

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ, ПРОЕКТНЫХ И
ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ
«ОБРЕТЁННОЕ ПОКОЛЕНИЕ»**

Направление: физика

Тема: Чудо-кристалл

Соискатель: Пятчина Алёна Александровна

Научный руководитель: Чубченко Елена Петровна

**Место выполнения работы: Муниципальное общеобразовательное учреждение
города Джанкоя Республики Крым «Средняя школа №8»**

Аннотация

Предметом исследования данной работы является морфология (форма, размер, цвет) и скорость роста кристаллов медного купороса, поваренной соли, сахара, алюмокалиевых и хромокалиевых квасцов в домашних условиях. В ходе проведения данной исследовательской работы экспериментально исследованы и сравнены процессы роста, морфология и визуальные характеристики кристаллов различных веществ, выращенных методом медленного испарения растворителя в домашних условиях.

Тезисы

Актуальность. Современные технологии немислимы без искусственных кристаллов. Полупроводники (кремний), лазерные стержни, оптические линзы, пьезоэлементы – все это выращенные в лабораториях кристаллы.

Цель работы. Экспериментально исследовать и сравнить процесс роста, форму и визуальные характеристики кристаллов различных веществ (медного купороса, поваренной соли, сахара, алюмо- и хромокалиевых квасцов), выращенных в одинаковых условиях.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить теоретический материал о кристаллическом состоянии вещества, видах кристаллов и процессе кристаллизации.
2. Освоить методику выращивания монокристаллов и поликристаллических сростков методом медленного испарения растворителя.
3. Вырастить кристаллы медного купороса, поваренной соли, сахара, алюмокалиевых квасцов и хромокалиевых квасцов.
4. Провести наблюдение за ростом кристаллов под микроскопом на разных стадиях их формирования.
5. Проанализировать и сравнить полученные образцы по следующим параметрам: скорость роста, правильность геометрической формы (габитус), размер и монолитность, цвет и прозрачность.

Объект исследования: Процесс кристаллизации.

Предмет исследования: Морфология (форма, размер, цвет) и скорость роста кристаллов медного купороса, поваренной соли, сахара, алюмокалиевых и хромокалиевых квасцов в домашних условиях

ВЫВОДЫ: на основе анализа проведенных экспериментов и наблюдений можно сформулировать следующие выводы:

1. Гипотеза о том, что кристаллы разных веществ, выращенные в сходных условиях, будут отличаться по скорости роста, форме, цвету и размерам, **полностью подтвердилась**.
2. Наибольшую скорость роста в одинаковых условиях показали кристаллы **медного купороса** и **хромокалиевых квасцов**. Самые медленно растущие кристаллы – **поваренной соли**. Это связано с разной скоростью образования центров кристаллизации и разной растворимостью веществ.
3. Наиболее крупные, правильные и монолитные кристаллы удалось вырастить из **квасцов** и **медного купороса**. Кристаллы соли и сахара чаще росли в виде поликристаллических сростков-друз, что связано с высокой скоростью образования центров кристаллизации.
4. **Наблюдение под микроскопом** позволило увидеть самые начальные стадии роста кристаллов – образование микроскопических затравок, которые имеют ту же

геометрическую форму, что и крупные кристаллы. Под микроскопом была отмечена слоистая структура роста и разница в прозрачности граней.

5. Кристалл соли растет за счет добавления соли из водного раствора, окружающего кристаллик
6. Тип атомов и их относительное расположение в кристалле определяют форму и другие свойства кристалла. Каждый кристалл характеризуется своим расположением атомов, ионов или молекул. Именно оно отвечает за форму и свойства кристалла.
7. Опыт со смесью квасцов и медного купороса показал, что кристалл каждого вещества растет индивидуально, и чужеродные для него частицы в него при росте не встраиваются.

В ходе проведения данной исследовательской работы была достигнута поставленная цель: экспериментально исследованы и сравнены процессы роста, морфология и визуальные характеристики кристаллов различных веществ, выращенных методом медленного испарения растворителя в домашних условиях.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ I. Теоретическая часть.	7
1.1. Введение в мир кристаллов	7
1.2. «Атомарная архитектура». Кристаллические решётки	7
1.3. Как рождаются кристаллы? Процесс кристаллизации	10
1.4. Многообразие форм и цветов. Симметрия и примеси	11
1.5. Применение кристаллов в науке и технике	12
РАЗДЕЛ II. Практическая часть	13
2.1. Выращивание кристаллов в домашних условиях	13
2.1.1. Эксперимент 1	13
2.1.2. Эксперимент 2	14
2.1.3. Эксперимент 3	14
2.1.4. Эксперимент 4	15
2.1.5. Эксперимент 5	16
2.1.6. Эксперимент 6	16
2.2. Наблюдение за ростом кристаллов под микроскопом	19
2.2.1. Выращивание кристалла поваренной соли	19
2.2.2. Выращивание кристалла медного купороса	22
2.2.3. Исследуем скорость роста граней кристаллов	23
ВЫВОДЫ	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ	26

ВВЕДЕНИЕ

Кристаллы – это не просто красивые природные объекты или украшения. Они окружают нас повсюду: от обычной поваренной соли и сахара до самых сложных микропроцессоров в компьютерах и лазерах. Изучение процесса роста и свойств кристаллов (кристаллография) является фундаментальным для таких наук, как физика, химия, материаловедение, геология и даже биология.

Актуальность моей работы заключается в практической значимости. Современные технологии невозможны без искусственных кристаллов. Полупроводники (кремний), лазерные стержни, оптические линзы, пьезоэлементы – все это выращенные в лабораториях кристаллы. Понимание принципов их роста необходимо для развития техники. Выращивание кристаллов в домашних условиях – это наглядный и доступный способ изучения законов физики, в частности, процесса кристаллизации, и свойств твердых тел. Работа лежит на стыке физики (строение вещества, фазовые переходы), химии (свойства солей) и биологии (исследование под микроскопом напоминает изучение клеточных структур). Проведение такого эксперимента воспитывает аккуратность, терпение, навыки наблюдения, анализа и работы с лабораторным оборудованием (микроскоп).

Цель работы. Экспериментально исследовать и сравнить процесс роста, форму и визуальные характеристики кристаллов различных веществ (медного купороса, поваренной соли, сахара, алюмо- и хромокалиевых квасцов), выращенных в одинаковых условиях.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить теоретический материал о кристаллическом состоянии вещества, видах кристаллов и процессе кристаллизации.
2. Освоить методику выращивания монокристаллов и поликристаллических сростков методом медленного испарения растворителя.
3. Вырастить кристаллы медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), поваренной соли (NaCl), сахара ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), алюмокалиевых квасцов ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) и хромокалиевых квасцов ($\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).
4. Провести наблюдение за ростом кристаллов под микроскопом на разных стадиях их формирования.
5. Проанализировать и сравнить полученные образцы по следующим параметрам: скорость роста, правильность геометрической формы (габитус), размер и монолитность, цвет и прозрачность.
6. Систематизировать результаты и сформулировать выводы.

Объект исследования: Процесс кристаллизации.

Предмет исследования: Морфология (форма, размер, цвет) и скорость роста кристаллов медного купороса, поваренной соли, сахара, алюмокалиевых и хромокалиевых квасцов в домашних условиях.

Для решения поставленных задач в работе используются следующие **методы**:

Теоретические: анализ научной и учебной литературы, интернет-ресурсов по теме исследования, сравнительный анализ полученных данных.

Эмпирические (экспериментальные): **наблюдение** (Визуальное наблюдение за процессом кристаллизации ежедневно, **эксперимент** (проведение лабораторного опыта по выращиванию кристаллов в контролируемых условиях (комнатная температура, атмосферное давление), **измерение** (фиксация изменений размеров кристаллов с помощью линейки и под микроскопом с использованием окуляр-микрометра (если есть возможность) или сравнительным методом), **микроскопирование** (исследование структуры и формы мелких кристаллов и затравок под микроскопом для изучения начальных стадий роста).

Сравнительно-аналитические: сравнение внешнего вида и скорости роста кристаллов разных веществ, сравнение кристаллов, выращенных из одного вещества, но на разных стадиях.

РАЗДЕЛ I. Теоретическая часть.

1.1. Введение в мир кристаллов.

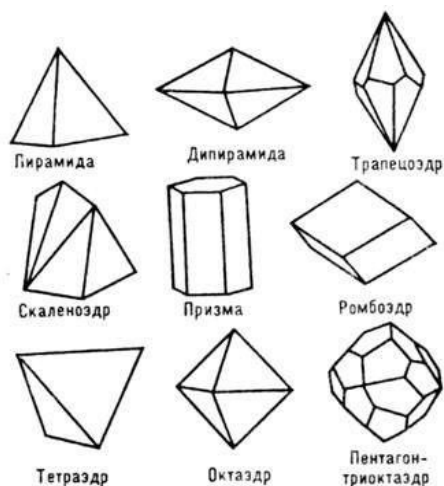
Слово «кристалл» рождает в нашем сознании ассоциативный ряд, который, как правило, связан с драгоценными камнями: бриллиантами, рубинами, топазами. Но на самом деле почти весь наш мир состоит из кристаллов. Они окружают нас везде: когда мы едим (сахар, соль), когда гуляем по улице (снег, лёд, иней на ветках деревьев), когда пользуемся техникой (кварц (кварцевые часы), корунд (алюминий), детали машин и техники), когда купаемся в море (кораллы), когда пользуемся мобильным телефоном или смотрим телевизор (изготовление дисплея из жидких кристаллов).

По агрегатному состоянию все вещества делятся на твердые, жидкие и газообразные. Твёрдые вещества, в отличие от газообразных и жидких, имеют определенную форму и объём, т. к. частицы, их образующие, не могут свободно перемещаться относительно друг друга.

По внутреннему строению твёрдые вещества делятся на аморфные и кристаллические. Кристаллических веществ подавляющее большинство. В отличие от аморфных веществ, кристаллические вещества имеют строго упорядоченную внутреннюю структуру.[1].

1.2. «Атомарная архитектура». Кристаллические решётки

Кристалл – это твердое тело, где атомы расположены закономерно, образуя кристаллическую решётку. Кристаллическая решётка - правильная геометрическая структура, которую образуют расположенные в строгом порядке частицы в кристаллах.



Узлы кристаллической решётки - точки, в которых размещены частицы кристалла (атомы, молекулы, ионы).

Типы кристаллических решёток

В зависимости от типа частиц, образующих кристалл, и от вида химической связи между частицами кристалла различают четыре типа кристаллических решёток: *молекулярную, атомную, ионную и металлическую.*

Существует зависимость между типом кристаллической решётки вещества и его физическими свойствами.

В узлах **молекулярной** кристаллической решётки находятся молекулы веществ, между которыми действуют слабые межмолекулярные силы. При комнатной температуре такие вещества переходят в газы, кипящие жидкости, легкоплавные твердые вещества, они летучие. Например, углекислый газ из твердого состояния легко переходит в газообразное. В твердом состоянии углекислый газ называют еще «сухой лёд» (по внешнему виду напоминает лёд).



Температура «сухого льда» около -78.5°C . Его используют для охлаждения, перевозки или хранения каких-либо продуктов (например, для перевозки донорской крови). Продукты в углекислом газе не плесневеют и не гниют.

В узлах **атомной** кристаллической решётки находятся атомы, связанные ковалентными полярными или неполярными связями. Атомная кристаллическая решётка характерна для углерода (алмаз, графит), кремния, оксида кремния (кремнезём, кварц, речной песок) и т. д.

Для веществ с атомной кристаллической решёткой характерны следующие свойства:

- высокая твёрдость;
- высокие температуры плавления;
- нерастворимость в воде;
- нелетучесть;
- отсутствие запаха.

Ионную кристаллическую решётку образуют вещества с ионным типом связи — соли, щёлочи, бинарные соединения активных металлов с активными неметаллами (оксиды, галогениды, сульфиды), соли аммония. В узлах ионной решётки находятся ионы, между которыми действуют силы электростатического притяжения. Ионная связь отличается высокой прочностью.

Для веществ с ионной кристаллической решёткой характерны следующие свойства:

- твёрдость в сочетании с хрупкостью;
- высокие температуры плавления;
- нелетучесть;
- отсутствие запаха;

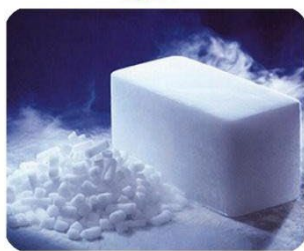
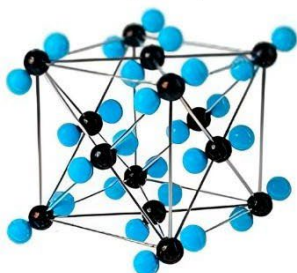
- многие растворяются в воде;
- электропроводность растворов и расплавов.

Металлическая решётка характерна для веществ с металлической связью. В узлах металлической решётки находятся катионы металла, между которыми перемещаются электроны, образуя так называемый «электронный газ». «Электронный газ» движется между узлами решетки, обеспечивая её устойчивость. Металлическая решётка характерна для металлов и их сплавов. Свободно перемещающиеся электроны обуславливают характерные свойства веществ с металлической решёткой:

- тепло- и электропроводность;
- ковкость;
- пластичность;
- металлический блеск

Кристаллические решетки

Молекулярные



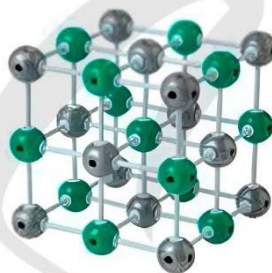
CO_2 (тв.)

Атомные



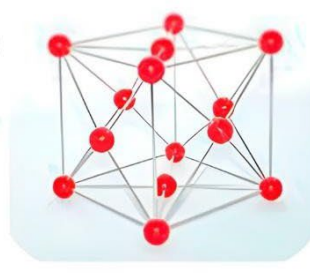
C - алмаз

Ионные



NaCl - галит

Металлические



Медь

Выделение того или иного вида кристаллической решетки происходит на основе вида химической связи между частицами вещества. Существует определенный термин для определения такой химической связи - это энергия решетки Ереш кристалла.

Энергия решетки – это энергия, необходимая для того, чтобы разложить кристалл на составляющие его частицы и удалить их на бесконечное расстояние друг от друга. Ереш не включает в себя энергию колебаний частиц, из которых состоит кристалл. Поэтому ее нельзя смешивать с внутренней энергией U. При повышении температуры Ереш уменьшается из-за «разрыхления» решетки под действием тепловых колебаний, в то время как внутренняя энергия U увеличивается.

Энергия решетки представляет собой меру стабильности структуры. Она тесно связана со многими физическими и механическими свойствами твердых тел, например с тепловым расширением, температурами плавления и кипения, твердостью, электропроводностью и др.

Расчет Ереш основывается на анализе сил взаимодействия частиц, находящихся в узлах кристаллической решетки. Чем сильнее взаимодействие (силы связи) между атомами, ионами или молекулами, образующими решетку, тем больше величина Ереш . [1,2].

Разновидности кристаллов

Кристаллические тела делятся на монокристаллы и поликристаллы.

Монокристаллы – это вещества однородные по своей структуре, имеющую непрерывную кристаллическую решетку. Примеры природных монокристаллов – каменная соль, алмаз, топаз.

Поликристаллы – тело, состоящее из сросшихся кристаллов. Обычно такие кристаллы по форме не похожи на кристаллы, но имеют кристаллическую структуру. Это, например, металлы, сплавы, керамика, минералы.

Жидкие кристаллы – вещества, имеющие одновременно и свойства жидкости, и свойства кристаллов. Они, например, текучи как жидкости, и в то же время имеют кристаллическую решётку.

1.3. Как рождаются кристаллы? Процесс кристаллизации

Возможные способы роста и образования кристаллов

1. Возгонка. Этот метод подразумевает переход вещества из газообразного состояния в твердое, минуя жидкую фазу. Пример: образование снежинок из воды.

2. Раскристаллизация. Переход вещества из одного твердого в другое твердое. *Первый способ:* переход вещества из аморфного твердого в кристаллическое. Например, кристаллизация стекла. Так как стекло представляет собой переохлажденную жидкость, то его кристаллизация может рассматриваться как кристаллизация жидкости. *Второй способ* – перекристаллизация вещества с разрушением старой структуры и образованием новой. Большинство горных пород образуются именно таким способом. Известные примеры перекристаллизации: переход известняка в мрамор, кварцевых песчаников в кварциты или глинистых пород в филлиты.

3. Кристаллизация из растворов и расплавов. Наиболее распространенный природный способ образования. Так на дне водоемов «откладываются» кристаллы солей. Этим же способом искусственно выращивают алмаз, сапфир или рубин.

Выращивание кристаллов из растворов происходит только в том случае, если раствор будет перенасыщенным. В таком случае лишнее вещество выпадает в виде кристаллов

Кристаллизация из расплавов можно описать несколькими этапами. Необходимо нагреть кристалл любого металла до температуры плавления. В этот момент кристаллическая решетка разрушается, и металл превращается в аморфную жидкость. При понижении температуры в застывающем расплаве образуется много кристаллических зародышей. Малый размер

кристалликов-зародышей позволяет им расти в виде правильных многогранников. По мере роста кристаллы начинают встречаться друг с другом, и тогда их рост в этом месте прекращается, они становятся уже неправильной формы. В данном случае образуется поликристалл, состоящий из нескольких кристаллов.

Кристаллизация может быть двух типов: однокомпонентной (только один кристаллизующий материал, без примесей) и поликомпонентной (образование кристаллов из двух или более материалов). [5].

1.4. Многообразие форм и цветов. Симметрия и примеси.

Форма кристаллов – это внешнее отражение внутреннего порядка. Геометрическая форма кристалла – прямое следствие его атомной структуры. Представьте, что вы строите дом из кирпичей. Из одинаковых прямоугольных кирпичей вы сможете сложить ровную стену. Так и атомы, выстраиваясь в строгом порядке, образуют внешние гладкие грани. **Грани** – это плоские поверхности, ограничивающие кристалл. **Рёбра** – линии пересечения граней. **Вершины** – точки пересечения рёбер. **Габитус** – это общая, наиболее характерная форма кристалла. **От чего зависит форма (габитус) кристалла? Тип кристаллической решётки** - это главный фактор. **Кубическая решётка** (например, у поваренной соли NaCl) стремится образовать кристаллы в форме **кубов**. Атомы расположены по углам воображаемого куба. Если у кубической решётки атомы есть и в центре граней, то форма может усложниться до **октаэдра** (8 граней) или **ромбододекаэдра** (12 граней). Именно такую форму часто имеют **квасцы**. **Условия роста.** Одно и то же вещество может кристаллизоваться в разных формах в зависимости от условий. При медленном росте кристаллы обычно более крупные и правильные. При быстром – образуются мелкие, игольчатые или дендритные ("древовидные") формы. Присутствие других веществ в растворе может "отравлять" некоторые грани, мешая их росту, и кристалл будет вытягиваться в одном направлении. **Насыщенность раствора:** В очень насыщенном растворе возникает много центров кристаллизации, и кристаллы мешают друг другу расти, образуя не идеальные, а сросшиеся агрегаты.

Цвет кристалла – это результат взаимодействия света с его внутренним миром – электронами и атомами. **Основные причины окраски:**

1. Собственная (идиохроматическая) окраска

Цвет обусловлен самими химическими элементами, входящими в состав вещества. Это самый "честный" цвет кристалла. Электроны в атомах вещества могут поглощать кванты света определённой энергии (определённого цвета) и переходить на другой энергетический уровень. Мы видим цвет, который остался (дополнительный к поглощённому)

2. Примесная окраска

Кристалл в основном бесцветный, но его окрашивают случайно попавшие в его решётку чужеродные атомы (примеси). Прозрачный минерал **корунд (Al₂O₃)** становится **красным рубином** – если в решётку вместо некоторых атомов алюминия попадают атомы хрома (Cr³⁺) или **синим сапфиром** – благодаря примесям титана и железа.

3. Дефекты окраски

Цвет может возникать из-за нарушений в идеальной кристаллической решётке – отсутствия

атомов (вакансий), смещений и т.д. Например, интенсивное нагревание или облучение может "создать" цвет в изначально бесцветном кристалле.

4. Плеохроизм

Это очень интересное оптическое явление, которое вы могли наблюдать под микроскопом! Кристалл меняет свой цвет или интенсивность окраски в зависимости от того, под каким углом на него смотреть. Кристалл **хромокалиевых квасцов** под микроскопом при вращении может выглядеть то более фиолетовым, то более бурым или зеленоватым. Это прямое доказательство его внутренней анизотропии (различия свойств в разных направлениях). [10].

1.5. Применение кристаллов в науке и технике

В природе много различных кристаллов. Зачем же тогда их выращивает человек искусственно? Искусственные кристаллы более чистые, без всяких примесей, что позволяет улучшить свойства тела, вещества при использовании в разных сферах деятельности человека. Линзы для микроскопов, телескопов, фотоаппаратов сделаны из кристаллов (стекло — аморфно, но оптическое стекло имеет кристаллическую структуру). Самый главный пример — **кремний**, основа всех компьютерных чипов и солнечных батарей. Алмазы, изумруды, рубины, сапфиры используются в ювелирном деле. В квантовой технике - лазеры (рубиновый лазер). Кристаллы кварца (пьезоэффект) используются в часах, зажигалках, датчиках.

В настоящее время осуществляется множество проектов по выращиванию полупроводниковых монокристаллов в космосе, в условиях микрогравитации, что может привести к прорыву в материаловедении и электронике. И в космосе, и на земле можно выращивать чистые однокомпонентные кристаллы, но в космосе это сделать проще. Выращивание однородных кристаллов в земных условиях требует сложных вакуумных камер и больших энергозатрат, тогда как на МКС достаточно использовать забортный вакуум. На орбите нет гравитации, а значит в растворе ничего не оседает на дно, кристаллы растут равномерно, формируются более правильные формы. Но основная задача космических технологий заключается не в организации серийного производства кристаллов, а в использовании новых знаний о процессах кристаллизации. [10].

РАЗДЕЛ II. Практическая часть.

1. Выращивание кристаллов соли, сахара, алюмокалиевых квасцов, хромокалиевых квасцов и медного купороса в домашних условиях

Цель: вырастить кристаллы из насыщенных растворов сахара, квасцов и медного купороса, сравнить их форму, цвет.

Задачи исследования: вырастить монокристаллы.

Объект исследования:

1. раствор алюмокалиевых квасцов;
2. раствор хромокалиевых квасцов;
3. раствор медного купороса и алюмокалиевых квасцов;
4. раствор сахара.
5. раствор соли

Предмет исследования: кристаллы сахара, квасцов и медного купороса.

2.1. Эксперимент № 1. Выращивание кристалла алюмокалиевых квасцов

Алюмокалиевые квасцы – это минералы природного происхождения; представляют собой сложные соединения из серной кислоты, солей алюминия и калия. Само по себе вещество – это небольшие белые кристаллы, которые растворяются в воде высокой температуры. Благодаря своим свойствам, такие квасцы получили широкое распространение при изготовлении косметики. Данные квасцы могут быть использованы как антисептическое, бактерицидное средство.

Для того чтобы сделать кристалл, мне понадобилось: вода кипячёная, порошок алюмокалиевых квасцов, стакан, картон, карандаш, нить.

Этапы эксперимента № 1. Выращивание кристаллов алюмокалиевых квасцов:

1. Наливаем в стакан кипяченой охлажденной воды (200мл.). (Рис.1)



Рис.1



Рис.2

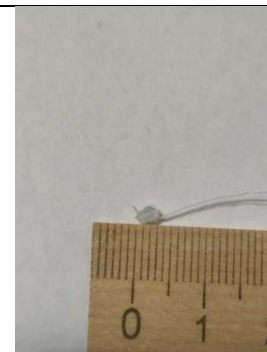
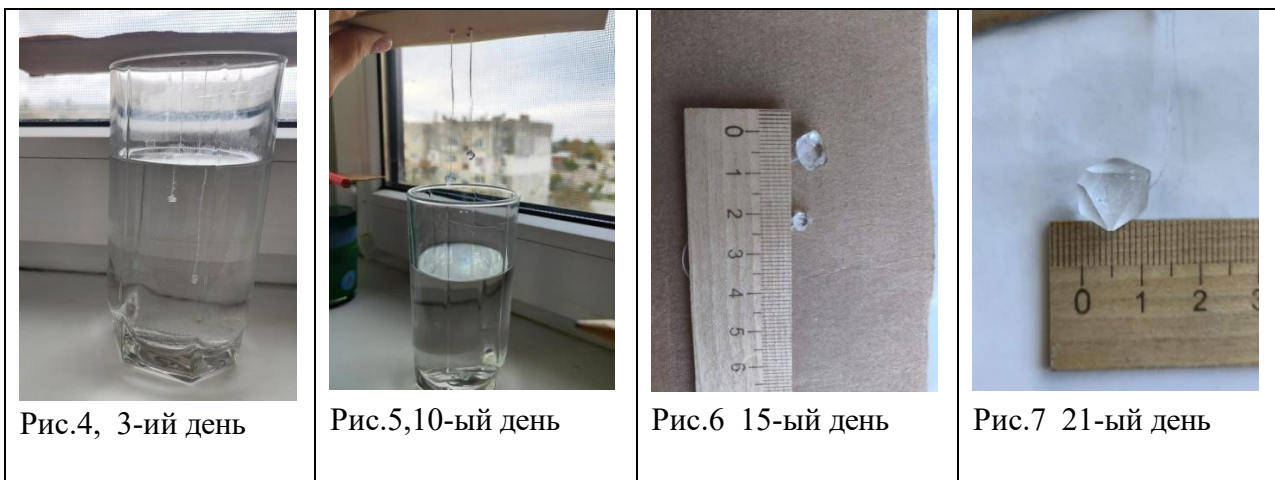


Рис.3

2. Растворяем порошок алюмокалиевых квасцов (г).
3. Готовый раствор процеживаем через фильтр, сделанный из обычной бумажной салфетки. В процеженный раствор добавляем маленькие затравочные кристаллы.
4. Через 1 сутки выбираем один затравочный кристалл и привязываем к нему нитку (Рис.2). Кристаллик на нитке опускаем в насыщенный раствор (Рис.3).
5. Накрываем ёмкость картоном и наблюдаем за ростом кристалла (21 день). (Рис.4-7)

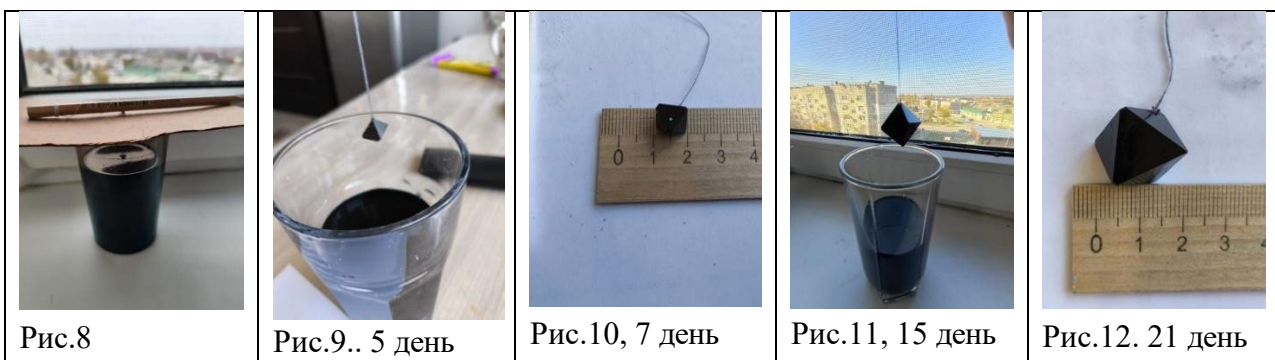


2.2. Эксперимент № 2. Выращивание кристалла хромокалиевых квасцов

Алюмокалиевые квасцы – это минералы природного происхождения; представляют собой сложные соединения солей калия и хрома с серной кислотой; это темно-фиолетовый порошок не имеющий запаха, обладающий кислым вкусом, растворимый в воде. Данный вид квасцов востребован в текстильной индустрии в процессе подготовки к окрашиванию хлопчатобумажных и шерстяных тканей. Для того чтобы сделать кристалл, мне понадобилось: вода кипячёная, порошок хромокалиевых квасцов, стакан, картон, карандаш, нить.

Этапы эксперимента № 2. Выращивание кристаллов хромокалиевых квасцов:

1. Наливаем в стакан кипяченой охлажденной воды (200мл.).
2. Растворяем порошок хромокалиевых квасцов (г).
3. Готовый раствор процеживаем через фильтр, сделанный из обычной бумажной салфетки. В процеженный раствор добавляем маленькие затравочные кристаллы.
4. Через 1 сутки выбираем один затравочный кристалл и привязываем к нему нитку. Кристаллик на нитке опускаем в насыщенный раствор (Рис.8).
5. Накрываем ёмкость картоном и наблюдаем за ростом кристалла (21 день). (Рис.9-12)

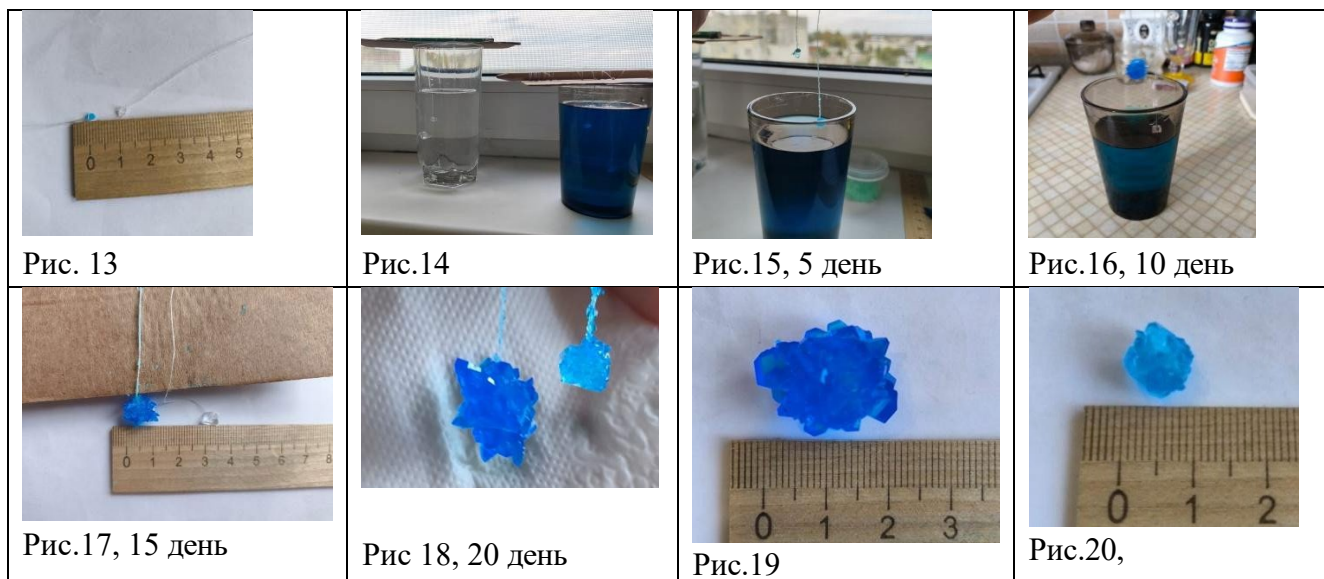


2.3. Эксперимент № 3. Выращивание кристаллов медного купороса и алюмокалиевых квасцов

Для того чтобы сделать кристаллы, мне понадобилось: вода кипячёная, медный купорос, алюмокалиевые квасцы, стакан, картон, нить.

Этапы эксперимента № 3. Выращивание кристаллов медного купороса и алюмокалиевых квасцов:

1. Наливаем в стакан кипяченой охлажденной воды (200мл.).
2. Растворяем порошок медного купороса и порошок алюмокалиевых квасцов (г).
3. Готовый раствор процеживаем через фильтр, сделанный из обычной бумажной салфетки. В процеженный раствор добавляем маленькие затравочные кристаллы.
4. Через 1 сутки выбираем один затравочный кристалл медного купороса и один затравочный кристалл алюмокалиевых квасцов и привязываем к ним нитку. Кристаллики на нитке опускаем в насыщенный раствор (Рис.13-14).
5. Накрываем ёмкость картоном и наблюдаем за ростом кристаллов (21 день). (Рис.15-20)

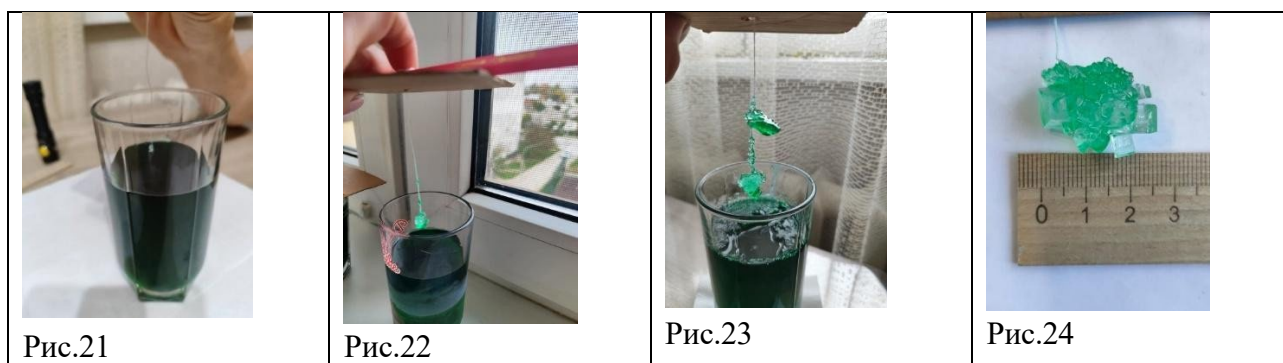


2.4. Эксперимент № 4. Выращивание кристалла сахара

Для того чтобы сделать кристаллы, мне понадобилось: вода кипячёная, сахар, пищевой краситель, стакан, картон, нить.

Этапы эксперимента № 4. Выращивание кристалла сахара:

1. Наливаем в стакан кипяченой охлажденной воды (200мл.).
2. Растворяем сахар, готовим перенасыщенный раствор (г).
3. Готовый раствор процеживаем через фильтр, сделанный из обычной бумажной салфетки.
4. Один затравочный кристалл сахара привязываем к нитке. Кристаллик на нитке опускаем в насыщенный раствор (Рис.21).
5. Накрываем ёмкость картоном и наблюдаем за ростом кристалла (21 день). (Рис.22-24)



2.5. Эксперимент № 5. Выращивание кристаллов поваренной соли.

1. Наливаем в стакан кипяченой охлажденной воды (200мл.).(рис.25)
2. Растворяем поваренную соль (г.). (рис.26)
3. Через 1 сутки выбираем один затравочный кристалл и привязываем к нему нитку. Кристаллик на нитке опускаем в насыщенный раствор. Накрываем емкость картоном. (рис.27)
4. Наблюдаем за ростом кристалла (30 дней).(рис.28)



Рис.25



Рис.26



Рис.27

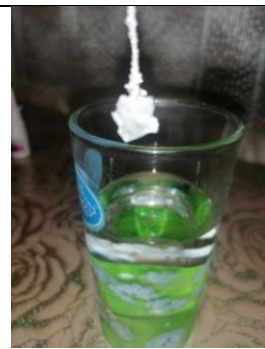


Рис.28

2.6. Эксперимент № 6. Выращивание кристаллов медного купороса

1. Наливаем в стакан кипяченой охлажденной воды (200мл)
2. Растворяем порошок медного купороса (г).
3. Готовый раствор процеживаем через фильтр, сделанный из обычной бумажной салфетки. В процеженный раствор добавляем маленькие затравочные кристаллы.
4. Через 1 сутки выбираем один затравочный кристалл и привязываем к нему нитку. Кристаллик на нитке опускаем в насыщенный раствор. Накрываем ёмкость картоном. [4].



Рис.29



Рис.30, 5 дент



Рис.31, 10 день



Рис.32. 25 день

Выводы.

1. Анализ полученных продуктов.

В результате изучения, сравнения и сопоставления выращенных нами кристаллов мы определили:

- **Поваренная соль (NaCl).** Мы наблюдаем у неё **кубическую** форму. Даже если кристалл не идеален, мы всегда можем увидеть прямые углы между гранями.

- **Квасцы (алюмокалиевые и хромокалиевые).** Эти кристаллы часто имеют форму **октаэдра** (похож на две сложенные основаниями пирамиды). Это одна из типичных форм для кубической сингонии.
- **Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).** Его кристаллы относятся к **триклинной сингонии**. Они выглядят как скошенные параллелепипеды, где все углы отличны от 90 градусов.
- **Сахар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$).** Кристаллизуется в **моноклинной сингонии**. Его кристаллы часто имеют характерную скошенную форму, похожую на вытянутые призмы с наклонными концами.
- Очень красивый опыт получается, если приготовить смесь порошка квасцов и порошка медного купороса (по 2 чайные ложки) и растворить ее в $\frac{1}{2}$ чашки воды. Из раствора растут кристаллы квасцов (такие же, как из раствора, содержащего только квасцы, - бесцветные, той же формы) и кристаллы медного купороса (такие же, как из раствора купороса - ярко-голубые, характерной формы). При росте кристаллы могут встречаться, один может расти вокруг другого, но они не смешиваются. Порядок расположения атомов в кристалле квасцов и в кристалле медного купороса различны, и каждое вещество кристаллизуется независимо. Кристаллизация позволяет разделить смесь веществ.

2. Наблюдая за цветом своих кристаллов, вы можете делать выводы об их чистоте. Яркий, насыщенный цвет медного купороса и хромокалиевых квасцов говорит о высоком содержании "окрашивающих" ионов. Прозрачность и бесцветность алюмокалиевых квасцов и поваренной соли – признак отсутствия сильных хромофоров (носителей цвета).

- **Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).** Его красивый **синий** цвет обусловлен ионами меди (Cu^{2+}). Эти ионы поглощают свет в оранжево-красной области спектра, и мы видим оставшийся синий.
- **Хромокалиевые квасцы ($\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).** Их **фиолетовый** (или тёмно-сиреневый) цвет – это "визитная карточка" ионов хрома (Cr^{3+})
- **Алюмокалиевые квасцы ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$):** Чистые кристаллы должны быть **прозрачными и бесцветными**, как стекло. Если они имеют лёгкий молочный или желтоватый оттенок, это может быть следствием примесей.
- Кристалл **хромокалиевых квасцов** под микроскопом при вращении может выглядеть то более фиолетовым, то более бурым или зеленоватым. Это прямое доказательство его внутренней анизотропии (различия свойств в разных направлениях).



2.1 Результаты представлены в таблице.

Характеристики	Поваренная соль (NaCl)	Медный купорос (CuSO ₄ ·5H ₂ O)	Кристалл сахара (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	Кристалл алюмокалиевых квасцов	Кристалл хромокалиевых квасцов	Кристаллы медного купороса и алюмокалиевых квасцов	
						Медный купорос	Алюмокалиевые квасцы
Размер Загрузки (мм)	2	5	5	3	4	3	3
Размер продукта (мм)			28×21	14×13	27×26	23×17	10×10
Вес	1,7	17,9	4,7	1,3	4,1	3,9	1,1
Форма	кубическая	скошенные параллелепипеды, где все углы отличны от 90 градусов	кристаллы в форме <i>косых параллелепипедов</i>	кубическая	кубическая	кристаллы в форме <i>косых параллелепипедов</i>	кристаллы в форме <i>косых параллелепипедов</i>
Цвет	Белый	Синий	Бледно-зеленый (пищевой краситель)	Белый	Темно-фиолетовый	Синий	Голубой

2.2. Наблюдение за ростом кристаллов из водных растворов под микроскопом.

Для наблюдения мы использовали цифровой микроскоп, который в режиме реального времени передает полученные изображения на компьютер. Для работы с таким микроскопом используется специальное программное обеспечение. Преимуществами использования такого оборудования являются:

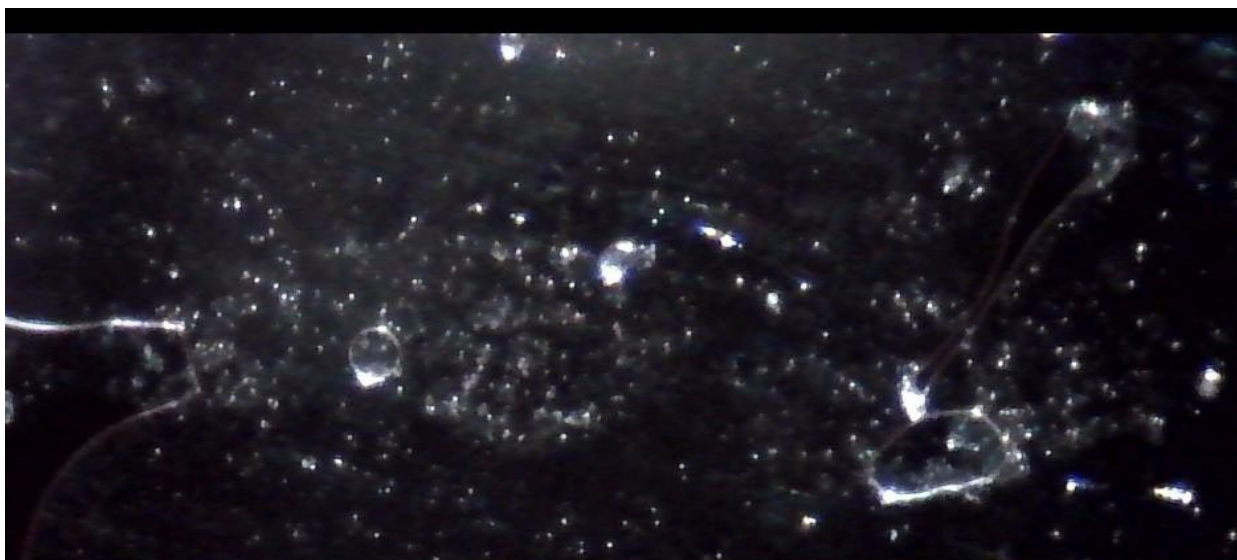
- Быстрое сохранение результатов в виде графических файлов;
- Высокое качество полученных изображений;
- Возможность передачи сохраненных файлов через интернет и записи на любые внешние носители;
- Возможность наблюдений и исследований объектов через экран монитора в высоком разрешении, а также обработка изображений и их редактирование в режиме реального времени.

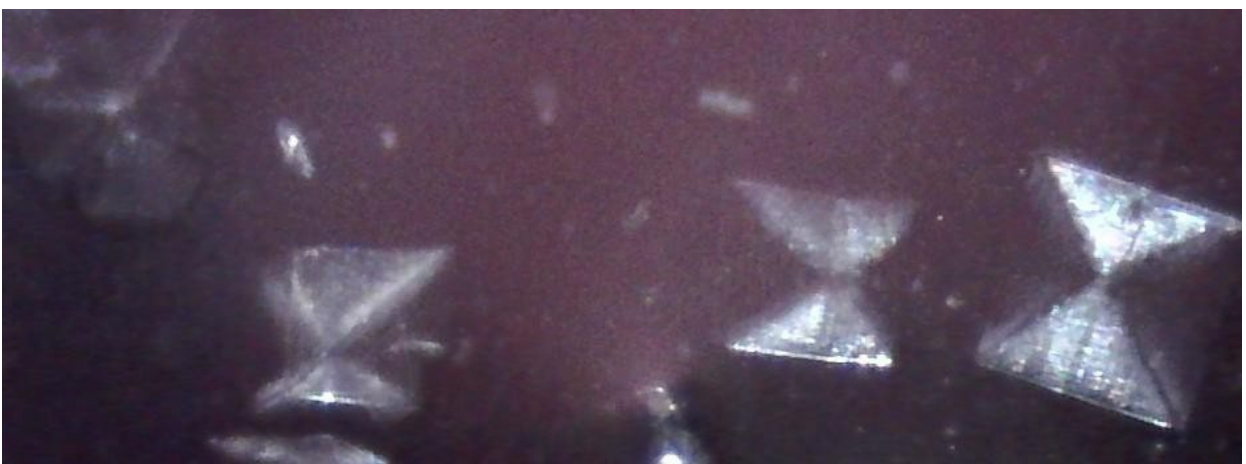
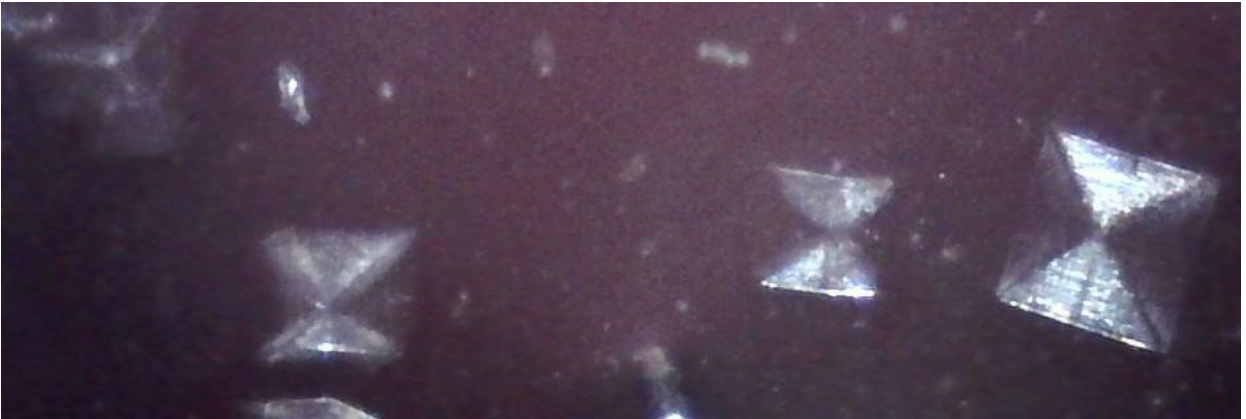
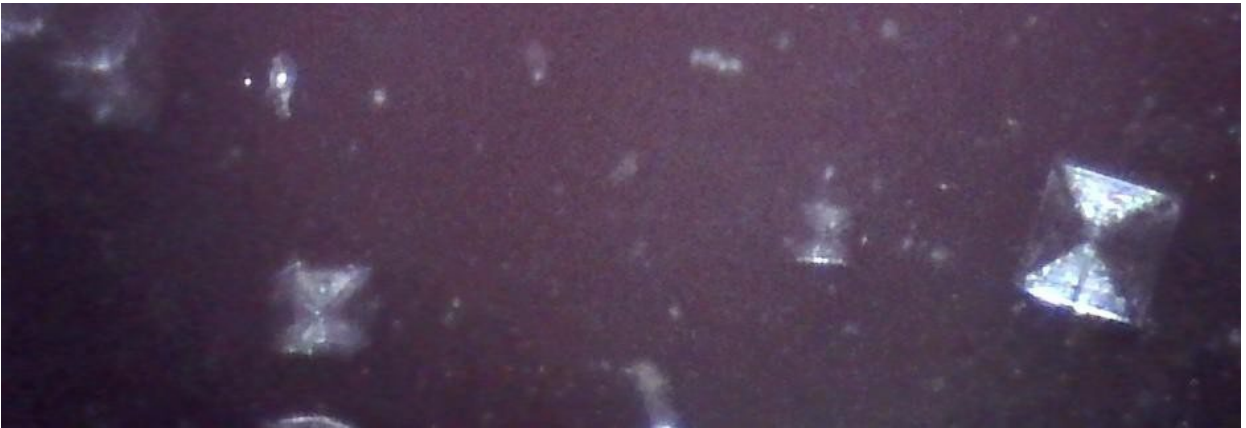
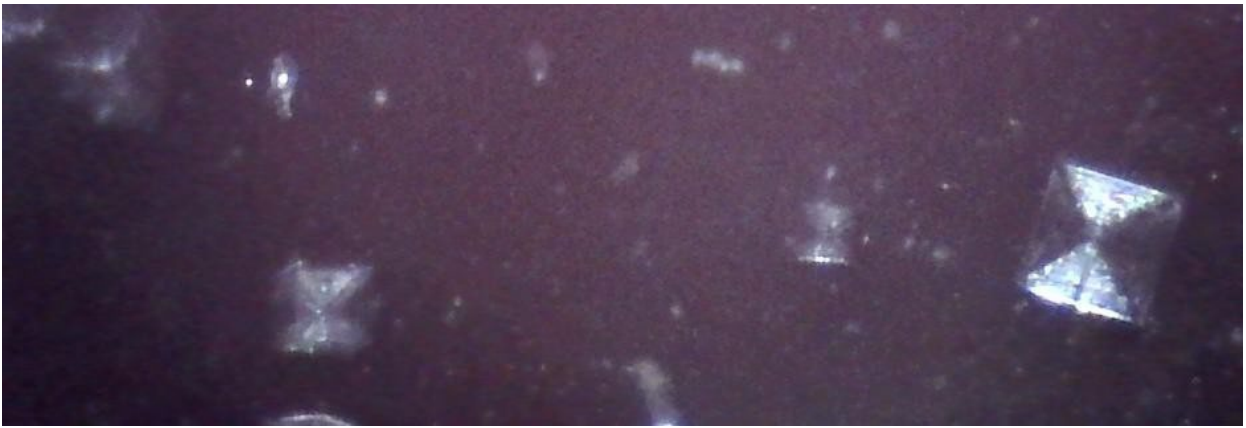
В ходе исследования объектов, помещаемых на предметный стол микроскопа, можно использовать подсветку, которая у большинства моделей – совмещенная (объекты подсвечиваются сверху и снизу, а ее яркость и направление света можно регулировать).[6,7]

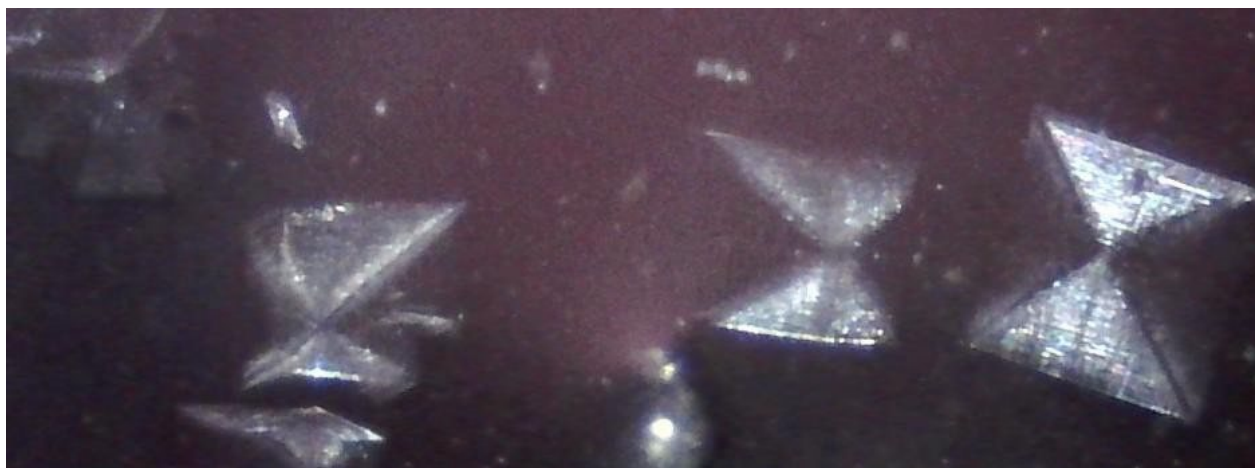
2.2.1. Выращивание кристалла поваренной соли из водного раствора.

1. Общий принцип приготовления микропрепаратов всех растворов солей заключается в выращивании молодых кристалликов. Растворим соль в воде, несколько капель нанесём на стекло. Теперь стекло оставим в покое на некоторое время, до образования первых кристалликов. На промежуточном этапе процесса кристаллизации можно рассматривать полуготовый микропрепарат: мы увидели, как кристалл увеличивается прямо на глазах также увидели как вокруг зародыша твердого вещества возникает течение жидкости из-за разницы концентрации ионов.[8]

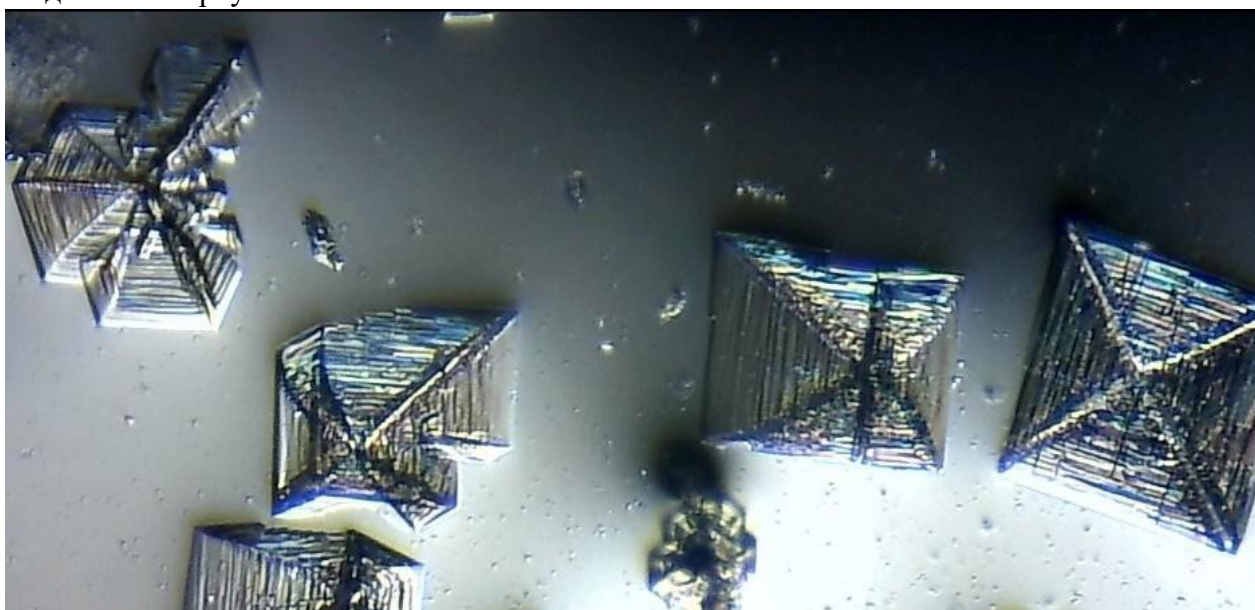
3. Рассмотрим полученную картину. На экране видим образование маленьких кристаллов. Выберем один из кристаллов и будем наблюдать за его ростом, фиксируя его размеры через каждые 10 минут.







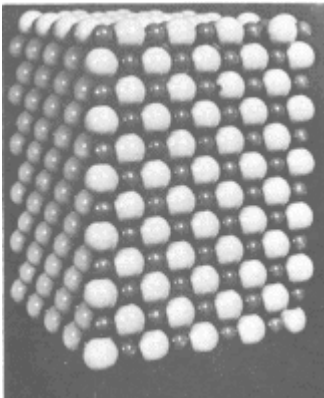
Подсветка сверху.



Подсветка снизу.

Твердые частички, постепенно появляющиеся в растворе, это кристаллики соли. Мы замечаем, что их форма кажется квадратной. Углы между гранями растущих кристаллов очень близки к 90 градусам и сохраняются на всем протяжении роста кристаллов.

Из раствора, который не имеет никакой собственной формы, и принимает форму сосуда, в который налит, вырастают твердые частички такой правильной, совершенной формы! Что заставляет кристаллы хлорида натрия расти в виде параллелепипедов, грани которых взаимно перпендикулярны? Кристаллографы задавались этим вопросом на протяжении многих лет. Только в двадцатом веке, после открытия рентгеновских лучей и использования их дифракции на кристаллах для изучения структуры, оказалось возможным выяснить, каким образом расположение атомов и ионов в кристалле связано с формой растущих кристаллов, со способностью кристаллов к раскалыванию по плоскостям спайности и со многими другими свойствами. В результате таких исследований было установлено, что в кристаллах поваренной соли, хлористого натрия, ионы натрия и хлора чередуются как показано на рисунке:

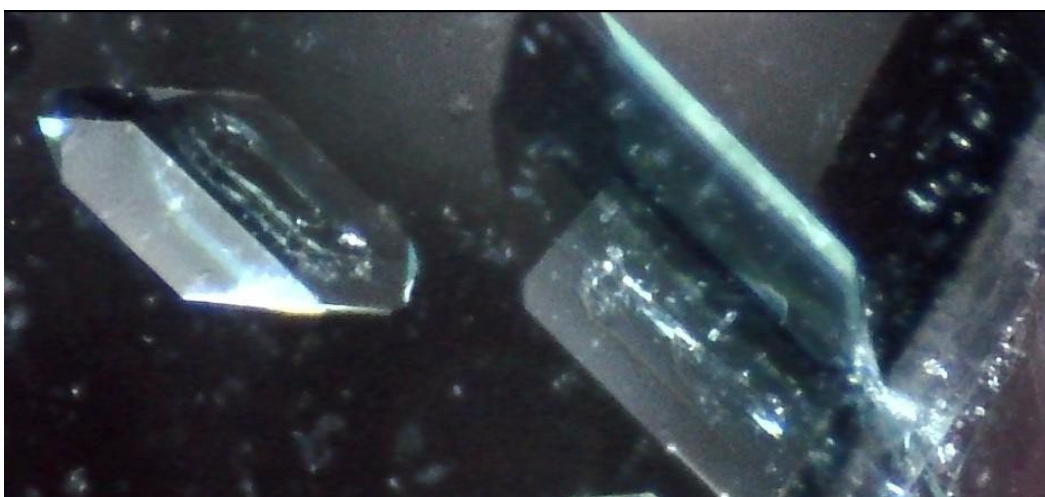
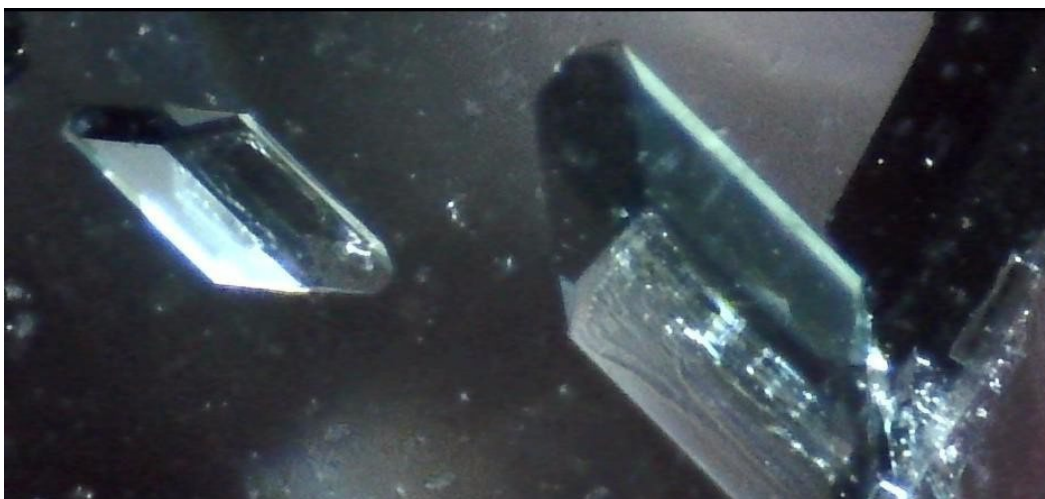


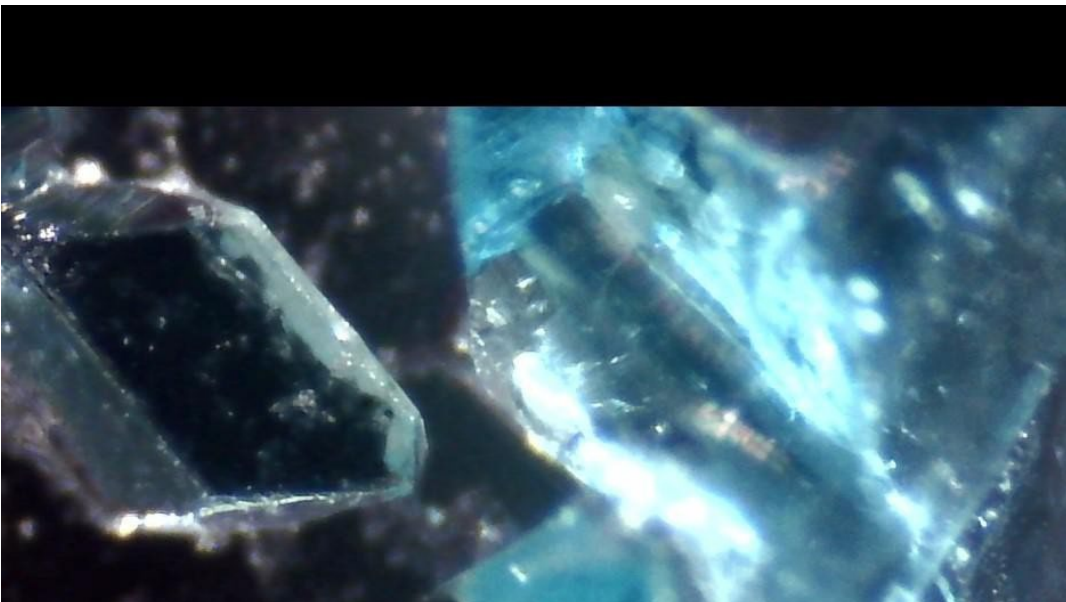
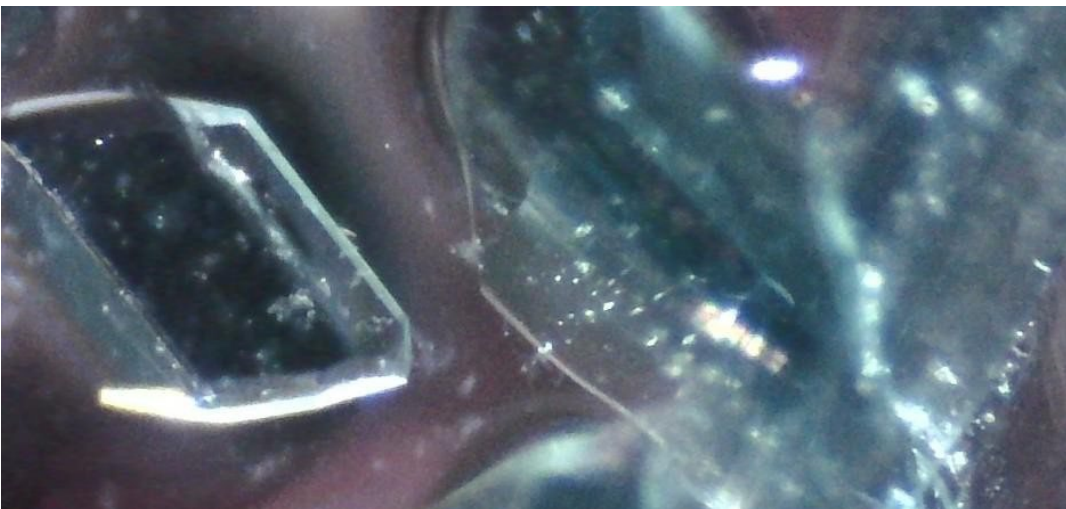
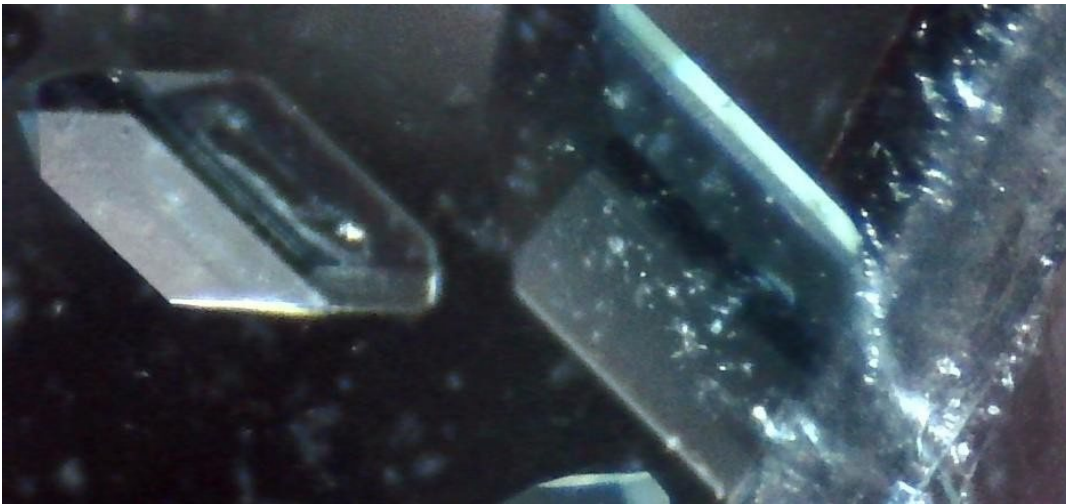
В одном кубике соли со стороной 1 мм содержится 1017 таких блоков, как показано на рисунке. Это равносильно 100,000,000,000,000,000 ионам. Можно ожидать, что кристаллы с таким внутренним строением будут иметь форму кубиков. Можно также ожидать, что они будут раскалываться параллельно граням. [7]

2.2.2. Выращивание кристалла сульфата меди (медный купорос) из водного раствора.

Порошок медного купороса ядовит, требуется быть осторожными. Повторим вышеописанные действия для получения образцов сульфата меди (медный купорос).

Фотографии сделаны с интервалом 10 минут.





Вывод: рассматривая полученные с помощью электронного микроскопа фотографии кристаллов, мы видим, что размеры граней увеличиваются, в то время как форма остаётся неизменной.

2.3. Исследуем скорость роста граней кристаллов, для этого измерим длину граней и построим график зависимости измененных размеров граней от времени.

Таблица 1. Зависимость длины граней кристалла поваренной соли от времени

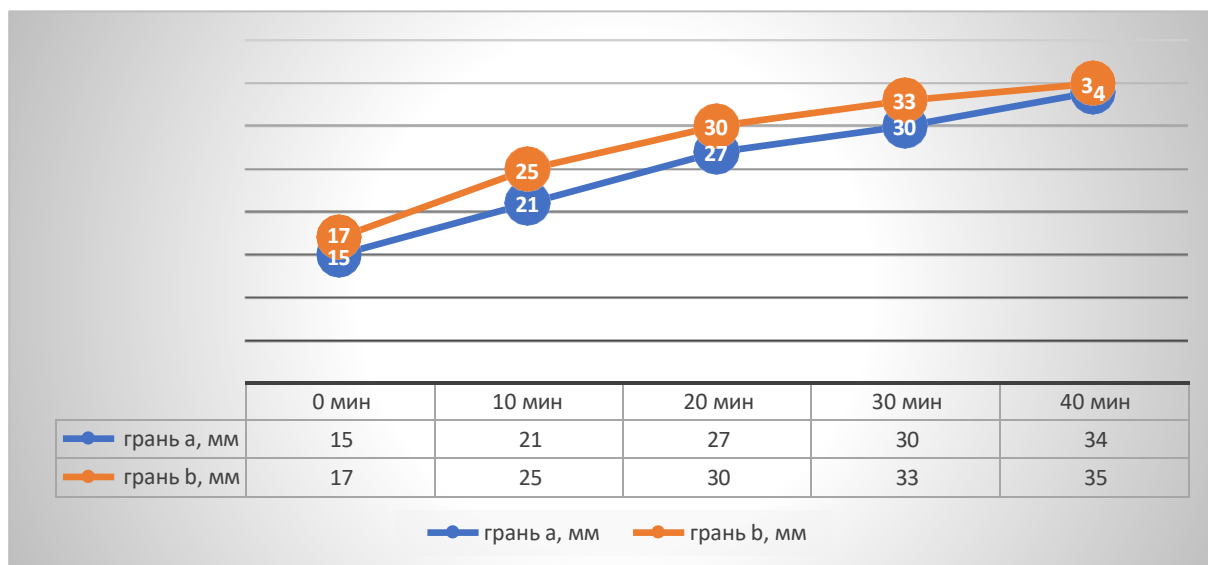
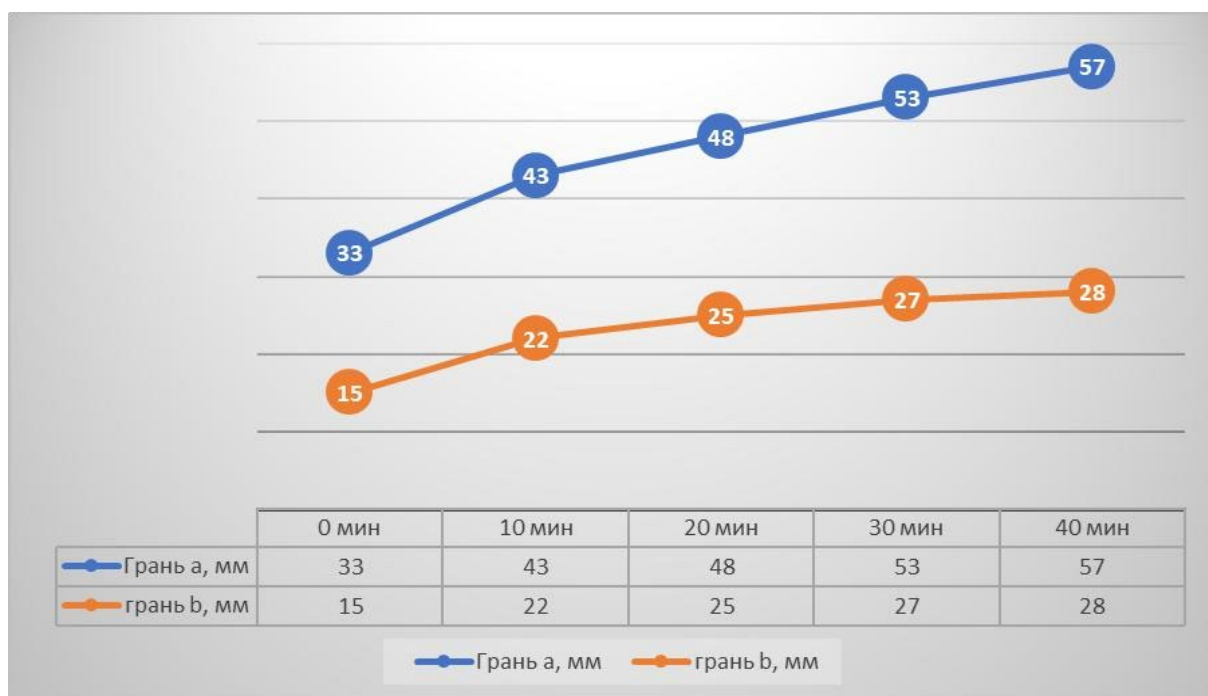


Таблица 1. Зависимость длины граней кристалла медного купороса от времени



Вывод: Из графиков видно, что грани поваренной соли растут с одинаковой скоростью, а медного купороса с разной.

ВЫВОДЫ

На основе анализа проведенных экспериментов и наблюдений можно сформулировать следующие выводы:

1. Гипотеза о том, что кристаллы разных веществ, выращенные в сходных условиях, будут отличаться по скорости роста, форме, цвету и размерам, **полностью подтвердилась**.
2. Наибольшую скорость роста в одинаковых условиях показали кристаллы **медного купороса** и **хромокалиевых квасцов**. Самые медленно растущие кристаллы – **поваренной соли**. Это связано с разной скоростью образования центров кристаллизации и разной растворимостью веществ.
3. Наиболее крупные, правильные и монолитные кристаллы удалось вырастить из **квасцов** и **медного купороса**. Кристаллы соли и сахара чаще росли в виде поликристаллических сростков-друз, что связано с высокой скоростью образования центров кристаллизации.
4. **Наблюдение под микроскопом** позволило увидеть самые начальные стадии роста кристаллов – образование микроскопических затравок, которые имеют ту же геометрическую форму, что и крупные кристаллы. Под микроскопом была отмечена слоистая структура роста и разница в прозрачности граней.
5. Кристалл соли растет за счет добавления соли из водного раствора, окружающего кристаллик
6. Тип атомов и их относительное расположение в кристалле определяют форму и другие свойства кристалла. Каждый кристалл характеризуется своим расположением атомов, ионов или молекул. Именно оно отвечает за форму и свойства кристалла.
7. Опыт со смесью квасцов и медного купороса показал, что кристалл каждого вещества растет индивидуально, и чужеродные для него частицы в него при росте не встраиваются.

В ходе проведения данной исследовательской работы была достигнута поставленная цель: экспериментально исследованы и сравнены процессы роста, морфология и визуальные характеристики кристаллов различных веществ, выращенных методом медленного испарения растворителя в домашних условиях.

Работа состояла из двух основных этапов: теоретического изучения природы кристаллов и их свойств и практической экспериментальной части. Теоретическая часть позволила понять фундаментальные причины различий в форме и цвете кристаллов, которые затем были наглядно продемонстрированы на практике.

Проведенный эксперимент по выращиванию кристаллов подтвердил, что, несмотря на общие законы кристаллизации, каждое вещество обладает уникальными характеристиками, определяемыми его внутренним кристаллическим строением и химическим составом. Наблюдение под микроскопом позволило зафиксировать начальные стадии роста и детали структуры, невидимые невооруженным глазом.

Работа показала, что сложные физические процессы можно успешно изучать и моделировать в условиях школьной лаборатории, развивая при этом такие важные для исследователя качества, как аккуратность, терпение и внимательность.

Список используемой литературы и источников информации

1. Междисциплинарные НБИКС-природоподобные технологии: Развитие научно-технического творчества обучающихся в сфере общего образования в области НБИКС-природоподобных технологий. Основной уровень. Первый год обучения / Под общей ред. М.В. Ковальчука. – Отпечатано в типографии ООО «Полиграфический комплекс» г. Москва, 3-я Хорошевская ул., д. 18, корп. 1, 2024, 108 с., 2е изд., доп., испр.
 2. Междисциплинарные НБИКС-природоподобные технологии: Развитие научно-технического творчества обучающихся в сфере общего образования в области НБИКС-природоподобных технологий. Основной уровень. Второй год обучения / Под общей ред. М.В. Ковальчука. – Отпечатано в типографии ООО «Полиграфический комплекс» г. Москва, 3-я Хорошевская ул., д. 18, корп. 1, 2024, 184 с.
 3. Физика: инженеры будущего: 8-й класс : углубленный уровень: учебник : в двух частях / В.В.Белага, Н.И.Воронцова, И.А.Ломаченков, Ю.А.Панебратцев; под редакцией Ю.А.Панебратцева. – Москва : Просвещение, 2024
 4. Родина Н.А. и др. Самостоятельная работа учащихся по физике в 7-8 классах средней школы: Дидакт. Материал. Стр 82 – М.: Просвещение, 1991
 5. Учебное пособие Кристаллография: Лабораторный практикум/под ред. проф. Е.В. Чупрунова: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: издательство физико-математической литературы, 2005
- Электронные источники:**
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кристаллы>
 7. https://mephi.ru/content/public/uploads/files/entrants/sposoby_izucheniya_mikrostruktur_.pdf
«Способы изучения микроструктур с помощью оптического цифрового микроскопа» Составители Астахов М.М., Сторожук О.М. Москва 2023г
 8. <https://www.iucr.org/education/pamphlets/20/full-text-russian> Кристаллы-пособие для учителей и учеников **Элизабет А. Вуд, 1972**
 9. https://4glaza.ru/articles/kristally-pod-mikroskopom/?srsltid=AfmBOodjvmpJ9BJUOgSQLAHVqKglQXGdraM8QcgnYyZMNzXKPd_gRE6R Кристаллы под микроскопом
 10. <https://bigenc.ru/c/kristally-7029a6> Большая российская энциклопедия. Кристаллы
 11. <http://www.rough-polished.com/ru/expertise/49860.html>