

**Московский Государственный Университет
им. М.В. Ломоносова**

Факультет наук о материалах

Отчет по десятинедельному практикуму:

«Получение шпинелей состава $Zn_{1-x}Ni_xAl_2O_4$,
 $Zn_{1-x}Co_xAl_2O_4$, $Zn(Al_{1-x}Cr_x)_2O_4$, и Ринмановой зелени».

Выполнили студенты 1 курса:

Барулин Александр

Воейков Роман

Долгобородов Илья

Руководители:

Григорьева А.В.

Жиров А.И.

Брылев О.А.

Гаршев А.В.

Москва 2011

Содержание

1. Цели и задачи.....	
2. Литературный обзор.....	
3. Экспериментальная часть.....	
3.1. Синтез исходных веществ.....	
3.2. Синтез шпинелей.....	
3.3. Синтез Ринмановой зелени.....	
4. Обсуждение результатов.....	
4.1. Исследование цвета образцов.....	
4.2. Исследование РФА.....	
5. Выводы.....	
6. Рекомендации.....	
7. Список литературы.....	
8. Благодарности.....	

Литературный обзор.1

Шпинели (нем., ед. ч. Spinell) - группа минералов подкласса сложных оксидов. Общая химическая формула $A^{2+}B^{3+}_2O_4$, где $A = Fe^{2+}$, Mg, Zn, Mn или др.; $B = Al, Fe^{3+}, Cr, Ti$ и др.

В зависимости от преобладания катиона В различают: алюмошпинели, ферришпинели (магнезиоферрит $MgAl_2O_4$, Магнетит, якобит $MnFe_2O_4$, франклинит $ZnFe_2O_4$, треворит), Хромшпинели, титаношпинели (Ульвошпинель Fe_2TiO_4 , магнезиальный аналог ульвошпинели $MgTiO_4$ и др.) и ванадиошпинели (кульсонит FeV_2O_4).

В пределах каждого изоморфного ряда смесимость минералов полная, а между членами различных рядов - ограниченная. Кристаллизуются в кубической системе, образуя в основном октаэдрические кристаллы. В элементарной ячейке структуры шпинели 32 аниона кислорода образуют плотнейшую кубическую упаковку с 64 тетраэдрическими пустотами (катионами занято 8) и 32 октаэдрическими (катионами занято 16). По характеру распределения катионов в занятых тетраэдрических и октаэдрических позициях структуры выделяют: нормальные (8 тетраэдров занято катионами A^{2+} , 16 октаэдров - катионами B^{3+}), обращенные (8 тетраэдров занято B^{3+} , 16 октаэдров - 8 B^{3+} и 8 A^{2+} , причём катионы B^{3+} и A^{2+} в октаэдрических пустотах могут распределяться как статистически, так и упорядоченно) и промежуточные шпинели. Нормальная структура свойственна $MgAl_2O_4$, $ZnFe_2O_4$, $FeAl_2O_4$ и др. В образовании структуры типа шпинели могут участвовать многие разнозарядные катионы. В элементарной ячейке нормальной шпинели содержится 8 формульных единиц катиона A^{2+} , соответственно 16 единиц катиона B^{3+} и 32 формульных единиц анионов кислорода ($A_8B_{16}O_{32}$).

Обращенная структура характерна для $FeFe_2O_4$, $MgFe_2O_4$, Fe_2TiO_4 и др. Для всех минералов характерны высокая твердость (5-8 по минералогической шкале), химическая и термическая устойчивость. Шпинели - основные носители магнитных свойств горных пород. Плотность, отражательная способность, твердость, параметр элементарной ячейки, магнитные и электрические свойства существенно зависят от состава и характера распределения катионов и заметно колеблются в пределах каждой группы. Для шпинели характерны высокотемпературные условия образования; к выветриванию устойчивы, сохраняются в россыпях. Многие шпинели - важные руды хрома, железа, марганца, титана, цинка; применяются при производстве керамики, огнеупоров, термоустойчивых красок.

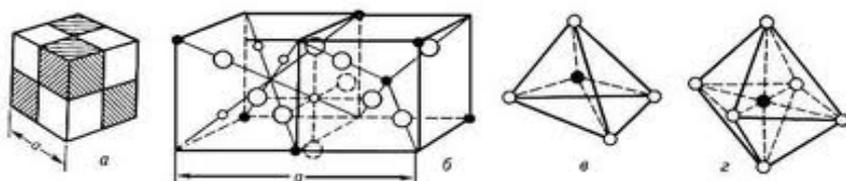
Для всех минералов характерны высокая твердость (5-8 по минералогической шкале), химическая и термическая устойчивость. Шпинели - основные носители магнитных свойств горных пород. Плотность, отражательная способность, твердость, параметр элементарной ячейки, магнитные и электрические свойства существенно зависят от состава и характера распределения катионов и заметно колеблются в пределах каждой группы. Для шпинели характерны высокотемпературные условия образования; к выветриванию устойчивы, сохраняются в россыпях. Многие шпинели - важные руды хрома, железа, марганца, титана, цинка; применяются при производстве керамики, огнеупоров, термостойчивых красок.

Некоторые тривиальные названия шпинелей:

1. **ТРЕВОРИТ** (по фам. Тревор) — минерал из группы ферришпинелей, $NiFe_2O_4$. Ni частично замещается Fe^{2+} и Mg. Куб. Кристаллы октаэдрические. Сильно магнитен. Черный до буровато-черного.
2. **МАГНЕТИТ** — минерал из группы ферришпинелей, $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$. Образует изоморфный ряд с магнезиоферритом $MgFe_2O_4$ и непрерывные ряды с др. шпинелидами. Fe^{2+} замещается Mg, Mn^{2+} , Ni, а Fe^{3+} — V, Cr, Ti, Al.
3. **БЛАГОРОДНАЯ ШПИНЕЛЬ** — прозрачные кристаллы шпинели, окрашенные в красивые цвета, например, если густо красная, то это рубиновая шпинель, синюю шпинель обладает александритовым эффектом (реверс александрита с синевато-зеленого цвета при дневном освещении до красновато-фиолетового при электрическом связано с присутствием Cr^{3+}). На практике такой реверс цвета присущ лишь лучшим образцами из Малышевских копей на Урале, фактически не поступающих на рынок). Главные местонахождения благородной шпинели на острове Цейлон и в Индии.
4. **ОБЫКНОВЕННАЯ ШПИНЕЛЬ** — шпинель, с большим содержанием железа, темно-бурого, черного или темно-зеленого цвета. Встречается часто, иногда в очень больших кристаллах. В России много плеонаста на Урале.

Физические свойства шпинелей:

Для всех минералов характерны высокая твердость (5-8 по минералогической шкале), химическая и термическая устойчивость. Шпинели - основные носители магнитных свойств горных пород. Плотность, отражательная способность, твердость, параметр элементарной ячейки, магнитные и электрические свойства существенно зависят от состава и характера распределения катионов заметно



колеблются в пределах каждой группы. Для шпинели характерны высокотемпературные условия образования; к выветриванию устойчивы, сохраняются в россыпях. Многие шпинели - важные руды хрома, железа, марганца, титана, цинка; применяются при производстве керамики, огнеупоров, термоустойчивых красок.

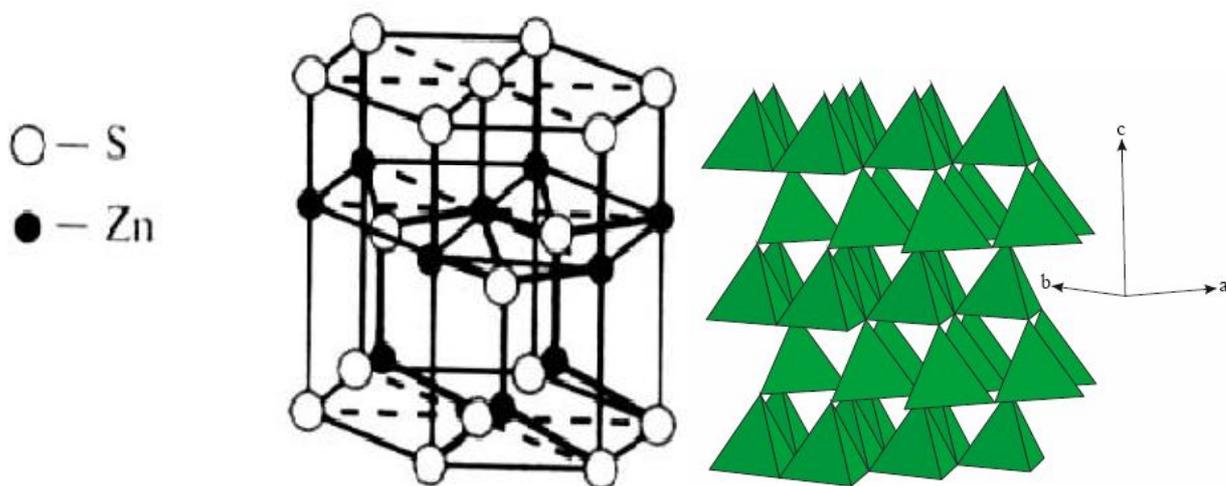
Кристаллическая структура шпинелей-ферритов. Рис. 1

Литературный обзор.2

Название “ринманова зелень” (также встречаются названия “шведская зелень” и “кобальтовая зелень”) связано, вероятно, с именем Свена Ринмана (1720-1792), шведского исследователя, который занимался горным делом и металлургией. Ринманова зелень представляет собой твердый раствор оксида кобальта CoO в оксиде цинка.

Сами по себе эти оксиды ZnO – белый с оттенком желтого, CoO – оливково-зеленый. Твердые растворы с молярным содержанием кобальта 1-15% имеют зеленый цвет, оттенок которого зависит от состава и способа получения.

Кристаллическая решетка ринмановой зелени имеет структуру типа гексагональной решетки вюрцита (модификация сульфида цинка ZnS с тетрагональным окружением атомов цинка), в которой часть атомов цинка замещена атомами кобальта.



Цели и задачи

Цели:

- ✓ получить начальные навыки и опыт, необходимые для последующих практикумов, а так же работ в лабораториях
- ✓ научиться работать в коллективе
- ✓ научиться обрабатывать результаты рентгенофазового анализа

Задачи:

- ✓ изучить химический состав шпинелей и их кристаллическую структуру
- ✓ получить разные виды шпинелей с разными степенями замещения
- ✓ получить ринманову зелень с разными степенями замещения
- ✓ исследовать зависимость цвета образцов от степени замещения.
- ✓ опробовать различные способы получения шпинелей и оценить их «плюсы» и «минусы».
- ✓ исследовать зависимость параметра решетки от степени замещения методом рентгенофазового анализа

Экспериментальная часть

План экспериментальной части:

1. Получение недостающих в лаборатории веществ, необходимых для синтеза шпинелей, а именно: $\text{Zn}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.
2. Синтез шпинелей состава: $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Al}_2\text{O}_4$, $\text{Zn}(\text{Al}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{O}_4$, $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Al}_2\text{O}_4$.
3. Синтез ринмановой зелени $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$.

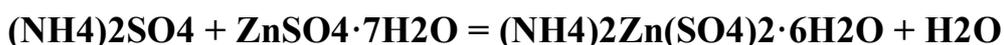
Синтез исходных веществ

1) Синтез цинкаммонийного шенита

Ход синтеза:

Готовим горячие, но не кипящие насыщенные растворы сульфата аммония и сульфата цинка (не кипящие, так как растворимость кристаллогидратов при повышении температуры выше определённого значения уменьшается), сливаем их в один стакан, ставим его в кристаллизатор, трем стеклянной палочкой о стенки стакана с целью создать центры кристаллизации, при этом не забывая перемешивать раствор, дабы предотвратить слеживание осадка. Фильтруем раствор на стеклянном фильтре, приливая небольшое количество дистиллированной воды с целью избавиться от растворимых примесей. Собираем оставшийся осадок в чашку и высушиваем его при комнатной температуре.

Уравнение реакции:



Расчёты:

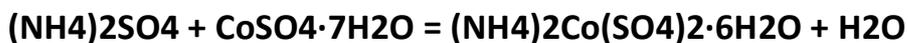
Вещество	M(г/моль)	m(г)
$(\text{NH}_4)_2\text{Zn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	401,00	10,00
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	288,00	7,18
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	132,00	3,29

Насыщенные растворы готовились с учётом растворимости кристаллогидрата и соли.

2) Синтез кобальтаммонийного шенита

Ход синтеза аналогичен получению цинкового шенита.

Уравнение реакции:

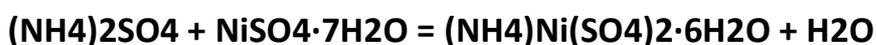


Вещество	M(г/моль)	m(г)
$(\text{NH}_4)_2\text{Co}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	395,00	10,00
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	288,00	7,29
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	132,00	3,34

3) Синтез никельаммонийного шенита

Ход синтеза аналогичен получению цинкового шенита.

Уравнение реакции:



Вещество	M(г/моль)	m(г)
$(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	395,00	10,00
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	288,00	7,29
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	132,00	3,34

4) Синтез хромоаммонийных квасцов

Ход синтеза:

Все реакции проводим под тягой. В стакане с дистиллированной водой растворяем перетертый порошок дихромата аммония. К нему добавляем концентрированный раствор серной кислоты, взятый с 20% избытком. Раствор приобретает ярко-оранжевую окраску. Помещаем его в кристаллизатор, по каплям (т. к. выделяется большое количество тепла) добавляем этиловый спирт, взятый в 100% избытке. Температура не должна превышать 40°C так как при перегреве могут образоваться ионы $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{SO}_4]^+$. Наблюдаем выделение газа и изменение цвета раствора с красного на тёмно-фиолетовый. Так же в ходе реакции можно почувствовать запах уксусного альдегида. Через некоторое время наблюдаем выпадение фиолетовых кристаллов хромоаммонийных квасцов. Фильтруем полученный раствор на стеклянном фильтре, используя очень малое количество дистиллированной воды. Помещаем квасцы в чашку и высушиваем при комнатной температуре в течение двух суток (можно дольше).

Уравнение реакции:



Вещество	M(г/моль)	m(г)	V(мл)	p(г/мл)
$NH_4Cr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	478,00	10,00	-	-
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	252,00	2,64	-	-
H_2SO_4	98,00	4,10	2,28	1,80
C_2H_5OH	46,00	1,44	1,80	0,80

Синтез шпинелей

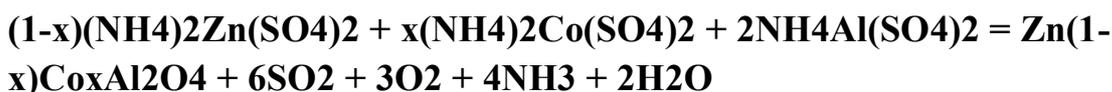
1) Синтез шпинелей состава $Zn(1-x)Co_xAl_2O_4$

Сульфатный метод

Суть данного метода состоит в спекании оксидов, образующихся из шенитов, разлагающихся при нагревании.

Смесь исходных веществ, взятых в нужном соотношении, для увеличения гомогенизации перетиралась и далее прокаливалась в фарфоровом тигле на газовой горелке под тягой. Во время прокаливания было заметно выделение газов. Смесь периодически снималась и перемешивалась для удаления пузырей воздуха, возникающих на поверхности в процессе обжига. Далее смесь снова перетиралась в ступке и отжигалась на воздуходувной горелке до полного удаления SO_2 , NH_3 , H_2O и O_2 . Смесь перетиралась ещё раз и после этого происходил отжиг в муфельной печи при температурах 900 и 1200°C.

Уравнение реакции:



Расчёты:



3- NH₄Al(SO₄)₂*12H₂O

x	M	m	m-1	m-2	m-3
0,1	182,75	0,30	0,5924	0,0648	1,4873
0,3	181,47	0,30	0,4640	0,1959	1,4977
0,5	180,20	0,30	0,3338	0,3288	1,5084
0,7	178,92	0,30	0,2017	0,4636	1,5191
0,9	177,64	0,30	0,0677	0,6004	1,5301

В ходе работы были получены следующие образцы: Zn_{0,9}Co_{0,1}Al₂O₄, Zn_{0,7}Co_{0,3}Al₂O₄, Zn_{0,5}Co_{0,5}Al₂O₄, Zn_{0,3}Co_{0,7}Al₂O₄, Zn_{0,1}Co_{0,9}Al₂O₄.

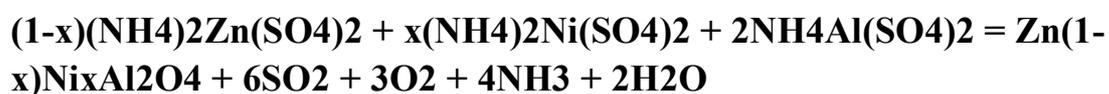
Вещество	Теоритическая m	Реальная m	Потери, %
Zn _{0,9} Co _{0,1} Al ₂ O ₄	0,30	0,221	26,333
Zn _{0,7} Co _{0,3} Al ₂ O ₄	0,30	0,237	21,000
Zn _{0,5} Co _{0,5} Al ₂ O ₄	0,30	0,210	30,000
Zn _{0,3} Co _{0,7} Al ₂ O ₄	0,30	0,205	31,667
Zn _{0,1} Co _{0,9} Al ₂ O ₄	0,30	0,217	27,667

2) Синтез шпинелей состава Zn(1-x)Ni_xAl₂O₄

2.1) Сульфатный метод

Получение шпинелей данного состава аналогично получению предыдущих образцов.

Уравнение реакции:



Расчёты:

1- $(\text{NH}_4)_2\text{Zn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

2- $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

3- $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

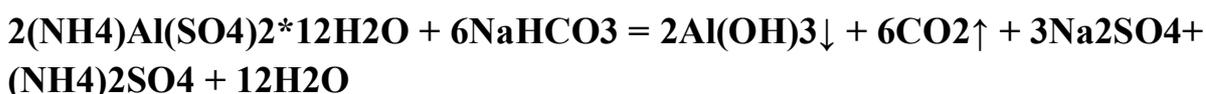
x	M	m	m-1	m-2	m-3
0,2	181,80	0,30	0,5294	0,1304	1,4950
0,4	180,83	0,30	0,3992	0,2621	1,5030
0,6	179,56	0,30	0,2680	0,3960	1,5137

2.2) Метод гидрокарбонатного соосаждения

Данный метод заключается в химической гомогенизации исходных веществ.

Смесь шенитов и алюмоаммонийных квасцов всыпалась в стакан, содержащий большой объём воды и находящийся на магнитной мешалке. В раствор небольшими порциями всыпался гидрокарбонат натрия, взятый в 20% избытке по сравнению с теоритическим расчётом. При этом растворение сопровождалось бурным выделением газов и паров с последующим помутнением раствора — выпадением различных нерастворимых соединений металлов (гидроксидов, карбонатов, гидрокарбонатов) в осадок. После этого стакан помещался в кристаллизатор до полного осаждения образовавшегося хлопьевидного осадка. Далее осадок несколько раз промывался горячей дистиллированной водой, для полного удаления карбонат- и сульфат-ионов, наличие которых определялось добавлением к небольшому количеству раствора хлорида бария, т.к. при наличии вышеназванных ионов образовывается осадок белого цвета. Промытый осадок отфильтровывался на стеклянном фильтре и высушивался в сушильном шкафу. Полученное сухое вещество перетиралось и отжигалось в муфельной печи при 900 и 1200°C.

Уравнения реакций:





Расчёты:



x	M	m	m-1	m-2	m-3	m-4
0,5	180,20	0,30	0,3338	0,3288	1,5084	1,1188
0,8	178,28	0,30	0,1350	0,5318	1,5246	1,1308

В ходе работы были получены следующие образцы: $\text{Zn}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Al}_2\text{O}_4$, $\text{Zn}_{0,6}\text{Ni}_{0,4}\text{Al}_2\text{O}_4$, $\text{Zn}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{Al}_2\text{O}_4$, $\text{Zn}_{0,4}\text{Ni}_{0,6}\text{Al}_2\text{O}_4$, $\text{Zn}_{0,2}\text{Ni}_{0,8}\text{Al}_2\text{O}_4$.

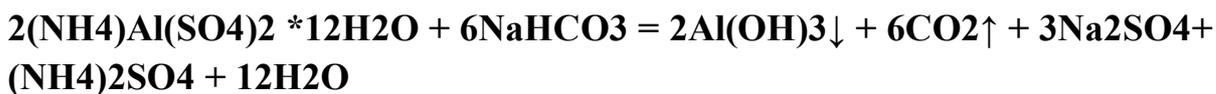
Вещество	Теоритическая m	Реальная m	Потери, %
$\text{Zn}_{0,8}\text{Ni}_{0,2}\text{Al}_2\text{O}_4$	0,30	0,276	8,000
$\text{Zn}_{0,6}\text{Ni}_{0,4}\text{Al}_2\text{O}_4$	0,30	0,254	15,333
$\text{Zn}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{Al}_2\text{O}_4$	0,30	0,247	17,667
$\text{Zn}_{0,4}\text{Ni}_{0,6}\text{Al}_2\text{O}_4$	0,30	0,257	14,333
$\text{Zn}_{0,2}\text{Ni}_{0,8}\text{Al}_2\text{O}_4$	0,30	0,221	26,333

3) Синтез шпинелей состава $\text{Zn}(\text{Al}(1-x)\text{Cr}_x)_2\text{O}_4$

Метод гидрокарбонатного соосаждения

Ход данного синтеза совпадает с ходом синтеза предыдущих образцов.

Уравнения реакций:



Расчёты:

1- $(\text{NH}_4)_2\text{Zn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

2- $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

3- $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

4- NaHCO_3

x	M	m	m-1	m-2	m-3	m-4
0,2	129,00	0,3	0,9326	0,8428	0,2223	1,5628
0,6	149,00	0,3	0,8074	0,3648	0,5774	1,3530
0,9	164,00	0,3	0,7335	0,0829	0,7870	1,2293

В ходе работы были получены следующие образцы: $\text{Zn}(\text{Al}_{0,9}\text{Cr}_{0,1})\text{O}_4$, $\text{Zn}(\text{Al}_{0,6}\text{Cr}_{0,4})\text{O}_4$, $\text{Zn}(\text{Al}_{0,2}\text{Cr}_{0,8})\text{O}_4$.

Вещество	Теоритическая m	Реальная m	Потери, %
$\text{Zn}(\text{Al}_{0,8}\text{Cr}_{0,2})_2\text{O}_4$	0,30	0,245	18,467
$\text{Zn}(\text{Al}_{0,4}\text{Cr}_{0,6})_2\text{O}_4$	0,30	0,235	21,633
$\text{Zn}(\text{Al}_{0,1}\text{Cr}_{0,9})_2\text{O}_4$	0,30	0,238	20,667

4) Синтез Ринмановой зелени

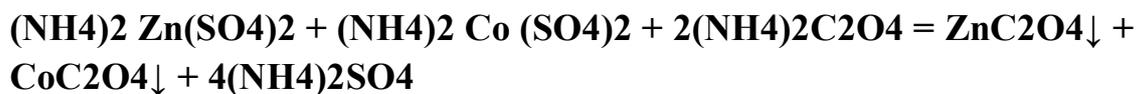
Метод оксалатного соосаждения

Данный метод также представляет из себя химическую гомогенизацию исходных веществ.

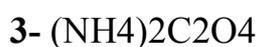
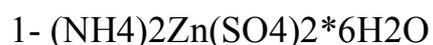
Были приготовлены насыщенные растворы шенитов и оксалата аммония при высокой температуре. Далее растворы двойных солей приливалась к раствору $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, выпадал осадок бледно-розового цвета, который отфильтровывался на стеклянном фильтре и промывался этиловым спиртом.

Полученный осадок высушивался, перетирался и ставился в печь на 900°C .

Уравнения реакций:



Расчёты:



x	M	m-1	m-2	m-3	m-4
0,01	80,94	0,3	1,4714	0,0146	0,4596
0,03	80,82	0,3	1,4438	0,0440	0,4603
0,04	80,76	0,3	1,4300	0,0587	0,4606
0,05	80,7	0,3	1,4162	0,0734	0,4610

В ходе работы были получены следующие образцы:

$Zn_{0,99}Co_{0,01}O$; $Zn_{0,97}Co_{0,03}O$; $Zn_{0,96}Co_{0,04}O$; $Zn_{0,95}Co_{0,05}O$.

Вещество	Теоритическая m(г)	Реальная m(г)	Потери, %
$Zn_{0,99}Co_{0,01}O$	0,3	0,2100	30,00
$Zn_{0,97}Co_{0,03}O$	0,3	0,2040	32,00
$Zn_{0,96}Co_{0,04}O$	0,3	0,2130	29,00
$Zn_{0,95}Co_{0,05}O$	0,3	0,2210	26,33

Обсуждение результатов

Зависимость цвета образцов от степени содержания замещающего катиона:

1) $Zn_{(1-x)}Co_xAl_2O_4$

Нарастание интенсивности синей окраски связано с тем, что катион Co^{2+} занимает тетраэдрические позиции.



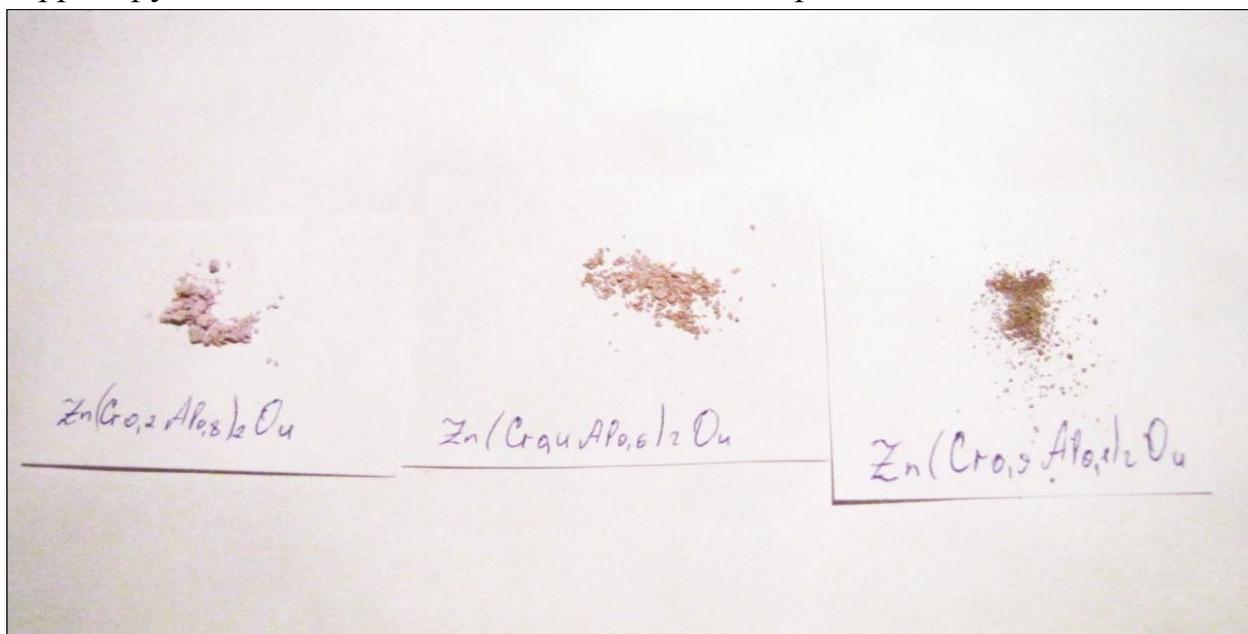
2) $Zn_{(1-x)}Ni_xAl_2O_4$

Судя по окраске первых 2-х образцов можно сказать, что катион Ni^{2+} замещает катион Zn^{2+} в тетраэдрических позициях, а окраска третьего образца свидетельствует о нахождении Ni^{2+} в октаэдрических позициях, характерных для Al^{3+} в нормальной (необращённой) шпинели.



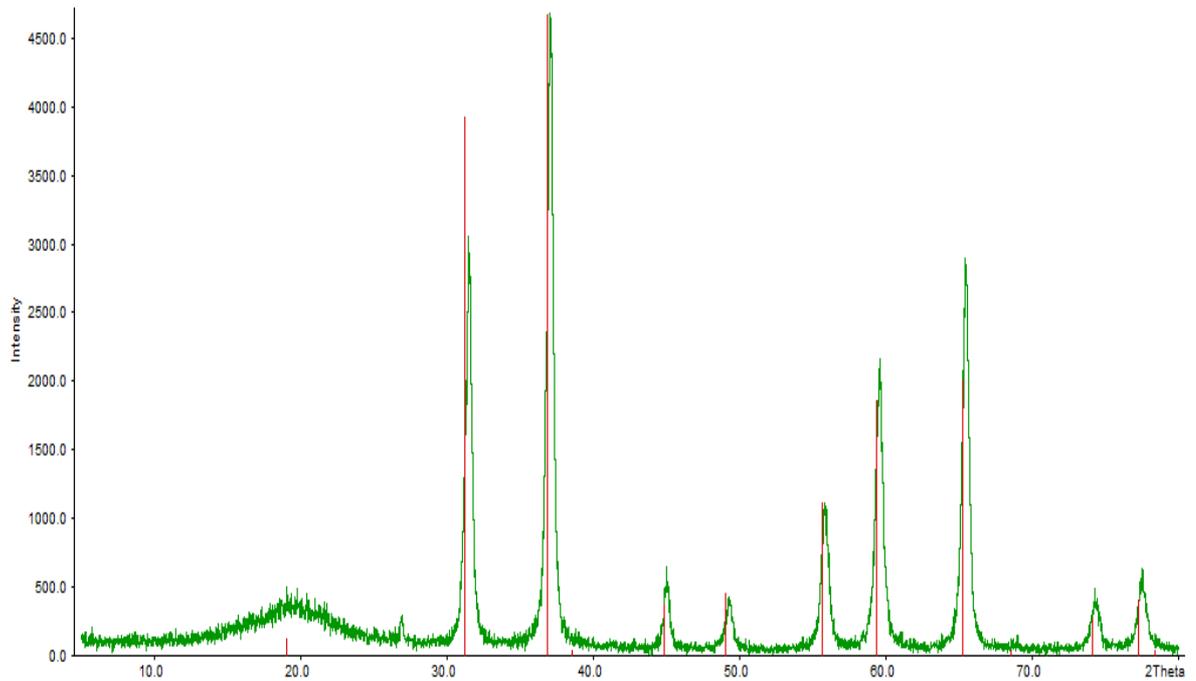
3) $Zn(Al_{(1-x)}Cr_x)_2O_4$

Исследуя цвет образцов можно заключить, что интенсивность окраски коррелирует со степенью замещения алюминия хромом.

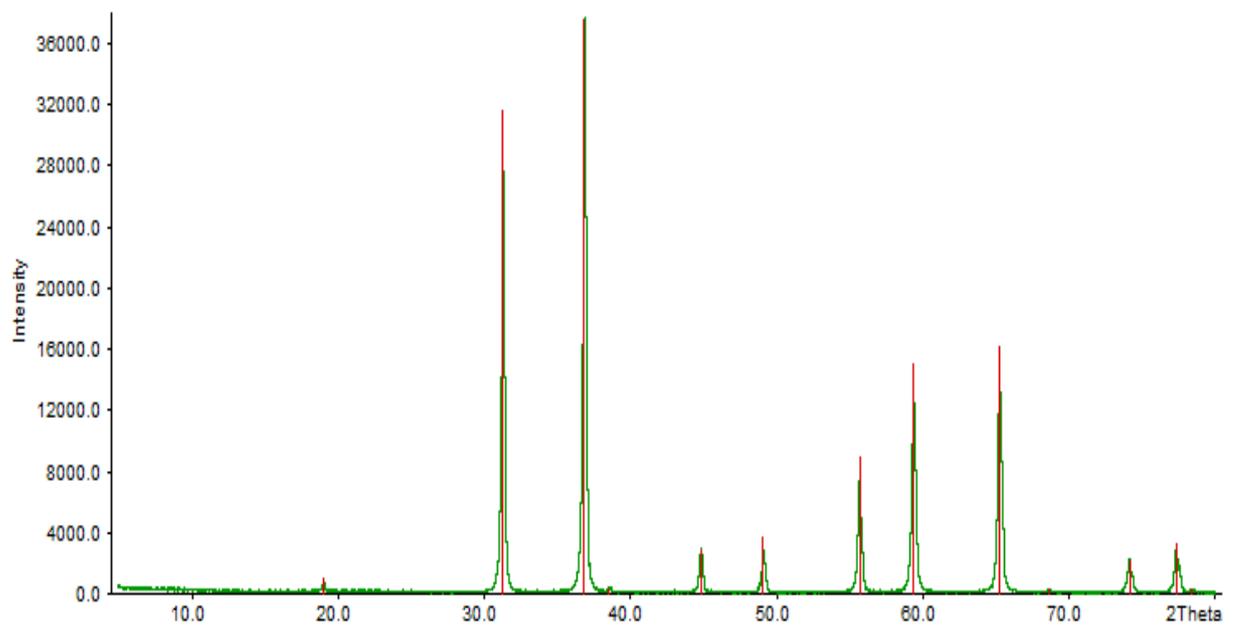


РФА некоторых образцов:

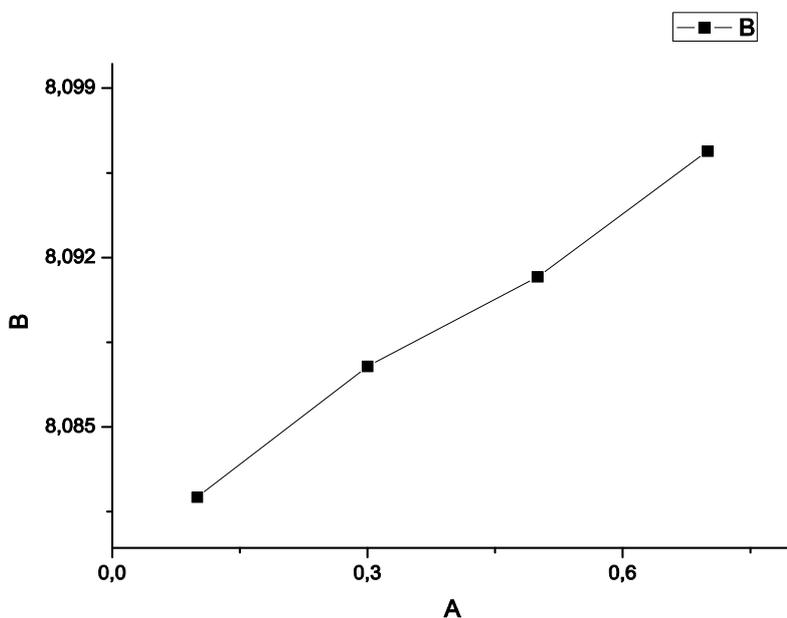
1) $Zn_{0,9}Co_{0,1}Al_2O_4$ при $900^\circ C$



2) $Zn_{0,9}Co_{0,1}Al_2O_4$ при $1200^\circ C$



2) $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Al}_2\text{O}_4$



По обоим построенным графикам можно заключить, что закон Вегарда выполняется.

Результаты

В ходе проделанной работы мы:

- получили разные виды шпинелей с разными степенями замещения
- установили зависимость цвета шпинелей от степени замещения
- определили зависимость параметра решётки по результатам РФА
- получили ринманову зелень с разными степенями замещения
- научились работать в коллективе и узнали много нового о проведении синтезов в лаборатории

Выводы

В ходе проделанной работы мы:

- установили, что цвет образца зависит от степени замещения
- установили, что параметр решётки возрастает с увеличением содержания замещающего катиона с большим радиусом
- определили температуру спекания, достаточную для образования различных образцов

Рекомендации

Всем следующим поколениям первокурсников мы настоятельно советуем:

- Пользоваться методом гидрокарбонатного соосаждения, так как воздуходувная горелка в лаборатории, как правило, занята.
- Заполнять лабораторный журнал и как можно чаще посещать практикум.
- Внимательно слушать преподавателей
- Постараться сделать хотя бы одну полную серию замещений.

Благодарности

Благодарим Жирова А.И., Брылёва О.А., Гаршева А.В., Григорьеву А.В, Дорофеева С.Г. и сотрудников практикума за мудрые советы, оказанное содействие и помощь.

Использованная литература

- 1) Практикум по неорганической химии (под руководством Третьякова Ю.Д.). Издательский центр «Академия», 2004.
- 2) Справочник химика. Т.3. М.: Химия, 1965.
- 3) Общая и неорганическая химия/Н.С.Ахметов – М.; Издательство «Высшая школа», 2003.
- 4) <http://ru.wikipedia.org>.
- 5) Вест А. Химия твёрдого тела. Теория и приложения: в 2-х частях.