

Научно-исследовательская работа

Химия

ФРАКТАЛЫ В ХИМИИ

Выполнила:

Алмадакова Софья Вячеславовна
учащаяся 11 класса
МБОУ «СОШ № 51», Россия,
г. Прокопьевск, Кемеровская область-Кузбасс

Научные руководители:

Вилисова Галина Васильевна,
учитель химии
Назарова Галина Митрофановна,
библиотекарь
МБОУ «СОШ № 51», Россия,
г. Прокопьевск, Кемеровская область-Кузбасс

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Теоретическая часть	
1.1 Бенуа Мандельброт- основатель теории фракталов	5
1.2. Свойства и классификация фракталов	7
1.3. Применение фракталов	9
1.4. Фрактальность химических соединений	10
Глава 2. Практическая часть.....	11
Заключение.....	14
Список литературы.....	15
Приложения	16

Введение

Самые гениальные открытия в науке способны кардинально изменить человеческую жизнь. Совсем недавно (в масштабе человеческой эволюции) мы научились «укрощать» электричество — и теперь не можем себе представить жизнь без всех этих удобных устройств, использующих электроэнергию. Но есть и такие открытия, которым мало кто придает значение, хотя они тоже сильно влияют на нашу жизнь.

Одно из таких «незаметных» открытий — фракталы. Вам наверняка доводилось слышать это запоминающееся слово, но знаете ли вы, что оно означает и как много интересного скрыто в этом термине?

Слово “fractal” означает разбитый, т. е. поделенный на части. Одним из определений фрактала является следующее: фрактал — это геометрическая фигура, состоящая из частей и которая может быть поделена еще на части, каждая из которых будет представлять уменьшенную копию целого. Очень многие органические и неорганические формы в природе формируются аналогично. Облака, морские раковины, «домик» улитки, кора и крона деревьев, кровеносная система и так далее — случайные формы всех этих объектов могут быть описаны фрактальным алгоритмом.

Наглядным примером фрактала является всемирно известная «Матрешка». Присмотревшись внимательно можно увидеть принцип фрактальности, когда все фигурки деревянной игрушки выстроены в ряд, а не вложены друг в друга.

В нашей жизни фракталы встречаются практически на каждом шагу. Мы наблюдаем их в природе, медицине, экономике, графическом дизайне, физике и химии.

Мы предположили, что в школьной химической лаборатории возможно создать дендриты металлов и солей, которые обладают фрактальными свойствами. Это и стало нашей **гипотезой**.

Цель работы: изучение основ фрактальной теории и выращивание дендритов солей различных веществ в школьной лаборатории.

Объект исследования: Дендриты различных веществ.

Предмет исследования: изучение фрактальных свойств дендритов.

Задачи:

1. Проанализировать литературу по теме исследования.
2. Познакомиться с фракталами различных видов.
3. Получить фракталы некоторых веществ в школьной лаборатории.
4. Изучить области применения фракталов.

Методы исследования: частично-поисковый, исследовательский и анализ

Практическая значимость: вызвать интерес учащихся к изучению одной из самых мало изученных тем - «Фракталы»

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Бенуа Мандельброт- основатель теории фракталов

Отцом теории фракталов считается Бенуа Мандельброт — французский математик, основатель и ведущий исследователь в области фрактальной геометрии. Лауреат премии Вольфа по физике. Бенуа Мандельброт родился в Варшаве в 1924 году в семье литовских евреев. После начала войны Мандельброты бежали на свободный от оккупации юг Франции, в городок Тюль. Там Бенуа Мандельброт пошел в школу, но вскоре потерял интерес к учебе. Поэтому к шестнадцати годам он еле знал алфавит и таблицу умножения до пяти. Но со временем у Бенуа Мандельброта открылся необычный математический дар, который позволил ему сразу после войны стать студентом Сорбонны. Оказалось, что у Бенуа великолепное пространственное воображение. Он даже алгебраические задачи решал геометрическим способом. Оригинальность его решений позволила Бенуа Мандельброту поступить в университет. Окончив университет, Бенуа Мандельброт в 1958 году переехал в США, где приступил к работе в научно-исследовательском центре ИВМ в Йорктауне.

При жизни Бенуа Мандельброт говорил, что он не занимается формулами, а просто играет с картинками. Этот человек мыслил очень образно. Неудивительно, что именно он и стал отцом фрактальной геометрии. Ведь осознание сути фракталов приходит именно тогда, когда начинаешь изучать рисунки и вдумываться в смысл странных узоров-завихрений. Работая в ИВМ, Бенуа Мандельброт ушел далеко в сторону от чисто прикладных проблем компании. Он работал в области лингвистики, теории игр, экономики, авиации, географии, физиологии, астрономии, физики. Ему нравилось именно переключаться с одной темы на другую. Считается, главный его труд — это книга «Фрактальная геометрия природы». Умер Бенуа Мандельброт 14 октября 2010 году в Кембридже в возрасте 85 лет.

1.2. Свойства и классификация фракталов

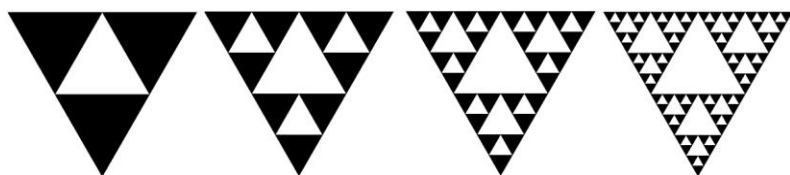
Само слово «фрактал» появилось благодаря Бенуа Мандельброту. Он сам придумал этот термин в семидесятых годах прошлого века, позаимствовав слово *fractus* из латыни, где оно буквально означает «ломанный» или «дробленный». Что же это такое? Сегодня под словом «фрактал» чаще всего принято подразумевать графическое изображение структуры, которая в более крупном масштабе подобна сама себе.

Основные свойства фракталов:

- они имеют тонкую структуру, т. е. содержат произвольно малые масштабы,
- они слишком нерегулярны, чтобы быть описанными на традиционном геометрическом языке,
- они имеют некоторую форму самоподобия, допуская приближённую, они имеют дробную "фрактальную" размерность.

Существует классификация фрактальных структур. Рассмотрим основные из них: геометрические, алгебраические, стохастические и природные фракталы.

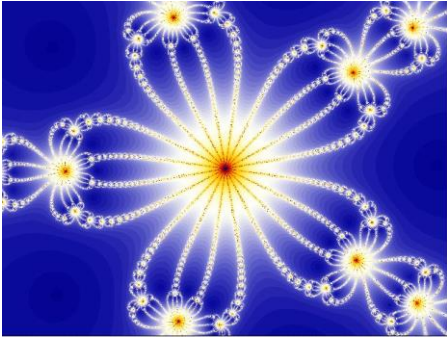
Геометрические фракталы. Именно с них началась история фракталов. Такие фракталы – одни из самых наглядных, в них сразу видна самоподобность частей, и получаются они путем простых геометрических построений. К геометрическим фракталам относятся: треугольник Серпинского, снежинка Коха и др.



Треугольник Серпинского

Вторая большая группа фракталов - **алгебраические**. Свое название они получили, за то, что их строят, используя простые алгебраические формулы.

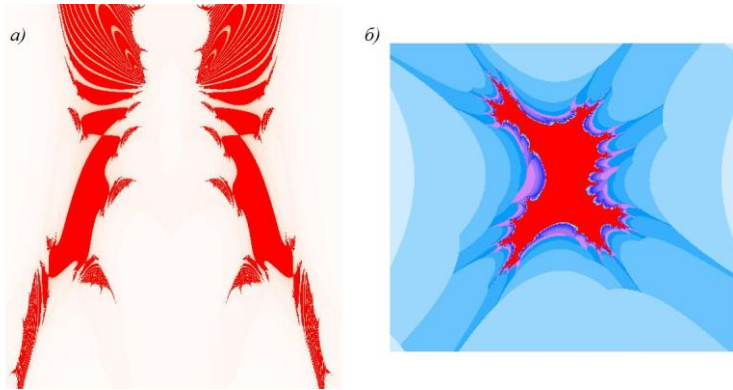
Самыми известными из них являются множества Мандельброта и Жюлиа, бассейны Ньютона и т.д.



Бассейн Ньютона

Стохастические фракталы

Термин "стохастичность" происходит от греческого слова, обозначающего "предположение". При построении таких фракталов случайным образом изменяют некоторые параметры, определяющие структуру фрактала. При этом можно получить объекты, очень похожие на природные, которые демонстрируют несимметричные деревья, изрезанность береговых линий, модели рельефов местности и поверхности морей.



Фрактальные объекты природы

Наиболее понятны для нас так называемые природные фракталы - кораллы, морские звезды и ежи, морские раковины, цветы и растения (брокколи, капуста), ананас, береговые линии, горные хребты, снежинки, облака, молнии, морозные узоры на оконных стёклах, кристаллы. Эти все природные образования имеют фрактальную структуру.

Что это значит?

Если посмотреть на фрактальный объект в целом, затем на его часть в увеличенном масштабе, потом на часть этой части, то нетрудно увидеть, что они выглядят одинаково.

Лук – фрактал, который заставляет плакать. Конечно, фрактал он незамысловатый: обычные окружности разного диаметра, можно даже сказать примитивный фрактал. Цветная капуста - типичный фрактал. Рассмотрим строение цветной капусты. Если разрезать один из цветков, очевидно, что в руках остаётся всё та же цветная капуста, только меньшего размера.



Природные фракталы

Человек – это фрактал. Рождается ребенок, растет, и этот процесс сопровождается принципом «самоподобия», фрактальностью.

1.3. Применение фракталов

В наши дни теория фракталов находит широкое применение в различных областях человеческой деятельности. Помимо фрактальной живописи фракталы используются в теории информации для сжатия графических данных.

Добавляя в формулы случайные возмущения, можно получить стохастические фракталы, которые весьма правдоподобно передают некоторые реальные объекты — элементы рельефа, поверхность водоемов, некоторые растения, что с успехом применяется в физике, географии и компьютерной графике.

В радиоэлектронике в последнее десятилетие начали выпускать антенны, имеющие фрактальную форму. Занимая мало места, они обеспечивают вполне качественный прием сигнала. А экономисты используют фракталы для описания кривых колебания курсов валют

Геометрические фракталы применяются для получения изображений деревьев, кустов, береговых линий и т. д.

Алгебраические — при построении ландшафтов, поверхности морей, карт раскраски, моделей биологических объектов и др.

Фракталы используются в компьютерных играх, в медицине, архитектуре, в кино и анимации, в электронной музыке, в литературе и т.д.

В литературных фракталах бесконечно повторяются элементы текста. Всем хорошо известны строки:

У попа была собака,
он ее любил.
Она съела кусок мяса,
он ее убил.
В землю закопал,
Надпись написал:
У попа была собака...

Это и есть литературный фрактал. В физике фракталы применяются очень широко. В физике твёрдых тел фрактальные алгоритмы позволяют точно описывать и предсказывать свойства твёрдых, пористых, губчатых тел, аэрогелей. Это помогает в создании новых материалов с необычными и полезными свойствами. Пример твёрдого тела - кристаллы.

1.4. Фрактальность химических соединений

Дендриты - это расщеплённые скелетные кристаллы. Термин этот давнего происхождения. "Дендритные формы" минералов упоминались еще в 1774 году. Дендрит (от греческого дерево) представляет собой ветвящееся и расходящееся в стороны образование, возникающее при ускоренной или стесненной кристаллизации в неравновесных условиях, когда ребра или вершины скелетного кристалла расщепляются по определенным законам.

Этот процесс образования дендрита, очень похожий на рост настоящего дерева, принято называть дендритным ростом. В качестве примеров кристаллодендритов можно привести ледяные узоры на оконном стекле, живописные окислы марганца в тонких трещинах, самородную медь в зонах окисления рудных месторождений, дендриты самородных серебра и золота...

До появления термина «фракталы» в химии употребляли термин «дендрит» и «дендритные формы». Дендриты (с греческого - дерево) - сложные кристаллические образования, древовидной ветвящейся структуры.

Они ветвятся и разрастаются в разные стороны, подобно дереву. Процесс образования дендрита принято называть дендритным ростом. Дендриты могут быть объёмными или плоскими двумерными. В качестве примера дендритов можно привести ледяные узоры на оконном стекле.

К дендритам относятся и снежные кристаллы. Слово «кристалл» в переводе с греческого языка означает «лед». Понятие «дендрит» впервые появилось для обозначения формы именно ледяного кристалла. Одной из первых работ по кристаллизации и симметрии был труд И. Кеплера «О шестиугольных снежинках», опубликованных еще в 1611 г.

В химии есть много интересных опытов получения дендритов металлов и солей, таких как «дерево Сатурна», «дерево Юпитера» и «дерево Дорфмана и другие. Выращивание фракталов — очень интересное занятие. Смотришь, вроде нет ничего, и вот спустя несколько минут появляются иглы, затем они начинают ветвиться, а через некоторое время в сосуде вырастают деревца.

ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В школьной химической лаборатории мы получили дендриты двух металлов, меди и серебра, а также дендриты некоторых солей.

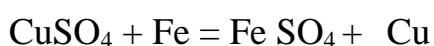
Опыт 1. Получение дендритных кристаллов меди.

Оборудование и вещества: химический стакан, фильтр, медный купорос, поваренная соль

1. На дно химического стакана насыпаем слой медного купороса толщиной 1,5-2 см.
2. Затем насыпаем слой поваренной соли (лучше крупного помола). Соли нужно взять втрое больше, чем медного купороса.

3. Сверху насыпаем мелкие железные или стальные предметы: мелкие гвозди, скрепки, кнопки и т.д.
4. Осторожно заливаем получившийся «слоеный пирог» насыщенным раствором поваренной соли, охлажденным до комнатной температуры (раствор должен полностью покрывать металлические предметы).
5. Накрываем химический стакан листочком фильтровальной бумаги для защиты от пыли.
6. Через неделю увидели рост первых дендритов меди вдоль стенок химического стакана.

Практически сразу слои солей окрасились в зеленый цвет, что связано с образованием в слоях хлорида меди CuCl_2 . Затем начали образовываться в слое хлорида натрия розовые нити-дендриты меди, которые напоминают удивительные веточки.



После того, как дендриты достигнут длины в несколько сантиметров, осторожно промываем содержимое химического стакана горячей водой и (очень осторожно, чтобы не сломать) извлекаем получившиеся дендриты. Сразу после извлечения покрываем дендриты слоем бесцветного лака.

Опыт по выращиванию дендритов меди был начат 26 января и закончен 2 марта.

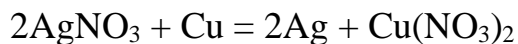
Опыт №2. Получение дендритных кристаллов серебра.

Оборудование и вещества: Нитрат серебра и медная проволока, пробирка, лабораторные весы, цилиндр, химический стакан.

Техника безопасности: так как нитрат серебра оставляет на коже тёмные пятна, с ним необходимо работать в перчатках.

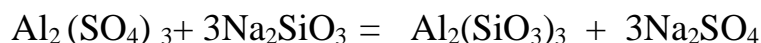
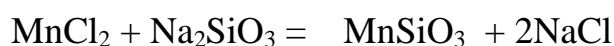
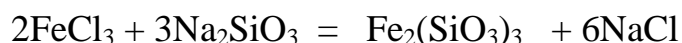
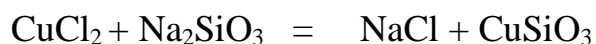
Выполнение эксперимента. Приготовили в чистом лабораторном стакане 1% раствор нитрата серебра (на 100 г воды, которую отмерили мензуркой- 100 мл, взяли 1 г чистого нитрата серебра, взвешенного на весах). Налили часть

раствора в пробирку и опустили спирально закрученную медную проволоку. Наблюдали и фотографировали получаемый процесс. Сначала проволока потемнела, затем на ней стали осаждаться частицы чистого серебра, частицы как иголки прилипали друг к другу, они были очень хрупкие, осаждались в виде дендрита.



Опыт № 3 Коллоидный сад или «химические водоросли».

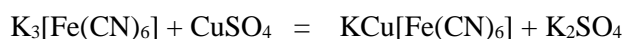
В химические стаканы налить силикатный клей, разбавить его водой, соотношение 1:1. В каждый стакан добавить по щепотке хлоридов: меди, железа, марганца и сульфата алюминия. Со временем в стакане наблюдали рост «химических водорослей», которые состоят из нерастворимых силикатов металлов и напоминают настоящие нитчатые водоросли. Цвет водорослей зависит от металла. Соли меди дают голубые водоросли, железа (III) – коричневые, алюминия – белые, марганца – бежевые.



Опыт № 4. Цианоферратные водоросли Ломоносова.

Изумительные "растения", похожие на нитевидные водоросли вырастают в сосудах при взаимодействии в водном растворе гексацианоферрата калия с сульфатом меди (II). Для этого в водный раствор 10-15г сульфата меди(II) CuSO_4 в 100 мл воды опустить кристаллики красной кровяной соли - гексацианоферрата калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Появление водных "растений" связано с реакциями, в которых выпадает в осадок малорастворимая комплексная соль $\text{KCu}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Это соединение покрывает внесенные кристаллики полупроницаемой пленкой. Через пленку просачивается вода из раствора. Давление под пленкой возрастает, в некоторых местах она прорывается, и там начинают расти длинные изогнутые

трубочки - водоросли. Рост продолжается до тех пор, пока не израсходуется весь кристалл внесенной соли.



Опыт № 5. Пейзажи на стекле

Чтобы запечатлеть причудливые узоры из мелких цветных кристалликов солей, существует следующий способ. Нужно приготовить теплый раствор 23г желатина в 100мл воды и 10-15% водные растворы окрашенных солей сульфата меди(II) $CuSO_4$, хлорида кобальта $CoCl_2$ и бихромата калия $K_2Cr_2O_7$. Эти растворы содержат 10-15г каждой соли в 100г воды. Затем раствор желатина нужно смешать с десятикратным объемом раствора соли и вылить смесь на обезжиренную стеклянную пластинку, чтобы получился слой толщиной 2-3 мм. Пластинки оставляем в горизонтальном положении для испарения воды. Через 1-2 дня тонкий слой раствора желатина с примесями солей высыхает, и на стекле появляются причудливые узоры из цветных кристаллов синего, оранжевого и розового цвета.

Опыт 6. Получение дендритных кристаллов хлорида аммония.

Если приготовить раствор хлорида аммония NH_4Cl концентрации (40-50%-ный) и кистью нанести его на чистую стеклянную пластину, то при высыхании получится «морозный узор». Такие узоры могут образовывать и другие вещества, если использовать их разбавленные растворы.

Опыт 7. Получение дендритных кристаллов камфоры и салициловой кислоты.

Игольчатые пушистые кристаллы камфоры или салициловой кислоты длиной 0,3-0,8 см. можно получить, оставив испаряться их спиртовые медицинские растворы (1-2%-ные), разумеется, вдали от огня (работа с органическими растворителями крайне неудобна: они горючи и имеют запах). Для опыта использовался спиртовой раствор камфоры, нанесли раствор на

стекло. Поставили в вытяжной шкаф. На стекле кристаллы в виде «морозного узора» появились через несколько минут.

Чтобы лучше рассмотреть узоры на предметных стеклах мы воспользовались электронным микроскопом, который был сделан выпускниками нашей школы 2017 года Галлингером Владиславом и Вовенко Данилом. Картинки дендритов солей можно хорошо рассмотреть не только на компьютере, но и на большом экране, подключив к компьютеру проектор.

Заключение

Природа так загадочна, что чем больше ее изучаешь, тем больше вопросов появляется. В последние годы с помощью фракталов ученые стали объяснять эволюцию галактик и развитие клетки, возникновение гор и образование облаков, движение цен на бирже и развитие общества. Во всем, что нас окружает, мы часто видим хаос, но на самом деле это не случайность, а идеальная форма, разглядеть которую нам помогают фракталы. Природа — лучший архитектор, идеальный строитель и инженер. Она устроена очень логично, и если где-то мы не видим закономерности, это означает, что ее нужно искать в другом масштабе. Ученые и инженеры это понимают, стараясь во многом подражать естественным формам.

В своей работе мы познакомились с основами фрактальной теории, изучили области применения фракталов, вырастили дендриты металлов и некоторых веществ, в школьной лаборатории. Созданные нами формы привлекательны с эстетической точки зрения. Поэтому мы думаем, что фрактальная геометрия, фракталы в химии станут дополнительным стимулом для учащихся в освоении этих интересных и увлекательных наук. Ведь математика, химия, биология и физика тесно связаны друг с другом, как все на Земле. В заключение хочется сказать, что фракталы хранят в себе немало секретов, и многие из них человеку еще лишь предстоит открыть.

Использованная литература

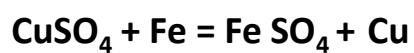
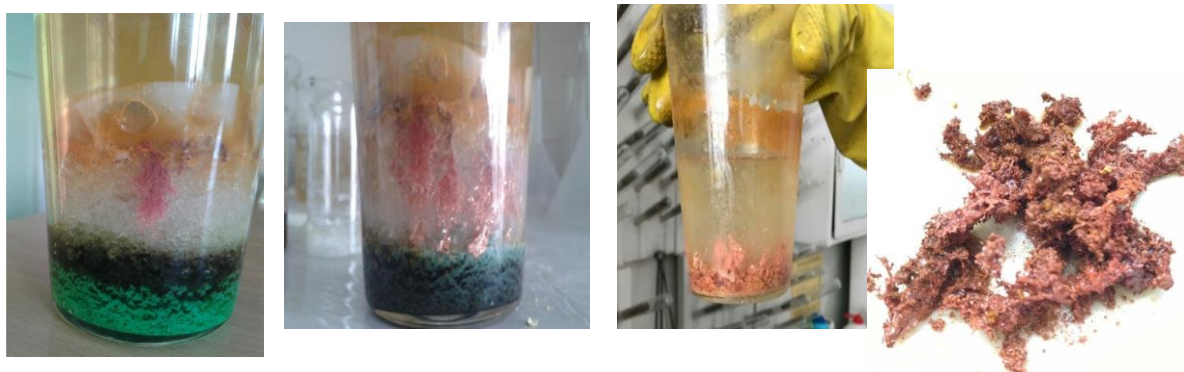
1. Галиулин Р. От мавританских орнаментов к фракталам. // Наука и жизнь, № 8, 1995.
2. Дмитриев А. Хаос, фракталы и информация. // Наука и жизнь, № 5, 2001.
3. Морозов, А.Д. Введение в теорию фракталов. Издательство: Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 160 с.
4. Шкурко, М. И. Занимательные опыты по химии / Сост. М. И. Шкурко. - Минск : Нар. асвета, 1968. - 64 с. : ил.

Список использованных сайтов:

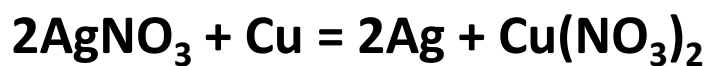
- 1.<http://lib.mexmat.ru/books/419/s2>
- 2.<http://ru.wikipedia.org/wiki/Фрактал>
- 3.<http://3dfractal.ru/stati-o-fraktalah/31.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ

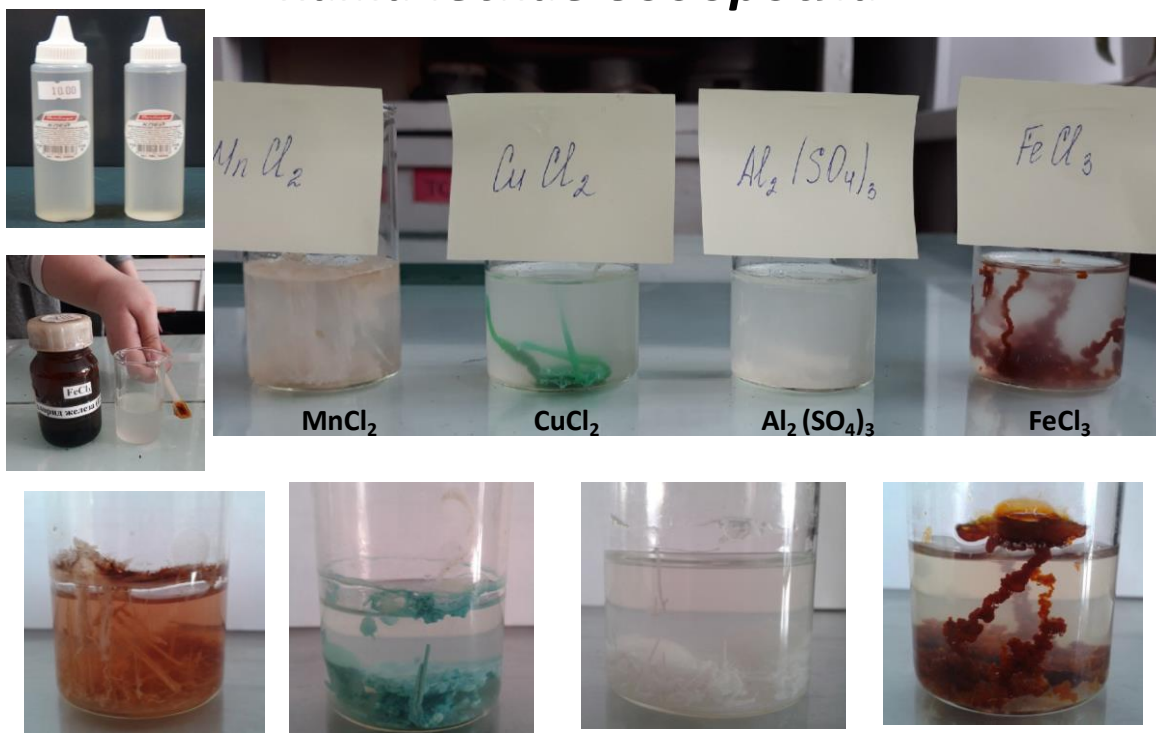
Опыт 1 Получение дендритных кристаллов меди



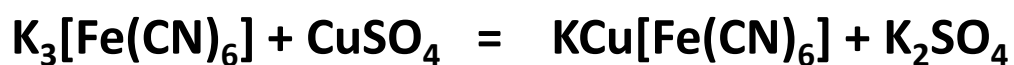
Опыт 2 Получение дендритных кристаллов серебра.



Опыт 3 Коллоидный сад или «химические водоросли»

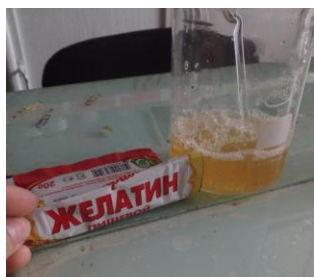


Опыт 4 Цианофератные водоросли Ломоносова



Опыт 5 Пейзажи на стекле

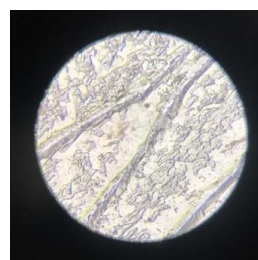
сульфата меди(II) CuSO_4 , хлорида кобальта CoCl_2 (II), бихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$



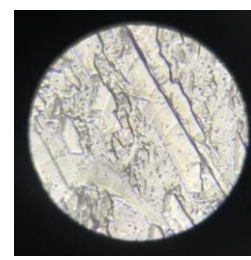
Снимки через обычный микроскоп (x300)



CoCl_2

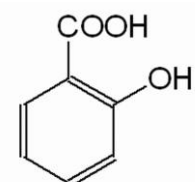
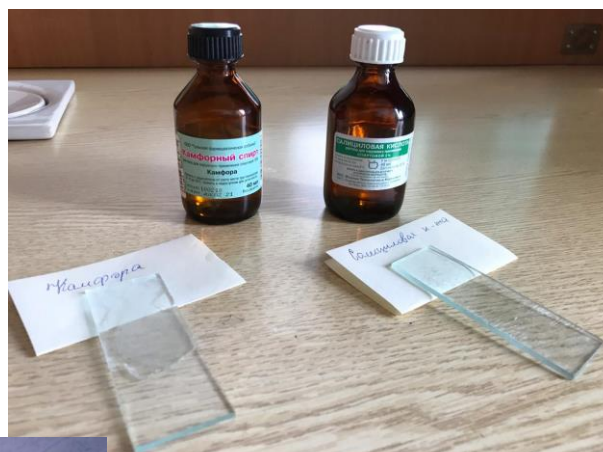
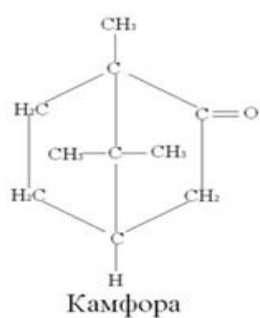


CuSO_4

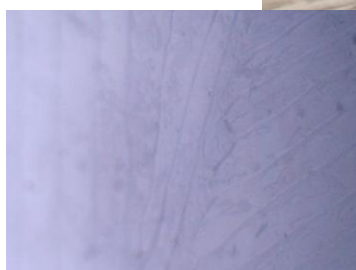


$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Опыт 6 Получение дендритных кристаллов камфоры и салициловой кислоты.



Салициловая кислота



Камфора

Снимки через
электронный
микроскоп



Салициловая кислота

Опыт 7 Получение дендритных кристаллов хлорида аммония NH_4Cl



Электронный микроскоп



