

Исследовательская работа:

«Выращивание кристаллов из хлорида натрия и медного купороса»



Автор работы: Бранченко Артём Андреевич

ГОО СОШ № 151, г. Санкт-Петербург

Красногвардейский район

8 «Б» класс

Научный руководитель, учитель химии:

Жичкина Т.П.

Санкт-Петербург

2009

## Содержание

|  |         |
|--|---------|
| Введение .....   | стр. 1  |
| Общие сведения о кристаллах .....                            | стр. 2  |
| Эксперимент по выращиванию кристаллов.....                   | стр. 8  |
| Вывод.....   | стр. 10 |
| Литература.....  | стр. 11 |
| Фотоприложение к общим сведениям о кристаллах.....           | стр. 12 |
| Фотоприложение к эксперименту по выращиванию кристаллов..... | стр. 19 |
| Кристалл выращенный вне исследовательской работы.....        | стр.30  |

## **Введение**

Однажды мне попала статья о выращивании кристаллов, я прочитал её, и эта тема меня очень заинтересовала. Я самостоятельно решил провести эксперимент по выращиванию кристаллов из разных растворов, в частности, растворов медного купороса и хлорида натрия.

**Цель моей работы- изучение процесса роста кристаллов из раствора хлорида натрия и раствора медного купороса.**

Я нашел необходимую информацию о выращивании кристаллов, изучил ее, и приступил к эксперименту. Эксперименты были 2-х типов. 1-й с закрытой емкостью для раствора. 2-й с открытой емкостью для раствора.

В этой исследовательской работе в частности я расскажу о выращивании кристаллов из растворов медного купороса и хлорида натрия в закрытой емкости для раствора. В конце моей работы я также совсем немного расскажу о том какой вырос кристалл в открытой емкости по сравнению с закрытой емкостью.

В процессе выращивания кристаллов был сделан фотоотчет.

## О кристаллах

**Кристаллы-вещества**, в которых мельчайшие частицы (атомы, ионы или молекулы) «упакованы» в определенном порядке. В результате при росте кристаллов на их поверхности самопроизвольно возникают плоские грани, а сами кристаллы принимают разнообразную геометрическую форму. Каждый, кто побывал в музее минералогии или на выставке минералов, не мог не восхититься изяществом и красотой форм, которые принимают «неживые» существа.

А кто не любовался снежинками, разнообразие которых поистине бесконечно! Еще в 17 в. знаменитый астроном Иоганн Кеплер написал трактат *О шестиугольных снежинках*, а спустя три столетия были изданы альбомы, в которых представлены коллекции увеличенных фотографий тысяч снежинок, причем ни одна из них не повторяет другую.

Интересно происхождения слова «кристалл» (оно звучит почти одинаково во всех европейских языках). 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 называли - «кристаллос», по-гречески - лед; это слово происходит от греческого «криос» - холод, мороз. Полагали, что лед, находясь длительное время в горах, на сильном морозе, окаменевают и теряют способность таять. Один из самых авторитетных античных философов Аристотель писал, что «кристаллос рождается из воды, когда она полностью утрачивает теплоту». Римский поэт Клавдиан в 390 то же самое описал стихами:

*Ярой альпийской зимой лед превращается в камень.  
Солнце не в силах затем камень такой растопить.*

Аналогичный вывод сделали в древности в Китае и Японии - лед и горный хрусталь обозначали там одним и тем же словом. И даже в 19 в. поэты нередко соединяли воедино эти образы:

*Едва прозрачный лед, над озером тускнея,  
Кристаллом покрывал недвижные струи.*

А.С.Пушкин. *К Овидию*

Особое место среди кристаллов занимают драгоценные камни, которые с древнейших времен привлекают внимание человека. Люди научились получать искусственно очень многие драгоценные камни. Например, подшипники для часов и других точных приборов уже давно делают из искусственных рубинов. Получают искусственно и прекрасные кристаллы, которые в природе вообще не существуют. Например, фианиты - их название происходит от сокращения ФИАН - Физический институт Академии наук, где они впервые были получены. Фианиты - кристаллы кубического оксида циркония  $ZrO_2$ , которые внешне очень похожи на бриллианты.

**Строение кристаллов.** В зависимости от строения, кристаллы делятся на ионные, ковалентные, молекулярные и металлические. Ионные кристаллы построены из чередующихся катионов и анионов, которые удерживаются в определенном порядке силами электростатического притяжения и отталкивания. Электростатические силы ненаправленные: каждый ион может удержать вокруг себя столько ионов противоположного знака, сколько помещается. Но при этом силы притяжения и отталкивания должны быть уравновешены и должна сохраняться общая электронейтральность кристалла. Все это с учетом размеров ионов приводит к различным кристаллическим структурам. Так, при взаимодействии ионов  $\text{Ca}^{2+}$  (их радиус 0,1 нм) и  $\text{F}^{-}$  (радиус 0,135 нм) возникает октаэдрическая координация: каждый ион удерживает около себя шесть ионов противоположного знака, расположенных по вершинам октаэдра. При этом все катионы и анионы образуют простейшую кубическую кристаллическую решетку, в которой вершины куба попеременно заняты ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{F}^{-}$ . Аналогично устроены кристаллы  $\text{KCl}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$ , ряда других веществ.

Ионы  $\text{C}_3^{4-}$  (радиус 0,165 нм) по размерам близки ионам  $\text{F}^{-}$ , и возникает кубическая координация: каждый ион окружен восемью ионами противоположного знака, расположенными в вершинах куба. При этом образуется объемноцентрированная кристаллическая решетка: в центре каждого куба, образованного восемью катионами, расположен один анион, и наоборот. (Интересно, что при  $445^{\circ}\text{C}$   $\text{CsCl}$  переходит в простую кубическую решетку типа  $\text{NaCl}$ .) Более сложно устроены кристаллические решетки  $\text{CaF}_2$  (флюорита), многих других ионных соединений. В некоторых ионных кристаллах сложные многоатомные анионы могут соединяться в цепи, слои или образовывать трехмерный каркас, в полостях которого располагаются катионы. Так, например, устроены силикаты. Ионные кристаллы образуют большинство солей неорганических и органических кислот, оксиды, гидроксиды, соли. В ионных кристаллах связи между ионами прочные, поэтому такие кристаллы имеют высокие температуры плавления ( $801^{\circ}\text{C}$  для  $\text{NaCl}$ ,  $2627^{\circ}\text{C}$  для  $\text{CaO}$ ).

В ковалентных кристаллах (их еще называют атомными) в узлах кристаллической решетки находятся атомы, одинаковые или разные, которые связаны ковалентными связями. Эти связи прочные и направлены под определенными углами. Типичным примером является алмаз; в его кристалле каждый атом углерода связан с четырьмя другими атомами, находящимися в вершинах тетраэдра. Ковалентные кристаллы образуют бор, кремний, германий, мышьяк,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ReO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CuNCS}$ . Поскольку между полярной ковалентной и ионной связью нет резкой границы, то же справедливо и для ионных и ковалентных кристаллов. Так, заряд на атоме алюминия в  $\text{AlO}_2$  равен не +3, а лишь +0,4, что свидетельствует о большом вкладе ковалентной структуры. В то же время в алюминате кобальта  $\text{CoAl}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$  заряд на атомах алюминия увеличивается до +2,8, что означает преобладание ионных сил. Ковалентные кристаллы, как правило, твердые и тугоплавкие

Молекулярные кристаллы построены из изолированных молекул, между которыми действуют сравнительно слабые силы притяжения. В результате такие кристаллы имеют намного меньшие температуры плавления и кипения, твердость их низка. Так, кристаллы благородных газов (они построены из изолированных атомов) плавятся уже при очень низких температурах. Из неорганических соединений молекулярные кристаллы образуют многие неметаллы (благородные газы, водород, азот, белый фосфор, кислород, сера, галогены), соединения, молекулы которых образованы только ковалентными связями ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и др.). Этот тип кристаллов характерен также почти для всех органических соединений. Прочность молекулярных кристаллов зависит от размеров и сложности молекул. Так, кристаллы гелия (радиус атома 0,12 нм) плавятся при  $-271,4^{\circ}\text{C}$  (под давлением 30 атм), а ксенона (радиус 0,22 нм) - при  $-111,8^{\circ}\text{C}$ ; кристаллы фтора плавятся при  $-219,6^{\circ}\text{C}$ , а иода - при  $+113,6^{\circ}\text{C}$ ; метана  $\text{CH}_4$  - при  $-182,5^{\circ}\text{C}$ , а триаконтана  $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$  - при  $+65,8^{\circ}\text{C}$ .

Металлические кристаллы образуют чистые металлы и их сплавы. Такие кристаллы можно увидеть на изломе металлов, а также на поверхности оцинкованной жести. Кристаллическая решетка металлов образована катионами, которые связаны подвижными электронами («электронным газом»). Такое строение обуславливает электропроводность, ковкость, высокую отражательную способность (блеск) кристаллов. Структура металлических кристаллов образуется в результате разной упаковки атомов-шаров.

Щелочные металлы, хром, молибден, вольфрам и др. образуют объемно центрированную кубическую решетку; медь, серебро, золото, алюминий, никель и др. - гранецентрированную кубическую решетку (в ней помимо 8 атомов в вершинах куба имеются еще 6, расположенные в центре граней); бериллий, магний, кальций, цинк и др. - так называемую гексагональную плотную решетку (в ней 12 атомов расположены в вершинах прямоугольной шестигранной призмы, 2 атома - в центре двух оснований призмы и еще 3 атома - в вершинах треугольника в центре призмы).

Все кристаллические соединения можно разделить на моно- и поликристаллические. Монокристалл представляет собой монокристалл с единой ненарушенной кристаллической решеткой. Природные монокристаллы больших размеров встречаются очень редко. Большинство кристаллических тел являются поликристаллическими, то есть состоят из множества мелких кристалликов, иногда видных только при сильном увеличении

**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 том, как устроены кристаллы и как они образуются, почему разные вещества дают кристаллы разной формы, а некоторые вообще не образуют кристаллов, что надо сделать, чтобы кристаллы получились большими и красивыми.

Вот простая модель, поясняющая суть кристаллизации. Представим, что в большом зале укладывают паркет. Легче всего работать с плитками квадратной формы - как ни поверни такую плитку, она все равно подойдет к своему месту, и работа пойдет быстро. Именно поэтому легко кристаллизуются соединения, состоящие из атомов (металлы, благородные газы) или небольших симметричных молекул. Такие соединения, как правило, не образуют некристаллических (аморфных) веществ.

Труднее выложить паркет из прямоугольных досочек, особенно если у них с боков имеются пазы и выступы - тогда каждую досочку можно уложить на свое место одним единственным способом. Особенно трудно выложить паркетный узор из досочек сложной формы.

Если паркетчик очень торопится, то плитки будут поступать к месту укладки слишком быстро. Понятно, что правильного узора теперь не получится: если хотя бы в одном месте плитку перекосит, то дальше все пойдет криво, появятся пустоты (как в старой компьютерной игре «Тетрис», в которой «стакан» заполняется деталями слишком быстро). Ничего хорошего не получится и в том случае, если в большом зале начнут укладывать паркет сразу десятков мастеров - каждый со своего места. Даже если они будут работать не спеша, крайне сомнительно, чтобы соседние участки оказались хорошо состыкованными, и в целом, вид у помещения получится весьма неприглядным: в разных местах плитки расположены в разном направлении, а между отдельными участками ровного паркета зияют дыры.

Примерно те же процессы происходят и при росте кристаллов, только сложность здесь еще и в том, что частички должны укладываться не в плоскости, а в объеме. Но ведь никакого «паркетчика» здесь нет - кто же укладывает частички вещества на свое место? Оказывается, они укладываются сами, потому что непрерывно совершают тепловые движения и «ищут» самое подходящее для себя место, где им будет наиболее «удобно». В данном случае «удобство» подразумевает также и наиболее энергетически выгодное расположение. Попав на такое место на поверхности растущего кристалла, частица вещества может там остаться и через некоторое время оказаться уже внутри кристалла, под новыми выросшими слоями вещества. Но возможно и другое - частица вновь уйдет с поверхности в раствор и снова начнет «искать», где ей удобнее устроиться.

Каждое кристаллическое вещество имеет определенную свойственную ему внешнюю форму кристалла. Например, для хлорида натрия эта форма - куб, для алюмокалиевых квасцов - октаэдр. И даже если сначала такой кристалл имел неправильную форму, он все равно рано или поздно превратится в куб или октаэдр. Более того, если кристалл с правильной формой специально испортить, например, отбить у него вершины, повредить ребра и грани, то при дальнейшем 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 NaCl; 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. Если стекло долго держать сильно нагретым, когда частицы в нем достаточно подвижны, в нем начнут расти кристаллы силикатов. Такое стекло теряет прозрачность. Стеклообразными могут быть не только силикаты. Так, при медленном охлаждении этилового спирта он кристаллизуется при температуре  $-113,3^{\circ}\text{C}$ , образуя белую снегообразную массу. Но если охлаждение вести очень быстро (опустить тонкую ампулу со спиртом в жидкий азот с температурой  $-196^{\circ}\text{C}$ ), спирт застынет так быстро, что его молекулы не успеют построить правильный кристалл. В результате получится прозрачное стекло. То же происходит и с силикатным стеклом (например, оконным). При очень быстром охлаждении (миллионы градусов в секунду) даже металлы можно получить в некристаллическом стеклообразном состоянии.

Трудно кристаллизуются вещества с «неудобной» формой молекул. К таким веществам относятся, например, белки и другие биополимеры. Но и обычный глицерин, который имеет температуру плавления  $+18^{\circ}\text{C}$ , при охлаждении легко переохлаждается, постепенно застывая в стеклообразную массу. Дело в том, что уже при комнатной температуре глицерин очень вязкий, а при охлаждении становится совсем густым. При этом несимметричным молекулам глицерина очень трудно выстроиться в строгом порядке и образовать кристаллическую решетку.

**Способы выращивания кристаллов.** Кристаллизацию можно вести разными способами. Один из них - охлаждение насыщенного горячего раствора. При каждой температуре в данном количестве растворителя (например, в воде) может раствориться не более определенного количества вещества. Например, в 100 г воды при 90° С может раствориться 200 г алюмокалиевых квасцов. Такой раствор называется насыщенным. Будем теперь охлаждать раствор. С понижением температуры растворимость большинства веществ уменьшается. Так, при 80° С в 100 г воды можно растворить уже не более 130 г квасцов. Куда же денутся остальные 70 г? Если охлаждение вести быстро, избыток вещества просто выпадет в осадок. Если этот осадок высушить и рассмотреть в сильную лупу, то можно увидеть множество мелких кристалликов.

При охлаждении раствора частички вещества (молекулы, ионы), которые уже не могут находиться в растворенном состоянии, слипаются друг с другом, образуя крошечные кристаллы-зародыши. Образованию зародышей способствуют примеси в растворе, например пыль, мельчайшие неровности на стенках сосуда (химики иногда специально трут стеклянной палочкой по внутренним стенкам стакана, чтобы помочь кристаллизации вещества). Если раствор охлаждать медленно, зародышей образуется немного, и, обрастая постепенно со всех сторон, они превращаются в красивые кристаллики правильной формы. При быстром же охлаждении образуется много зародышей, причем частички из раствора будут «сыпаться» на поверхность растущих кристалликов, как горох из порванного мешка; конечно, правильных кристаллов при этом не получится, потому что находящиеся в растворе частицы могут просто не успеть «устроиться» на поверхности кристалла на положенное им место. Кроме того, множество быстро растущих кристалликов так же мешают друг другу, как несколько паркетчиков, работающих в одной комнате. Посторонние твердые примеси в растворе также могут играть роль центров кристаллизации, поэтому чем чище раствор, тем больше шансов, что центров кристаллизации будет немного.

Охладив насыщенный при 90° С раствор квасцов до комнатной температуры, мы получим в осадке уже 190 г, потому что при 20° С в 100 г воды растворяется только 10 г квасцов. Получится ли при этом один большой кристалл правильной формы массой 190 г? К сожалению, нет: даже в очень чистом растворе вряд ли начнет расти один-единственный кристалл: масса кристалликов может образоваться на поверхности остывающего раствора, где температура немного ниже, чем в объеме, а также на стенках и дне сосуда.

Метод выращивания кристаллов путем постепенного охлаждения насыщенного раствора неприменим к веществам, растворимость которых мало зависит от температуры. К таким веществам относятся, например, хлориды натрия и алюминия, ацетат кальция.

Другой метод получения кристаллов - постепенное удаление воды из насыщенного раствора. «Лишнее» вещество при этом кристаллизуется. И в этом случае чем медленнее испаряется вода, тем лучше получаются кристаллы.

Третий способ - выращивание кристаллов из расплавленных веществ при медленном охлаждении жидкости. При использовании всех способов наилучшие результаты получаются, если используется затравка - небольшой кристалл правильной формы, который помещают в раствор или расплав. Таким способом получают, например, кристаллы рубина. Выращивание кристаллов драгоценных камней проводят очень медленно, иногда годами. Если же ускорить кристаллизацию, то вместо одного кристалла получится масса мелких.



Кристаллы могут также расти при конденсации паров - так получаются снежинки и узоры на холодном стекле. При вытеснении металлов из растворов их солей с помощью более активных металлов также образуются кристаллы. Например, если в раствор медного купороса опустить железный гвоздь, он покроется красным слоем меди. Но образовавшиеся кристаллы меди настолько мелкие, что их можно разглядеть только под микроскопом. На поверхности гвоздя медь выделяется очень быстро, поэтому и кристаллы ее слишком мелкие. Но если процесс замедлить, кристаллы получатся большими. Для этого медный купорос надо засыпать толстым слоем поваренной соли, положить на него кружок фильтровальной бумаги, а сверху - железную пластинку диаметром чуть поменьше. Осталось налить в сосуд насыщенный раствор поваренной соли. Медный купорос начнет медленно растворяться в рассоле (растворимость в нем меньше, чем в чистой воде). Ионы меди (в виде комплексных анионов  $\text{CuCl}_4^{2-}$  зеленого цвета) будут очень медленно, в течение многих дней, диффундировать вверх; за процессом можно наблюдать по движению окрашенной границы.

Достигнув железной пластинки, ионы меди восстанавливаются до нейтральных атомов. Но так как процесс этот происходит очень медленно, атомы меди выстраиваются в красивые блестящие кристаллы металлической меди. Иногда эти кристаллы образуют разветвления - дендриты. Меняя условия опыта (температура, размер кристаллов купороса, толщина слоя соли и т.п.), можно менять условия кристаллизации меди.

**Переохлажденные растворы.** Иногда насыщенный раствор при охлаждении не кристаллизуется. Такой раствор, который содержит в определенном количестве растворителя больше растворенного вещества, чем это «положено» при данной температуре, называется пересыщенным раствором. Пересыщенный раствор невозможно получить даже очень длительным перемешиванием кристаллов с растворителем, он может образоваться только путем охлаждения горячего насыщенного раствора. Поэтому такие растворы называют также переохлажденными. В них что-то мешает началу кристаллизации, например, раствор слишком вязкий или для роста кристаллов требуются большие зародыши, которых в растворе нет.

Легко переохлаждаются растворы тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Если осторожно нагреть кристаллы этого вещества примерно до  $56^\circ \text{C}$ , они «расплавятся». В действительности это не плавление, а растворение тиосульфата натрия в «собственной» кристаллизационной воде. С повышением температуры растворимость тиосульфата натрия, как и большинства других веществ, увеличивается, и при  $56^\circ \text{C}$  его кристаллизационной воды оказывается достаточно, чтобы растворить всю имеющуюся соль. Если теперь осторожно, избегая резких толчков, охладить сосуд, кристаллы не образуются и вещество останется жидким. Но если в переохлажденный раствор внести готовый зародыш - маленький кристаллик этого же вещества, то начнется быстрая кристаллизация. Интересно, что ее вызывает кристалл только этого вещества, а к постороннему раствор может быть совершенно безразличен. Поэтому если прикоснуться небольшим кристалликом тиосульфата к поверхности раствора, произойдет настоящее чудо: от кристаллика побежит фронт кристаллизации, который быстро дойдет до дна сосуда. Так что уже через несколько секунд жидкость полностью «затвердеет». Сосуд можно даже перевернуть - из него не выльется ни одной капли! Твердый тиосульфат можно снова расплавить в горячей воде и повторить все сначала.

Если пробирку с переохлажденным раствором тиосульфата поставить в ледяную воду, кристаллы будут расти медленнее, а сами будут крупнее. Кристаллизация пересыщенного раствора сопровождается его нагреванием - это выделяется тепловая энергия, полученная кристаллогидратом при его плавлении.

Тиосульфат натрия - не единственное вещество, образующее переохлажденный раствор, в котором можно вызвать быструю кристаллизацию. Подобным свойством обладает, например, и ацетат натрия  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (его легко получить действием уксусной кислоты на соду). С ацетатом натрия опытные лекторы демонстрируют такое «чудо»: на небольшую горку ацетата в блюде они медленно льют пересыщенный раствор этой соли, который, соприкасаясь с кристаллами, немедленно кристаллизуется, образуя столбик твердой соли!

Кристаллы широко применяются в науке и технике: полупроводники, призмы и линзы для оптических приборов, твердотельные лазеры, пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, оптические и электрооптические кристаллы, ферромагнетики и ферриты, монокристаллы металлов высокой чистоты...

Решетноструктурные исследования кристаллов позволили установить строение многих молекул, в том числе и биологически активных - белков, нуклеиновых кислот.

Ограненные кристаллы драгоценных камней, в том числе выращенных искусственно, используются как украшения.

## **Эксперимент по выращиванию кристаллов.**

В этом небольшом эксперименте я расскажу поэтапно о том как росли кристаллы из растворов медного купороса и хлорида натрия. Растить кристаллы будут в закрытой емкости при одинаковых температурных режимах и условиях роста.

### **День 1.**

В 2 одинаковых емкости в одинаковом количестве я налил насыщенный раствор медного купороса и насыщенный раствор хлорида натрия. Для выращивания кристаллов были созданы одинаковые условия. Также смотрите фотографии в фотоприложении.

### **День 1, через 7 часов.**

Как можно видеть на фотографиях после 7 часов роста кристаллов, кристалл из медного купороса растет значительно быстрее чем кристалл из хлорида натрия(соль). Если сравнивать размер кристаллов, то видно что размеры кристаллов хлорида натрия меньше чем кристаллы медного купороса. Кристалл из хлорида натрия принял форму полумесяца, кристалл из соли плоский. Смотрите фотографии в фотоприложении.

### **День 2.**

Кристалл из медного купороса вырос на 6 см в высоту и на 1,5 см в ширину (в самой широкой части). У кристалла из хлорида натрия видимых отличий нет после еще 17 часов роста.

### **День 3.**

Стало заметно что весь кристалл из медного купороса перестал увеличиваться в длину и ширину но стали расти сами кристаллики которые прицепились на нитку. У кристалла из медного купороса увеличился в толщину нижний конец. Такие же явления происходят с кристаллом из хлорида натрия. Смотрите фото.

### **День 4.**

Кристаллы немного подросли. Также у кристалла из хлорида натрия сверху на нитке вырос тонкий, почти прозрачный купол из соли.

#### **День 4, через 6 часов.**

У кристалла из хлорида натрия снизу приросли еще 2 кристаллика. За 78 часов кристалл из хлорида натрия вырос на 4 см в высоту и на 0,5 см в ширину. По расчетам получается что кристалл из соли рос примерно со скоростью 0,5 мм в час в высоту, и со скоростью 0,006 мм в ширину. Имеются фото в фотоприложении.

#### **День 5.**

Кристаллики на нитках продолжают увеличиваться. У кристалла из медного купороса сверху чуть выше кристалла вырос прозрачный немного синеватый купол.

#### **День 6.**

Кристаллы заметно выросли. Это может говорить о том что, в течение первых 15 часов кристаллы растут быстро затем растут медленно около 5 дней а на 6 день у них активизируется процесс роста.

#### **День 9.**

Как видно из фотографий кристаллы на нитках сильно подросли. Но с кристалл из медного купороса начал расти совершенно иначе!! На 2 день кристалл из медного купороса был в длину 6 см и 1.5 см в ширину(в самой широкой части). А сейчас кристалл в длину 4 см, но в ширину 2.5 см. Соответственно можно сделать вывод что кристалл увеличивает свою ширину за счет снижения длинны. Т.е. растет пропорционально. Также кристалл из медного купороса начал загибаться сильнее внутрь месяц. Кристаллики хлорида натрия срослись вместе, но зато это дало им увеличение ширины. Также образовался небольшой колпак совсем рядом с кристалликами. Фото в фотоприложении.

### **Кристаллы выращены**

В том абзаце я хотел бы сказать о том что я тяжелым трудом за 10 дней вырастил кристаллы из растворов медного купороса и хлорида натрия. Также я уже вне исследовательской работы вырастил еще пару кристаллов из медного купороса и хлорида натрия. Из всех этих кристаллов я создал композицию в рамке.

Надеюсь что вам понравится моя исследовательская работа. Фотографии выращенных кристаллов и композицию из них вы можете посмотреть в фотоприложении.

### **Мои выводы**

В результате выращивания кристаллов я могу вывести несколько следующих утверждений.

1. Размер кристалла из раствора медного купороса гораздо крупнее, чем из хлорида натрия.
2. Скорость роста кристалла из медного купороса во много раз превышает, скорость роста кристалла из хлорида натрия.
3. Кристаллики составляющие кристалл из медного купороса более крупные по сравнению с кристалликами из хлорида натрия.
4. Кристалл медного купороса имеет более плотную и твердую структуру.
5. Форма кристалла из медного купороса свободного роста многообразна в сравнении с более однотипной формой кристаллов из хлорида натрия.
6. В случае выращивания кристалла из медного купороса в открытой емкости, отдельные кристаллики получаются более крупные, чем при выращивании в закрытой емкости.

## ЛИТЕРАТУРА

Интернет-энциклопедия «Кругосвет» [www.krugosvet.ru](http://www.krugosvet.ru)

«Википедия» [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Статья о выращивании кристаллов на сайте [www.alhimik.ru](http://www.alhimik.ru)

Банн Ч. Кристаллы. Их роль в природе и науке, 1970

Китайгородский А. И. Порядок и беспорядок в мире атомов, 1977

Шаскольская М.Л. Очерки о свойствах кристаллов, 1978

Шаскольская М.Л. Кристаллы, 1978

Харгиттаи И., Харгиттаи М. Симметрия глазами химика, 1989

**Фотоприложение к общим сведениям о кристаллах**



Кристалл горного хрусталя





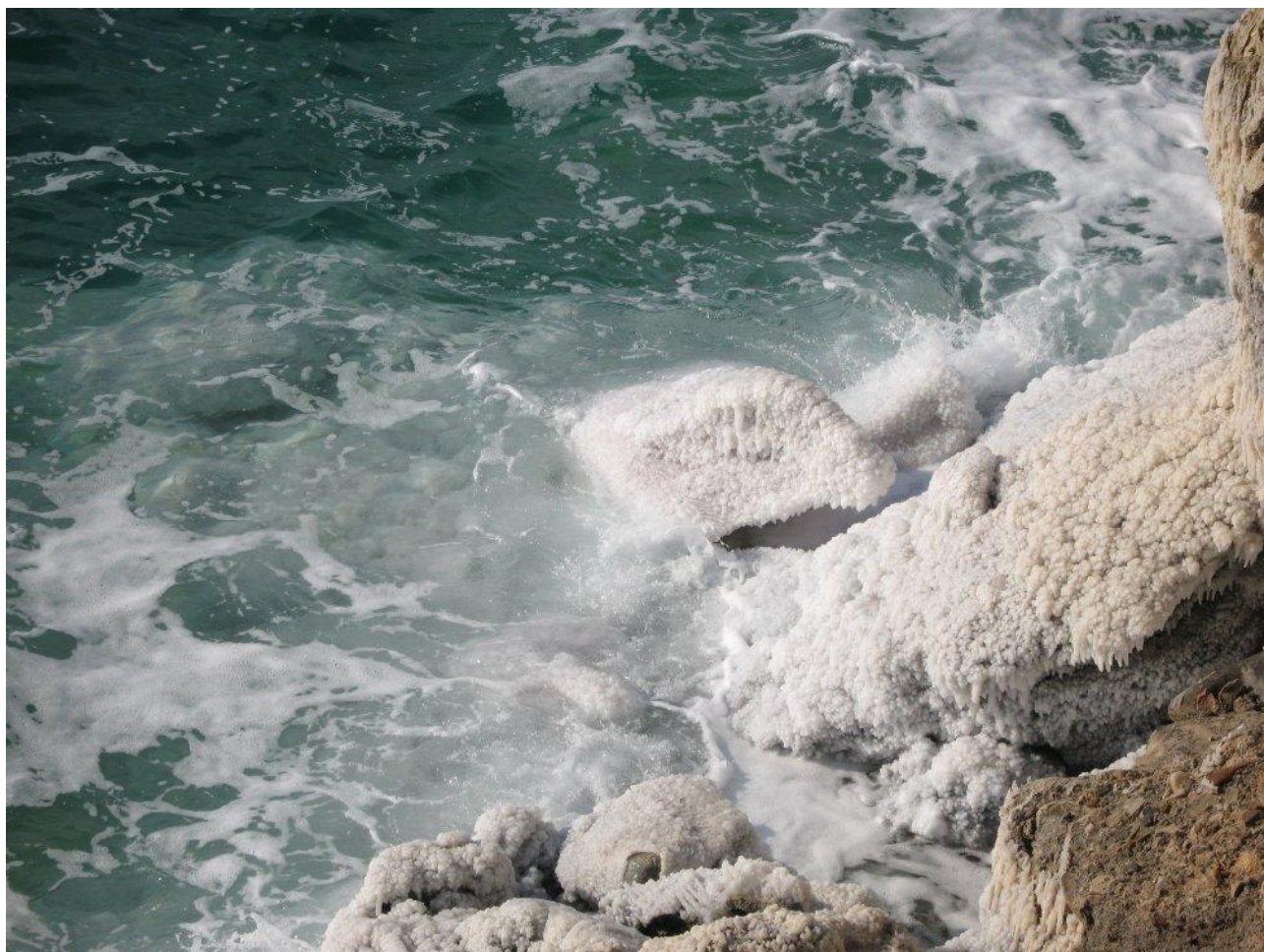


Кристаллы аметиста



Кристалл кварца





Кристаллы соли в природе



Кристаллы льда





Кристаллы оптического кварца



Кристаллы соли

**Фотоприложение к эксперименту  
по выращиванию кристаллов**



Кристалл из раствора медного купороса через 7 часов роста



Кристалл из раствора хлорида натрия через 7 часов роста



День 4



Кристалл подрос. Сверху появился прозрачный купол



Маленькие кристаллики на большом кристалле стали больше,  
по сравнению с предыдущими днями

День 5



У кристалла из раствора медного купороса сверху вырос прозрачный купол

День 9



Таким за 9 дней вырос кристалл из раствора медного купороса



Таким вырос кристалл из раствора хлорида натрия



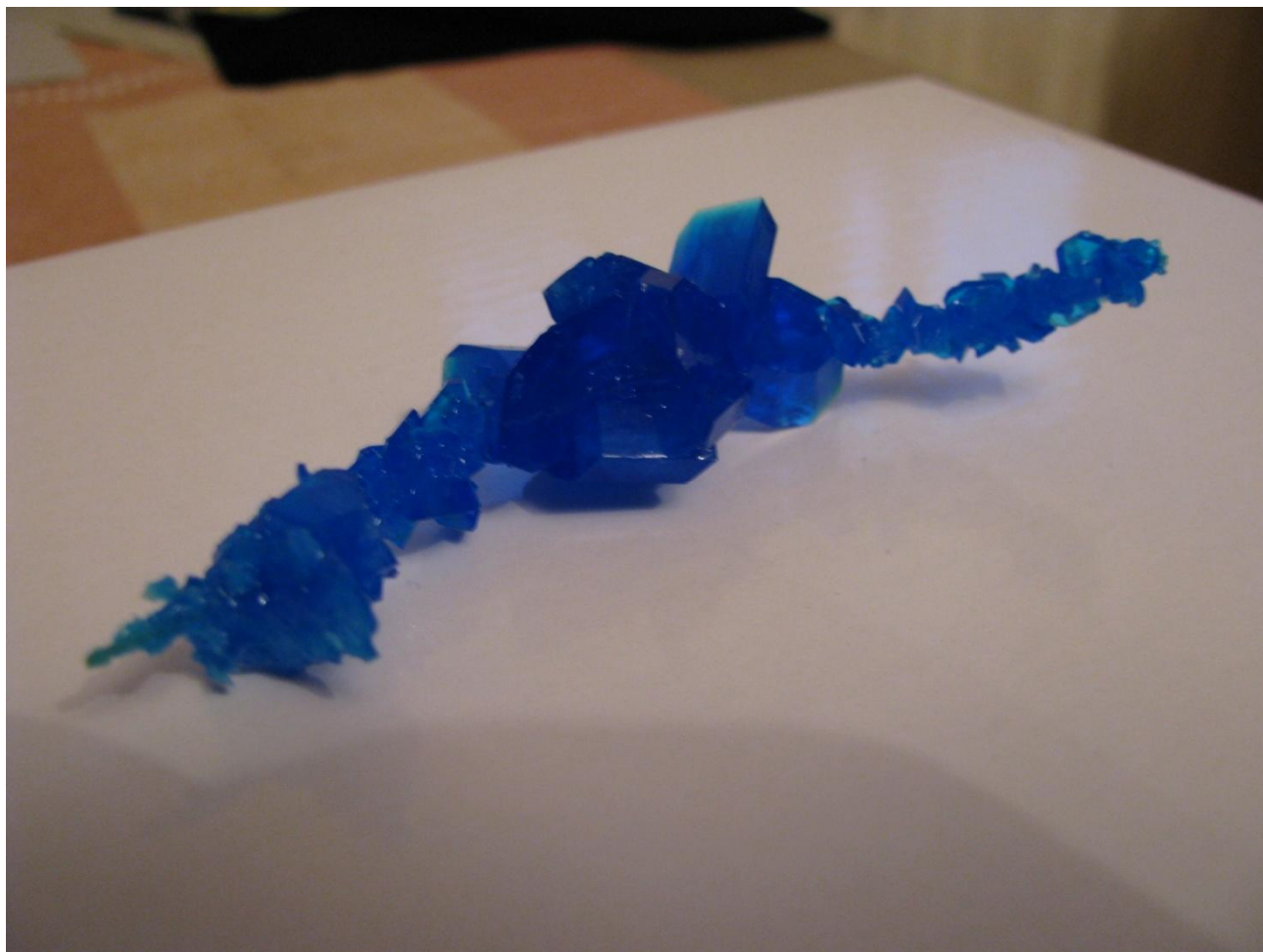
## Композиция из кристаллов



Санкт-Петербург

2009

Кристалл выращенные вне исследовательской работы



Санкт-Петербург

2009

## **АВТОРСКИЕ ПРАВА:**

«Выращивание кристаллов из медного купороса и хлорида натрия»



Автор работы: Бранченко Артём Андреевич

ГОУ СОШ № 151, г. Санкт-Петербург

Красногвардейский район

8 «Б» класс

Научные руководители:

Жичкина Т.П., Красова Е.П.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ТРЕТЬИМИ ЛИЦАМИ БЕЗ  
РАЗРЕШЕНИЯ АВТОРА ЗАПРЕЩЕНО!!**

© Бранченко А.А.

© Красова Е.П.

© Жичкина Т.П.

Санкт-Петербург

2009



