ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА АНИЗОТРОПНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

Иванов Д.В.

МОУ «СОШ № 13», 10 «А» класс

Руководитель: Биловол Е.О., МОУ «СОШ № 13», учитель информатики и физики, магистрант ВоГУ

Развитие науки привело к тому, что многие редко встречающиеся кристаллы в природе стали необходимы для выполнения исследовательских работ. Возникла задача разработки новых технологий искусственного изготовления кристаллов, а также выявления условий, позволяющих выращивать кристаллы с необходимыми свойствами. В следствие чего, тема исследования является актуальной и относится к области физико-химических процессов.

В данной работе выдвигается следующая гипотеза: под воздействием магнитного поля ускоряется рост кристаллов с изменение рядя свойств.

Цель работы: выращивание кристаллов в различном магнитном поле для определения его анизотропных свойств.

Для этого необходимо выполнить следующие **задачи:**

– изучить свойства твёрдых тел, находящихся в кристаллической форме;

– выстроить экспериментальную модель с определением магнитных полей и расположения их источника;

– вырастить кристаллы медного купороса в нескольких условия: комнатные, в магнитном поле (S, N-S, N, переменное N);

– наблюдать за ростом кристаллов «невооружённым» глазом, оценивая разницу в росте, форме, массе;

– проверить свойства кристаллов на оптическую и электрическую анизотропию.

Объектом исследования является процесс роста кристаллов медного купороса, а предметом – процесс кристаллизации под влиянием магнитного поля с выявлением анизотропных свойств кристаллов медного купороса.

Методы, которые использованы в работе:

– теоретические: анализ материалов, а также литературы росту кристаллов, синтез различных точек зрения;

– экспериментальные: сборка опытной установки, измерение физических величин, исследование на спектографе, на поляризацию, измерение электрических характеристик специализированным прибором Е7–20 (МНИПИ).

1. Теоретические основы кристаллографии

Изначально кристаллами называли горный хрусталь – безупречный в своей холодной красоте прозрачный кварц. Горный хрусталь встречался Альпах, он затвердевал до такой степени, что уже не плавился.

В прошлом, кристаллам приписывали всевозможные волшебные свойства об этом написаны – многочисленные легенды и сказания, в которых говорится о магических кристаллах, способных исцелять больных или показывать будущее. Кристаллами восхищались и посвящали им стихи.

В настоящее время ученые дали кристаллу точное определение. Кристалл – это тело определенной геометрической формы, ограниченное естественными плоскими гранями.

Наука, изучающая кристаллы, их структуру, возникновение и свойства называется кристаллографией.

Существенным свойством монокристалла является анизотропия (от греческих слов anisos— неравный, tropos— поворот, направление.) – неодинаковость его свойств (механических, тепловых, электрических и т. д.) по различным направлениям.

Поликристаллические тела изотропны (от греческих слов isos— равный, tropos— поворот, направление.), т.е. обнаруживают одинаковые свойства по разным направлениям. Это объясняется тем, что кристаллики, из которых состоит поликристаллическое тело, ориентированы друг по отношению к другу хаотически. В результате ни одно из направлений не отличается от других.

1.1. Процесс выращивания кристаллов медного купороса и соли

Медный купорос размешивается до полного растворения в емкости с горячей водой, после чего внутрь погружается нить с затравкой. С течением времени происходит наращивание кристалла.

1.2. Магнитное поле и его влияние на рост кристаллов

Анизотропия характерна для кристаллов и обусловлена их упорядоченной структурой. В кристаллах в разных направлениях атомы располагаются с различной плотностью, то есть на отличном друг от друга расстоянии, что отражается на силе взаимодействия атомов [1].

Известная анизотропия механических свойств кристаллов, которые представлены в работе [11].

2. Оценка влияния магнитного поля на рост кристаллов

2.1. Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из пяти емкостей, с растворенными в них медным купоросов в пропорции 2:1. Эксперимент проделан трижды, с применением медного купороса двух производителей. Неодимовые магниты крепятся к банкам на скотч к дну и стенкам по линии роста кристалла.

Для создания магнитного поля использованы неодимовые магниты класса N42 со следующими параметрами: остаточная магнитная индукция 1300 мТл, магнитная энергия 330 кДж/м^3.

С помощью компаса (эталона) определены полюса у неодимовых магнитов. Магниты расположены под дном стеклянных емкостей т.е. максимально близко к росту кристаллов.

Установка для переменного магнитного поля

Переменное магнитное поле создано на вращающемся колесе от мотора за счет подачи постоянно напряжения от сети.

Частота изменения переменного магнитного поля соответствует частоте вращения колеса, которую можно определить соответствующим устройством – тахометром, на основе датчика Холла, считывающий обороты в момент прохождения под ним магнита: 173 об/мин = 2,88 Гц.

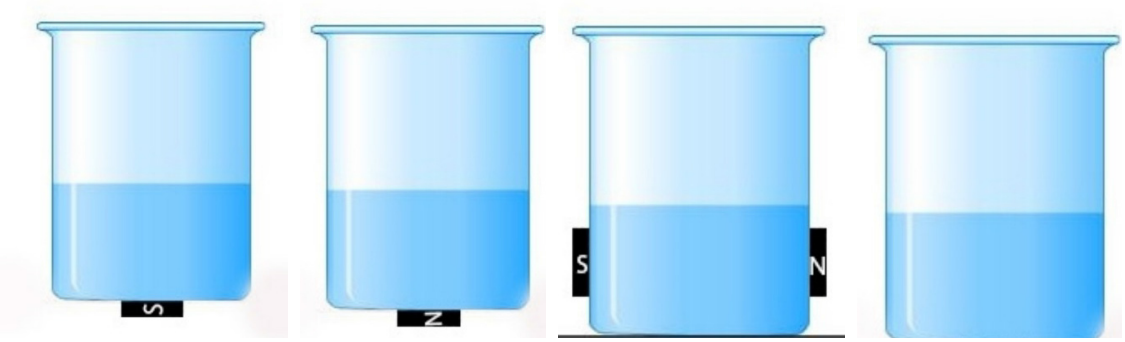


Рис. 1. Схема опыта по выращиванию кристаллов медного купороса в различных магнитных условиях

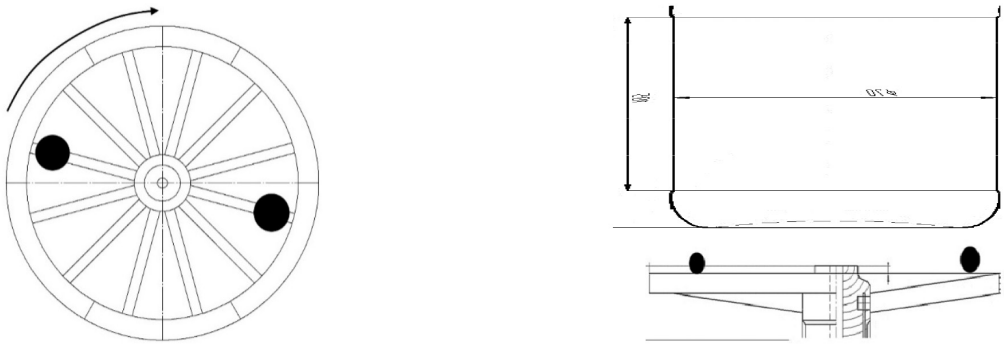


Рис. 2. Схема установки переменного магнитного поля

Колесо от мотора (5 В, DC, крутящий момент: 0,8 кг/см) вращается по часовой стрелке (см. приложение *5*), на котором установлено два магнита северным полюсом вверх т.е. магнитные линии ортогональны плоскости бутылки, в которой находится раствор медного купороса.

2.2. Экспериментальные данные

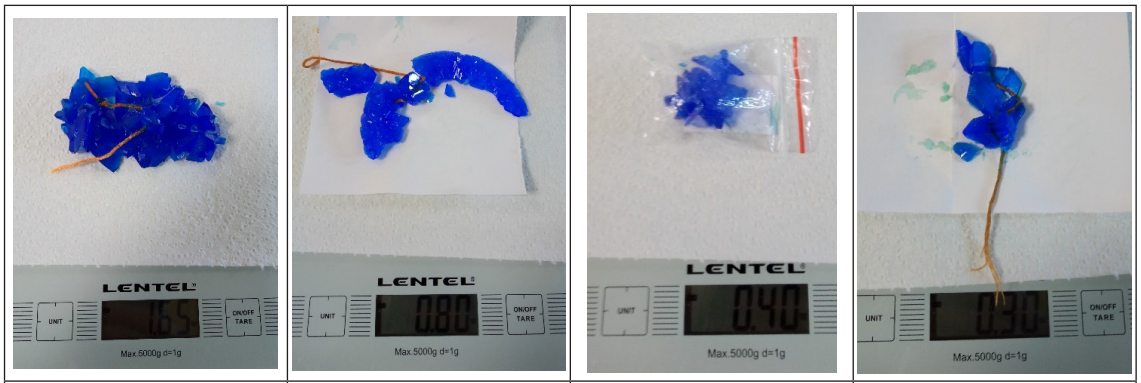
Экспериментальная часть работы представлена на рисунке 1. В качестве магнитного поля использует неодимовый магнит, который расположен под стаканом северным или южным полюсом вверх, а в случае с ортогональным магнитным полем – приклеплены два магнита на скотч на уровне роста кристалла.

Полученные результаты отражены в таблице. Измерение массы проводилось на электронных весах с точностью до 0,01 г., размер – электронным штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Из работы [10] известно, что магнитное поле оказывает влияние на структуру кристалла, его форма получается более крупной и правильной.

2.3. Анизотропия кристаллов: спектрограф

Исследования проведены на базе оборудования лаборатории квантовой физики и оптики Вологодского государственного университета – спектограф W1–2 (приложение 1).



Северный	Южный	S – N	Без поля

Рис. 2. Экспериментальная часть: водопроводная вода

Северный	Южный	S – N	Без поля

Рис. 3. Экспериментальная часть: очищенная (питьевая) вода

Таблица 1

Данные к первому эксперименту

Ориентация магнитного поля	Размер кристалла			Форма кристалла	Масса кристал. \ Общая масса, г
	a, мм	b, мм	c, мм		
Северный	20.3	11.3	6.2	трапециевидная	1,65 \ 55
Южный	10.2	5.8	3.1	параллелограмм	0,8 \ 45
S – N	11.2	8.6	2.7	трапециевидная	0,4 \ 60
Без поля	15.7	12.1	3.3	параллелограмм	0,35 \ 45
переменное	4.2	2	2.1	хаотичная	0,1 \ 33

Поляризация проверялась через систему линз (приложение 2).

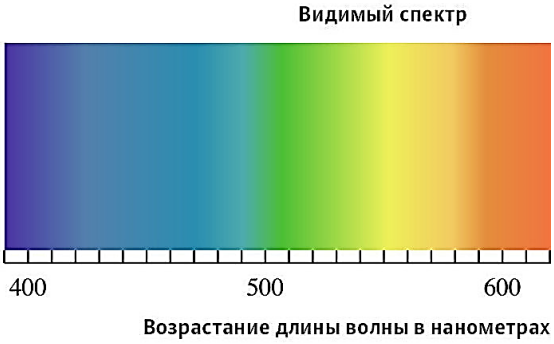


Рис. 4. Видимый спектр через кристалл

После проведения наблюдений на спектографа установлено, что кристалл медного купороса поглощает видимый спектр излучения после оранжевой границы 620 нм.

2.4. Анизотропия: электрические свойства

В данной работе было проведено исследование модуля импеданса – Z, активного сопротивления – R, емкости – C, индуктивности – L от частоты – f. Измерения проводились специализированным прибором Е7–20 (МНИПИ). Для этого выращенные кристаллы подключались электродами на одинаковом расстоянии (приложение 3). Заметим, что с увеличением частоты, модуль импеданса убывает, а активное сопротивление имеет пик (резонанс), который может зависеть от структуры кристалла, которая формируется под действием магнитного поля, что отражено на рис. 5 и 6, а также в приложении 4.

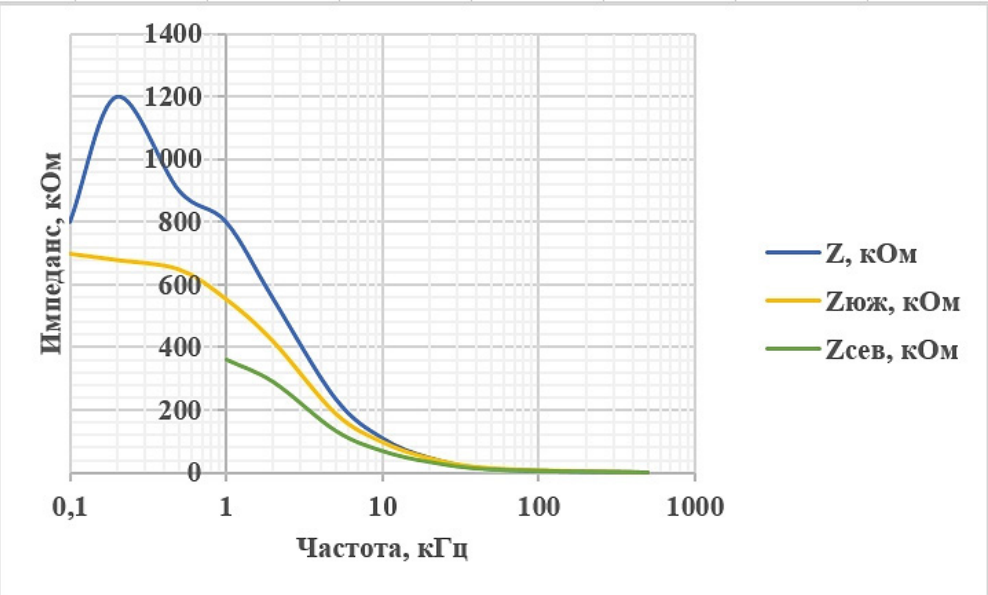


Рис. 5. График зависимости модуля импеданса (кОм) от частоты (кГц)

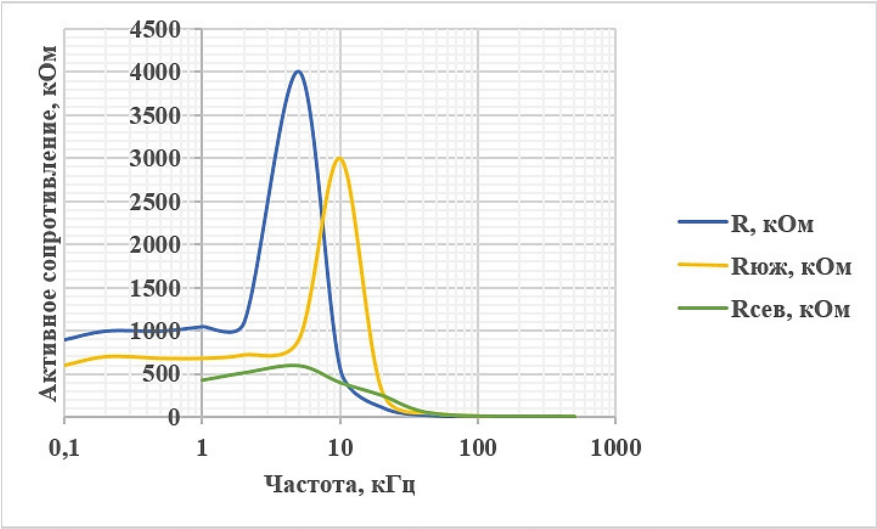


Рис. 6. График зависимости активного сопротивления (кОм) от частоты (кГц)

Заключение

Гипотеза работы подтвердилась и сходится с известными исследованиями [2], поскольку именно при влиянии северного магнитного полюса наблюдается наибольшая эффективность в физико-химических процессах воды и водных растворов.

Выполненные задачи отражены следующими тезисами:

1) магнитное поле влияет на рост кристаллов в качестве увеличения скорости роста и измерения формы к виду параллелограмма;

2) оптические свойства кристаллов не меняются (приложение 1, 2, 5);

3) переменное магнитное поле частотой 2,88 Гц не дает сформировать большую кристаллическую структуру;

4) кристаллы, выращенные в разных магнитных условиях, различаются электрическими свойствам.

Таким образом, магнитное поле влияет на линейную скорость роста кристалла, форму кристалла, молекулярное строение кристалла. В следствии чего меняются механические, оптические и электрические характеристики. Это влияние объясняется сообщением дополнительной энергии молекулам твердой и жидкой фаз на границы затвердевания. Под воздействием магнитных полей изменяется энергия активации молекул и происходит сдвиг равновесия в системе вязкая среда – растущий кристалл.

Также при продолжении исследования можно найти способы улучшения кристаллизации веществ в ряде продуктов. Потенциал имеет дальнейшее исследование с точки зрения поиска резонансных явлений в электрических параметрах, для перспективного использования в технике.

Список литературы

1. Шаскольская М.П. Кристаллы. – М.: Наука, 1985. – 195 с.

2. Зинченко Я.Д. Влияние магнитного поля и невесомости на рост кристаллов / Я.Д. Зинченко // Актуальные вопросы естественных наук и пути решения: Сборник тезисов III научно-практической конференции студентов и школьников, 2017. – С. 4–9.

3. Классификация минералов. – Режим доступа: http://kristallov.net/mineraly.html (дата обращения 25.12.2018).

4. Ольгин О. Опыты без взрывов. – М.: «Химия», 1995. – 120 с.

5. Плешаков А.А. От земли до неба. – М.: Просвещение, 2002. – 155 с.

6. Степин Б.Д., Аликберова Л.Ю. Книга по химии для домашнего чтения. – М.: Химия, 1994. – 202 с.

7. Фото образцов кристаллов из коллекции В.А. Слётова. – Режим доступа: http://geo.web.ru/druza/a-Sletov.htm (дата обращения 25.12.2018).

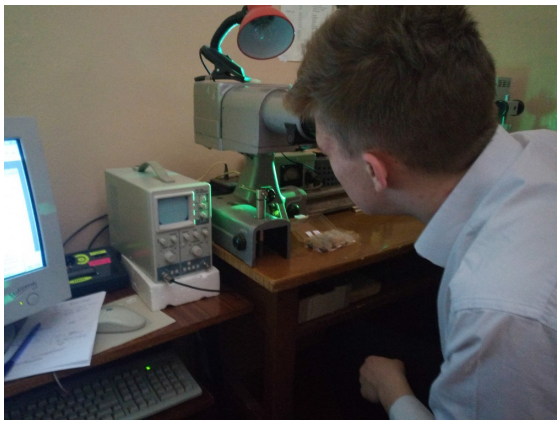
8. Химия и химики. – Режим доступа: http://chemistry-chemists.com/Video6.html (дата обращения: 04.02.2019).

10. Влияние магнитного поля на процесс выращивание кристаллов. – Режим доступа: http://files.school-science.ru/pdf/4/625.pdf (дата обращения: 04.02.2019).

11. Исследование прочности кристаллов медного купороса. – Режим доступа: https://school-science.ru/4/11/256 (дата обращения: 01.02.2019).

Приложение 1

Работа за спектографом

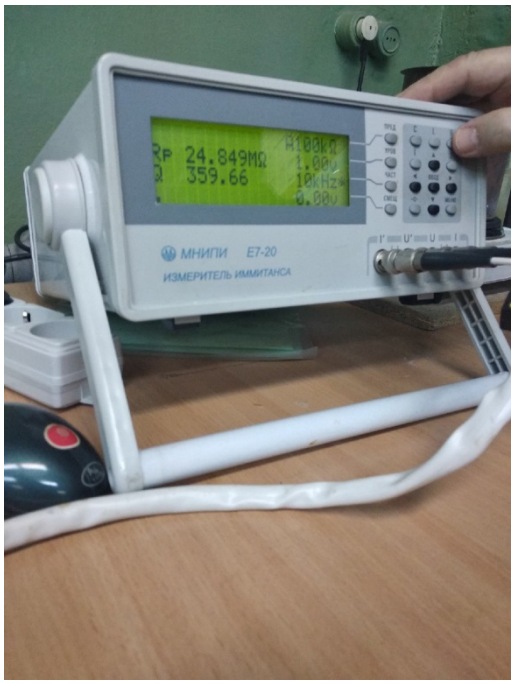


Приложение 2

Проверка поляризации

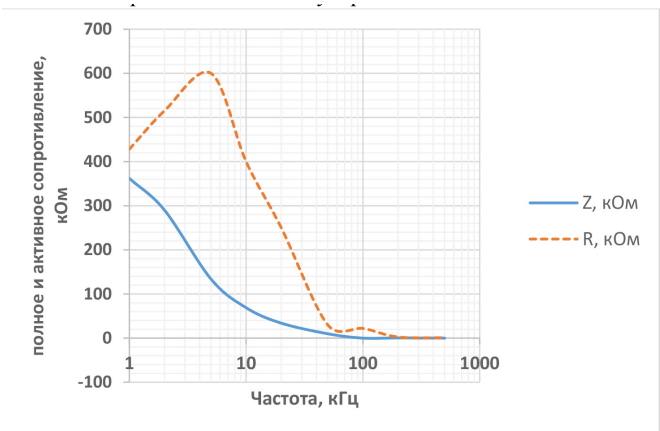
Приложение 3

Измеритель иммитанса



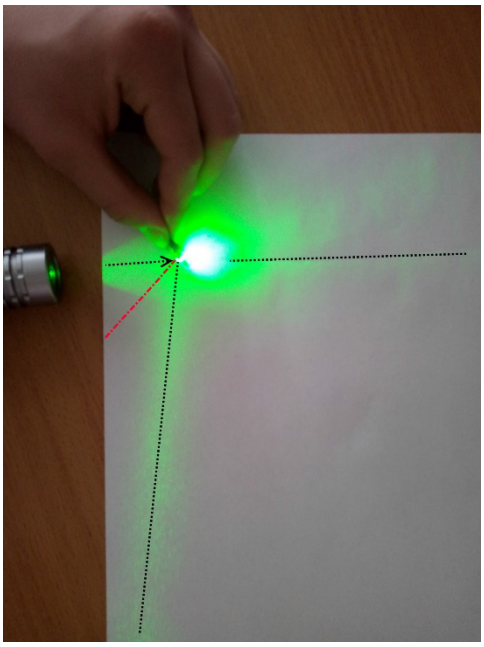
Приложение 4

Электрические свойства кристалла медного купороса



f, кГц	Z, кОм	R, кОм	C, пФ	L, Гн
1	362	428	250	100
2	290	515	238	26
5	134	600	225	4,5
10	69	400	230	1
20	34	250	230	0,274
50	10	30	250	0,036
100	0,1	22	1550	0,0015
200	0,48	2,5	1600	0,00038
500	0,15	0,49	2000	0,00005
1000	0,082	0,074	4000	0,000005

Данные значения получены при U = 1В.

Приложение 5

Отражение и преломление зеленого луча через кристалл