**Муниципальное общеобразовательное учреждение**
**«Тубинская средняя общеобразовательная школа»**
**МОУ «Тубинская СОШ»**

## Итоговый индивидуальный проект

# «Кристаллы»

**Автор:**
**Усова Лолита Евгеньевна,**
**обучающаяся 11 класса**

**Научный руководитель:**
**Павличкова Анна Юрьевна,**
**учитель химии**

**2022**

**Содержание:**


I. Введение. страница 3
   1. Цель страница 3
   2. Задачи страница 3
II. Основная часть. страница 4
   1. Строение кристаллов страница 4
   2. Рост кристаллов страница 4
   3. Науки о кристаллах страница 5
   4. Способы выращивания кристаллов страница 5
   5. Эксперимент по выращиванию кристаллов страница 8
   6. Применение кристаллов страница 8
III. Заключение страница 9
   1. Риск страница 9
   2. Вывод страница 9
IV. Литература страница 9
V. Приложения страница 10

## Пояснительная записка

### Введение

В 2013 году вышел полнометражный мультфильм «Холодное сердце». Этот шедевр покорил многие детские сердца, включая моё. Необычные способности Эльзы – главной героини поразили меня, она обладала даром создавать снег, лёд, кристаллы. И с изучением нового предмета «химия» я поняла, что такая возможность мне доступна.
В 9 классе мною был выбран проект по теме: «Кристаллы», но по ряду объективных причин проект не был завершён, поэтому такая возможность мне представилась в 11 классе и мною получен новый продукт, выращенный в домашних условиях.
Интересно происхождение слова «кристалл». Много веков назад среди вечных снегов в Альпах, на территории современной Швейцарии нашли очень красивые, совершенно бесцветные кристаллы, очень напоминающие чистый лед. Древние натуралисты так их и назвали - «кристаллос», по-гречески - лед; это слово происходит от греческого «криос» - холод, мороз. Полагали, что лед, находясь, длительное время в горах, на сильном морозе, окаменевает и теряет способность таять. Таким образом, кристаллы получили своё наименование благодаря сходству со льдом. Русское название кварца «горный хрусталь» тоже происходит от этого слова. Один из самых авторитетных античных философов Аристотель писал, что «кристаллос рождается из воды, когда полностью утрачивает теплоту».
Трудно установить, когда именно было обнаружено, что кристаллы могут образоваться при высыхании растворов различных веществ, например, раствора поваренной соли или сахара в воде. Во всяком случае, подобные факты были хорошо известны ещё до возникновения научной химии, т.е. во времена расцвета алхимии, и, само собой разумеется, до возникновения минералогии и кристаллографии, обычно датируемого концом 18 века.

**Цель:**
Изучить методы выращивание кристаллов, вырастить кристаллы в домашних условиях и изготовить подарочные украшения.

**Задачи:**
1.Изучить дополнительную литературу
2. Узнать о строении, о росте, применении кристаллов
3. Знать науки о кристаллах
4. Вырастить кристалл в домашних условиях
5. Изготовить подарочные украшения.

## Основная часть

## Строение кристаллов

Понятие кристалла обычно ассоциируется у нас с минералами, имеющими геометрически правильную форму, которая одинакова как для больших, так и для малых кусков минералов. Рассматривая отдельные кристаллы, можно убедиться, что они ограничены плоскими, как бы шлифованными гранями в виде правильных многоугольников.

Кристаллы одного и того же вещества могут иметь различную форму, так как она зависит от условий их образования. Однако для кристаллов каждого вещества характерно постоянство углов между их ребрами и соответственно между их гранями.

Так, кристаллы поваренной соли встречаются в виде кубов, параллелепипедов, призм и даже тел неправильной формы, но всегда в вершине каждого кристалла сходятся три ребра, образующие между собой прямые углы. Измерив углы между всеми гранями неизвестного кристалла, можно по специальному каталогу определить, кристалл какого вещества исследуется (кристаллохимический анализ).

Правильная геометрическая форма кристаллов является результатом упорядоченного расположения частиц (атомов, молекул, ионов), составляющих кристалл. Точнее, частицы колеблются около определенных положений равновесия. Если их мысленно соединить прямыми линиями, то получается своего рода "скелет" кристалла. Такое изображение кристалла называется кристаллической пространственной решеткой. В основе кристаллической решетки лежит элементарная ячейка — фигура наименьшего размера, последовательным переносом которой можно построить весь кристалл.

Для описания строения любого кристалла достаточно изучить строение элементарной ячейки пространственной решетки этого кристалла.

В зависимости от рода частиц, расположенных в узлах кристаллической решетки, и характера сил взаимодействия между ними кристаллы разделяют на 4 типа: ионные, атомные, металлические и молекулярные.

## Рост кристаллов

Многие видные ученые, внесшие большой вклад в развитие химии, минералогии, других наук, начинали свои первые опыты именно с выращивания кристаллов. Помимо чисто внешних эффектов, эти опыты заставляют задумываться на тем, как устроены кристаллы и как они образуются, почему разные вещества дают кристаллы разной формы, а некоторые вовсе не образуют кристаллов; что надо сделать, чтобы кристаллы получились большими и красивыми.

Каждое кристаллическое вещество имеет определенную свойственную ему внешнюю форму кристалла. Например, для хлорида натрия эта форма - куб, для алюмокалиевых квасцов - октаэдр. При росте такой кристалл начнет самостоятельно «залечивать» свои повреждения. Происходит это потому, что «правильные» грани кристалла растут быстрее, «неправильные» - медленнее. Чтобы убедиться в этом, был проведен такой опыт: из кристалла поваренной соли выточили шар, а потом поместили его в насыщенный раствор NaC1; через некоторое время шар сам постепенно превратился в куб!

Если процесс кристаллизации идет не слишком быстро, а частицы обладают удобной для укладки формой и высокой подвижностью, они легко находят свое место. Если же резко снизить подвижность частиц с низкой симметрией, то они «застывают» как попало, образуя прозрачную массу, похожую на стекло. Такое состояние вещества так и называют - стеклообразным. Примером может служить обычное оконное стекло. Стеклообразными могут быть не только силикаты. Так, при медленном охлаждении этилового спирта он кристаллизуется при температуре -113,3° С, образуя белую снегообразную массу. Но если охлаждение вести очень быстро (опустить тонкую ампулу со спиртом в жидкий азот с температурой -196° С), спирт застынет так быстро, что его молекулы не успеют построить правильный кристалл. В результате получится прозрачное стекло.

## Физические науки, изучающие кристаллы

- Кристаллофизика изучает совокупность физических свойств кристаллов.
- Кристаллография изучает идеальные кристаллы с позиций законов симметрии и сопоставляет их с кристаллами реальными.
- Структурная кристаллография занимается определением внутренней структуры кристаллов и классификацией кристаллических решёток.
- Кристаллооптика изучает оптические свойства кристаллов.
- Кристаллохимия изучает кристаллические структуры и их связи с природой вещества

Вообще свойства реальных кристаллов — огромная научная отрасль, достаточно сказать, что все полупроводниковые свойства некоторых кристаллов (на основе которых создаётся точная электроника и, в частности, компьютеры) возникают именно за счет дефектов.

## Способы выращивания кристаллов

Существует множество различных методик выращивания кристаллов. Здесь перечислены основные методы выращивания кристаллов как в промышленности, так и в домашних условиях.

*I. Хорошо и средне растворимые вещества*

1. Медленное испарение растворителя

Основной метод выращивания кристаллов в домашних условиях, в промышленности применяется намного реже - в основном из-за того, что растворимые кристаллы имеют очень ограниченную сферу применения, а также из-за длительности процесса.

Готовится насыщенный раствор вещества в выбранном растворителе. Для этого вещество должно быть хорошо или средне растворимо в нем. Вещество порциями и с длительным перемешиванием добавляется в раствор, пока тот не станет насыщенным.

Обычно готовится горячий раствор с последующим его остыванием, во избежание ситуации, когда раствор близок к насыщению, но не насыщен, а опущенная в раствор затравка кристалла может раствориться через некоторое время.

Либо готовится раствор сразу нужной температуры и оставляется с дополнительной порцией вещества на несколько часов.

Затем в раствор помещается затравка. Она привязывается на нить, ставится на подставку либо просто кладется на дно сосуда.

Сосуд оставляют с открытым горлом на длительное время. Испарение растворителя увеличивает концентрацию вещества в растворе, а т.к. она уже является предельной, то получающийся избыток оседает на кристалле, вызывая его рост.

Также заметное увеличение скорости роста и правильности получающихся кристаллов достигается использованием механизмов для перемешивания раствора либо вращения затравки.

2. Медленное остывание раствора.

Методика близка к первой. Готовится горячий насыщенный раствор, в него помещается затравка. Раствор в сосуде начинает медленно охлаждаться.

В промышленности это контролируется термостатами с заданной программой, дома - укутыванием емкости в полотенца, теплую одежду либо выращивание в термосе или емкости из пенопласта. Сосуд не закрывают герметично во избежание повреждения емкости из-за изменения давления.

В результате уменьшения температуры граница насыщенности медленно понижается, и все большее количество вещества в растворе становится избыточным. Оно оседает на затравку и приводит к росту кристалла.

Таким методом получаются более крупные кристаллы, чем при испарении, но сложнее контролировать их форму и скорость роста. Так же имеются трудности с замедлением

остывания в домашних условиях. Однако, этот метод является часто используемым в промышленности из-за большого выхода и высокой скорости роста.
Аналогично первой методике, использование перемешивания заметно влияет на скорость и правильность роста.

3. Температурный градиент

Готовится насыщенный раствор вещества в достаточно длинной емкости. В верхней половине емкости помещается затравка.
На дно засыпается дополнительная порция вещества.
Сосуд ставится на источник тепла - термостат, нагреватель, батарею. Температура не должна быть высокой, отличия между температурой верха и низа емкости должно быть всего в несколько градусов. Сосуд может быть герметичным, хотя желательно просто накрыть его крышкой во избежание попадания пыли.
В результате нижний слой раствора нагревается, предел растворимости повышается, растворяется часть порции вещества со дна емкости. Этот более теплый слой, благодаря конвекции, медленно поднимается вверх по емкости. Во время движения происходит постепенное охлаждение, поэтому при достижении верха емкости слой становится пересыщенным. Достигая затравки происходит осаждение вещества на ней, кристалл растет.
Метод позволяет получать крупные и достаточно прозрачные кристаллы, но в домашних условиях не так прост в реализации и имеет много подводных камней. В основном из-за трудности постоянного контроля температуры.
Использование вращающегося подвеса для затравки улучшает рост.

*II. Малорастворимые вещества*

1. Рост с одновременным получением

Используются две емкости, соединенные трубкой.
В трубке находится полупроницаемая мембрана либо специальный гель.
В емкости по отдельности заливаются растворы, содержащие реагенты для получения вещества. Для солей это раствор, содержащий нужный катион (ион металла), а в другую - содержащий нужный анион (кислотный остаток).
Во время обычной реакции растворы реагируют быстро и по всему объему, получающиеся вещества практически не образуют кристаллов (либо образуют, но микроскопических размеров).
Гель или мембрана приводят к локализации реакции и её сильному замедлению, поэтому образуются отдельные крупные (все относительно, обычно их размер всего в пару миллиметров) кристаллы.
Большая температура обычно увеличивает скорость реакции, но кристаллы растут более мелкими.
Используется редко, т.к. выход метода низок, и установка требует большого внимания.

2. Гидротермальный метод

Представляет собой тот же самый метод температурного градиента, с той лишь разницей, что вещество растворяется в растворителе при больших температурах и давлении. В таких условиях малорастворимые вещества становятся хорошо растворимыми, что позволяет намного проще обходиться с ними.
В домашних условиях не реализуем из-за трудности воспроизведения нужных условий. Однако в промышленности используется достаточно широко, именно этим методом выращивают кристаллы кварца и синтетического рубина.

3. Раствор в расплаве.

Метод, в котором вместо жидкого растворителя используется расплав некоторых веществ (в основном неорганические соли).
Растворяемое вещество имеет более высокую температуру плавления, но может легко растворяться в расплаве, имеющем гораздо более низкую температуру плавления. К такому высокотемпературному раствору уже можно применять обычный метод температурного градиента или медленного охлаждения.
Широко используется в промышленности для получения кристаллов тугоплавких веществ. В домашних условиях малореализуем.

*III. Нерастворимые вещества*

1. Охлаждение расплава

Используется в случае веществ, не разлагающихся при расплавлении и имеющих относительно низкую температуру плавления.
Обычно это кристаллы простых веществ - висмута, цинка, серы и т.д.
Производится расплавление вещества в широкой термоустойчивой емкости.
Прекращается нагрев вещества, в расплав опускается затравка либо специальная металлическая заготовка, создающая центры кристаллизации.
По мере медленного остывания расплава вокруг затравки образуется область с переохлажденным расплавом, который стремится перейти в твердое состояние. Происходит медленный рост затравки.
Получаются правильные чистые монокристаллы вещества, растущие вглубь и в стороны внутри расплава. По мере остывания необходимо следить, чтобы весь расплав не затвердел, иначе вынуть кристалл не удастся.
Реализуем в домашних условиях с некоторыми не слишком тугоплавкими веществами. В промышленности используются другие способы, позволяющие контролировать параметры кристалла.

2. Метод Чохральского

Очень широко используется в промышленности для выращивания кристаллов металлов и полупроводников.
Используется термоустойчивый тигель с расплавленным веществом (и обычно в инертной атмосфере).
На поверхность расплава опускается затравочный кристалл или стержень с системой охлаждения, который затем немного поднимается над расплавом. Расплав, благодаря силам поверхностного натяжения, оказывается соединен со стержнем тонкой областью. На границе касания, внутри этой области, начинается кристаллизация, причем силы поверхностного натяжения ориентируют возникающий кристалл в направлении стержня. Медленное вытягивание стержня из раствора приводит к подниманию части выросшего кристалла, все так же соединенного с раствором. На новой границе касания продолжается направленный рост кристалла. Данный метод позволяет легко получить однородные кристаллы тугоплавких веществ с заданными свойствами.
Существует большое количество модификаций метода, предлагающих разное направление вытягивания, использование флюсов и особых системы охлаждения, но их различия не существенны и важны только для промышленности.

3. Метод химического транспорта

Широко используется в промышленности для получения чистых кристаллов простых веществ.
Нагретое вещество под действием другого превращается в летучее или легкоплавкое соединение. На месте кристаллизации под действием сильного нагрева, разрядов тока или другого способа происходит разложение соединения на исходные вещества, одно из

которых кристаллизуется на затравке или предмете, а другое переносится в начало для дальнейшего переноса.
Обычно в качестве транспорта используются газообразные галогены. Тогда метод называют методом газового транспорта

4. Метод паровой фазы

Близок к предыдущему методу, но используются два летучих соединения, которые реагируют в обрасти возле затравки, образуя необходимое вещество.

5. Электролитический метод

Используется для получения кристаллов простых металлов и их сплавов.
Требуется раствор или расплав соли металла, электроды и источник тока.
Электроды погружаются в раствор, на них подается постоянный ток. На одном их электродов восстанавливается металл в виде дендритов или полусфер, на другом окисляется анион кислотного остатка.
Форма, плотность и скорость роста этих дендритов зависит от величины силы тока, самой используемой соли, наличия различных примесей и некоторых других параметров.

6. Электрохимический метод

Используется для получения относительно чистых кристаллов простых металлов.
Требуется раствор соли металла и второй металл, стоящий левее в ряду напряжений.
Второй металл опускается в раствор соли первого и химически вытесняет его, в результате чего первый вырастает в виде дендритов, корки или рыхлого покрытия на втором.
Обычно такой метод напрямую не дает сколько-нибудь крупных кристаллов, однако использование металлов, расположенных рядом в ряду напряжений, использование ингибиторов реакции либо физическое ограничение поступления раствора к металлу приводит к росту достаточно крупных образований. Форма таких кристаллов не контролируется

## Эксперимент по выращиванию кристаллов

Мною были проделаны опыты по выращиванию кристаллов из переохлаждённых растворов медного купороса.( Приложение 1)
Для начала я нагрела воду для хорошего растворения кристаллов медного купороса. Растворив кристаллики, я его отфильтровала и поместила туда небольшое количество медного купороса для того, чтобы образовалась затравка для дальнейшего роста. После того, как прошли сутки, я опять растворила медные кристаллики купороса в тёплой воде. После этого я снова тщательно процедила раствор. Далее я взяла затравку и поместила в насыщенный раствор. Постепенно он разрастался, и после его можно было вынуть.

## Применение кристаллов

Кристаллы и кристаллические материалы находят применение во многих приборах и устройствах, с которыми мы сталкиваемся каждый день. Кристаллы используются: В компьютерах и мобильных телефонах, Аудио- и видеотехнике. Без кристаллов не могут работать многие сложные современные устройства для обработки, передачи и хранения информации. Великолепие кристаллов вдохновляет людей на создание красивейших ювелирных украшений и декоративных изделий. Кристаллы необходимы для обработки поверхностей. Потребность в кристаллах в мире очень высока. Десятки тысяч тонн разнообразных кристаллов выращиваются ежегодно, и специалисты по росту и исследованию кристаллов постоянно востребованы как у нас в стране, так и за рубежом..
На сегодняшний день можно смело утверждать: без кристаллов большая часть сфер деятельности человека станет не возможна, в связи с огромной областью их использования.

Одни кристаллы используют для чипов, лазеров, ювелирных изделий, для нано электронных устройств. Из других делают термо-индикаторы, сенсоры, имплантаты, подшипники, часовые стекла, скальпели, оптические стёкла. Третьи предназначены для оптических компьютеров, люминофоров, сцинтилляторов, дисплеев ноутбуков.

## Риск

Риск заключается в том, что если я при использовании одного из способов не выполню какой-либо пункт или нарушу последовательность, то реакция может не пойти и кристалл не образуется. Если не покрыть подарочное украшение лаком, то за короткий период времени кристалл рассыпится.

## Вывод

Изучив строение, рост, способы выращивания кристаллов и изготовив подарочное украшение, я провела эксперимент по выращиванию кристаллов одним из методов. В ходе работы я столкнулась с трудностями т.к. опыт получился через несколько проведённых работ. Основной причиной, я считаю, было несоблюдение этапов закладки опыта и неумение применять теоретические знания на практике. После многих ошибок опыт получился с третьего раза. Но в итоге я вырастила кристаллы в домашних условиях и справилась с поставленными задачами.

## Литература


- Агафонов В. К. Краткое наставление для приготовления моделей кристаллов // Программы и наставления для наблюдений и собирания коллекций по геологии, почвоведению, метеорологии, гидрологии, нивелировке, ботанике и зоологии, сельскому хозяйству и фотографии. [5-е изд.] СПб.: изд. Имп. СПб. О-ва Естествоисп. 1902. С. 30—35.
- Зоркий П. М. Симметрия молекул и кристаллических структур. М.: изд-во МГУ, 1986. — 232 с.
- Лихачёв В. А., Малинин В. Г. Структурно-аналитическая теория прочности. — СПб: Наука. — 471 с.
- Савельев И. В. Курс общей физики. М.: Астрель, 2001. ISBN 5-17-004585-9.
- Шаскольская М. П.. Кристаллы. М.: Наука, 1985. 208 с.
- Шретер В., Лаутеншлегер К.-Х., Бибрак Х. и др. Химия: Справ. изд. М.: Химия, 1989.
- Шубников А. В., Флинт Е. А., Бокий Г. Б., Основы кристаллографии, М.— Л., 1940.
- Шаскольская М., Кристаллы, М., 1959; Костов И., Кристаллография, пер. с болг., М., 1965.
- Банн Ч., Кристаллы, пер. с англ., М., 1970;
- Най Дж., Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц, пер. с англ., 2 изд., М., 1967.
- Чередов В. Н. Дефекты в синтетических кристаллах флюорита. СПб: Наука. — 1993. — 112 с


## Ссылки

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB
https://sites.google.com/site/kristallyiihstroenie/prakticeskoe-primenenie
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B
https://sites.google.com/site/crystallsgrowing/basic_concepts/growing_methodics

**Приложения**