

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области
Департамент образования Администрации города Екатеринбурга
Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
гимназия № 161

Кристаллы: добыча, выращивание и применение

Автор проекта:

Иванов Степан Алексеевич, 9 «В» класс

Руководитель проекта:

Лукьяненко Марина Викторовна

Екатеринбург 2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1	
КРИСТАЛЛЫ В ПРИРОДЕ, В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В БЫТУ.....	5
1.1 Определение кристаллов, их виды.	5
1.2 История изучения кристаллов.....	8
1.3 Применение твердых кристаллов	13
1.4 Применение жидких кристаллов	15
1.5 Промышленное изготовление кристаллов	16
ГЛАВА 2	
2.6 Выращивание кристаллов в домашних условиях	18
ВЫВОДЫ.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКОВ.....	24
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	26

Почти весь мир кристалличен. В мире царит кристалл и его твердые прямолинейные законы.

Академик А.Е.Ферсман

ВВЕДЕНИЕ

Большая часть вещей окружающего нас мира – твердые тела. Это дома и машины, мебель и техника, деревья и камни. В твердых телах расстояния между молекулами меньше размеров самих молекул, и притяжение между молекулами еще больше, чем в жидкостях. Молекулы твердых тел силами притяжения удерживаются в определенном положении, не могут далеко передвигаться и только колеблются около этого положения. Поэтому твердые тела сохраняют не только свой объем, но и форму. [5]

В природе часто встречаются твердые тела, имеющие форму правильных многогранников. Такие тела называли кристаллами. [6]

Кристаллы издавна привлекали людей своим внешним видом: правильными гранями, совершенством форм. Хороший кристалл — прекрасная геометрическая фигура. [12]

Это не только редкие красивые минералы или драгоценные камни. Вне всяких сомнений кристаллами являются изумруд или рубин. В то же время крупинки сахара или соли – это тоже кристаллы.

Автор проекта побывал в удивительном месте, на соленом озере Баскунчак в Астраханской области. Вода в нем настолько соленая, что погрузиться в нее невозможно, а берега представляют собой чистую соль. Ему стало интересно, как соленая вода превращается в твердую соль.

Актуальность исследования объясняется интересом к образованию различных по форме и цвету кристаллов в любое время года и состоит в том, что выращивание кристаллов – это увлекательное, простое, доступное занятие для проведения домашнего исследования. Оно не требует наличия специального оборудования, а материалы для исследования есть в каждом доме или их несложно приобрести.

Целью данной работы является, выращивание кристаллов в домашних условиях.

Задачи исследования:

- узнать о видах кристаллов, их свойствах, сферах применения в настоящее время и перспективах дальнейшего использования;
- изучить условия образования кристаллов, их формы, цвета;
- узнать о методах их выращивания;
- подобрать доступное оборудование и сырье для производства кристаллов соли, алюминиевых квасцов и медного купороса;
- проанализировать полученные результаты.
- найти практическое применение полученным кристаллам.

Объект исследования: кристаллы соли, алюминиевых квасцов и медного купороса.

Предмет исследования - процесс кристаллизации.

Методы исследования:

- исследовательский - подбор материала в соответствии с тематикой проекта с использованием научной литературы и интернет-ресурсов;
- экспериментальный – проведение серии опытов;
- аналитический – обобщение полученных опытов.

Выращивание кристаллов - длительный процесс. Чтобы увидеть результаты, нужно время.

Практическое значение исследования в том, что его результаты могут быть использованы на уроках физики, химии, географии, а также послужить материалом для дальнейших исследований.

ГЛАВА 1 КРИСТАЛЛЫ В ПРИРОДЕ, В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В БЫТУ

1.1 Определение кристаллов, их виды

Известно, что слово «кристалл» в современной форме заимствовано в Петровскую эпоху из немецкого языка, где Kristall через латинское посредство восходит к греческому *krystallos* - «лед». [7] Впоследствии кристаллом стали называть горный хрусталь – прозрачную разновидность кварца - за ее сходство со льдом. Позднее этот термин был распространен на все кристаллические тела.

В научной литературе кристаллическими называют тела с упорядоченным внутренним строением на уровне атомов или молекул. Одинаковые частицы регулярно повторяются с одинаковым шагом в параллельных рядах и плоских параллельных слоях. Регулярность внутреннего строения имеет важные последствия для внешнего облика кристаллических тел: именно она обуславливает тенденцию этих тел во время их образования самопроизвольно принимать форму многогранников. [1, с. 7] Поверхность таких фигур ограничена более или менее совершенными плоскостями – гранями, пересекающимися по прямым линиям – ребрам. Точки пересечения ребер образуют вершины.

Однако не все кристаллические образования имеют форму кристалла. Например, такая горная порода как гранит, состоит из зерен полевого шпата, кварца и слюды. Все эти зерна – кристаллы, однако их неправильные извилистые контуры не сохранили никаких следов прямолинейности и плоскогранности. Гранит возник из огненно-жидкого глубинного расплава – магмы. В процессе остывания расплава из него выпадало множество кристалликов полевого шпата, кварца, слюды.

Одновременно рост всех этих твердых образований, мешавших друг другу развиваться, и привел к тому, что отдельные кристаллы не смогли получить свойственную им правильную многогранную форму. Получился зернистый кристаллический агрегат.

Значит, для образования хорошо ограненных кристаллов необходимо, чтобы ничто не мешало им свободно расти.

Внутренняя структура кристалла, порядок взаимного расположения атомов, ионов или молекул называется кристаллической решеткой. Точки, в которых находятся эти частицы, называются узлами решетки. [9]

Таким образом, кристаллами можно назвать все твердые тела, в которых слагающие их частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены строго закономерно наподобие узлов пространственных решеток.

В науке существует разделение кристаллов на идеальные и реальные.

Идеальный кристалл является математическим объектом, лишённым любых дефектов строения, а также имеющим полную, свойственную ему симметрию, идеализированно ровные гладкие грани.

Реальный кристалл всегда содержит различные дефекты внутренней структуры решётки, искажения и неровности на гранях и имеет пониженную симметрию многогранника вследствие специфики условий роста, неоднородности питающей среды, повреждений и деформаций. Не обязательно обладает кристаллографическими гранями и правильной формой, но у него сохраняется главное свойство — закономерное положение атомов в кристаллической решётке. [8]

Кристаллические тела могут быть монокристаллами и поликристаллами. Монокристаллом называют одиночный кристалл, имеющий макроскопическую упорядоченную кристаллическую решетку. Монокристаллы обычно обладают геометрически правильной внешней формой, но этот признак не является обязательным. Большинство встречающихся в природе и получаемых в технике твердых тел представляют собой совокупность сросшихся друг с другом хаотически

ориентированных маленьких кристаллов – кристаллитов. Такие тела называют поликристаллами. В отличие от монокристаллов поликристаллы изотропны, т.е их свойства одинаковы во всех направлениях.

Кристаллические тела внешне и по своим свойствам очень отличаются друг от друга.

Например, алмаз – кристаллическое вещество с атомной кристаллической решеткой. Каждый атом в кристалле алмаза связан прочными ковалентными связями с четырьмя соседними атомами, что обуславливает исключительную твердость алмаза. Его широко применяют для обработки особо твердых материалов, при этом производительность труда в промышленности возрастает в 2-5 раз.

Другое кристаллическое вещество - графит - непрозрачен, серого цвета, обладает металлическим блеском. В кристаллической решетке графита атомы углерода расположены слоями, состоящими из шестичленных колец. Между слоями в графите действуют межмолекулярные силы. Поэтому графит легко расслаивается на чешуйки. Даже при слабом трении графита о бумагу на ней остается серый след («графит» от латинского «пишущий»). Из него делают, к примеру, грифели простых карандашей, а в технике применяют в качестве смазочного материала. В ядерных реакторах его используют в качестве замедлителя нейтронов.

Такое вещество, как карбин стало известно относительно недавно. Он был получен советскими учеными, а уже позднее обнаружен в природе. Это черный порошок, кристаллическая решетка которого построена из линейных углеродных цепочек. Карбин – полупроводник. По электрической проводимости он занимает промежуточное положение между диэлектриком алмазом и проводником графитом.

1.2 История изучения кристаллов

В течение долгих столетий геометрия кристаллов казалась таинственной и неразрешимой загадкой. Кристаллография с древнейших времен развивалась в рамках геометрии. Древнегреческие философы много занимались формой абстрактных геометрических фигур, в том числе правильных выпуклых многогранников, но в трактатах ученых Древней Греции практически не удалось найти сведений о формах, свойствах или месторождениях кристаллов минералов.

Во времена Римской империи людьми уже ясно осознавалась практическое значение изучения кристаллов. Элементы минералогических знаний встречаются у античных натурфилософов с середины IV века до н.э. Аристотель различал в минеральном мире 2 класса тел - камни и руды. Его ученик Теофраст в специальном трактате "О камнях" (около 315 до н.э.) выделял 3 класса - металлы, камни (обыкновенные и драгоценные) и земли. [10]

Плиний Старший, римский философ, родившийся примерно в 23 году н.э., писал: "Наибольшую цену в человеческих вещах, и не только среди драгоценных камней, имеет алмаз, известный долгое время лишь царям, да и среди них весьма немногим". Он описывал в своей знаменитой «Естественной истории» кристаллы алмаза и кварца как природные «четырёхугольные» и «шестиугольные» образования. [10]

Вплоть до XVII в. дальше описаний «удивительных угловатых тел» дело не шло. В 1611 г. великий немецкий математик и астроном Иоганн Кеплер (1571-1630) в своей работе «О шестиугольных снежинках» обратил внимание на симметрию снежинок. Он попытался объяснить ее тем, что кристаллы построены из мельчайших одинаковых шариков, теснейшим образом присоединенных друг к другу (вокруг центрального шарика можно вплотную разложить только шесть таких же шариков). [2] По пути, намеченному Кеплером, пошли впоследствии Роберт Гук (1635-1703) и Ломоносов (1711- 1765). Они также считали, что элементарные частицы

внутри кристаллов можно уподобить плотно упакованным шарикам. В наше время принцип плотнейших шариковых упаковок лежит в основе структурной кристаллографии, только сплошные шариковые частицы («корпускулы») старинных авторов заменены сейчас сферами действия атомов и ионов.

Через 50 лет после Кеплера, в 1669 г., датский геолог, кристаллограф и анатом Николаус Стенон (1638-1686) впервые сформулировал основные понятия о формировании кристаллов: «Рост кристалла происходит не изнутри, как у растений, но путем наложения на внешние плоскости кристалла мельчайших частиц, приносящихся извне некоторой жидкостью». Внимательно разглядывая кристаллы кварца, Стенон обратил внимание на их отклонения от идеальных геометрических многогранников с плоскими гранями и прямыми ребрами. В своем трактате он впервые ввел в науку понятие реального кристалла, обладающего несовершенствами и отклонениями от идеализированных схем. Однако все эти отклонения не помешали ученому открыть на тех же кристаллах кварца основной закон геометрической кристаллографии – закон постоянства углов.

Одним из первых уловил симметрическое строение множества кристаллических тел французский ученый Рене Жюст Гаюи (1743-1822), автор «Курса кристаллографии». Высоко оценивал его работы академик В.И.Вернадский: «...он утвердил в науке о кристаллах идею симметрии и применил ее не только к форме многогранников, но и к их физическим свойствам, ясно сознавая их неразрывную связь; впервые заметил закономерную повторяемость определенных элементов многогранников».

[11]

Последователем Гаюи стал французский кристаллограф Огюст Браве (1811-1863). Будучи моряком-метеорологом, Браве заинтересовался формами снежинок и стал углубленно заниматься наукой о кристаллах. Ему мы обязаны созданием теории решетчатого строения кристаллов.

Выведенные им 14 решеток представляют и сейчас математическую основу современной науки о кристаллах.

В 1867 году наш соотечественник, профессор артиллерийского училища академик А.В. Гадолин, не подозревая о сосуществовании трудов Гесселя и Браве, самостоятельно взялся за вывод законов симметрии. К тому времени минералогии и кристаллографии собрали огромный материал по кристаллическим формам минералов. В классическом труде Гадолина «Вывод всех кристаллографических систем и их подразделений из одного общего начала» раз и навсегда было установлено существование 32 видов симметрии для конечных кристаллографических фигур.

В конце 60-х годов прошлого века начался серьезный научный прорыв в области жидких кристаллов, породивший «индикаторную революцию» по замене стрелочных механизмов на средства визуального отображения информации.

В конце XIX – начале XX веков над изучением кристаллов работал российский ученый академик В.И.Вернадский (1863-1945). Ко времени выхода в свет первой крупной работы Вернадского — «Основы кристаллографии» — эта наука достигла значительных успехов. Удалось свести все многообразие кристаллических форм к ограниченному числу «первичных» геометрических фигур. Были выделены и математически описаны тридцать два класса и двести тридцать групп кристаллов (во многом — благодаря замечательным трудам русского кристаллографа Е. С. Федорова).

По мнению Вернадского, с точки зрения кристаллографии твердое тело и кристалл — это одно и то же. Подобно тому как жидкость распадается на капли, твердое тело распадается на кристаллические многогранники. «Можно сказать, что каплями твердого тела являются кристаллические многогранники». Он попытался возродить философию кристаллографии. Как некогда Кеплер находил в снежинке отражение

мировой гармонии, так и Вернадский видел в кристаллах проявление какой-то глубокой закономерности природы, строения мироздания. [12]

В 1917 году Альберт Эйнштейн заложил основы лазерной технологии, спрогнозировав явление «стимулированного излучения». Чарльз Таунс, Николай Басов и Александр Прохоров разработали квантовую теорию стимулированного излучения и продемонстрировали стимулированное излучение микроволн, за что получили позднее нобелевскую премию по физике. В 1959 году Гордон Гулд описал оптический резонатор, способный создавать узкий пучок когерентного света, и назвал его лазером, по первым буквам английских слов «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», что означает «усиление света с помощью стимулированного излучения». В 1960 году Теодор Майман создал первый работающий опытный образец лазера или, как его еще называют в науке, оптического квантового генератора (ОКГ). в исследовательском центре Hughes Research Laboratories в Малибу, штат Калифорния. В этом лазере в качестве активной среды использовался синтетический рубин, он излучал луч глубокого красного цвета. [17]

Каждый из нас встречался с техникой, имеющей жидкокристаллический экран. Многие современные устройства работают на жидких кристаллах: часы, термометры, дисплеи, мониторы и другие.

Жидкие кристаллы — это такое состояние вещества, которое характеризуется одновременно свойствами как жидкостей, так и кристаллических веществ. Например, жидкие кристаллы текучи как жидкости, но при этом сохраняют ориентацию молекул наподобие кристаллов.

Открыты они были в 1888 году австрийским ботаником Ф.Рейнитцером. Он обратил внимание, что у кристаллов холестерилбензоата и холестерилацетата было две точки плавления и, соответственно, два разных жидких состояния — мутное и прозрачное. Совместно с физиком Отто Леманом он исследовал полученную жидкость

и установил ее кристаллическую структуру, а также описал 3 главных свойства жидких кристаллов: наличие двух точек плавления, отражение циклически поляризованного света и способность поворачивать плоскость поляризации света.

Дэниел Форландер за время своей карьеры, продолжавшейся до 1935 года, синтезировал большую часть известных на сегодняшний день жидкокристаллических материалов. В остальном же, популярность жидких кристаллов в научном сообществе была весьма низкой, в первую очередь из-за того, что для них не было никакого практического применения.

Дело в том, что свойства различных жидкокристаллических веществ оказывалось очень разным. Например – одни кристаллы обладали очень большой вязкостью, другие – нет. С изменением температуры одни кристаллы меняли цвет, а другие не проявляли резкого изменения окраски. Внешний вид различных жидких кристаллов под микроскопом был тоже разным. В одном случае в поле поляризационного микроскопа могли быть видны образования, похожие на нити, в другом — наблюдались изображения, похожие на горный рельеф, а в третьем — картина напоминала отпечатки пальцев.

Начало применения жидких кристаллов для электрических дисплеев началось в 1962 году в лабораториях Американской Корпорации Радио. При приложении электрического поля к слою нематических кристаллов при температуре 125 С физхимик Ричард Уильямс наблюдал образование регулярной структуры, которая потом стала называться Доменами Уильямса. Это позволило его коллеге Джорджу Хайлмайеру создать первый ЖК-дисплей.

Жидкие кристаллы встречаются и в живой природе. Например, биологические мембраны и клеточные мембраны – это вид жидких кристаллов. Они достаточно прочны, чтобы удерживать свои молекулы вместе и создавать защитный барьер для клетки, но в то же время достаточно подвижны для обеспечения циркуляции питательных веществ

через каналы и взаимодействие с окружающей средой с помощью специальных белков, встроенных в мембрану. [13]

Также в XX веке в науке появилось понятие биологический кристалл (ДНК, вирусы и т.д.), а в 80-х годах XX века – фотонный кристалл.

1.3 Применение твердых кристаллов

Способы применения кристаллов в науке и технике многочисленны и разнообразны. Приведу несколько примеров.

Самый твердый и самый редкий из природных минералов - алмаз. Благодаря своей исключительной твердости алмаз играет огромную роль в технике. Алмазными пилами, представляющими собой вращающиеся стальные диски, на края которых нанесен мелкий порошок алмаза, распиливают камни. Колоссальное значение имеет алмаз при бурении горных пород, в других горных работах. Алмазным порошком шлифуют и полируют твердые камни, закаленную сталь, твердые и сверхтвердые сплавы. Сам алмаз можно резать, шлифовать и гравировать тоже только алмазом. Наиболее точные детали двигателей в автомобильном и авиационном производстве обрабатывают алмазными резцами и сверлами.

Рубин и сапфир – это виды одного минерала под названием корунд. Рубины применяются не только в производстве ювелирных украшений. Вся часовая промышленность работает на искусственных рубинах. На полупроводниковых заводах тончайшие схемы рисуют рубиновыми иглами. Рубины необходимы при производстве лазеров, которые легко прожигают листовую металл и трубы, сваривают металлические провода, сверлит тончайшие отверстия в твердых сплавах, алмазе. В настоящее время лазеры находят все более широкое применение в обработке материалов, от разработок новых материалов до массового производства. К таким процессам лазерной обработки относятся лазерные: отжиг,

сверление, резка, гравировка, травление, обработка, маркировка, перфорирование и другие. [17]

Например, широкое применение нашла лазерная сварка - соединение деталей при помощи лазерного излучения. На поверхности часть луча отражается, а часть проходит внутрь, что приводит к нагреву и плавлению материала, формированию сварного шва.

Лазеры также нашли применение в глазной хирургии.

Промышленное применение кварца обусловлено его электрическими свойствами. Если сжимать или растягивать кристалл кварца, на его гранях возникают электрические заряды. Это - пьезоэлектрический эффект в кристаллах. В наши дни в качестве пьезоэлектриков используют не только кварц, но и многие другие, в основном искусственно синтезированные вещества. Пьезоэлектрические кристаллы широко применяются для записи, передачи и воспроизведения звука.

Существуют и пьезоэлектрические методы измерения давления крови в кровеносных сосудах человека.

В технике также нашел своё применение поликристаллический материал поляриод. Это тонкая прозрачная пленка, сплошь заполненная крохотными прозрачными игольчатыми кристалликами вещества, двупреломляющего и поляризующего свет. Все кристаллики расположены параллельно друг другу, поэтому все они одинаково поляризуют свет, проходящий через пленку. Поляриодные пленки применяются в поляриодных очках. Они гасят блики отраженного света, пропуская весь остальной свет. Они незаменимы для водителей, а также для полярников, которым постоянно приходится смотреть на ослепительное отражение солнечных лучей от заледеневшего снежного поля.

1.4 Применение жидких кристаллов

Жидкие кристаллы применяются в разных сферах жизни человека: в медицине, промышленности, транспорте, в различных приборах и т.д.

Расположение молекул в жидких кристаллах изменяется под действием таких факторов, как температура, давление, электрические и магнитные поля. Из-за этих уникальных свойств жидкие кристаллы используются во всех новейших разработках науки и техники.

Изменение расположения молекул приводит к изменению оптических свойств: цвет, прозрачность, способность к вращению плоскости поляризации проходящего света. На всех этих свойствах основаны разные применения жидких кристаллов.

Наиболее известное применение жидких кристаллов – это жидкокристаллические дисплеи. В век информационных технологий такие дисплеи можно увидеть практически в любых устройствах: мониторы компьютеров, телефонов, планшетов, электронных книг, телевизоров, часов и других.

Другое направление использования жидких кристаллов – термография. Данный метод анализа позволяет получить картину распределения температуры объекта в инфракрасных лучах. [14]

Используется метод, например, для медицинской диагностики. Нанося на тело пациента некоторые жидкокристаллические материалы, врач может легко выявить затронутые болезнью ткани по изменению цвета изображения в тех местах, где эти ткани имеют повышенную температуру.

Термография помогает контролировать температуру нагрева материалов в различных областях промышленности.

Температурная зависимость цвета позволяет также контролировать качество изделий без их разрушения. Например, если металлическое изделие нагревать, то его внутренний дефект изменит распределение температуры на поверхности. Эти дефекты выявляются по изменению

цвета жидкокристаллического материала, нанесенного на поверхность изделия.

1.5 Промышленное изготовление кристаллов

Промышленность и наука часто нуждаются в более или менее крупных одиночных кристаллах. Колоссальное значение для техники имеют кристаллы сегнетовой соли и кварца, обладающие замечательным свойством преобразовывать механические действия (например, давление) в электрическое напряжение. Оптическая промышленность нуждается в крупных кристаллах кальцита, каменной соли, флюорита и др.

Для часовой промышленности очень важны кристаллы рубинов, сапфиров и некоторых других драгоценных камней. Дело в том, что отдельные подвижные части обыкновенных карманных часов делают в час до 20 000 колебаний. Такая большая скорость предъявляет исключительно серьезные требования к кончикам осей и к подшипникам. Истирание будет наименьшим, когда подшипником для кончика оси диаметром 0,07–0,15 мм служит рубин или сапфир. Искусственные кристаллы этих веществ обладают очень большой прочностью и очень малым трением по отношению к стали. Замечательно, что искусственные камни оказываются при этом лучше таких же, находимых в природе. [15]

Методы выращивания кристаллов – это технологическая реализация процесса кристаллизации с целью получения монокристаллов и пленок различных веществ. В промышленности и исследовательских лабораториях кристаллы выращивают из паров, растворов, расплавов, из твердой фазы и другими способами, например, синтезируют путем химических реакций, при высоких давлениях, осуществляют электролитическую кристаллизацию, кристаллизацию из гелей и др. Основными методами получения совершенных кристаллов большого диаметра являются методы выращивания из расплава, из растворов и из паровой (газовой) фазы. [16]

Один из наиболее широко используемых промышленных методов получения полупроводниковых и других монокристаллов — это метод Чохральского. Разработан в 1918 году. Исходный материал (шихту) загружают в тугоплавкий тигель и нагревают до расплавленного состояния. Затем затравочный кристалл в виде тонкого стержня диаметром в несколько мм устанавливают в охлаждаемый кристаллодержатель и погружают в расплав. Диаметр растущего кристалла регулируется путем подбора скорости вытягивания и температуры расплава. В процессе вытягивания кристалл вращают с целью перемешивания расплава и выравнивания температуры на фронте кристаллизации.

В 1924 году И. В. Обреимовым и Л. В. Шубниковым разработан метод вертикальной направленной кристаллизации. Выращивание монокристаллов осуществляется в вертикальном неподвижном трубчатом контейнере цилиндрической формы, охлаждаемом снизу струей сжатого воздуха. В 1925 году американский исследователь П. Бриджмен внес существенные конструктивные изменения в этот метод. В вертикальном варианте метода Бриджмена контейнер подвижен: по мере роста кристалла контейнер опускается вниз и постепенно выходит наружу из нагретой печи, охлаждаясь окружающим воздухом без принудительного обдува.

Синтез драгоценных ювелирных и технических камней осуществляется по способу М. А. Вернейля, считается классическим и является первым промышленным методом выращивания кристаллов корунда, шпинели и других синтетических кристаллов.

Глава 2

2.1 Выращивание кристаллов в домашних условиях

По словам академика А.Е. Ферсмана, чтобы понять, что такое кристалл, мало полюбоваться на красивые кристаллы кварца и топаза в Минералогическом музее, мало восхищаться зимой звездочками снега, нужно самому растить кристаллы, изучить их жизнь. [3, с.71] В своей книге он описывает, как можно вырастить кристалл.

Рассмотрим отдельные виды кристаллов, существующих в природе в качестве прототипов кристаллов, которые можно вырастить (См. Приложение № 1).

Для проекта по выращиванию кристаллов в домашних условиях были выбраны: поваренная соль, медный купорос и алюминиевые квасцы (Приложение №2, фото 1-3).

Также необходимы:

несколько стаканов

толстые нитки

деревянные шпажки

вода

пищевая пленка

стаканы из прозрачного стекла для приготовления растворов и другие, в которых будут расти кристаллы (эти стаканы называются кристаллизаторами).

Для создания из кристаллов полезных изделий необходимы:

жидкие двухкомпонентные силикон

эпоксидная смола

палочки для перемешивания

стаканы для их приготовления и заливки.

Первый этап эксперимента. Готовим насыщенные растворы в соответствии с порядком, описанным А.Е. Ферсманом [3, с.72]. Чтобы получить такой раствор, нужно добавить одно из указанных веществ в горячую воду при постоянном помешивании так, чтобы вода не могла всего растворить. На дне должно оставаться немного нерастворенного вещества. После остывания растворов нужно осторожно перелить их каждый в отдельный кристаллизатор (приложение № 2, фото 4) и накрыть пищевой пленкой во избежание испарения раствора.

Чтобы проверить, можно ли вырастить кристаллы, если раствор будет свободно испаряться, нальем оставшийся раствор поваренной соли в четвертый стакан-кристаллизатор и не будем накрывать его пленкой.

На следующий день на дне кристаллизаторов выпало в осадок небольшое количество мелких кристаллов (Приложение № 2, фото 5).

Сливаем раствор, выбираем в каждом из кристаллизаторов самые крупные кристаллы, сами кристаллизаторы промываем и возвращаем в них раствор и крупные кристаллы.

Первым, уже на пятый день эксперимента, на дне кристаллизатора с раствором медного купороса, сформировался большой поликристалл (приложение № 2, фото 6). Он состоял из множества кристаллов яркосинего цвета. Позже, на десятый день эксперимента, сформировались небольшие кристаллы алюминиевых квасцов белого цвета, слегка прозрачных (Приложение № 2, фото 7).

Второй этап эксперимента был проведен следующим образом: укрепив на поперечных деревянных шпажках нити, опускаем их в растворы (приложение № 2, фото 8). Уже через несколько дней на них начали формироваться кристаллы (Приложение № 2, фото 9-11).

В случае, когда в раствор погружена нить, кристаллы формируются на ней, постепенно нарастая вокруг нити ниже уровня раствора. Если нити нет, кристалл образуется на дне кристаллизатора, при этом сначала

формируются мелкие мутные кристаллики, а затем они становятся крупнее, прозрачнее и с более четкими гранями.

Третий этап эксперимента. В кристаллизаторе с раствором соли, не накрытом пленкой, соль начала выступать на нитке и стенках кристаллизатора выше уровня раствора, сам раствор с течением времени значительно уменьшился в объеме за счет испарения. Образующиеся кристаллики соли были очень мелкие и не прозрачные (Приложение № 2, фото 12).

Чтобы проверить, как влияет температура раствора на ход образования кристаллов, в ходе третьего этапа эксперимента растворы веществ были приготовлены путем их растворения в кипящей воде. Первыми вновь сформировались кристаллы медного купороса. На нити в течение 90 минут образовалась «щеточка» из мелких кристаллов-иголочек (Приложение № 2, фото 13). На дне кристаллизатора без нити в течение суток образовался поликристалл с самыми крупными, прозрачными и многогранными кристаллами (Приложение № 2, фото 14).

Четвертый этап эксперимента стал самым длительным. Через месяц после того, как в насыщенный раствор алюминиевых квасцов была опущена нитка, привязанная к шпажке, и кристаллизатор был накрыт пленкой, раствором пропиталась и нить, и шпажка. В результате на торце одной из шпажек начал образовываться кристалл, по форме напоминающий коралл. В течение следующего месяца этот кристалл достиг 2,5 см в диаметре (Приложение № 2, фото 15).

Таким образом, в ходе экспериментов были получены кристаллы медного купороса, алюминиевых квасцов и поваренной соли различных размеров и формы. Были сделаны выводы о влиянии на ход и результат формирования кристаллов различных факторов, таких как: вещество, использованное для создания раствора, его насыщенность, применение нити и «затравочного» кристалла, открыт или накрыт остается раствор в ходе эксперимента.

Один из вариантов возможного применения выращенного кристалла – создание на его основе елочной игрушки. Была выбрана форма, по диаметру немного больше круглого кристалла. Затем была подготовлена эпоксидная смола, для чего тщательно перемешаны 2 составляющих ее компонента. В форму было залито небольшое количество смолы, погружен кристалл, а затем залит смолой немного выше уровня его выступающих частей. Через 24 часа, после затвердевания смолы, автор достал изделие из формы и прикрепил ленту для подвешивания.

ВЫВОДЫ

1. Научные представления о кристаллах, их происхождении, строении и свойствах развивались на протяжении нескольких веков.
2. Кристаллы – это твердые тела, атомы или молекулы которых занимают определенное положение в пространстве, называемое кристаллической решеткой.
3. Все физические свойства, благодаря которым кристаллы широко применяются, зависят от их строения – их пространственной кристаллической решетки.
4. Используя научную методику выращивания кристаллов, я вырастил в домашних условиях кристаллы поваренной соли (NaCl), медного купороса (CuSO_4) и алюминиевых квасцов (солей алюминия $\text{R}[\text{Al}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, где R - K, Na, и другие одновалентные металлы).
5. Выводы из практической части работы:
 - разные вещества формируют кристаллы различной формы;
 - время формирования кристаллов у использованных для эксперимента веществ отличается;
 - погружение в раствор нити влияет на форму полученного кристалла;
 - чем более насыщен раствор вещества, тем быстрее и крупнее образуются кристаллы;

- в случае применения «затравочного» кристалла итоговый кристалл также образуется гораздо раньше и имеет более интересную форму;
- выращивание кристаллов в открытом растворе возможно, но их формирование идет на кристаллизаторе и нитке над поверхностью раствора.
- возможно практическое применение полученных в домашних условиях кристаллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над проектом автором были изучены теоретические основы процесса роста кристаллов в природе, в промышленности, а также в домашних условиях.

Цель проекта была достигнута, автор провел удачные эксперименты по самостоятельному выращиванию кристаллов из трех веществ: поваренной соли, алюминиевых квасцов и медного купороса.

Были выполнены поставленные при выборе темы исследования задачи:

- автор узнал о видах кристаллов, их свойствах, сферах применения в настоящее время и перспективах дальнейшего использования;
- изучил условия образования кристаллов, их формы, цвета;
- узнал о методах их выращивания в промышленности и в домашних условиях;
- подобрал доступное оборудование и сырье для производства кристаллов;
- провел эксперимент по выращиванию в домашних условиях кристаллов соли, алюминиевых квасцов и медного купороса;
- проанализировал полученные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКОВ

1. Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. – М: Недра, 1985. – 136 с.
2. Кеплер И. О шестиугольных снежинках. – М: Наука, 1983. – 192 с.
3. Ферсман А.Е. Занимательная минералогия. – М: Концептуал, 2021. – 23 с.
4. Шафрановский И.И. История кристаллографии в России. - Издательство Академии наук СССР, Москва-Ленинград, 1962 г., 415 стр.
5. Видеоурок «Различие в молекулярном строении твердых тел, жидкостей и газ» URL: [https://znaika.ru/catalog/7-klass/physics/Razlichie-v-molekulyarnom-stroenii-tverdykh-tel%2C-zhidkostey-i-gaz.html](https://znaika.ru/catalog/7-klass/physics/Razlichie-v-molekulyarnom-stroenii-tverdykh-tel-zhidkostey-i-gaz.html) (Дата обращения 31.10.2023).
6. Большая советская энциклопедия. Кристаллы. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/164143/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B> (Дата обращения 31.10.2023).
7. Происхождение слова кристалл URL: <https://lexicography.online/etymology/%D0%BA%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB> (Дата обращения 08.11.2023).
8. Кристаллы. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B> (Дата обращения 09.11.2023)
9. Кристаллическая решетка. Статья. URL: <https://skysmart.ru/articles/chemistry/kristalicheskaya-reshetka> (Дата обращения 09.11.2023)
10. Описательная кристаллография Плиния Старшего. URL: <http://solidstate.karelia.ru/p/tutorial/crystallography/1/plinii.html> (Дата обращения 09.11.2023)

11. В.И. Павлишин профессор, почетный член Российского минералогического общества. Выдающиеся минералоги. Рене Жюст Гаюи – основатель структурной кристаллографии. URL: http://www.minbook.com/site_files/!23-2_RUS_32-33.pdf (Дата обращения 09.11.2023)
12. Баландин Р.К. Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие. URL: <https://biography.wikireading.ru/199350> (Дата обращения 12.11.2023)
13. Жидкие кристаллы: история и классификация. Статья на сайте Политехнического музея. URL: <https://polymus.ru/media/detail/zhidkie-kristally-istoriya-i-klassifikatsiya/> (Дата обращения 12.11.2023)
14. Самигуллина А.И. Жидкие кристаллы? URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkie-kristally/viewer> (Дата обращения 18.11.2023)
15. Кайгородский А.И. Кристаллы. URL: <https://fis.wikireading.ru/1769> (Дата обращения 18.11.2023)
16. Методы выращивания кристаллов. Энциклопедия Megabook. URL: <https://megabook.ru/article/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B%20%D0%B2%D1%8B%D1%80%D0%B0%D1%89%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B2> (Дата обращения 19.11.2023)
17. История лазерной технологии URL: <https://www.ulsinc.com/ru/%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2#:~:text=1960%20%D0%B3.,%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%20694%2C3%20%D0%BD%D0%BC> (Дата обращения 19.11.2023)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Образцы природных кристаллов



Рисунок 1. Флюорит



Рисунок 2. Горный хрусталь



Рисунок 3. Железный колчедан



Рисунок 4. Лёд



Рисунок 5. Кварц



Рисунок 6. Рубин

Приложение 2

Фотографии проводимых экспериментов



Фото 7. Поваренная соль



Фото 8. Алюминиевые квасцы

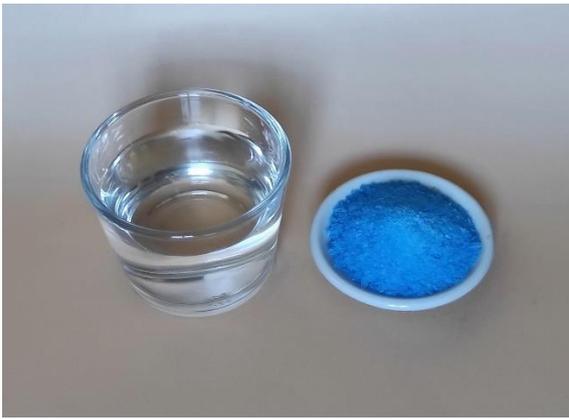


Фото 9. Медный купорос



Фото 4. Насыщенные растворы



Фото 5. Мелкие кристаллы
алюминиевых квасцов



Фото 6. Большой поликристалл
медного купороса



Фото 7. Кристаллы алюминиевых квасцов



Фото 8. Нить на шпажке в растворе медного купороса



Фото 9. Кристаллы алюминиевых квасцов

Фото 10. Кристаллы соли на нитке
на нитке

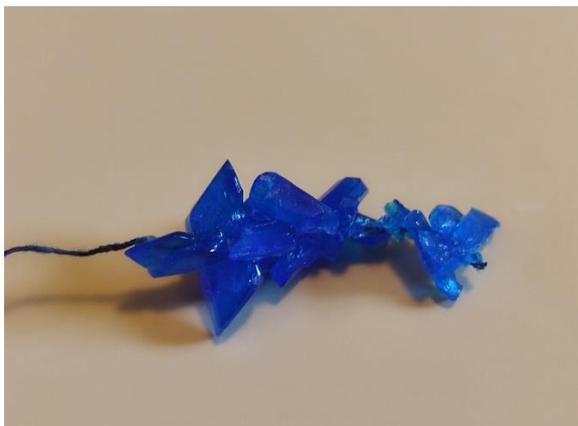


Фото 11. Кристаллы медного купороса
на нитке

Фото 12. Кристаллы соли в открытом
кристаллизаторе



Фото 13. Поликристалл медного купороса
на нитке



Фото 14. Поликристалл медного купороса

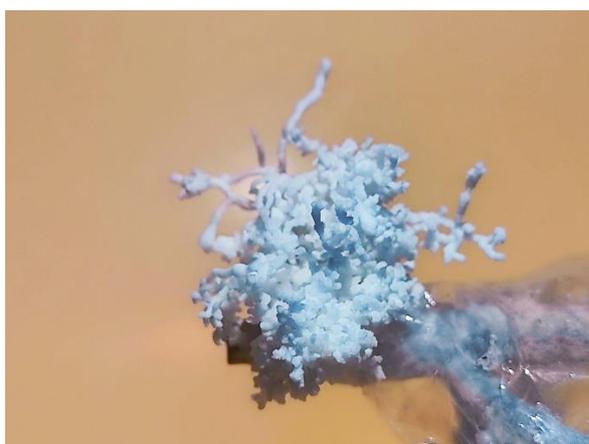


Фото 15. Кристалл алюминиевых квасцов
на шпажке



Фото 16. Елочная игрушка
из кристалла