

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Поликарпова К.А. Удивительные кристаллы // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2021. – №1 (январь). – АРТ 4-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 542

Поликарпова Ксения Александровна

студентка 3 курса, факультет инженерно-технологический

ФГБОУ ВО «СамГТУ»

г. Самара, Российская Федерация

e-mail: ksyu.polikarpova@mail.ru

УДИВИТЕЛЬНЫЕ КРИСТАЛЛЫ

Аннотация: В статье рассмотрены основные свойства кристаллов и показаны способы их выращивания.

Ключевые слова: Кристалл, кристаллография, процесс кристаллизации, рост кристаллов.

Polikarpova Ksenia Aleksandrovna

3rd year student, faculty of engineering and technology

FGBOU VO «SamGTU»

Samara, Russian Federation

e-mail: ksyu.polikarpova@mail.ru

AMAZING CRYSTALS

Abstract: The article discusses the main properties of crystals and shows the methods of their growth.

Key words: Crystal, crystallography, crystallization process, crystal growth.

Кристаллы – удивительные явления природы. Они поражают своей необычностью: размерами, цветом, формой.

Кто не рассматривал песчинки на речном берегу или не любовался снежинками? Кажется, что кристаллы - редкое явление, но на самом деле мы встречаем их везде на протяжении всей своей жизни. Это и драгоценные камни в ювелирных изделиях (алмаз, рубин, сапфир, изумруд - самые дорогие камни), и корунд на наждачной бумаге, и даже алмазное напыление некоторых напильников, но, что самое главное – мы сами частично состоим из кристаллов!

Растворимость – способность вещества образовывать с другими веществами однородные смеси – растворы, в которых вещество находится в виде отдельных атомов, ионов, молекул или частиц. [2] Был проведен опыт, где в одной из ёмкостей растворили поваренную соль. После этого ёмкость оставили на подоконнике и забыли про неё. Через несколько дней было замечено, что на стенках ёмкости появился белый налет. Стало интересно, как так получилось, ведь вода в стакане после растворения соли была прозрачная. Оказалось, начался процесс кристаллизации. Возникло много вопросов:

- Что такое кристаллизация?
- Как происходит процесс?
- Что такое кристалл?
- Где встречаются кристаллы?
- Как выглядят?
- Какие бывают кристаллы?
- Можно ли вырастить кристаллы самим, в домашних условиях?
- А если да, то из чего?

Актуальность исследования заключается в том, что кристаллы – это чудо природы. Получить кристаллы самим – это сотворить чудо. Выращивание кристаллов сохраняет природные богатства и ускоряет научно-технический прогресс.

Цель: выращивание кристаллов разных веществ в домашних условиях и наблюдение за их ростом.

Для реализации данной цели были поставлены следующие **задачи:**

- узнать о свойствах кристаллов;
- научиться выращивать кристаллы;
- провести наблюдения за процессом их роста.

Объект исследования: кристаллы.

Предмет исследования: процесс кристаллизации.

Методы исследования:

- работа с источниками информации;

- наблюдение;
- эксперимент.

Гипотеза: если кристаллы встречаются повсюду, значит, их можно вырастить в домашних условиях.

Что вы представляете, когда я говорю слово «кристалл»? Этот вопрос был задан студентам СамГТУ, которые обучаются на 1-4 курсах. Результаты следующие:

- 57 человек считают, что кристаллы - это драгоценные камни (43%);
- 36 человек думают, что кристаллы - это красивые минералы (27%);
- 27 человек уверены, что никогда в жизни им не приходилось встречаться с кристаллами (20,5%);
- 12 человек думают, что видели кристаллы (9,5%).

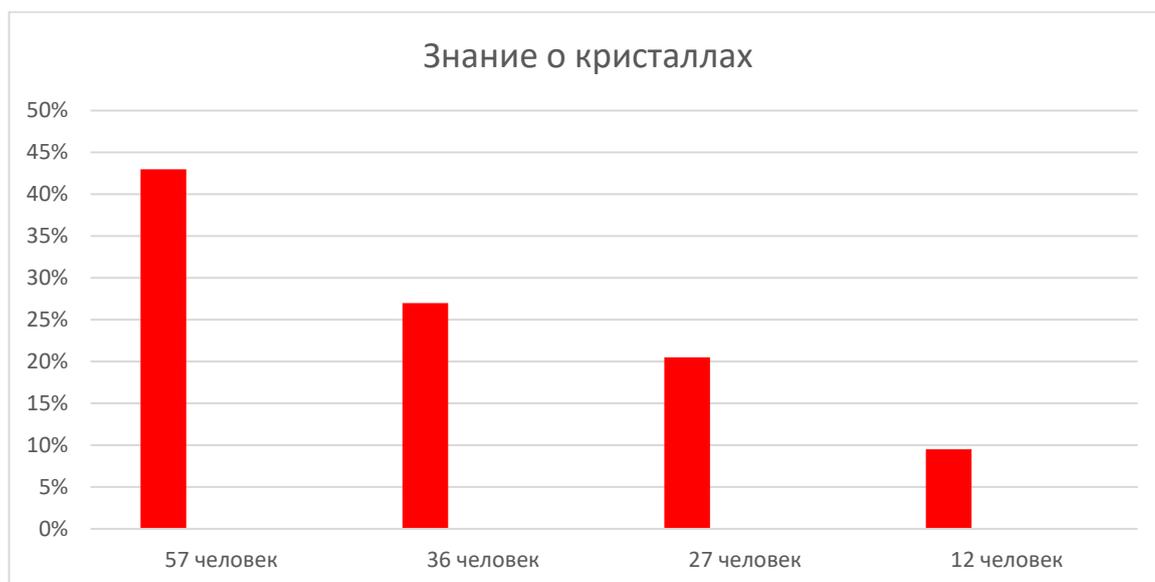


Диаграмма 1. Знание о кристаллах

Исходя из диаграммы 1, мы видим, что целых 20,5% - не встречались с кристаллами. Можно сделать вывод, что многие люди считают кристаллы редким явлением в окружающей жизни.

Теоретическая часть

Удивительный мир кристаллов

В недрах земли люди порой находят камни, имеющие удивительную форму – изредка кажется, что их кто-то специально выпиливал, затем полировал, чтобы они приобрели именно такую форму. Речь идет о

многогранниках с плоскими гранями и прямыми ребрами. Правильность и совершенство формы этих камней, а также безукоризненная поверхность их граней часто поражают человека своей красотой. [1]

Иногда, смотря на них, нам трудно поверить, что они образовались сами без участия человека. Именно такие камни с природной, не сделанной руками человека, правильной, симметричной, многогранной формой и называются кристаллами.

Общие сведения

Кристаллы – твердые тела, образующиеся в природных условиях и имеющие вид многогранников.

Слово «кристаллос» в переводе с греческого первоначально означало «лёд», а в дальнейшем «горный хрусталь». Удивительное сходство кристаллов льда и горного хрусталя было подмечено уже очень давно. В древности и в средние века думали, что кристаллы горного хрусталя и кристаллы льда – одно и то же, только лёд замерзает у нас на глазах, а горный хрусталь – лишь при особенно сильном морозе. Предполагали, что лёд становится хрусталём через тысячу лет, а хрусталь становится алмазом через тысячу веков.

Первоначально главную особенность кристаллов видели в их прозрачности и «кристаллами» считали все прозрачные природные твердые тела. Но, к сожалению, в природе кристаллы большинства веществ без трещин, загрязнений и других дефектов встречаются редко. Это привело к тому, что люди на протяжении тысячелетий кристаллы называли драгоценными камнями. [5]

Было подмечено, что кристаллы горного хрусталя и многих других прозрачных минералов обладают гладкими плоскими гранями и имеется симметрия в их расположении. Позже установили, что некоторые непрозрачные минералы также имеют естественную правильную форму характерную для того или иного минерала. В конце концов, кристаллами стали называть все твердые вещества, имеющие природную плоскую огранку.

Частицы, из которых состоит кристалл, в разных веществах выстраиваются и соединяются вместе различными способами. Из-за этого кристаллы могут иметь различные формы и размеры.

Изучением кристаллов занимается специальная наука – кристаллография. Кристаллография – это наука о кристаллах, их структуре, возникновении и свойствах. Она тесно связана с минералогией, физикой твердого тела и химией. Исторически кристаллография возникла в рамках минералогии, как наука, описывающая идеальные кристаллы. Задачей кристаллографии является изучение строения, физических свойств кристаллов, условий их образования, разработка методов исследования и определения вещества по кристаллической форме, физическим особенностями

и т.п. Особенно быстро эта наука стала развиваться с использованием рентгеновских лучей, открытых в конце 18 века, для исследования кристаллов.

Как образовались красивые кристаллы горного хрусталя и кристаллы гипса увидеть в природных условиях невозможно. Искусственные же кристаллы некоторых минералов ученые получают в лабораториях с помощью очень сложных приборов. [3]

Из истории

Первые сведения о горном хрустале мы находим у римского учёного Плиния Старшего (I век н. э.) в своем труде «Естественная История». [4]

Древние обитатели Америки – инки – поклонялись как божеству большому кристаллу зелёного изумруда.

Человека, укушенного змеей, заставляли съесть толчёный изумруд. Можно себе представить, как это помогало больному! Так рассуждать могли только в те времена, когда ещё не умели проверять свои утверждения опытом.

В древности кристаллам приписывали всякие магические свойства. Считали, например, что изумруд спасает мореплавателей от бурь. Кристалл аметиста навеивает счастливые сны. Алмаз бережёт от болезней. Сапфир помогает при укусах скорпионов. Топаз приносит счастье в ноябре. Гранат - в январе и т.д. [8]

Структура кристалла

Не все кристаллы одинаковы. Существуют монокристаллы и поликристаллы. Твёрдое тело, состоящее из большого числа маленьких кристаллов, называют поликристаллическим. Одиночные кристаллы называются монокристаллами. [6]

Основные свойства кристаллов

Температура плавления.

Плавление – это переход вещества из твёрдого состояния в жидкое.

Процесс плавления любого кристалла происходит при постоянной температуре, называемой температурой плавления. Например, если взять кристалл льда и положить его в тёплое место, то он растает – расплавится. В процессе плавления температура не повысилась. То же самое можно было бы установить и для любого другого кристалла.

Симметрия.

Идеальные формы кристаллов симметричны. По выражению известного русского кристаллографа Е. С. Фёдорова (1853-1919), «кристаллы блещут симметрией».

В кристаллах можно найти различные элементы симметрии: ось симметрии, плоскость симметрии, центр симметрии.

Рост кристаллов.

Кристаллы могут расти как в природе, так и в искусственных условиях.

- Рост кристаллов в природе:

В соляных озёрах, на мелководье вода, нагреваясь, испаряется. Соль выпадает в осадок, наращиваясь на дне. Так образуются солончаки, представляющие дно высохших озёр.

- Рост кристаллов в искусственных условиях:

В искусственных условиях кристаллы выращивают из раствора или из расплава.

Классификация кристаллов

Выращивание кристаллов из расплава:

В установке расплав находится в неподвижном тигле, куда опущена затравка с растущим на ней кристаллом. Затравка укреплена на стержне, который непрерывно охлаждают. По мере того, как кристалл вырастает, его всё время поднимают, вытягивая стержень с затравкой из расплава, так что с расплавом соприкасается не весь кристалл, а только небольшой его слой, именно тот самый, который сейчас растёт.



Кристаллы во время роста ещё обычно вращают, чтобы тепло от него отводилось равномерно. В домашних условиях вырастить кристалл из расплава невозможно.

Выращивание кристаллов из раствора:

Кристаллы выращивают из насыщенных (перенасыщенных) растворов веществ на «затравке». Затравкой или центром кристаллизации может являться кристаллик данного вещества или любой другой центр кристаллизации (волокно).

Разнообразие кристаллов

Кристаллы, которые залегают глубоко в земле, являются бесконечно разнообразными. Размеры таких природных многогранников достигают иногда человеческого роста. Встречаются также очень тонкие кристаллы, толщина которых меньше чем у листка бумаги. Но бывают и огромные пласты, толщина которых достигает нескольких метров. [7]

Бывают кристаллы маленькие, узкие и острые как иголки, но также могут быть громадной формы, похожие на величественные колонны.

Иногда образуются дендриты - это кристаллы, похожие на веточки дерева; очень хрупкие, но очень красивые.

Многие кристаллы идеально чисты и прозрачны, как вода. Нередко можно услышать выражение «кристально чистый». Кристаллы могут иметь и разные размеры.

Некоторые минералы образуют кристаллы, которые разглядеть можно только с помощью микроскопа. Другие же образуют кристаллы, вес которых составляет несколько сотен фунтов. [9]

Кристаллы в нашей жизни. Применение кристаллов.

Оказалось, многие из самых обычных веществ вокруг нас, представляют из себя кристаллы. Мы встречаемся с ними повсюду и даже не подозреваем об этом.

- На улице - если взять маленькую **песчинку** и мысленно увеличить её до размеров спичечного коробка (и она не будет содержать примесей), то такая диковинная сосулька будет кристаллом горного хрусталя.

- Кристаллы хрустят у нас под ногами почти полгода (а в полярных областях земли круглый год) покрывая огромные пространства земли - **снег**.

- А любимое многими развлечение кататься на коньках, **лед** - это тоже кристалл!

- На кухне - едим кристаллы, например, **соль или сахар**.

- Мы живем в домах из кристаллов – панели многих многоэтажек сделаны из **бетона** (искусственного камня), в состав которого входит щебень из кристаллического сланца.

- Лечимся кристаллами – **лучи от кварцевой лампы** используются в медицине для дезинфекции (кварцевыми они называются потому, что сделаны не из обыкновенного стекла, а из кварца).

- **Гипс**, про этот искусственный камень, думаю слышали многие непоседы.

Это все примеры минеральных кристаллов. Но ведь многие кристаллы являются продуктами жизнедеятельности организмов.

- Некоторые виды моллюсков обладают способностью наращивать на инородных телах, попавших в раковину, перламутр. За 5-10 лет появляется драгоценный камень **жемчуг**, имеющий кристаллическое строение.

- В морях и океанах **риффы** и целые острова сложены из кристалликов углекислого кальция, входящих в состав скелета беспозвоночных животных – коралловых полипов.

Кристаллы принято относить к неживой природе. Но границу между живым и неживым провести очень сложно.

- Простые организмы – **вирусы**, могут соединяться в кристаллы. Конечно, в кристаллическом состоянии они не дают никаких признаков живого, но когда внешние условия становятся благоприятными, например, вирусы попадают внутрь клетки организма, они оживают и начинают размножаться. [11]

Следовательно, кристаллы относятся не только к неживой природе, но и являются основой жизни на Земле.

Самый твердый и самый редкий из природных минералов - алмаз. Сегодня алмаз не камень-украшение, а в первую очередь камень-работник. Благодаря своей исключительной твердости алмаз играет громадную роль в технике. Алмазными пилами распиливают камни.

Вся часовая промышленность работает на искусственных рубинах. Кристалл кварца используется в телефонных трубках. А самая красивая, самая чудесная разновидность кварца - это и есть горный хрусталь, т.е. прозрачные кристаллы кварца. Поэтому из прозрачного кварца делают линзы, призмы и другие детали оптических приборов. Кристаллы сыграли важную роль во многих технических новинках 20 века. Неотъемлемой частью нашей жизни стали мобильные телефоны, цифровые фото- и видеокамеры, которые вытеснили пленочные фотоаппараты, жидкокристаллические телевизоры и мониторы постепенно изживают старые. И сейчас ещё часто люди, рассматривая чудесные, сверкающие, переливающиеся многогранники кристаллов, не хотят верить, что они созданы природой, а не человеком. [10]

Способы выращивания кристаллов в домашних условиях

Удивительно, но выращивать кристаллы можно не только в химических и промышленных лабораториях, но и в домашних условиях. Самые популярные вещества, из которых выращивают кристаллы дома – это поваренная соль, железный купорос и медный купорос.

Существует всего два способа выращивания кристаллов в домашних условиях:

1. Метод охлаждения насыщенного раствора.
2. Метод испарения – постепенного удаления жидкости из раствора.

Берется нужное вещество, готовится из него перенасыщенный (концентрированный) раствор, кладется в раствор так называемая затравка, мелкий кристаллик, и путем прилипания молекул вещества на затравку кристаллик растет. А чтобы молекулы прилипали, нужно либо остужать воду, либо выпаривать (можно и то, и другое). Быстрый способ выращивания кристаллов – это медленное охлаждение раствора. [6]

Практическая часть

Как уже было сказано, кристаллы выращивают из насыщенных (перенасыщенных) растворов веществ на «затравке». Затравкой или центром кристаллизации может являться кристаллик данного вещества или любой другой центр кристаллизации (волокно). Выращивание кристаллов – это искусство. Поэтому получается не все сразу. Немного настойчивости, упорства, аккуратности, и можно стать обладателем красивых кристаллов.

Для выращивания кристаллов необходимо следующее:

- чистый стеклянный стакан;
- ложка;

- нитка;
- затравка-кристаллик;
- ножницы;
- дистиллированная вода;
- медный купорос;
- поваренная соль;
- химическая смесь (дигидрофосфат аммония) из набора «Кристалл желаний»;
- салфетка.

Условия для выращивания кристаллов:

1. Воду нужно взять дистиллированную, т. е. не содержащую других растворённых в ней солей.
2. Кристаллик нельзя при росте без особой причины вынимать из раствора.
3. Не допускать попадание мусора в насыщенный раствор.
4. Отсутствие сквозняков.
5. Неяркий свет.
6. Отсутствие вибрации.
7. Периодически (раз в неделю) менять или обновлять насыщенный раствор.
8. Терпение.

Экспериментальный опыт №1

«Нахождение оптимальной концентрации раствора для роста поликристалла поваренной соли»

Общие сведения наблюдений

- Температура окружающей среды, в которой находится раствор;
- Объём воды и масса соли в растворе;
- Получившийся кристалл.

1 сосуд	2 сосуд
Температура окружающей среды 23 °С	Температура окружающей среды 23 °С
$V_{\text{вода}} = 50 \text{ мл}$	$V_{\text{вода}} = 50 \text{ мл}$
$m_{\text{соль}} = 50 \text{ г}$	$m_{\text{соль}} = 70 \text{ г}$
Вывод: в этом сосуде кристалл вырос быстрее; по виду – поликристалл.	Вывод: вырос поликристалл средней формы и размеров.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Дневник наблюдений

День	Совершаемое действие	1 сосуд	2 сосуд
1 день	Приготовление раствора	Приготовили раствор, насыпав в него 50 г вещества	Приготовили раствор, насыпав в него 70 г вещества
2 день	Оценка изменений, происходящих в растворе	Образовался осадок на стенках сосуда	Тоже самое произошло и в этом сосуде
3 день	Приготовление заправки для раствора	Приготовили кристаллики на нитях, опустили в сосуд	Приготовили кристаллики на нитях, опустили в сосуд
4 день	Появление кристаллов	Тут же образовалась друза (скопление, кристалл)	Образовывается друза (скопление, кристалл), но меньше, чем в первом сосуде
5 день	Сравнение кристаллов	Самый большой кристалл	Чуть меньше, чем в первом сосуде
6 день	Оценка кристаллов	Большой сросток кристаллов – друза, каждый из кристалликов имеет форму куба	Сросток чуть меньше, чем в первом сосуде, но кристаллики имеют кубическую форму
7 день	Сравнение и оценка кристаллов (итог)	В итоге образовалась друза большого размера	Образовалась друза среднего размера, кристаллики которой имеют форму куба

Вывод: для того, чтобы вырастить красивый поликристалл, надо 50 мл воды и 50г соли.

Экспериментальный опыт №2

«Выращивание кристалла медного купороса»

Медный купорос можно купить в хозяйственном магазине. Это вещество ядовито. Нужно работать в перчатках и тщательно мыть руки после работы с порошком, растворами или кристаллами медного купороса.

Ход работы:

1. Сделали концентрированный раствор. Для этого взяли горячую воду (температура воды примерно 60 градусов), растворили в ней столько медного купороса, сколько возможно.

2. Перелили через фильтр в другую чистую емкость.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

3. Полученный насыщенный раствор медного купороса ставим в спокойное место с комнатной температурой.

Через день на дне банки образовалось много маленьких кристалликов синего цвета. Из них выбираем самый большой. Выбранный кристалл обвязываем ниточкой (затравка) и помещаем в раствор для роста – это и будет будущий кристалл.

Спустя 7 дней было замечено, что кристалл увеличился в размерах.

Дневник наблюдений

День	Совершаемое действие	Сосуд
1 день	Приготовление раствора	Приготовили раствор медного купороса
2 день	Оценка изменений	На дне сосуда образовались маленькие кристаллики
3 день	Приготовление затравки для раствора	Взяли кристаллик медного купороса, завязали его на нити, опустили в раствор
4 день	Оценка появившихся кристаллов	На нити появились маленькие кристаллики
5 день	Сравнение появившихся кристаллов	Появившиеся кристаллы по размерам больше, чем кристаллы поваренной соли, но всё же маленькие
6 день	Оценка кристаллов	Образовался монокристалл небольшого размера
7 день	Оценка кристаллов (итог)	В итоге на нити образовался поликристалл средних размеров

Экспериментальный опыт №3

Выращивание кристаллов из химической смеси (дигидрофосфата аммония) из набора «Кристалл желаний»

Фосфат аммония - это удобрение, ценится вследствие большой концентрации питательных веществ и очень большой растворимости.

Ход работы:

1. Рабочее пространство должно быть безопасно.
2. Поместила палочку для перемешивания в стеклянную баночку стрелкой вниз.
3. Наполнила баночку кипящей водой (100 градусов).

4. Добавила кристаллический порошок в баночку и тщательно перемешала.

5. Поместила кристаллическую таблетку в получившийся раствор, убедилась, что таблетка выпуклой частью направлена вверх.

6. Плотнo закрыла баночку крышкой. Наблюдала за ростом кристалла.

Важным было через 24 часа открыть баночку, так как растущий кристалл должен постоянно контактировать с воздухом.

Понадобилось 15 дней на выращивание кристалла дигидрофосфата аммония. Затем слила оставшийся раствор, удалила кристаллическую корку со стенок колбы и закрыла кристалл крышкой.

Экспериментальный опыт №4 «Выращивание съедобных кристаллов из сахара»

Ход работы:

1. Меньше половины кастрюли засыпаем сахаром и добавляем сок.
2. Постоянно перемешивая сахар, необходимо его уварить до состояния сиропа.
3. Приготовленные заранее толстые нитки надо расположить на другом сосуде параллельно друг от друга.
4. Полученный сироп необходимо отфильтровать через сито и поливать им нитки.

Примерно три дня спустя образуются кристаллы сахара на нитях, остатки сиропа больше не пригодятся, его можно слить. Готовым кристаллам нужно дать подсохнуть ещё какое-то время.

Общий вывод по экспериментальным опытам: у веществ разного химического состава кристаллы имеют разную форму и отличаются по таким свойствам, как симметрия.

Заключение

В ходе исследовательской работы было выяснено, что кристалл – это твердое состояние вещества, имеет определенную форму, цвет и определенное количество граней.

Было изучено разнообразие и применение кристаллов.

Для выращивания кристаллов были использованы разные вещества: поваренная соль, медный купорос, дигидрофосфат аммония, сахар. Все выращенные кристаллы, имеют разную форму и размеры – на это влияет температура. Росли они с разной скоростью.

Для появления кристалла необходимо соблюдать точные инструкции и правила техники безопасности (не растворять вещества в посуде, в которой готовят пищу; при приготовлении насыщенного раствора надо пользоваться прихваткой, чтобы не обжечь руки; иногда работать в перчатках, после

окончания работы необходимо тщательно вымыть руки). Много факторов влияет на процесс образования кристалла: это и степень насыщенности раствора, это и скорость, с которой остывает раствор вещества, из которого выращивается кристалл. Даже пыль, попавшая в раствор, может свести на нет все старания. Кристалл может достаточно долго храниться при правильной обработке. Чтобы кристалл получился красивым, его надо периодически подкармливать, то есть менять насыщенный раствор.

Таким образом поставленная цель (вырастить кристаллы различных веществ в домашних условиях и понаблюдать за их ростом) была достигнута. Гипотеза исследования полностью подтвердилась: кристаллы – это не только красивые минералы и драгоценные камни, их больше, чем мы думаем. Они могут встречаться повсюду, играть важную роль в жизни человека.

Список использованной литературы:

1. Афонькин С.Ю. Минералы и драгоценные камни. Школьный путеводитель.- СПб.: «БКК», 2012 г. – 96 с.
2. Белов Н.В. Энциклопедия драгоценных камней и кристаллов. - Минск: «Харвест», 2009 г. – 159 с.
3. Большая книга «Почему». Перевод с итальянского Ольги Живаго. - М.: РОСМЭН, 2011 г.- 240 с.
4. Журнал «Галилео. Наука опытным путём», №7, 2011 г.
5. Журнал для любознательных «Юный эрудит», №10 (октябрь), 2009 г.
6. Шалаева Г.П. Современная энциклопедия начальной школы. - Издательство АСТ, 2010 г.- 768 с.
7. Шаскольская М.П.. Кристаллы. - М.: Наука, 1978 г. – 208 с.

Интернет- ресурсы:

8. <http://www.geologiazemli.ru/articles/112> - Геология Земли.
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/E519> - Википедия – свободная энциклопедия.
10. <http://www.kristallov.net/mineraly.html> - Кристаллов.NET.
11. <http://mirkristallov.com/> - Мир кристаллов.

Дата поступления в редакцию: 27.01.2021 г.

Опубликовано: 27.01.2021 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2021

© Поликарпова К.А., 2021