

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Факультет наук о материалах

Отчет по десятинедельному практикуму

Синтез и Исследование твердых растворов на основе оксидов MgO , CoO , Al_2O_3

Выполнил: Воробьев А.А

Руководители: Жиров А.И
Брылев О.А
Гаршев А.В
Колесник И.В

Москва, 2010 г.

Введение.

Моя лабораторная жизнь началась со знаменательного и очень значимого в жизни любого человека события - с десятидневного практикума, как и тысячи других людей я впервые столкнулся с необычными сложностями, тут даже дело не в их прямой трудности выполнения, а именно в необычности. Итак, началось все с синтеза некоторого количества шпинелей, которые можно назвать «благородные шпинели» с замещенным атомом Mg на атом кобальта, имеет это явление более точную и простую формулу $Mg_xCo_{1-x}Al_2O_4$. К тому же, мое сердце не осталось равнодушным и к оксидным системам приблизительно подобного состава $Mg_xCo_{1-x}O$. Если говорить честно и открыто, то причина, по которой я начал заниматься, заключалась вовсе не в создании полудрагоценных кристаллов, но во многом из-за необходимости получить начальные навыки лабораторной практики, а уж именно подобные умения получают очень распространенное применение в обычной бытовой жизни, например, на кухне.

Ну, в любом случае подобное не проходит бесследно, особенно, если вспомнить ехидные улыбки старших или веселые истории, рассказанные вечерами, полными необычной атмосферы, и, на мой взгляд, именно в подобных воспоминаниях и состоит главная ценность жизни.

Литературный обзор

Твердые растворы

однородные (гомогенные) кристаллические фазы переменного состава; образуются в двойных или многокомпонентных системах. Если компоненты системы неограниченно растворимы друг в друге, они образуют непрерывный ряд твердых растворов. Чаще, однако, концентрация растворенного вещества не может превышать некоторое предельное значение, и существование твердого раствора ограничено некоторыми областями составов (области гомогенности). Твердыми растворами являются многие металлические сплавы и неметаллические системы - минералы, стекла, полупроводники, ферриты.

Типы твердых растворов.

В твердых растворах замещения растворенное вещество замещает исходное - атом на атом, ион на ион или молекула на молекулу. При этом число частиц (атомов, молекул) в элементарной кристаллической ячейке остается постоянным. Один из важнейших факторов, определяющих возможность образования твердых растворов замещения - это размеры замещающих друг друга атомов (ионов, молекул). Согласно правилу Гольдшмидта, для образования широких по составу областей гомогенности твердых растворов при температурах, далеких от температур плавления компонентов, разница D_r в ионных радиусах замещающих друг друга ионов не должна превышать 15%, т.е. отношение $D_r/r < 15\%$ (r - меньший радиус). Аналогичное правило 15%-ного различия атомных диаметров для твердых растворов металлов и ковалентных веществ было установлено В. Юм-Розери (1934). В настоящее время чаще используется другой размерный фактор - межатомное расстояние R . Для химического соединения с преимущественно ионной связью непрерывные твердые растворы замещения образуются при всех температурах, если $DR/R < 4 - 5\%$ (А. С. Поваренных, 1964). Если DR/R лежит в пределах от 15 до 20-25%, то даже при высоких температурах образуются только ограниченные твердые растворы, а при $DR/R > 20-25\%$ заметное взаимное растворение отсутствует. Используют и другие размерные факторы: параметры кристаллической решетки, молярные объемы и т.п. При этом роль размерных факторов зависит от типа химической связи. Чем сложнее химическое соединение, тем, как правило, шире области гомогенности твердых растворов замещения. В случае молекулярных кристаллов, в частности органических, возможность образования твердых растворов замещения определяется не только размером, но и конфигурацией молекул.

Размерный фактор не всегда является решающим. Например, NaCl и PbS не образуют твердых растворов, хотя их размерные факторы (радиусы ионов, межатомные расстояния и др.) близки. Второй необходимый фактор - химическое подобие компонентов, в частности близость типа химической связи. В качестве параметра, определяющего возможность образования

твёрдого раствора замещения, используют различие в степени ионности связи, иногда - разность электроотрицательностей атомов замещающих друг друга элементов. Предложено использовать в качестве характеристик химического подобия температуры плавления соединений или энергии 17 кристаллических решеток. Для образования непрерывных твёрдых растворов замещения требуется, чтобы $Dt_{пл}/T_{пл} < 27\%$, $DU/U < 10\%$. В случае молекулярных кристаллов важное значение имеет наличие у обоих компонентов водородных связей, а также существование у молекул собственного дипольного момента. В частности, практически неизвестны твёрдые растворы на основе льда, т. к. нет подобных ему вещество по указанным характеристикам.

Шпинель

По определению шпинель это твёрдый раствор состава AB_2O_4 (оксидов АО и B_2O_3), где А-двухзарядный катион, а В - это трехзарядный катион. В группу шпинелей входят различные по составу оксидные системы, по преобладанию катионов выделяют несколько видов :

- ферришпинели
- алюмошпинели
- хромшпинелиды
- титаношпинели

Минералы образуют хорошо ограненные октаэдрические кристаллы. У них наблюдается высокая твердость, они химически и термически устойчивы. Для всех шпинелидов характерны высокотемпературные условия образования. В поверхностных условиях большинство их устойчиво и сохраняется в россыпях. Многие минералы применяют также в качестве катализаторов химико-технологических процессов (например, в синтезе этиленоксида), в производствах керамики, огнеупоров термостойких красок.

Структура кристалла шпинели.

В основе структуры нормальной шпинели $MgAl_2O_4$ - трехслойная плотнейшая упаковка атомов О. В результате образуются тетраэдрические и октаэдрические пустоты, заполняемые ионами Mg^{2+} и ионами Al^{3+} соответственно ,

Ячейка содержит тетраэдрические пустоты, число которых 64 (узлы А), и октаэдрические пустоты в количестве 32 (узлы В). Восемь узлов А и 16 узлов В занимают катионы, расположенные таким образом, что ряды заполненных ими октаэдров, соединённых между собой рёбрами, вытягиваются вдоль одной диагонали куба, связываясь в цепочки за счёт занятых тетраэдров. В результате образуется один слой . Тетраэдры соединяют его с октаэдрами соседнего слоя, который располагается вдоль другой диагонали грани куба. Четыре таких слоя образуют элементарную ячейку. Каждый атом кислорода является общим для двух октаэдров и одного тетраэдра. Катионы представлены двумя типами: A^{2+} и B^{3+} . В нормальной шпинели катионы A^{2+} находятся в узлах А, а B^{3+} - в узлах.

Однако существует обращенная шпинель, у которой 8V^{3+} располагаются в узлах А, а $(8\text{A}^{2+} + 8\text{B}^{3+})$ беспорядочно распределены по углам В. Выбор между этими двумя способами расположения атомов определяется энергией входящих в структуру ионов, стабилизирующей кристаллическое поле решётки. Второй вариант реализуется в тех случаях, когда больший из двух катионов занимает тетраэдрические узлы, нарушая обычное правило. Как в нормальных, так и в обращенных шпинелях остаются.

А что же мы получили в итоге, шпинели удивительнейшие по своему внешнему виду камни, в них возможны различные сочетания цветов, красок, нечто подобное никогда не оставляло равнодушным простого человека, а всегда привлекало его внимание, а результат? Как можно догадаться, одним из самых дорогих видов искусства является ювелирным делом, ведь украшения всегда стоили намного больше, чем продукты первой необходимости, являлись признаком достатка и благополучия, и поэтому только достойнейшие могли приобрести подобный предмет, предмет зависти многих, как ни странно, большей частью почитателей непостижимого искусства являются обычные люди, а не круг посвященных. Например, такой вид изящества как балет, осознание и понимание которого имеют лишь малая группа людей.

Экспериментальная часть

Методы синтеза.

Для синтеза в моем полном распоряжении находились следующие образцы:

- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

- $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

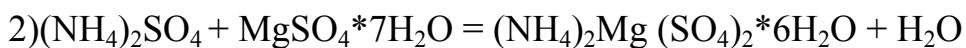
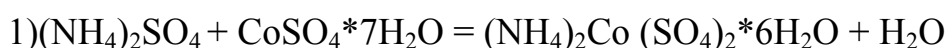
-(NH_4) $_2\text{SO}_4$

-(NH_4) $\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Изначально как и в другом виде деятельности просто необходимо подготовиться к предстоящим испытаниям, итак, Синтез прекурсоров:

(NH_4) $_2\text{M}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (где М - Со или Mg)

Очень странно, но по законам природы при попадании небольшого количества (NH_4) $_2\text{SO}_4$, разведенного в воде и доведенного почти до кипения соли $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ или $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, образуется небольшое количество кристаллов очень мелких и трудноотличимых друг от друга (кстати, в случае с кобальтом образуется нечто напоминающее воду розоватого цвета, с кристалликам такого же цвета, что не может не радовать каждого в любой миг их созерцания), но потом чудесным образом количество порошка становится все больше и больше, я очень надеялся что это связано только с охлаждением раствора, и если внимательно прочесть справочник химика том 3, то можно увидеть что именно так оно и есть, поэтому мои надежды не пропали даром. После того, как я подслушал разговор соседей, то моей радости не было предела, ведь соединения состава (NH_4) $_2\text{Co}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и (NH_4) $_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ носят прекрасное имя «шенины».

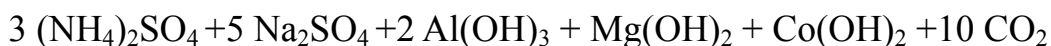
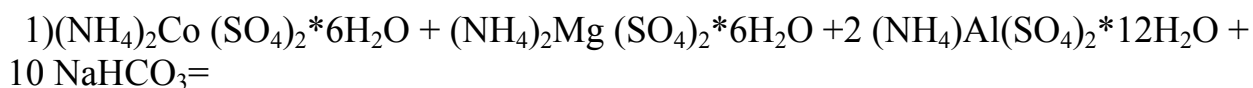


гидрокарбонатный метод:

Как то раз я услышал от одного многоуважаемого человека про гидрокарбонатное соосаждение, как выяснилось позже смысл этого метода несет любое живое существо, ведь жизнь основана на растворах и именно ими мне и пришлось заниматься. А ведь на самом деле это так ужасно жить и осознавать, что совершенно случайно каждая клетка организма может получив небольшую, но очень смертельную дозу гидрокарбоната натрия выпадет в осадок и навсегда погибнет, но, к счастью, все мои тревоги были развеяны, и все, опять же, благодаря матушке-природе. Я поясню, ведь осадок выпадает только в случае смешения нужных и правильных компонентов, например, для проведения своего жизненного опыта взял смесь шенитов $(\text{NH}_4)_2\text{Co}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaHCO_3 и $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (да уж, постаралась природа на благо человека, и по совершенно нелогичной причине количество гидрокарбоната нужно взять в несколько большем количестве, около 20%, если все все-все пересчитывать на массу). Я могу рассказать вам о том, как я узнал название подобного чуда Земли, но не буду, ибо такие размышления слишком близко воспринимаются и становятся чем то личным, наверное, это слово «Квасцы» у всех вызвало тот же трепет что и у меня.

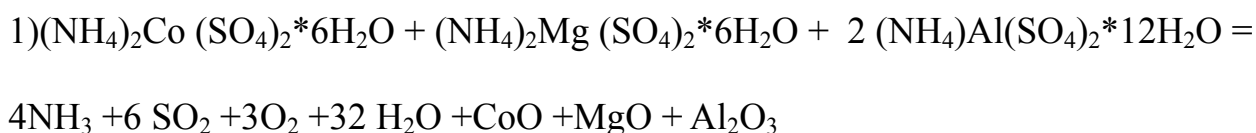
Но вернемся к главной теме, как я уже и рассказывал, все происходит в растворе, но не так все просто, изначально нужно нагреть воду(простую воду) до кипения а потом разом высыпать всю смесь, смесь же берется ровно в том составе в котором пожелает ваша душа, ведь не так-то просто предугадать человеческие желания, ну не об этом. А для более легкого, почти магического превращения, лучше воспользоваться одним из достижений: магнитной мешалкой. И вы не представляете, как я обрадовался, когда перед моими глазами предстала невероятная картина, там как будто было нарисовано облако, облако нежно-розового цвета, одну из таких картин я видел в далеком прошлом, это был весенний рассвет с точно такими же облаками. Я вспыхнул пламенем ностальгии, и слезы чуть смочили мои щеки. Но дело не дремлет, и сразу же встала задача промывки этого чудесного облака от вредных и омерзительно бесцветных ионов нагло летающих в свободном пространстве, промывка делается при помощи катиона Ba^{2+} , дающего белую муть; она абсолютно так же безвкусна, как и современная культура со всей ее грязью, и сразу же хочется утопить ее в кислоте. Но в какой?! Соляной!!! Кричит в мое замечтавшееся ухо преподаватель, оказывается, BaCO_3 хорошо в ней растворяется, в отличие от сульфата, который остается просто вылить. Тяжелый этап промывки миновал, и далее нужно отфильтровать все, что получилось, и нарушить ту великолепную гармонию, установившуюся в стакане. Казалось бы: стакан, что может быть обычнее него? Но даже там появляется то, что мы, люди, называем «красота».

Даже фильтрование на бумажном фильтре - не конец тем издевательствам, которые уготовили судьба и учебный план, нужно еще и прокалить все то, что было создано, сначала на газовой горелке, потом можно и в муфельной печи. Ах...А в результате то что??? а я отвечу - прав был один великий человек, когда сказал, что все уродство этого мира подобно гусенице, перерождающейся в бабочку, приобретает прекрасные черты. И так была получена шпинель.



Твердофазный метод

Не буду вам врать, но не занимался я этим методом, не сложились обстоятельства, но все-таки голос внутри меня, просит написать все, что я успел узнать, просит описать все, что я видел и пережил. Произошло это давно. На дворе стоял холодный дождливый день, и тогда совершилось то чего так долго жаждало зло, чего желал сам Мефистофель, это грязное порождение тьмы, черная сторона того что мы зовем богом. И в тот самый день Огонь воцарился на Земле, пламя беспощадно уничтожало все (при температуре 500°C) что встречалось на пути, все что было так дорого людям, то что было результатом созидания $(\text{NH}_4)_2\text{Co}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ развалилось в прах, с выделением газа (NH_3 , SO_2 , O_2 , H_2O) и воды в атмосферу вытяжного шкафа. Казалось что все уже прошло, но какими же были наивными все мы, и даже не представляли что впереди еще то что на самом деле было уготовлено Люцифером - отжиг при 900°C и 1200°C. Но планы великого демона рухнули, он забыл что на пепле растет новая жизнь, и таким образом была рождена Шпинель, истинная чистота этого мира, символ и воплощение доброты.



Оксолатное Соосаждение

Моя повесть началась с того что я пусть не напрямую, но изъявил свое равнодушие к системе $\text{Mg}_x\text{Co}_{1-x}\text{O}$. Истинные чувства всегда прекрасны, и стыдиться их есть самый большой грех. Я скажу вам, что я же не всегда был честен, я подслушал метод синтеза у своих соседей, когда они беззаботно разговаривали о своей нелегкой жизни, но делал вид, как будто сам создал этот

метод, и как первооткрыватель пытался делать все методом проб и ошибок, пока Великий не наставил меня на путь истинный, он (путь) пересекается со стадиями духовного совершенствования в традициях восточных религий. Например, йога и индуизм, где каждая следующая ступень невозможна для достижения, если не достигнута предыдущая, в первую очередь, перед занятием духовным саморазвитием важно понять философию религии, прочувствовать ее до конца и занести в свою душу как истину. В качестве такой истины я принял плохую растворимость оксалатов 2-х зарядных катионов металлов (Mg Co).

Первая стадия совершенствования - шениты (Mg и Co) и оксалат аммония - берутся и растворяются, при нагревании в воде.

Вторая стадия - растворы сливаются в один стакан, настолько медленно и мягко, что не должен дрогнуть ни один мускул.

Третья Стадия основана на физическом невмешательстве, а только на терпении: с течением времени выпадает осадок.

Четвертая стадия - нужно процедить все свои знания через призму стеклянного фильтра и водоструйного насоса и найти символы в своей жизни и понять их, все несет смысл.

Пятая стадия - только сила воли, не каждый способен силой мысли начать управлять мирозданием, но лишь истинный мастер йоги способен силой мысли высушить отфильтрованные знания смеси оксалатов.

Шестая стадия - как известно все, что есть в этом мире, находится под руководством бога, каждый из нас есть часть бога, и когда ты это поймешь, то сможешь повелевать стихиями, и раскалишь смесь оксалатов до температуры 300°C.

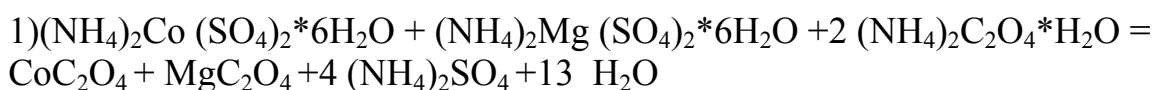
Седьмая стадия – пойми: все что, ты достиг и собери это воедино и запиши в журнал, о том что получился коричневатый порошок, разной цветовой насыщенности.



$Mg_{0,95}Co_{0,05}O$



$Mg_{0,1}Co_{0,9}O$



Результаты синтеза

Ах, и как же возрадовалось мое сердце когда все нелегкие испытания были пройдены, дело осталось за малым: нужно подвести итог и попытаться хотя бы частично оценить все что было получено, но для начала нужно выяснить сколько было принесено в жертву и сколько было добыто в пламени борьбы за

великолепное чувство красоты (все расчеты велись на $m=1$ г. конечного продукта)

- $Mg_{0,1}Co_{0,9}Al_2O_4$ (900° гидр. 1200°C)(0,7 г.)
- $Mg_{0,6}Co_{0,4}Al_2O_4$ (900°C гидр.)(0,82 г)
- $Mg_{0,8}Co_{0,2}Al_2O_4$ (900°C гидр.)(0,86 г)
- $Mg_{0,95}Co_{0,05}O$ (900°C)(0, 91 г)
- $Mg_{0,9}Co_{0,1}O$ (900°C ,1200°C)(0,77 г)
- $Mg_{0,5}Co_{0,5}O$ (900°C, 1200°C)(0,83г)
- $Mg_{0,1}Co_{0,9}O$ (900°C)(0,73 г)

Всего потрачено реактивов :

- $(NH_4)_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ - 26,31 г.
- $(NH_4)_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ - 16.93 г.

- $(NH_4)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ - 34.2 г.
- $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ – 11.1 г.
- $NaHCO_3$ - 13.3 г.

Остаток прекурсоров -

- $(NH_4)_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ - 1,07 г.
- $(NH_4)_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ — 7, 3 г.

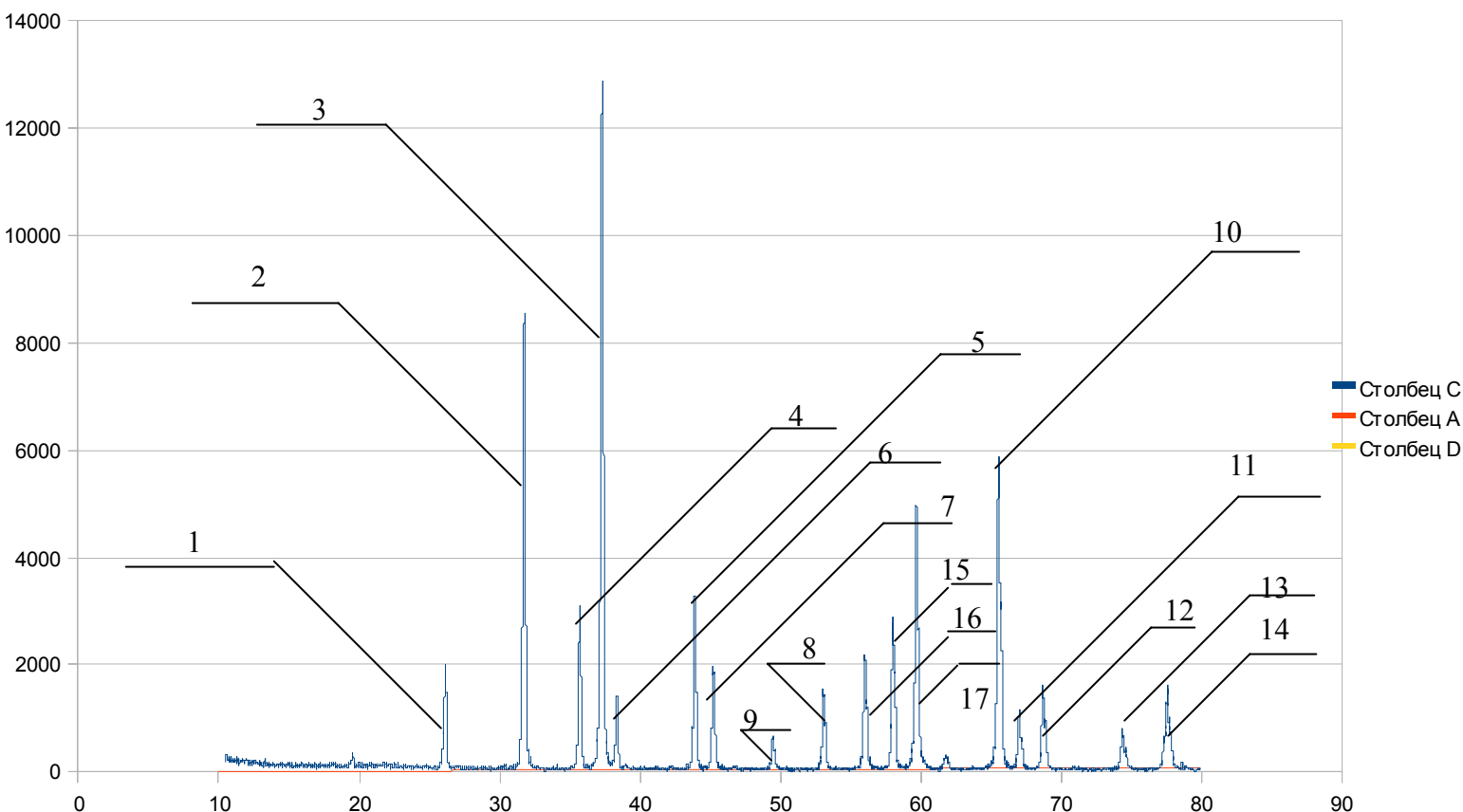
Отдельно были получены вещества(пусть не мной но все таки получены):

- $Mg_{0,2}Co_{0,8}Al_2O_4$ (900°C, 1200°C тв.ф.)
- $Mg_{0,4}Co_{0,6}Al_2O_4$ (900°C, 1200°C тв.ф)
- $Mg_{0,9}Co_{0,1}Al_2O_4$ (900°C, 1200°C тв.ф)

Результаты:

Даже тяжело вспоминать те ужасные мгновения, когда я с тяжелым сердцем и болью в душе отдавал некоторые вещества на рентгенофазовый анализ, но где-то в глубине себя я понимал, что это необходимо, ведь подобное тоже часть испытания, пусть сурового. И мне нужно его пройти, как и любому другому из нас, и вместе мы сможем перенести все невзгоды, ведь объединяет нас намного больше, чем разделяет, и все это приносит несоизмеримую радость в мою жизнь, разве только... Вы ведь знаете, что иногда бывает и не так, например... Очень часто в мире были случаи предательства, порой очень жестокие и вероломные, и началось все с Иуды Искарота, он стал символом коварства и эгоизма, корысти, и, что самое страшное, он очернил лицо иудейского народа, показав свою жажду денег (ведь никогда ни один еврей не продавался за деньги), тем самым навлек на этот этнос тяжелые испытания, в виде десятидневного практикума. Итак, мне пришлось расстаться с $(Mg_{0,1}Co_{0,9}Al_2O_4$ (1200° гидр.), $Mg_{0,6}Co_{0,4}Al_2O_4$ (900°C гидр.), $Mg_{0,1}Co_{0,9}O$ (900°C), $Mg_{0,5}Co_{0,5}O$ (1200°C))

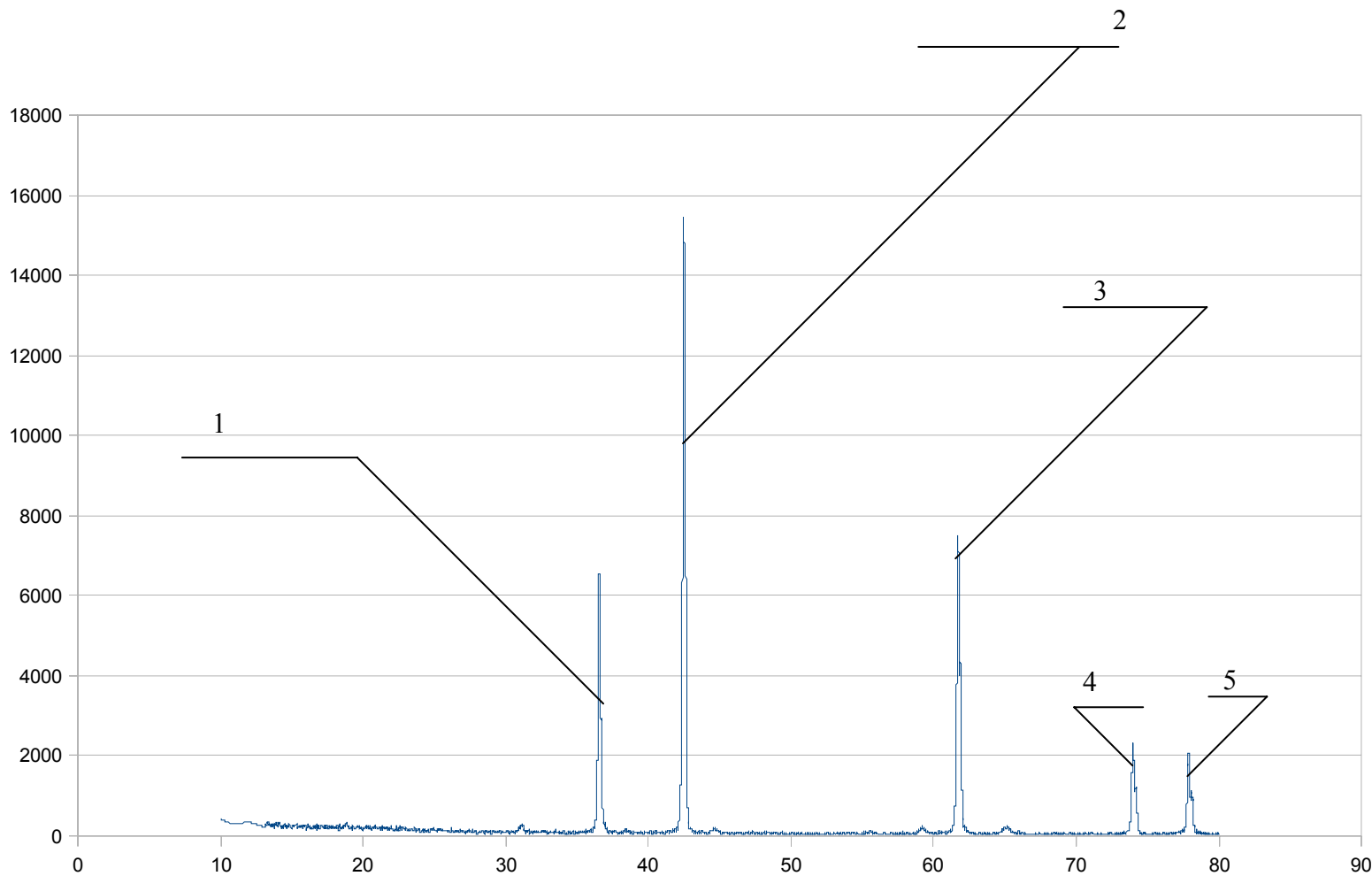
$(\text{Mg}_{0,1}\text{Co}_{0,9}\text{Al}_2\text{O}_4$ (1200° гидр.)



Данное произведение гениального живописца повествует нам о том ,что не все в жизни именно так как хочется, ведь только искусный мастер мог замаскировать среди пиков MgAl_2O_4 и CoAl_2O_4 коварные выступы чистого Al_2O_3 для простоты отмеченные номерами 1,4,6,5,11,12,15. Ах.. как страшно видеть оксид алюминия, который не вошел в состав твердого раствора, видно что слишком уж он тревожит ум великого гения искусства, ведь его явно

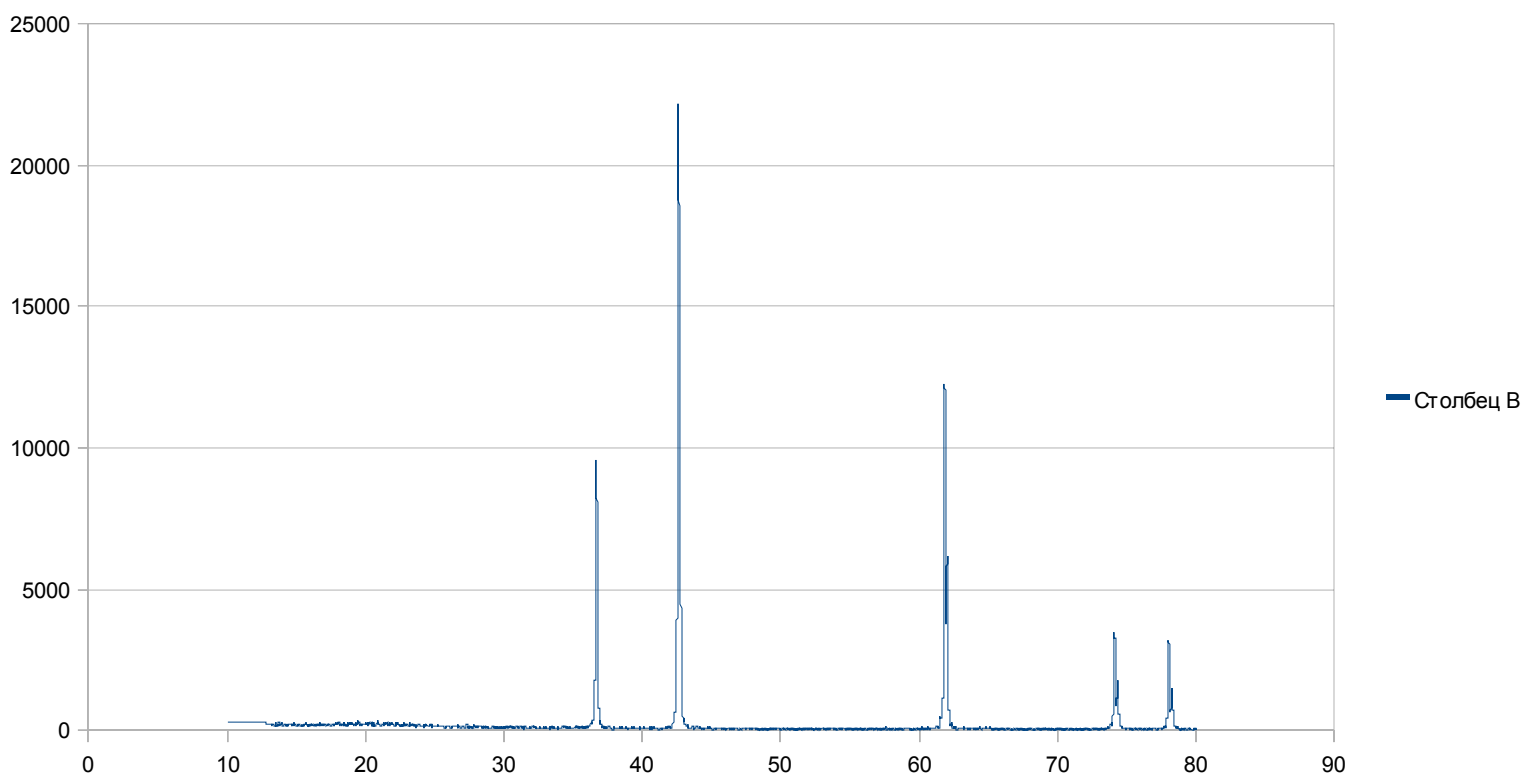
избыток, и эти иглы колют меня в самое сердце, оставляя там кровоточащие раны, которым, наверное, не суждено зажить. Но не все так плачевно как может показаться простому человеку, присмотритесь и вы увидите, что Живописец оставляет нам надежу под номерами 2,3,7,16,17,10,13,14 .С сыновьей нежностью он вырисовывает прекрасные иглы соответствующие MgAl_2O_4 , и CoAl_2O_4 . Диаграмма повествует нам о том, как прекрасно подходит муфельная печь и температура 1200° для полной гомгенизации стехеометричной смеси, и как прекрасно то, что других столь же ярко выделяющихся примесей мы не можем наблюдать. Конечно же, сложен замысел господень, но все что мы можем это лишь отражать все, что видим или ощущаем через живопись или иной вид творчества, как это сделал непревзойденный мастер кисти.

$\text{Mg}_{0,1}\text{Co}_{0,9}\text{O}$ (900°C)

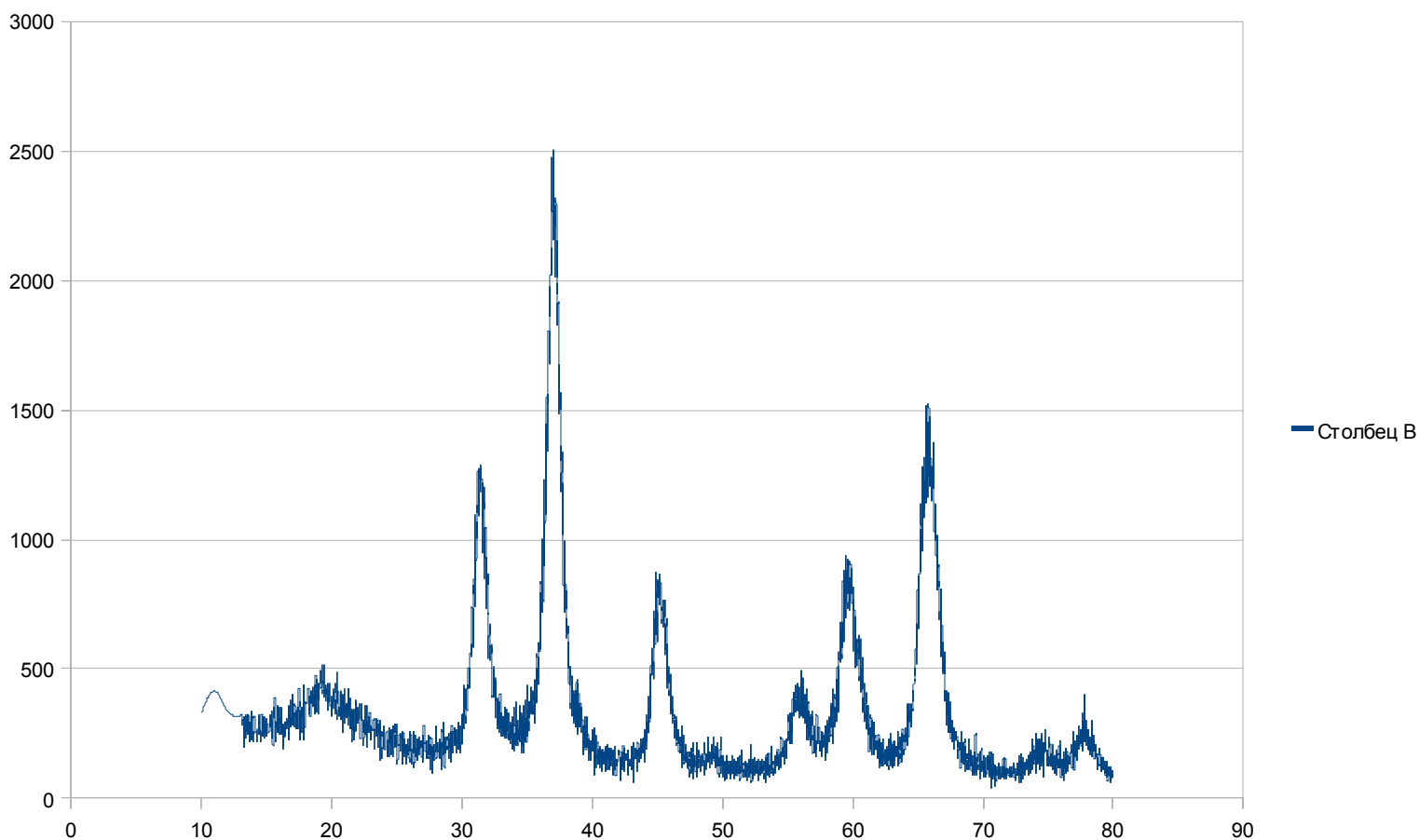


В подобной диаграмме мы можем наблюдать, великолепную картину, вызванную в наших душах благодаря лишь странному совпадению, описывающему случай, когда практически лишь очень хрупкие обелиски стоят между твердыми столбами оксида кобальта и оксида магния. Разве можно наблюдать нечто подобное в мирской жизни? Конечно же, нет. Немного идиализированная картина, пусть он и нарисовал несколько совершенно незаметных бугорков, но для этого тоже есть объяснение. Как говорилось, «даже в совершенстве можно усмотреть изъян, именно в том, что это — совершенство», не каждому дано понять эту фразу, но система хорошо гомогенизирована при 900°C. И все это — лишь искренние чувства все того же великого художника, который проводит свою затворническую жизнь в комнате 59с, и уже несколько лет подряд не выходя оттуда, и ни разу не приняв пищу, он на протяжении многих лет вырисовывает и доносит до нас свое мирозерцание. Таких людей обычно называют истинными художниками.

$\text{Mg}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}$ (1200°C)



При виде чего-то подобного мой разум мутнеет, а в голове вертятся беспорядочные мысли, сердце охватывает радость. Конечно, подобную картину мы видели несколько ранее, но здесь она доведена до совершенства, не столь цветопердачей, или замыслом, сколько техникой. Тут мы не увидим чего-то нового, но заметим только очень тонкую технику и кропотливую работу.



$\text{Mg}_{0.6}\text{Co}_{0.4}\text{Al}_2\text{O}_4$ (900°С гидр.)

Ах, разве можно устоять перед этой наглостью, смелостью решения, просматривается чистая энергия и безудержная сила, я даже не побоюсь слова страсть, кстати, посвящен этот кадр шпинели. А как мы помним, если бы данное произведение относилось не к шпинелям, то художнику можно поставить памятник. Но все-таки, для такой спокойной и очень тонкой структуры как шпинель, слишком агрессивно, может если и хотелось бы автору высказать что-то новое, то, во всяком случае, он рушит понятия об очень аккуратной и требующей терпения теме как полудрагоценные камни. Слишком много фона, по картине мы можем проследить душевное состояние создателя, оно явно не спокойное и слишком аморфное, наличие лишних максимумов заставляет непосвященного задуматься, а не загомогенизировалась ли система до конца? И все-таки, какими дураками мы являемся, если пытаемся критично оценить творчество – смысл искусства в его иррациональности, а не в критичности. Это так же, как и с искренним восхищением и по порыву чувств решать уравнение, выглядит это смешно, а уж результат может быть только один: очень красивый, но неправильный ответ.

Итог:

Все чувства, что мы с вами накопили за этот нелегкий практикум должны вылиться в совершенно нелегкую добычу результатов параметра кристаллической решетки. По моим совершенно скромным данным, попытка просчета таких свойств вызывает волну восхищения, своей детской и местами игривой глупости, как бы заставляя нас углубляться все дальше в вопросы взросления, а что есть взросление? Почему некоторые великие люди и в 40 лет были веселыми озорниками, а кто-то уже в 12 лет возглавлял серьезные военные операции, безусловно, взросление это только самосознание, а как иначе объяснить то наивное поведение взрослых людей, которое мы видим вокруг себя, все это не может не огорчать. С другой же стороны, мое сердце разбивает и жестокий процесс изучения кристаллографии. Как может воплощение красоты иметь строгий регламентированный порядок, ведь все великолепие окружающего в хаотичности, и только хаотично выстроившаяся симметрия имеет право называться чудом, ведь ничто не угнетает нас больше чем монотонность и ничто не возносит нас выше чем нелогичность.

А параметр решетки считается по формуле

$$d=N/2*\sin(2O) ,$$

где «2O» это угол, и одновременно ось X в диаграмме рентгенофазового анализа, N-длина волны, странным образом происходящая из различных атомов металла, но к сожалению я упустил тот единственный момент спросить Посвященного, какое числовое значение она имеет, и с каким работает Тот самый художник, а d- межплоскостное расстояние, так как чудодейственным образом наша природа распорядилась так, что элементарная ячейка шпинели представляет собой куб, расчет стороны происходит по формуле

$1/d^2=(h^2+k^2+l^2)/a^2$, и как может заметить наш острый глаз можно слегка исказить уравнение и получить нечто интересное(открою секрет а – искомая нами величина, и для каждого пика она будет своя, но так как все что я умею это находить среднее арифметическое , поэтому обостренное чувство прекрасного подсказывает мне, что нужно усреднить все те параметры которые могли бы найтись)

$a=\sqrt{(h^2+k^2+l^2)*d^2}$, к тому же как выяснилось параметры h,k,l — задаются все тем же рисунком, неправда ли изумительно, когда вскрываются призрачные свойства картин.

И как оказалось, все не так уж и просто, если раскопать это дело, то можно понять что радиус иона кобальта в тетраэдрическом окружении несколько больше радиуса магния в тех же условиях, что не может не волновать, потому что более большой кобальт искажает всю структуру решетки, и, соответственно, меняет ее параметры, растягивая. Хочется сказать- «Злодей», но не спешите! Ведь именно ионы кобальта придают совершенно замечательный цвет шпинели

Уничтоженное:

1-пробирка

1-чашка фарфоровая

1-алундовый тигель

За каждый разбитый предмет готов раскаться и понести суровое наказание.

Используемая литература

-Справочник химика том 3

-Официальный сайт геологического факультета

-Неофициальный сайт сообщества ювелиров

-Реферат по теме «шпинели» студента Кубанского государственного университета, химического факультета.

-Энциклопедический сайт по химии