

## **Научно-исследовательская работа**

### **Физика**

**Название работы:** «Влияние магнитного поля на рост кристаллов»

**Выполнила:** Филева Анастасия  
Валентиновна, учащаяся 11-б класса  
МБОУ гимназии №1  
им. Пенькова М.И., г. Миллерово  
Ростовская область

**Руководитель:** Илющихина Марина  
Ивановна учитель физики,  
информатики МБОУ гимназии №1  
им. Пенькова М.И., г. Миллерово  
Ростовская область

## Оглавление

	<b>Стр.</b>
Введение.....	3
1. Теоретическая часть.	
1.1. Понятие о магнитном поле.....	5
1.2. Что такое кристалл?.....	5
1.3. Формирование кристаллов.....	6
2. Практическая часть	
2.1. Выращивание кристаллов в промышленности.....	8
2.2. Выращивание кристаллов в домашних условиях.....	9
2.3. Выращивание кристаллов поваренной соли.....	11
2.4. Выращивание кристаллов медного купороса.....	12
Заключение.....	16
Список литературы.....	18

## Введение

Мы знаем, что кристаллы получают в лаборатории, но бывают они и в природе. Меня очень зарисовала эта тема, и я решила вырастить кристаллы в домашних условиях.

Большинство окружающих нас твердых тел представляют собой вещества в кристаллическом состоянии. К ним относятся строительные материалы: различные марки стали, всевозможные металлические сплавы, минералы и т. д. Специальная область физики – физика твердого тела – занимается изучением строения и свойств твердых тел. Эта область физики является ведущей во всех физических исследованиях. Она составляет фундамент современной техники. Все большее применение в технике находят кристаллы.

Возможно, вы считаете, что кристалл – это редкий и красивый минерал или драгоценный камень. Отчасти вы правы. Изумруды и бриллианты являются кристаллами. Но не все кристаллы редки и красивы. Каждая отдельная частица соли или сахара – тоже кристалл! Множество самых обычных веществ вокруг нас представляют из себя кристаллы.

Многие видные ученые, внесшие большой вклад в развитие химии, минералогии, других наук, начинали свои первые опыты именно с выращивания кристаллов. Помимо чисто внешних эффектов, эти опыты заставляют задумываться на том, как устроены кристаллы и как они образуются, почему разные вещества дают кристаллы разной формы, а некоторые вообще не образуют кристаллов, что надо сделать, чтобы кристаллы получились большими и красивыми. Провести такой опыт – самой вырастить кристалл, решила и я.

Известный детский писатель фантаст Владислав Крапивин написал цикл повестей «В глубине Великого Кристалла». Цикл объединён общей картиной параллельной метавселенной, имеющей кристаллическое строение, взаимодействием человечеств, живущих в параллельных мирах. В одной из повестей «Застава на Якорном поле», рассказывается о дружбе мальчика-лицеиста и волшебного кристаллика Яшки, который «вырос в обычном цветочном горшке. Но

вовсе не из обычного зерна, а из редчайшей звездной жемчужины, какие иногда прилетают на Землю из космоса в период густых августовских звездопадов... И растила его мадам Валентина не просто так. Она создавала крошечную модель всеобщего Мироздания, потому что была уверена: Вселенная имеет форму кристалла...». Мне стало интересно, неужели можно самой дома вырастить кристалл, пусть и не такой волшебный, как Яшка, но такой же красивый?

В 2003 году ученые выдвинули гипотезу, что Вселенная представляет собой додекаэдр (двенадцатигранник). То есть действительно, она грубо может быть представлена в форме кристалла. Причем, такая структура может порождать бесконечное множество пространств, которые будут одновременно и отражением самих себя и обладать некоторыми новыми признаками, появившимися в результате эволюции. Поэтому считаю выбранную тему актуальной.

#### **Цель работы:**

- выяснить, как магнитное поле влияет на рост кристаллов и их физические свойства в домашних условиях;
- создание школьной раздаточной коллекции «Кристаллы солей» и разработка этапов выращивания кристаллов солей в домашних условиях.

#### **Задача:**

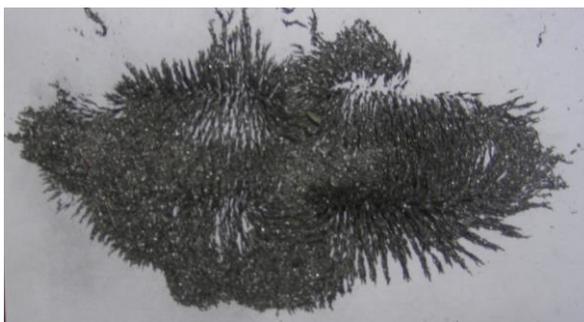
1. Изучить основные свойства магнитного поля.
2. Освоить методику выращивания кристаллических тел - методом *постепенного удаления воды (испарение) из насыщенного раствора.*
3. Провести наблюдения за возникающими при выращивании кристаллов физическими явлениями под действием влияния на них магнитного поля.
4. Сделать выводы.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Понятие о магнитном поле

Магнитное поле – это особый вид материи. Оно не воспринимается органами чувств, но его можно обнаружить с помощью приборов: магнитной стрелки, магнитов. С помощью железных опилок можно получить представление о виде магнитного поля. Проведем эксперимент подтверждающий существование магнитного поля создаваемого дугообразным магнитом. На лист бумаги выложим железные опилки и поднеся к дугообразному магниту, наблюдаем следующее их распределение по листу.

На рисунке схематично принято изображать магнитное поле в виде линий – магнитных линий. Из рисунка и опыта мы видим, что линии магнитного поля – замкнуты и имеют форму круга.



**Рис. 1** Линии магнитного поля

### 1.2. Что такое кристалл?

Кристаллы (от греч. κρυσταλλος, первоначально — лёд, в дальнейшем — горный хрусталь, кристалл) — твёрдые тела, в которых атомы расположены закономерно, образуя трёхмерно-периодическую пространственную укладку — кристаллическую решётку.

Кристаллы — это твёрдые вещества, имеющие естественную внешнюю форму правильных симметричных многогранников, основанную на их внутренней структуре, то есть на одном из нескольких определённых регулярных расположений, составляющих вещество частиц (атомов, молекул, ионов).

Составляющие данное твёрдое вещество частицы образуют кристаллическую решётку. Если кристаллические решётки стереометрически (пространственно) одинаковы или сходны (имеют одинаковую симметрию), то геометрическое различие между ними заключается, в частности, в разных расстояниях между частицами, занимающими узлы решётки. Сами расстояния между частицами называются параметрами решётки. Параметры решётки, а также углы геометрических многогранников определяются физическими методами структурного анализа, например, методами рентгеновского структурного анализа.

Самые большие кристаллы были обнаружены в Пещере кристаллов в шахтовом комплексе Найка, в мексиканском штате Чиуауа. Некоторые из найденных там кристаллов гипса достигают 15 метров в длину, а в ширину — 1 метр.

Пещера кристаллов (исп. Cueva de los Cristales) соединена с шахтовым комплексом Найка (исп. Naica), расположена на глубине 300 метров под городом Найка, штат Чиуауа, Мексика. Пещера уникальна наличием гигантских кристаллов селенита (минерал, структурная разновидность гипса). Наибольший из найденных кристаллов имеет размер 11 м. в длину и 4 м. в ширину, при массе 55 тонн. Это одни из крупнейших известных кристаллов. В пещере очень жарко, температуры достигают 48 °С при влажности 90-100 %. Эти факторы сильно затрудняют исследование пещеры людьми, делая необходимым использование специального снаряжения.

### **1.3. Формирование кристаллов**

Найка находится на древнем разломе, и под пещерой есть магматическая полость. Магма нагревала подземные воды, и они насыщались минеральными веществами, в том числе большим количеством гипса. Пещера была заполнена горячим раствором минералов на протяжении сотен тысяч лет, вплоть до нескольких миллионов лет. В течение этого времени температура раствора оставалась стабильной в диапазоне 54-58 °С, предоставляя единственно возможные

условия для роста кристаллов селенита (с участием безводной формы сульфата кальция — ангидрита). Наименьшая скорость роста кристаллов составляет  $1.4 \pm 0.2 \times 10^{-5}$  нм/с при температуре 55 °С.

В 1910 году шахтёры открыли пещеру под шахтами Найка, позже названную Пещера мечей (исп. Cueva de las Espadas). Она расположена на глубине 120 м, над Пещерой кристаллов, и заполнена красивыми светлыми и прозрачными кристаллами примерно метровой длины. Предполагается, что на этой глубине температура упала значительно раньше, прекратив рост кристаллов.

Пещера кристаллов была обнаружена в 2000 году братьями-шахтёрами Санчез, прокладывавшими новый туннель в шахтовом комплексе для компании Индустиас Пеньолес (исп. Industrias Peñoles). В шахтовом комплексе Найка имеются существенные залежи серебра, цинка, свинца. Пещера кристаллов — это полость в форме подковы в массиве известняка. Громадные кристаллы пересекают пространство пещеры в разных направлениях. Из пещер постоянно откачивается вода. В случае остановки оборудования они снова затопятся. Кристаллы деградируют на воздухе, поэтому исследователи из «Проекта Найка» стремятся задокументировать этот геологический объект.

Новый зал, названный «Ледовый дворец», был открыт при бурении в 2009 году. Он находится на глубине 150 м и не заполнен водой. Формации кристаллов значительно меньшие, с тонкими нитевидными наростами.

В дальнейшем кристаллами могут заинтересоваться биологи, так как в их микроскопических полостях, заполненных жидкостью, могут находиться древние микроорганизмы. В передаче телеканала Discovery в феврале 2011 года упоминалось о возможном существовании других пещер, но их исследование требует разрушения кристаллов. Указывалось, что в конечном итоге пещера будет возвращена к изначальному затопленному состоянию.

## 2. Практическая часть

### 2. 1. Выращивание кристаллов в промышленности

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 серьёзные 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.

Для изучения свойств металлов важно располагать одиночными крупными кристаллами железа, меди и др.

Итак, надо научиться выращивать кристаллы всех этих веществ до нужного размера. Для этой цели существует ряд способов. Можно растить кристаллы и из расплава и из раствора. Основная трудность состоит в том, что, не принимая специальных мер, мы вместо крупного кристалла получим из расплава мелкокристаллическое твёрдое тело, а из раствора – мелкокристаллический осадок на дне сосуда.

Мы уже говорили, что кристаллы начинают расти из раствора тогда, когда он пересыщен растворимым веществом. А для разных температур количество вещества, насыщающего раствор, различно. Поэтому выращивание из раствора крупных, хорошо огранённых кристаллов возможно лишь в том случае, если

температура раствора поддерживается постоянной при помощи термостата. Без этого прибора температура на протяжении суток колебалась бы, во всяком случае, на 3–4°; при таких условиях кристалл не может расти достаточно «аккуратно».

А вот каким образом выращивают тугоплавкие кристаллы рубина лауреаты Сталинской премии чл.-корр. АН А.В. Шубников и С.К. Попов. Мелкий порошок вещества сыплется струёй через пламя. Порошинки плавятся: крошечные капли падают на тугоплавкую подставку. Здесь начинается кристаллизация, и опять-таки из множества кристалликов вырастает лишь один. Наши учёные нашли способ получения длинных кристаллических стержней драгоценного камня, столь необходимого для производства часов и других точных механизмов.

## **2.2. Выращивание кристаллов в домашних условиях**

Выращивание кристаллов - процесс очень интересный, но бывает достаточно длительным. Полезно знать, какие процессы управляют его ростом; почему разные вещества образуют кристаллы различной формы, а некоторые их вовсе не образуют; что надо сделать, чтобы они получились большими и красивыми. Если кристаллизация идёт очень медленно, получается один большой кристалл (или монокристалл, например при выращивании искусственных камней), если быстро — то множество мелких (или поликристалл, например металлы). Выращивание кристаллов в домашних условиях производят разными способами. Например, охлаждая насыщенный раствор. С понижением температуры растворимость веществ уменьшается (в основном, это касается безводной соли), и они, как говорят, выпадают в осадок. Сначала в растворе и на стенках сосуда появляются крошечные кристаллы-зародыши. Когда охлаждение медленное, а в растворе нет твёрдых примесей (скажем, пыли), зародышей образуется немного, и постепенно они превращаются в красивые кристаллики правильной формы. При быстром охлаждении возникает много мелких кристалликов, почти никакой из них не имеет правильную форму, ведь их растёт множество и они мешают друг другу. Выращивание кристаллов можно осуществить и другим способом - постепенным

удалением воды из насыщенного раствора. И в этом случае чем медленнее удаляется вода, тем лучше получается результат. Оставьте открытым сосуд с раствором при комнатной температуре на длительный срок, накрыв его листом бумаги, — вода при этом будет испаряться медленно, и пыль в раствор попадать не будет. Растущий кристаллик можно либо подвесить в насыщенном растворе на тонкой прочной нитке, либо положить на дно сосуда. В последнем случае кристаллик периодически надо поворачивать на другой бок. По мере испарения воды в сосуд следует подливать свежий раствор. Даже если наш исходный кристаллик имел неправильную форму, он рано или поздно сам выправит все свои дефекты и примет форму, свойственную данному веществу, например превратится в октаэдр, если используете соль хромокалиевых квасцов, ромб - если используете медный купорос. Выращивание кристаллов - процесс занимательный, но требующий бережного и осторожного отношения к своей работе. Теоретически размер кристалла, который можно вырастить в домашних условиях таким способом, неограничен. Известны случаи, когда энтузиасты получали кристаллы такой величины, что поднять их могли только с помощью товарищей.

Но к сожалению есть некоторые особенности их хранения (конечно каждая соль и вещество имеют свои особенности). Например, если кристаллик квасцов оставить открытым в сухом воздухе, он, постепенно теряя содержащуюся в нём воду, превратится в невзрачный серый порошок. Чтобы предохранить его от разрушения, можно покрыть бесцветным лаком. Медный купорос и поваренная соль - более стойки и Вы смело можете с ними работать.

Вырастить кристалл можно из разных веществ: например из сахара, даже каменные - искусственное выращивание камней, с соблюдением строгих правил по температуре, давлению, влажности и других факторов (искусственные рубины, аметисты, кварц, цитрины, морионы).

В домашних условиях, конечно, всего этого у нас не получится, поэтому поступим другим образом. Будем выращивать кристаллы соли. У всех у нас есть дома обычная пищевая соль (как наверное, знаете, что её химическое название

хлорид натрия NaCl). Подойдёт и любая другая соль (соль - с химической точки зрения), например, можно получить красивые синие кристаллы из медного купороса или любого другого купороса (например железного). Можно использовать квасцы (двойные соли металлов серной кислоты), тиосульфата натрия (раньше использовался для изготовления фотографий). Для всех этих солей (да и вообще для соли) не требуется особых каких-то условий: сделали раствор, опустили туда "зародыш" (всё это подробно описано ниже) и растёт он себе, каждый день прибавляя в росте.

### **2.3. Выращивание кристаллов поваренной соли**

Кристаллы поваренной соли - процесс выращивания не требует наличия каких-то особых химических препаратов. У нас всех есть пищевая соль (или поваренная соль), которую мы принимаем в пищу. Её также можно назвать и каменной - всё одно и то же. Кристаллы поваренной соли NaCl представляют собой бесцветные прозрачные кубики. Разведите раствор поваренной соли следующим образом: налейте воды в ёмкость (например стакан) и поставьте его в кастрюлю с тёплой водой (не более 50°C - 60°C). Конечно, в идеальном варианте, если вода не будет содержать растворённых солей (т.е. дистиллированная), но в нашем случае можно воспользоваться и водопроводной. Насыпьте пищевую соль в банку и оставьте минут на 5, предварительно помешав. За это время стакан с водой нагреется, а соль растворится. Желательно, чтобы температура воды пока не снижалась. Затем добавьте ещё соль и снова перемешайте. Повторяйте этот этап до тех пор, пока соль уже не будет растворяться и будет оседать на дно стакана. Мы получили насыщенный раствор соли. Перелейте его в чистую ёмкость такого же объёма, избавившись при этом от излишек соли на дне. Выберите любой понравившийся более крупный кристаллик поваренной соли и положите его на дно стакана с насыщенным раствором. Можно кристаллик привязать за нитку и подвесить, чтобы он не касался стенок стакана. Теперь нужно подождать. Уже через пару дней можно заметить значительный для кристаллика рост. С каждым днём он

будет увеличиваться. А если проделать всё то же ещё раз (приготовить насыщенный раствор соли и опустить в него этот кристаллик), то он будет расти гораздо быстрее (извлеките кристаллик и используйте уже приготовленный раствор, добавляя в него воды и необходимую порцию пищевой соли). Помните, что раствор должен быть насыщенным, то есть при приготовлении раствора на дне банки всегда должна оставаться соль (на всякий случай). Для сведений: в 100г воды при температуре 20°C может раствориться приблизительно 35г поваренной соли. С повышением температуры растворимость соли растёт. Так выращивают кристаллы поваренной соли. Я навела две порции насыщенного раствора соли, одну из которых поместил на установку из магнитов.

#### **2.4. Выращивание кристаллов медного купороса**

Вырастим в домашних условиях кристаллы медного купороса. Для этого будем следовать следующей инструкции:

1. Тщательно вымойте два стакана и воронку, подержите их над паром.
2. Налейте 100 г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте ее до 30С. На весах отмерьте 100 гр медного купороса. Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листом бумаги. Подождите, пока раствор остынет до комнатной температуры. Откройте стакан. Через некоторое время начнут выпадать первые кристаллы

3. Через сутки слейте раствор через ватный фильтр в чистый, вновь вымытый и пропаренный стакан. Среди множества кристаллов, оставшихся на дне первого стакана, выберите самый чистый кристалл правильной формы. Прикрепите кристалл-затравку к волосу или леске и опустите его в раствор. Волос или леску предварительно протрите ватой, смоченной спиртом. Можно также положить кристалл – затравку на дно стакана перед заливкой в него раствора. Поставьте стакан в теплое чистое место. В течении нескольких суток или недель не трогайте кристалл и не переставляйте стакан. В конце срока выращивания выньте кристалл из

раствора, тщательно осушите бумажной салфеткой и уложите в специальную коробку. Руками кристалл не трогать не желательно, иначе он потеряет прозрачность.

Для исследования было приготовлено два одинаковых стаканчика с одинаковым количеством раствора медного купороса. Один стаканчик с медным купоросам мы помещаем на подготовленную установку из магнитов, образующих магнитное поле.

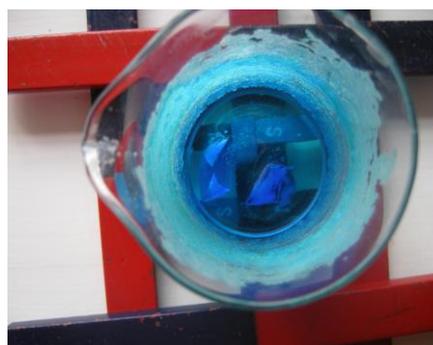
Второй стаканчик с раствором медного купороса помещаем вдали от магнитов.

С этого дня начинаем вести наблюдение. Условия, в которых находились два стаканчика с раствором, были одинаковы (температурный, световой режим), отличие было в том, что один стаканчик находился под воздействием магнитного поля, а другой был вне его воздействия. С момента приготовления раствора и появлением первых кристалликов прошло 15 дней.

Первые кристаллы были обнаружены в стаканчике, находившемся под воздействием магнитного поля. Через 3 дня кристаллы появились и во втором стакане. Было явное различие в двух стаканчиках, которое показано в таблице 1



*Кристаллы, выращенные под воздействием магнитного поля*

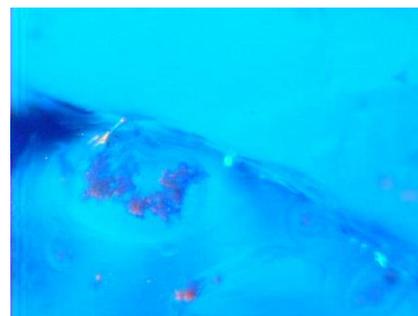


*Кристаллы, выращенные без воздействия магнитного поля*

Таблица 1.

кристаллы	первое появление кристаллов	Физические свойства			
		Количество кристаллов	форма	цвет	размер
Под действием магнитного поля	+	2	неправильная	насыщенный	крупные 0,5 – 1,2см
Вне действия магнитного поля		8	правильная	ненасыщенный	мелкие 0,5- 0,7см

По результатам проведенных исследований (см. таблицу и фотографии) мы видим, что магнитное поле влияет на рост кристаллов и на их физические свойства.



Из прочитанной литературы мне стало известно, что физические свойства веществ зависят от внутреннего расположения молекул. Как же магнитное поле повлияло на расположение молекул медного купороса при образовании кристаллов.

Под микроскопом было замечено, что у одного из кристаллов имеются своеобразные скопления частичек в виде круговых линий (кристаллы, находившиеся под воздействием магнитного поля) это может быть объяснено тем, что медь входящая в состав медного купороса хоть и обладает очень плохим свойством намагничивания, все же взаимодействует с магнитным полем, как и опилки, подтверждая его существование, а так же круговые пятна (магнитные замкнутые линии) являются



доказательством существования магнитного поля, влияющего на строение кристалла. Рассматривая кристалл, находившейся вне поля видим, равномерное правильное расположение частиц меди.

## Заключение

Таким образом, видим, что процесс роста кристалла и его физические свойства очень чувствителен к воздействию магнитного поля. Под воздействием магнитного поля не только ускоряется процесс роста кристаллов, но и улучшаются его физические свойства.

Выращивание кристаллов – очень интересный и увлекательный процесс.

К сожалению, в данном процессе присутствует элемент случайности. Вроде и раствор насыщенный, и охлаждается медленно, а кристалл не образовывается, или готовишь новый раствор для большего роста кристалла, а утром видишь, что кристалл не только не стал больше, но и совсем растворился ... Тем не менее, можно выделить общие признаки роста кристаллов.

Во-первых, чем насыщеннее раствор, тем быстрее вероятность образования кристалла. Во-вторых, чем лучше отфильтрован раствор, тем больше вероятность образования монокристалла, т.к. примеси, оставшиеся в растворе, служат дополнительными центрами кристаллизации. В-третьих, если раствор охлаждать недостаточно медленно, то это, с большой долей вероятности, приведет к образованию друзы (сростка кристаллов), т.к. его молекулы не успеют построить правильный кристалл. В-четвертых, при слишком резком охлаждении образуется аморфное (стеклообразное) состояние вещества. Например, при очень быстром охлаждении (миллионы градусов в секунду) даже металлы можно получить в некристаллическом стеклообразном состоянии.

Многие кристаллы являются продуктами жизнедеятельности организмов. Некоторые виды моллюсков обладают способностью наращивать на инородных телах, попавших в раковину, перламутр. Через 5-10 лет образуется жемчуг. Кристаллами также являются алмазы, рубины, сапфиры и другие драгоценные камни. Они широко применяются в науке, промышленности, оптике, электронике.

Тема кристаллов настолько обширна и разнообразна, что в рамках данной работы невозможно осветить все ее аспекты. Я планирую в дальнейшем продолжить изучение увлекательного процесса роста кристаллов. Например, можно научиться

выращивать фантомы (кристалл в кристалле) или получить кристаллы чистой меди, используя медный купорос и раствор хлорида натрия. Или можно изучить теорию японского исследователя доктора Масару Эмото об уникальных свойствах воды. При охлаждении банок воды с разными надписями, позитивными и негативными, получались абсолютно разные снежинки, от красивых до безобразных.

## Список литературы

1. Химия: Справ. изд./ В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрак и др.: Пер. с нем. — М.: Химия, 1989.
2. Курс общей физики, книга 3, И. В. Савельев: Астрель, 2001, ISBN 5-17-004585-9.
3. Кристаллы / М. П. Шаскольская, 208 с ил. 20 см, 2-е изд., испр. — М.: Наука, 1985.
4. Лихачёв В. А., Малинин В. Г. Структурно-аналитическая теория прочности. —СПб: Наука. — 471 с.
5. Зоркий П.М. Симметрия молекул и кристаллических структур. М.: изд-во МГУ, 1986. - 232 с.