137. В 1л воды содержится 38мг ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и 108мг ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . Вычислите общую жесткость воды.
138. При кипячении 250 мл воды, содержащей гидрокарбонат кальция, выпал осадок 3,5 мг. Чему равна жесткость воды?

139. Сколько граммов гашеной извести надо прибавить к 1000 л воды, чтобы устранить её временную жёсткость, равную 1,43 ммоль/л?
140. Определить жёсткость воды, в 1 л которой содержится 48,6 мг гидрокарбоната магния. Как можно устранить временную жёсткость воды? Записать уравнения соответствующих реакций.
141. Сколько граммов соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нужно прибавить к 30 л воды, чтобы устранить общую жёсткость воды, равную 2,32 ммоль/л?
142. Возможно ли получение кальция электролизом водных растворов его солей? Составить схему электролиза водного раствора хлорида кальция. Рассчитать теоретическое напряжение разложения.
143. Сколько литров углекислого газа (н.у.) теоретически можно получить при обжиге 2 г известняка? При каких условиях быстрее произойдёт обжиг известняка: при нагревании в токе воздуха или при нагревании в токе углекислого газа?
144. Сколько кг гидрида кальция следует разложить водой, чтобы получить  $1680 \text{ м}^3$  водорода (н.у.).
145. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}$
  - $\text{Ca} \rightarrow \text{CaH}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$
146. Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:
- $\text{Ca} \rightarrow \text{CaH}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$
  - $\text{Ba} \rightarrow \text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{BaO}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
147. Какой из оксидов  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  или  $\text{BaO}$  более энергично взаимодействует с водой? Объяснение дайте на основании сравнения атомных радиусов металлов и изменения доли ионной связи в соединениях.
148. Возможно ли восстановление оксида кальция углеродом по реакции



при 2000K? Дайте ответ на основании значения  $\Delta G^\circ$  процесса. Запишите выражение константы равновесия реакции и рассчитайте ее значение при 2000 K по  $\Delta G^\circ$  процесса.

149. Значения  $\Delta G^\circ$  термической диссоциации карбонатов ( $^{\text{кДж/моль}}$ ) металлов II-A группы следующие: -21 ( $\text{BeCO}_3$ ); 66 ( $\text{MgCO}_3$ ); 130 ( $\text{CaCO}_3$ ); 183 ( $\text{SrCO}_3$ ); 218 ( $\text{BaCO}_3$ ). Какой из карбонатов термодинамически более устойчив к разложению?
150. По значениям  $\Delta G^\circ$  образования гидридов ( $^{\text{кДж/моль}}$ ): 115,7 ( $\text{BeH}_2$ ); -149,8 ( $\text{CaH}_2$ ) определите, какой из металлов непосредственно взаимодействует с водородом. Какой тип связи имеет место в данных соединениях?
151. По термодинамическим данным определите, возможно ли протекание реакции  $\text{CaH}_{2(к)} + \text{O}_{2(г)} = \text{Ca(OH)}_{2(к)}$  при стандартных условиях.
152. По термодинамическим данным определите, возможно ли при 1000 K протекание реакции  $\text{BaSO}_{4(к)} + 4\text{C}_{(\text{графит})} = \text{BaS}_{(к)} + 4\text{CO}_{(г)}$ ? Рассчитайте температуру, при которой система находится в термодинамическом равновесии.
153. Будет ли протекать реакция разложения карбоната кальция  $\text{CaCO}_{3(к)} = \text{CaO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)}$  при 1500 K? Как влияет повышение температуры и давления на смещение равновесия данного процесса. Увеличивается или уменьшается константа равновесия данного процесса при нагревании?
154. Возможно ли протекание реакции  $5\text{Ca}_{(к)} + 2\text{CH}_{4(г)} = 4\text{CaH}_{2(к)} + \text{CaC}_{2(к)}$  при стандартных условиях и при 1000K? Ответ дайте на основании термодинамических расчетов.
155. Запишите реакцию гидроксида кальция с карбонатом натрия в водном растворе. В каком направлении смещено равновесие процесса?

156. Запишите взаимодействие карбида кальция с водой. Какое количество газа (н.у.) выделится, если прореагирует 0,1 моль  $\text{CaC}_2$ ?
157. Почему в концентрированной серной и азотной кислотах кальций растворяется значительно труднее, чем в разбавленных? Записать уравнения соответствующих реакций.
158. Почему после прокаливании карбоната кальция и дальнейшего растворения в воде реакция водного раствора щелочная? Запишите уравнения реакций.
159. Сколько граммов гидроксида кальция следует прибавить к 162 г раствора гидрокарбоната кальция с массовой долей  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  5% для образования средней соли?
160. Какой объем водорода ( $27^\circ\text{C}$  и 99,7 кПа) получится при разложении водой 21 г гидрида кальция? Какой объем 1М раствора соляной кислоты необходим для нейтрализации полученного продукта?

## Лабораторные работы

### S-элементы I группы

*Опыт 1. Взаимодействие металлов с водой* (опыт проводится под тягой!). Выньте пинцетом из банки с керосином кусочек металлического натрия или калия, положите на фильтровальную бумагу и отрежьте ножом небольшой кусочек (**до металла руками не дотрагиваться!**). Объясните быстрое потускнение блестящей поверхности металла на срезе. Взяв отрезанный кусочек металла пинцетом, опустите его в кристаллизатор с водой, к которой добавлен раствор фенолфталеина. Накройте кристаллизатор стеклом и наблюдайте протекание опыта. Сопоставьте химическую активность натрия и калия. Запишите уравнение реакции.

*Опыт 2. Окрашивание пламени горелки солями лития, натрия и калия.* Чистую нихромовую спираль смочите раствором соли лития и внесите в пламя газовой горелки. Наблюдайте окрашивание пламени. Такой же опыт проделайте с солями натрия и калия. Перед каждым последующим опытом нихромовую спираль следует очистить. Для этого промойте ее в пробирке в растворе хлористоводородной (соляной) кислоты и прокалите в пламени газовой горелки до исчезновения окраски пламени.

*Опыт 3. Получение гидроксида натрия электролизом водного раствора хлорида натрия.* Заполните U-образный электролизёр раствором хлорида натрия, добавив в него 2-3 капли фенолфталеина. Опустите в раствор электроды: угольный анод и железный катод. Включите ток от выпрямителя и установите напряжение  $\sim 3\text{В}$ . Через некоторое время раствор у катода окрасится в малиновый цвет. Объясните изменение pH раствора у катода. К газоотводной трубке анодного пространства поднесите фильтровальную бумагу, смоченную раствором иодида калия и крахмала (или йодкрахмальную бумагу, смоченную водой), и наблюдайте её посинение. Чем это можно объяснить? Напишите уравнения протекающих при электролизе процессов.

*Опыт 4. Гидролиз солей щелочных металлов.* С помощью pH-метра измерьте pH 1Н растворов сульфата(VI), карбоната (IV) и фосфата (V) натрия. Характер среды исследуйте также с помощью универсального индикатора. Какие из солей натрия подвергаются гидролизу? Сравните константы гидролиза солей по первой ступени. Какая из них подвергается гидролизу в большей степени? Напишите уравнения соответствующих реакций. Исследуйте pH 1Н растворов  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  с помощью pH-метра и индикатора. Объясните различную степень гидролиза солей. Напишите уравнения реакций гидролиза.

**Опыт 5. Влияние температуры на степень гидролиза.** К раствору ацетата натрия добавьте 1-2 капли фенолфталеина и нагрейте раствор до кипения. Объясните различие окраски раствора при нагревании. Почему при нагревании степень гидролиза солей увеличивается?

### S-элементы II группы

**Опыт 6. Отношение магния к воде на холоду и при нагревании.**

В две пробирки налейте по 3-5мл дистиллированной воды и опустите в них по небольшому кусочку стружки металлического магния. Одну пробирку осторожно нагрейте на газовой горелке до кипения и на малом огне прокипятите 1-2 минуты и оставьте остывать до комнатной температуры. Обратите внимание на поведение магния в обеих пробирках. После охлаждения в обе пробирки добавьте по 1-2 капли раствора фенолфталеина. Объясните полученные результаты опыта. Запишите уравнения реакций.

**Опыт 7. Сравнение растворимости гидроксидов S – элементов II группы.** Возьмите 4 пробирки и налейте в них по 5мл 1М растворов: I -  $MgCl_2$ , II -  $CaCl_2$ , III -  $SrCl_2$ , IV -  $BaCl_2$ . В каждую пробирку прилейте по 2мл 1М раствора гидроксида натрия. В каких пробирках наблюдается выпадение осадков? Гидроксиды каких металлов обладают меньшей растворимостью? Запишите уравнения реакций.

**Опыт 8. Образование и растворение гидроксида магния.**

В 3 пробирки налейте по 3-5мл 1М раствора хлорида магния. В одну из них прилейте раствор гидроксида натрия, в другую – гидроксида аммония. В какой из пробирок наблюдается более интенсивное выпадение осадка?

В третью пробирку прибавьте раствор хлорида аммония, а затем раствор гидроксида аммония. Объясните причину отсутствия осадка гидроксида магния в этом случае. Запишите уравнения реакций.

**Опыт 9. Образование малорастворимых соединений кальция, стронция и бария.** На растворы хлоридов кальция, стронция и бария подействуйте разбавленной серной кислотой. Испытайте растворимость получившихся осадков в соляной кислоте, добавляя в пробирки  $HCl$  (разбавленную до соотношения 1:1÷1:2). Запишите уравнения реакций.

**Опыт 10. Окрашивание пламени горелки солями щелочно-земельных металлов.** Чистую нихромовую спираль (для этого спираль надо промыть в разведенной соляной кислоте и прокалить в пламени газовой горелки до исчезновения окраски пламени) смочите раствором соли кальция, внесите в пламя газовой горелки и наблюдайте окрашивание пламени. Аналогичные опыты проведите с солями стронция и бария, предварительно очистив нихромовую спираль, как описано выше.

**Опыт 11. Получение магнезиального цемента.** В фарфоровую чашку поместите 2г оксида магния, добавьте из пипетки 2,5мл 30% раствора хлорида магния и тщательно перемешайте шпателем - образуется довольно густая однородная масса. Полученную массу выложите на подложку из полиэтиленовой или фторопластовой пленки.

**Шпатель и фарфоровую чашку сразу же тщательно вымойте!**

Полученный цемент на подложке через 0,5-1час застынет в твердую белую массу, которая после полного высыхания легко шлифуется и полируется. Запишите уравнения реакций.

**Опыт 12. Очистка воды от примесей.** В современных условиях к воде, употребляемой во всех отраслях промышленности и в быту, предъявляются высокие требования к ее чистоте. После использования воды в промышленных производствах и в быту она возвращается в природные водоемы. В обоих случаях перед употреблением воды и ее возвратом требуется ее глубокая очистка.

Загрязнениями могут быть растворимые и не растворимые вещества органического и неорганического характера.

В данной лабораторной работе применяется искусственная смесь, имитирующая природную воду и содержащая соли жесткости ( $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ ) и взвесь твердых частиц (глина).

При очистке воды выполняются следующие операции:

-фильтрованием вода освобождается от взвешенных твердых (нерастворимых) частиц;

-взаимодействием с ионообменными смолами вода освобождается от растворимых солей.

Ионообменные смолы – синтетические или природные полимерные материалы, содержащие активные группы. Ионообменники бывают двух типов – катиониты и аниониты. В катионитах активной группой является подвижный ион водорода, который может замещаться на катионы из раствора, например,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и др., по реакции:



Эта реакция является обратимой, что позволяет регенерировать катионит водными растворами кислот.

В анионитах активной группой является группа  $OH^-$ , которая может замещаться анионами из растворов, например,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  и др. по реакции:



Эта реакция также обратима, и анионит может быть регенерирован растворами щелочей.

Если воду последовательно пропускать через катионит и анионит, то она полностью освободится от растворимых солей.

## Оборудование и реактивы

1. Раствор  $MgCl_2$  с концентрацией около 1г/л, содержащий в качестве нерастворимой примеси глину, имитирующий состав природной воды.
2. Лабораторная установка для очистки воды, смонтированная на штативе.
3. Стаканы химические емкостью 50-100 мл, 4 шт.
4. Бумага фильтровальная.
5. Индикаторы: **фенолфталеин, метилоранж, хромовый темно-синий.**
6. Раствор  $AgNO_3$  ~ 5%-й.
7. Пробирки, 12 шт., пронумерованные №№ 1-12.
8. Аммиачный буфер (раствор  $NH_4Cl$  -20г/л,  $NH_3$  - 20г/л).
9. Катионит **KУ-2** в  $H^+$  форме.
10. Анионит **AB-17-8** в  $OH^-$  форме.

## Описание установки

Установка собрана на лабораторном штативе и состоит из трех делительных воронок с краниками 1-3, соединенных между собой резиновыми пробками и резиновыми шлангами.

Делительная воронка 1 – емкость для воды – искусственной смеси, предварительно освобожденной от нерастворимых примесей фильтрованием.

Делительная воронка 2 является колонкой с катионообменной смолой **KУ-2**. После этой колонки жидкость может быть собрана в стакан 11 или направлена в колонку 3 с анионообменной смолой **AB-17-8**.

Для фильтрования исходной смеси служит воронка с бумажным фильтром 8, помещенная в кольцо 9.



винтовой зажим 7 таким образом, чтобы жидкость стекала отдельными каплями в стакан 11 и отбирают 10-15 мл раствора. После этого зажим 7 полностью закрывают. **При выполнении этой операции объём жидкости, вытекшей из ёмкости 1, должен составлять около половины исходного объёма.**

Далее открывают кран колонки 3 таким образом, чтобы жидкость вытекала отдельными каплями, и собирают ее в стакан 12 в количестве 10-15 мл, после чего краны на всех колонках закрывают.

При выполнении описанных выше операций необходимо внимательно следить за тем, чтобы в колонках 2 и 3 уровень жидкости всегда был выше уровня смолы. В противном случае в слое смолы образуются воздушные пузырьки, резко снижающие эффективность ионного обмена в колонках. Из стакана 11 наливают в пробирки 5-8, а из стакана 12 – в пробирки 9-12 по 1-2 мл жидкости.

В пробирки 5 и 9 добавляют по 1 капле **фенолфталеина**, в пробирки 6 и 10 по 1 капле **метилованя**, в пробирки 7 и 11 по 3-4 капли **аммиачного буфера** и по 1 капле **хромового темно-синего**, в пробирки 8 и 12 по 1 капле раствора  $\text{AgNO}_3$ .

После выполнения всех аналитических операций пробирки с пробами покажите преподавателю и сделайте вывод о среде исходной жидкости и жидкости после пропускания её через катионит и анионит.

По окончании работы тщательно вымойте коническую воронку, стаканы и пробирки водопроводной водой, а затем сполосните несколько раз дистиллированной водой из промывалки.

По результатам выполненной работы напишите отчет, в котором отразите следующее:

- цель работы,
- описание установки и методики эксперимента,
- полученные результаты и их оценка.

Таблица 3

**Термодинамические константы некоторых веществ**

Вещество	$\Delta H_{298}^{\circ}$ кДж/моль	$\Delta G_{298}^{\circ}$ кДж/моль	$S_{298}^{\circ}$ Дж/моль·К
$\text{Ba}_{(к)}$	0	0	67
$\text{BaO}_{(к)}$	-553,9	-525,4	70,5
$\text{BaCO}_{3(к)}$	-1217,1	-1137,2	113,0
$\text{BaSO}_{4(к)}$	-1474,2	-1363,2	132,3
$\text{BaO}_{2(к)}$	-634,7	-588,2	77,5
$\text{BaS}_{(к)}$	-460,5	-456	78,3
$\text{Be}_{(к)}$	0	0	9,5
$\text{BeCl}_{2(к)}$	-494	-468	63
$\text{BeF}_{2(к)}$	-1010	-941	45
$\text{BeI}_{2(к)}$	-165	-210	130
$\text{BeO}_{(к)}$	-598	-582	14,1
$\text{Br}_{2(ж)}$	0	0	152,2
$\text{Cl}_{2(г)}$	0	0	222,9
$\text{C}_{(графит)}$	0	0	5,74
$\text{CH}_{4(г)}$	-74,86	-50,85	186,44
$\text{CO}_{(г)}$	-110,6	-137,2	197,7
$\text{CO}_{2(г)}$	-393,8	-394,6	213,8
$\text{Ca}_{(к)}$	0	0	45,45
$\text{CaO}_{(к)}$	-635	-603,6	39,7
$\text{CaC}_{2(к)}$	-59,9	-64,9	70,0
$\text{CaCl}_{2(к)}$	-796,3	-748,9	104,7
$\text{CaH}_{2(к)}$	-188,7	-149,8	42,0
$\text{Ca(OH)}_{2(к)}$	-986,8	-899,2	83,4
$\text{CaCO}_{3(к)}$	-1207,7	-1129,6	91,6
$\text{F}_{2(г)}$	0	0	202,9
$\text{I}_{2(к)}$	0	0	116,5

Продолжение таблицы 3

K <sub>(к)</sub>	0	0	71,45
KCl <sub>(к)</sub>	-439,5	-408,0	82,56
KF <sub>(к)</sub>	-567,4	-537,7	66,60
KBr <sub>(к)</sub>	-392,5	-378,8	95,85
KI <sub>(к)</sub>	-327,6	-324,1	110,79
K <sub>2</sub> O <sub>(к)</sub>	363,2	-323,1	94,1
K <sub>2</sub> O <sub>2(к)</sub>	-495,8	-429,8	113,0
Li <sub>(к)</sub>	0	0	28,6
Li <sub>2</sub> O <sub>(к)</sub>	-595,8	-562,1	37,87
LiOH <sub>(к)</sub>	-487,2	-442,2	42,8
Mg <sub>(к)</sub>	0	0	32,7
MgO <sub>(к)</sub>	-601,8	-569,6	26,9
MgS <sub>(к)</sub>	-347,0	-362,0	50,3
MgCl <sub>2(к)</sub>	-641,1	-591,6	89,8
MgF <sub>2(к)</sub>	-1113	-1071	57,2
O <sub>2(г)</sub>	0	0	205,0
H <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	-241,98	-228,8	188,9
S <sub>(помб.,к)</sub>	0	0	31,9
SO <sub>2(г)</sub>	-297,2	-300,41	248,2
Si <sub>(к)</sub>	0	0	18,8
SiO <sub>2(к)</sub>	-911,6	-857,2	41,9

Таблица 4

**Произведение растворимости некоторых малорастворимых веществ (25°C)**

Вещество	ПР	Вещество	ПР
BaCO <sub>3</sub>	4·10 <sup>-10</sup>	Ca(OH) <sub>2</sub>	5,5·10 <sup>-6</sup>
BaSO <sub>4</sub>	1,1·10 <sup>-10</sup>	Mg(OH) <sub>2</sub>	6,0·10 <sup>-10</sup>
CaCO <sub>3</sub>	3,8·10 <sup>-9</sup>	MgCO <sub>3</sub>	2,1·10 <sup>-5</sup>
CaSO <sub>4</sub>	2,5·10 <sup>-5</sup>	SrSO <sub>4</sub>	3,2·10 <sup>-7</sup>

**Варианты домашних заданий**

Вариант	I группа			II группа				
	1	21	41	79	95	114	119	139
<b>1</b>	1	21	41	79	95	114	119	139
<b>2</b>	2	22	39	78	80	99	120	140
<b>3</b>	3	23	42	77	81	100	121	141
<b>4</b>	4	24	43	76	82	101	122	142
<b>5</b>	5	25	44	75	83	102	123	143
<b>6</b>	6	26	45	74	84	103	124	144
<b>7</b>	7	27(а-г)	46	73	85	104	125	145
<b>8</b>	8	27(д-з)	47	72	86	105	126	146
<b>9</b>	9	28	48	71	87	106	127	147
<b>10</b>	10	29	49	70	88	107	128	148
<b>11</b>	11	30	50	69	89	108	129	149
<b>12</b>	12	31	51	68	90	109	130	150
<b>13</b>	13	32	52	67	91	110	131	151
<b>14</b>	14	33	53	66	92	111	132	152
<b>15</b>	15	34	54	65	93	112	133	153
<b>16</b>	16	35	55	64	94(а-г)	113	134	154
<b>17</b>	17	36	56	63	94(д-и)	115	135	155
<b>18</b>	18	37	57	62	96	116	136	156
<b>19</b>	19	38	58	61	97	117	137	157
<b>20</b>	20	40	59	60	98	118	138	158