

Муниципальное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа №2»

ПРОЕКТ

«Удивительные кристаллы»

Исполнители:
Лубягина Ольга Александровна,
Мишуткин Вячеслав
Геннадьевич
Руководитель:
учитель химии
Плюхина Людмила Георгиевна.

Лесосибирск, 2003.

Содержание

Цель работы.....	2
Введение.....	3
Форма, структура кристаллов.....	4
Изучения в области кристаллографии.....	6
Рост кристаллов в природе.....	7
Зачем растят кристаллы.....	8
Процесс кристаллизации.....	8
Искусственное выращивание кристаллов.....	9
Выращивание кристаллов в школьной лаборатории.....	10
Заключение.....	13
Список литературы.....	14

Цель работы:

- расширить знания о кристаллах;
- научиться выращивать кристаллы.

Задачи:

- получение монокристаллов;
- получение поликристаллов;
- исследование зависимости скорости роста кристаллов от различных условий;
- выращивание кристаллов соли различных цветов.

Введение.

Человек встречается с кристаллами повсюду: употребляет в пищу, соль и сахар, любит искрящийся снегом в ясную зимнюю погоду и, вообще, живет в поражающем своим многообразием мире кристаллов.

Слово кристалл произошло от греческого слова «krystallos» и во времена Гомера означало «лед». А уже сегодня кристаллы широко применяют в технике и в науке, лечатся ими, находят кристаллы в живых организмах, выходят на просторы космических дорог, используя приборы из кристаллов.

В космических условиях можно смешивать вещества, не смешиваемые в земных условиях, например, металлы с газами.

В космических лабораториях во время полетов ставились опыты по выращиванию кристаллов в условиях невесомости, недостижимой на Земле чистоты и глубокого вакуума. В космосе были выращены полупроводниковые монокристаллы селенида германия и теллурида германия в десять раз большие, чем удалось вырастить в земных условиях.

В условиях невесомости вырастили монокристаллы в форме сплошных и полых сфер, например, для шарикоподшипников.

Полученные в космосе нитевидные кристаллы сапфира отличаются высокой прочностью: они выдерживают давление в десятки раз превышающие прочность таких же «земных» материалов.

Нам захотелось поподробней узнать о процессе кристаллизации и вырастить кристаллы самим.

Форма, структура кристаллов.

В земле иногда находят камни такой формы, как будто их кто-то тщательно выпиливал, шлифовал, полировал. Это многогранники с плоскими гранями, с прямыми ребрами. Правильные и совершенные формы этих камней, безукоризненная гладкость их граней поражают нас. Трудно поверить, что такие идеальные многогранники образовались сами, без помощи человека. Вот эти-то камни с природной правильной, симметричной, многогранной формой и называются кристаллами.

Кристаллы, залегающие в земле, бесконечно разнообразны (рис.1). Размеры природных многогранников достигают подчас человеческого роста и более. Встречаются кристаллы лепестки тоньше бумаги кристаллы- пластины в несколько метров толщиной. Бывают кристаллы маленькие, узкие и острые, как иголки, и бывают громадные, как колонны. В некоторых местностях Испании такие кристаллические колонны ставят как столбы для ворот.

Все разнообразие форм и размеров кристаллов можно увидеть в Минералогическом музее. Вот они правильные многогранники: кубы, призмы, пирамиды, параллелепипеды, столбики, таблички, пластинки, иглы, звезды, лепестки, сростки, сложные сплетения и другие, пленяющие сложностью и совершенством, формы.

Рассмотрим внимательно кристаллы различных веществ. Как отличить их друг от друга? Существует множество признаков, таких как цвет, блеск, но они ненадежные. К примеру, кристаллы кварца могут быть бесцветными (горный хрусталь), золотистыми, коричневыми, черными (дымчатый горный хрусталь, морион), сиреневыми, лиловыми (аметист). Разные названия, но минерал один и тот же.

В музее Горного института в Санкт-Петербурге хранится коллекция кристаллов природного корунда сорока различных цветов и оттенков.

Существует более характерная особенность кристаллов: кристаллы разных веществ отличаются друг от друга своими формами (рис.2).

Из этой особенности должен следовать вывод, что у кристаллов каждого вещества есть своя характерная форма, по которой можно его узнавать, но это не совсем так. Да, у каждого вещества формы кристаллов характерны. Однако формы кристаллов разных веществ могут быть очень похожими. А главное: не всегда кристалл попадает нам в руки в его естественной первозданной форме; отнюдь не всегда вырастает кристалл многогранником - это удается ему лишь при благоприятных условиях, когда ничто не мешает ему при росте.

Давно прошли те времена, когда считали, что кристаллы - это только естественные многогранники, и поэтому думали, что кристаллы встречаются редко, считали их «игрой природы». Однако кристаллы окружают нас повсюду. Только их не всегда можно увидеть простым глазом.

Не найдешь таких металлов и почти не встретишь таких камней, которые не были бы кристаллическими. В большинстве своем камни и металлы - это поликристаллы, т.е. сростки многих мелких кристаллических «зерен», и в этих сростках уже неразличимы многогранные формы отдельных монокристаллов. Но убедиться в кристаллическом строении вещества можно на основании самой характерной особенности кристалла - его атомной структуре.

Структура всех кристаллических веществ периодична и закономерна. Во всех кристаллах частицы выстраиваются симметричными правильными рядами, плоскими сетками, трехмерными решетками.

Кристаллы могут иметь всевозможные формы. Все известные в мире кристаллы могут быть разделены на 32 вида, которые в свою очередь могут быть сгруппированы в 6 видов. Существует несколько видов «упаковок» атомов в кристалле: кубическая, гранцентрированная, гексагональная, объемно-центрированная.

Когда жидкость, застывая, превращается в твердое тело, например, когда вода, замерзая, становится твердым льдом или застывает расплавленный металл, происходит изменение характера движения частиц, слагающих вещество. В твердом кристаллическом веществе каждая частица движется «вольно», колеблется, но только у своего места, в отличие от беспорядочно движущихся частиц в жидкостях или газах.

В каждом веществе есть именно свой, характерный узор и порядок расположения атомов. И от того, каков этот порядок, зависят свойства вещества. Одни и те же атомы, располагаясь по-разному, образуют вещества с совсем разными свойствами.

Правильное повторяющееся симметричное расположение частиц обязательно для кристаллов; оно является их характерной особенностью, отличающей их от некристаллов. Следовательно: кристаллы – это вещества, в которых составляющие их частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены строго периодически, образуя геометрически закономерную кристаллическую структуру.

Кристаллическая структура обнаружена не только в природных многогранниках камней, в кристаллических горных породах и в металлах, но и во многих других телах, о которых никому и в голову не приходило подумать, что они тоже состоят из кристаллов. Даже в таких веществах, как обыкновенная сажа, глина, человеческие кости, волосы, вирусы, волокна шерсти, шелк, целлюлоза обнаружено кристаллическое строение.

Исследования в области кристаллографии.

Изучением кристаллов, их свойств и методами искусственного выращивания занимались многие ученые.

Русский ученый Е. С. Федоров строго математически вывел все возможные геометрические законы симметрии расположения частиц внутри кристаллов, в то время, когда само существование атомов еще ставилось под сомнение (в конце XIX века).

Структуру кристаллов пробовали изучить с помощью микроскопа, но это сделать не удавалось, т.к. световые волны слишком велики по сравнению с атомными. В 1895 г. были открыты рентгеновские лучи. А в 1912 г. немецкий физик Лауэ и его ученики Фридрих и Книппинг с помощью кристаллика медного купороса и фотопленки сделали открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах.

Рентгеноструктурный анализ стал основным методом исследования структуры кристаллов. По картинам рассеяния рентгеновских лучей атомами, ионами, молекулами можно судить о расположении частиц и о кристаллической структуре вещества.

Сам Лауэ не сразу расшифровал полученную рентгенограмму. Дело в том, что у выбранного для опыта, кристалла медного купороса наименьшая симметрия и относительно сложная структура.

В том же 1912 г. структура кристалла была расшифрована английским ученым Виллиамом Генри Брэггом и его сыном Виллиамом Леренсом Брэггом на опыте с каменной солью.

Но за полгода до этого московский профессор – кристаллограф Ю.В. Вульф вывел математическую формулу – закон Вульфа-Брэгга, позволяющий анализировать дифракцию рентгеновских лучей в кристаллах и расшифровывать структуры любых кристаллических веществ.

В наши дни с помощью рентгеноструктурного анализа изучено атомное строение более 20 тысяч кристаллических веществ.

Н.В. Белов и американский ученый Лайнус Полинг, прославленный лауреат двух Нобелевских премий, придумали еще один метод построения структурных моделей. За цикл работ по структурной минералогии, в ходе которых Белову удалось открыть строение множества сложных кристаллических неорганических соединений и минералов, была присуждена Ленинская премия.

В 1964 г. профессор Дороти Ходжин в Оксфорде в результате 8-летнего труда вывела кристаллическую структуру витамина B₁₂, состоящую из 180 атомов, за что получила Нобелевскую премию.

Техника рентгеноструктурного анализа непрерывно совершенствуется. В наши дни кристаллографами разработаны программы, по которым вычислительная машина ставит кристалл на рентгеновский аппарат, управляет его съемкой, читает полученные цифры, передает их в

вычислительный центр и выдает информацию о размещении атомов в структуре. Теперь уже изучены структуры десятков белков.

Рост кристаллов в природе.

Кристаллы растут из расплавов. Каждое кристаллическое вещество начинает плавиться при совершенно определенной температуре, называемой температурой плавления. При этой температуре разрушается кристаллическая структура. Для всех кристаллов одного и того же вещества при постоянных условиях температура плавления одинакова, а для разных веществ она различна. Все кристаллы во время плавления сохраняют постоянную температуру.

Если нагреть кристалл до температуры плавления, то он начинает плавиться. А если нагреть жидкий расплав до той же температуры, то он начинает кристаллизоваться. Значит, температура плавления кристаллов данного вещества является в то же время и температурой кристаллизации его расплава.

Как же растут кристаллы в расплаве?

В массе застывшего расплава образуется сразу много кристаллических зародышей; все они одновременно вырастают в маленькие кристаллики. Пока эти кристаллики совсем малы, они, растут свободно, каждый – правильным многогранником. Но, увеличиваясь, кристаллы встречаются и начинают мешать друг другу. Как только два растущих кристалла встретятся друг с другом, рост обоих кристаллов на этом месте прекращается. С других же сторон – там, где кристаллы еще не столкнулись с соседями, - они продолжают расти. Так, получается, что кристалл вырастает в одну сторону больше, чем в другие: образуются неправильные многогранники, а кристаллические зерна.

Кристаллы растут из перенасыщенных растворов. Растворенное вещество кристаллизуется из перенасыщенных растворов потому, что его оказывается в растворе слишком много – больше, чем раствор может удержать в себе.

В природных условиях, в открытых водоемах перенасыщенный раствор не может сохраняться без кристаллизации. Это явление и наблюдается в громадных масштабах в соляных озерах, где вода испаряется под лучами солнца.

Кристаллы нередко встречаются в живых организмах.

Желчные камни в печени, камни в почках и мочевом пузыре, мельчайшие отложения в сосудистой оболочке глаза, вызывающие серьезные болезни человека представляют собой кристаллы.

Известен случай, когда во внутренностях больного врачи обнаружили хорошо огранный кристаллик салола величиной с горошину, выросший из принимаемого больным лекарства.

Некоторые живые организмы представляют собой настоящие «фабрики» кристаллов. Кораллы, например, образуют целые острова, сложенные из микроскопически мелких кристалликов углекислой извести. Драгоценный камень жемчуг тоже построен из мелких кристаллов, которые вырабатывает моллюск жемчужница.

Зачем растят кристаллы.

Природные кристаллы не всегда достаточно крупны, часто они неоднородны, в них имеются нежелательные примеси. При искусственном выращивании можно получить кристаллы крупнее и чище, чем в природе. В лабораториях и на заводах совершенствуют методы создания искусственных кристаллов с нужными свойствами, благодаря которым выращивают кристаллы, как для техники, так и для изучения новых явлений и свойств самих кристаллов. А самое главное – искусственно выращивая кристаллы, создают вещества, каких вообще нет в природе.

«Фабриками искусственных кристаллов» являются все химические заводы, где вырабатывают различные соли, соду, химические удобрения и многие другие кристаллы, сахарные заводы, фармацевтические заводы, где синтезируют кристаллы лекарственных веществ и, прежде всего все металлургические заводы, где выплавляют металлы.

Процесс кристаллизации.

При нагревании растворимость многих солей увеличивается. Если приготовить насыщенный раствор соли в воде, а затем охладить его, то часть солей выпадает в осадок, причем в нем будет меньше примесей, чем в растворе. При понижении температуры уменьшается кинетическая энергия молекул, соответственно уменьшается скорость их движения, поэтому уменьшается расстояние между молекулами, ионами, начинает проявляться действие межмолекулярных сил. И вещество конденсируется в жидкости, а затем кристаллизуется.

Почему образуется упорядоченная кристаллическая структура? Дело в том, что одинаковые молекулы вещества связаны между собой во всем объеме одинаково. Это и приводит к образованию периодически повторяющейся в пространстве структуре – кристаллической решетке. Кристаллы образуются при понижении температуры, когда тепловое движение настолько замедленно, что не разрушает определенной структуры. Это значит, что составляющие его частицы (атомы, ионы, молекулы) жестко связаны между собой и их тепловые движения происходят как колебательные около неподвижных точек, определяющих равновесие состояние между частицами, т.е. расстояние, на котором потенциал энергии притяжения минимален. Относительные положения точек равновесия во всем веществе должно обеспечивать минимум энергии всей системы, что реализуется при

их определенном упорядоченном расположении в пространстве, т.е. в кристалле.

Искусственное выращивание кристаллов.

Существует множество способов выращивания кристаллов, о некоторых, наиболее заинтересовавших нас, и будет идти речь.

Из расплавов растят кристаллы металлов, полупроводников, прозрачные кристаллы для оптики и многие другие. В расплавленных кристаллизаторах вырастают совершенные, однородные кристаллы до 4-5 пудов весом (рис. 3).

Не всегда выгодно растить большие кристаллы. Ведь из кристалла надо готовить изделие – и иногда очень малое, сложной формы. Для этого надо готовый кристалл обрабатывать, в процессе чего, качество его портится.

Профессор А.В. Степанов, член академии наук, предложил способ выращивания кристаллов, по которому можно обойтись вообще без обработки, а непосредственно из жидкого металла выращивать, кристаллизовать готовое изделие.

Сущность метода Степанова, по словам самого автора, заключается в следующем: «На горизонтальную поверхность расплавленного металла помещается пластинка из материала, мало взаимодействующего с расплавом. В пластинке имеется прорезь – щель, вид и размеры которой находятся в соответствии с размерами изделия. Пластинка называется поплавок или формообразователь. Через щель формообразователя в расплав опускается затравка, форма которой соответствует профилю получаемого изделия. К затравке пристаёт расплав. При движении затравки вверх, пристающий расплав будет за ней тянуться. Попадая в область более низких температур, расплав будет застывать, превращаясь в изделие» (рис. 4).

Установки Степанова для выращивания непосредственно из расплавов готовых кристаллических изделий сложного профиля успешно работают во многих предприятиях, благодаря которым растят металлические трубы, прутки, ленты, проволоки, ребристые радиаторы, блоки труб для центрального отопления и многие другие изделия (рис.5).

Также научились выращивать жидкие кристаллы, которые представляют собой жидкость со структурой твердого кристалла. Жидкие кристаллы используются для создания всевозможных устройств для машин с высокими технико-экономическими показателями, а также для совершенствования элементов вычислительных машин. Еще одно применение этих кристаллов-

фотокинетика. Здесь кристалл применяется для систем автоматической фокусировки объектива съемочного аппарата - фото, телекамеры.

В домашних условиях, да и в обычной школьной лаборатории невозможно выращивать большие однородные кристаллы. Ведь в комнате

температура никогда не остается постоянной, в течение дня она неизбежно колеблется, по крайней мере, на $3^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$, а то и больше. А при изменении температуры меняется растворимость вещества, и растворы оказываются то перенасыщенными, то недонасыщенными, кристаллы в них то растут, то растворяются. Поэтому большие однородные кристаллы необходимо растить в термостатах, т.е. установках, в которых автоматически поддерживается заданная температура. Для перемешивания раствора устанавливают специальную мешалку или же, оставляя кристалл неподвижным, вращают весь кристаллизатор с раствором.

Из растворов растут кристаллы всех тех веществ, которые хорошо растворяются в воде (или в других легко доступных и удобных растворителях). Таковы квасцы, медный купорос, сахар и, что особенно важно в промышленности водорастворимые кристаллы, широко применяемые в радиотехнике и оптике: дигидрофосфат калия, дигидрофосфат аммония, сегнетова соль и многие другие родственные им кристаллы.

Выращивание кристаллов в школьной лаборатории.

Мы выращивали кристаллы из растворов, соблюдая при этом правила техники безопасности.

Опыт 1.

Цель: вырастить крупные кристаллы медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) при различном освещении.

Ход опыта.

В приготовленный насыщенный раствор медного купороса опустили затравку - маленький кристаллик, который является центром кристаллизации. Закрывали бумагой и оставили в покое. Через неделю заметили, что кристалл заметно подрос. Один стакан поставили в слабо освещенное место. Второй стакан с раствором поставили на яркий свет. Кристаллы росли в течение трех недель. В ходе роста основного кристалла на дне стакана выпадали другие мелкие кристаллики. Чтобы они не мешали расти основному кристаллу, мы вынимали большой кристалл из раствора, просушивали; растворяли мелкие кристаллики, немного остужали раствор и вновь опускали большой кристалл в раствор.

В ходе наблюдений сделали вывод: процесс кристаллизации на свету идет медленнее (0,2мм. в сутки), а в слабоосвещенном месте быстрее (0,8мм. в сутки).

Опыт 2.

Цель: вырастить одиночные кристаллы алюмокалиевых квасцов при медленном испарении ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

Ход опыта.

В приготовленный насыщенный раствор $KAl(SO_4)_2$ поместили затравку. Через 6 часов на дне раствора появились кристаллики. Мы выбрали несколько из них и начали выращивать до более крупных размеров, причем, чашечку оставили открытой. Постепенно часть насыщенного раствора испарялась, объем его уменьшался, а количество растворенного вещества оставалось прежним. Создавался избыток вещества, за счет которого происходил рост кристаллов. Этот процесс длился в течение 3 недель.

Вывод: из насыщенного раствора в процессе естественного испарения воды растут кристаллы.

Опыт 3.

Цель: вырастить друзы из алюмокалиевых квасцов.

Ход опыта.

Приготовили горячий перенасыщенный раствор соли, после охлаждения внесли затравку. Через 6 часов увидели большое количество кристалликов на затравке. Раствор оставили в покое на 3 дня, затем вынули затравку; раствор нагрели и добавляли в него соль до тех пор, пока он не стал вновь перенасыщенным. После того, как немного охладили раствор, снова опустили туда затравку с подсохшими кристаллами. Эту процедуру повторяли до тех пор, пока кристаллы не достигли необходимых размеров.

Вывод: выращивание друз – сравнительно быстрый способ выращивания кристаллов.

Опыт 4.

Цель: вырастить кристаллы хлорида натрия ($NaCl$) различных цветов.

Ход опыта.

В теплый насыщенный раствор хлорида натрия, находящийся в нескольких сосудах с различными красителями (тушью черной, красной, бриллиантовой зеленью) опустили сухие веточки. Через 8 часов на них появились окрашенные кристаллики. Через двое суток готовили новые растворы, в которые снова опускали просушенные кристаллы на веточках. Этот процесс длился в течение двух недель.

Вывод: при добавлении различных красителей растут кристаллы различных цветов.

Опыт 5.

Цель: вырастить бесцветные кристаллы поваренной соли в присутствии хлороводорода.

Ход опыта.

Вырастить крупные кристаллы поваренной соли в обычных лабораторных условиях практически невозможно, поэтому мы, изучив литературу, решили провести опыт с добавлением хлороводорода.

Насыщенный раствор хлорида натрия охлаждали в течение всего опыта льдом. Ввели в охлажденный раствор соли хлороводород. Через несколько минут на стенках сосуда появились кристаллики хлорида натрия. По мере пропускания газа они росли.

Вывод: Чтобы получить крупные кристаллы хлорида натрия надо уменьшить его растворимость. Исходя из принципа Ле-Шателье в раствор

для уменьшения растворимости хлорида натрия можно добавить ион хлора (Cl^-) и ввести его с тем веществом, которое не вызовет загрязнения. Мы использовали хлороводород.



Равновесие реакции сдвигается влево и выпадает чистый хлорид натрия.

Опыт 6.

Цель: вырастить чистые кристаллы меди.

Ход работы.

На дно химического стакана поместили кристаллы сульфата меди, засыпали их слоем хлорида натрия, накрыли фильтровальной бумагой, на которую поместили пластинку железа меньшего диаметра, налили в стакан насыщенного раствора хлорида натрия, на несколько сантиметров выше железной пластинки. Через два дня на пластинке образовались кристаллы меди.

Вывод: в результате реакции замещения, используя хлорид натрия в качестве «тормоза» (ингибитора) реакции, можно получить кристаллы меди. Если менять размеры сосуда, количество купороса, толщину слоя и температуру, то можно получить кристаллы разного размера.

Опыт 7.

Цель: из раствора дигидрофосфата калия вырастить кристаллы, похожие по виду на снег.

Ход опыта.

Опустили в раствор дигидрофосфата калия при температуре 20°C (на 100см.^3 воды брали 23гр. соли) фигурку елочки из медной проволоки, обмотанную шерстяной ниткой. Вынули через 20 минут и просушили. Получилась «заснеженная елочка».

Вывод: дигидрофосфат калия при кристаллизации образует кристаллы, напоминающие снег, поэтому можно вырастить различные «заиндевелые ветви деревьев».

Опыт 8.

Цель: вырастить кристаллы салициловой кислоты методом выпаривания.

Ход опыта.

2%-ный раствор салициловой кислоты налили в стеклянную колбу и начали выпаривать на плитке. Когда жидкость испарилась, в колбе появились мелкие белые кристаллики и вещество, напоминающее снежные хлопья.

Вывод: в результате выпаривания спиртового раствора можно получить кристаллы салициловой кислоты.

Заключение

В процессе этой работы мы пополнили свои знания о кристаллах, научились работать с растворами, выращивать из них одиночные кристаллы и друзы медного купороса, алюмокалиевых квасцов, бесцветные и окрашенные кристаллы поваренной соли, кристаллы дигидрофосфата калия, а также кристаллы меди. Установили закономерность влияния некоторых условий на рост кристаллов, а именно света, температуры, концентрации, примесей, красителей, основ, на которых росли кристаллы.

Выполняя эту работу, мы смогли увлечь многих учащихся процессом выращивания кристаллов. В настоящее время мы консультируем их, помогая выращивать кристаллы в домашних условиях, которые впоследствии могут использоваться в качестве демонстрационного или раздаточного материала на уроках химии и физики.

Список литературы

1. Шаскольская М.П. Кристаллы. М., 1985.
2. Белиловский В.Д. Эти удивительные жидкие кристаллы. М.,1987.
3. Кренделев Ф.П. Легенды и были о камнях. Красноярск, 1885.
4. Орлик Ю.Г. Химический калейдоскоп. Минск, 1988.
5. Ж. Физика в школе №6. М.,2001.
6. Сеть INTERNET www.eidos.techno.ru/projekt/dist_teacher99/

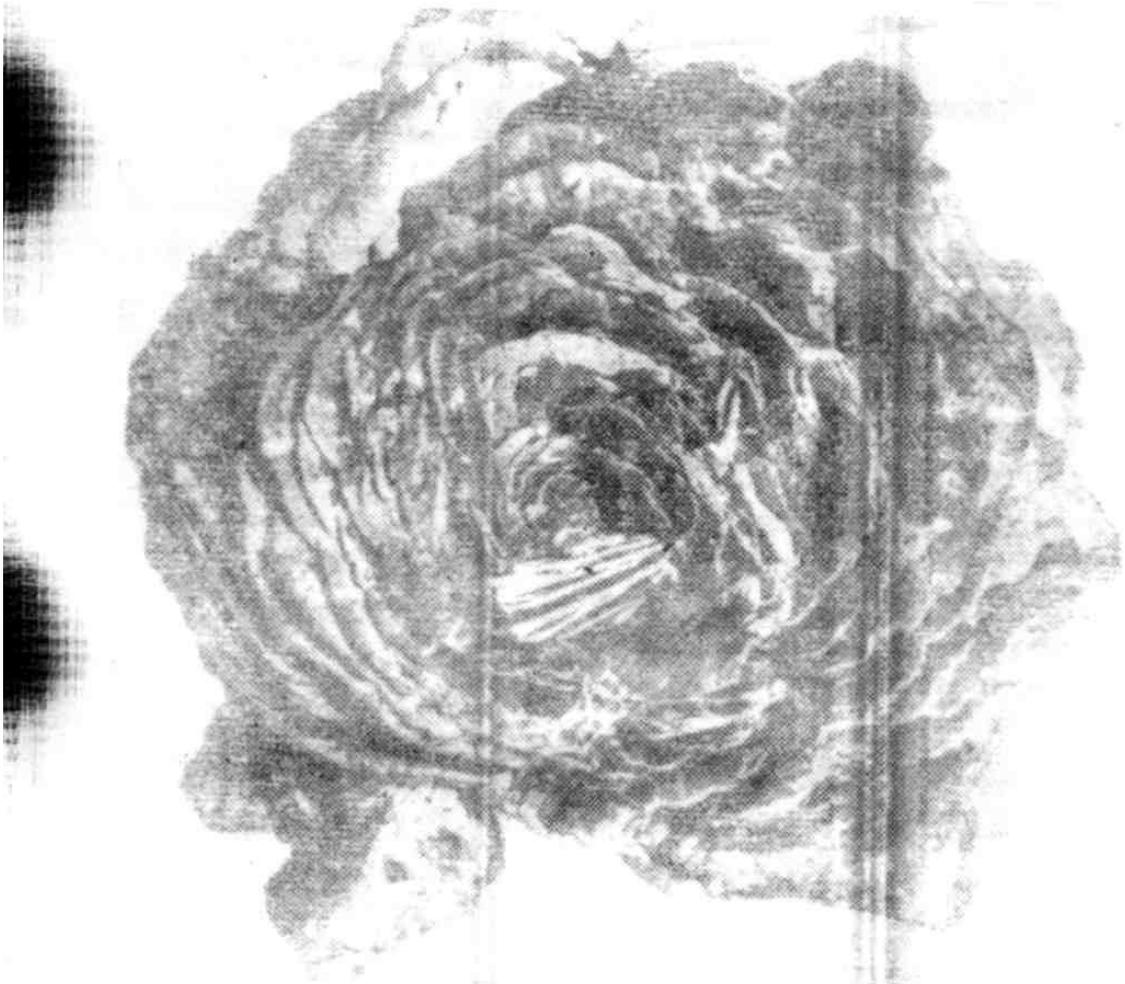


Рис. 77. Пластинчатые кристаллы гематита образуют «каменную розу».

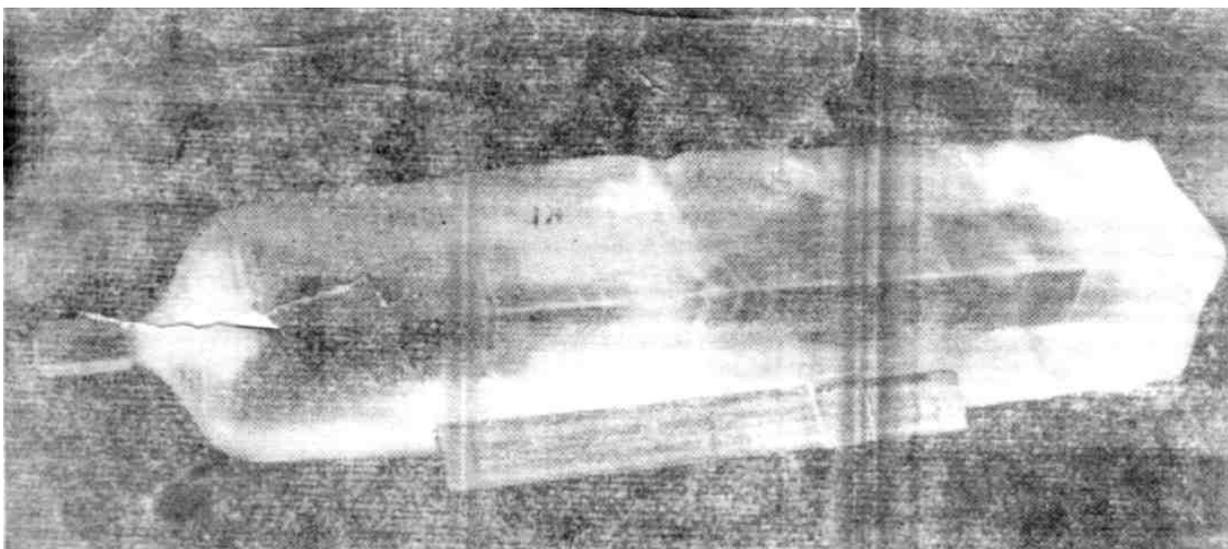
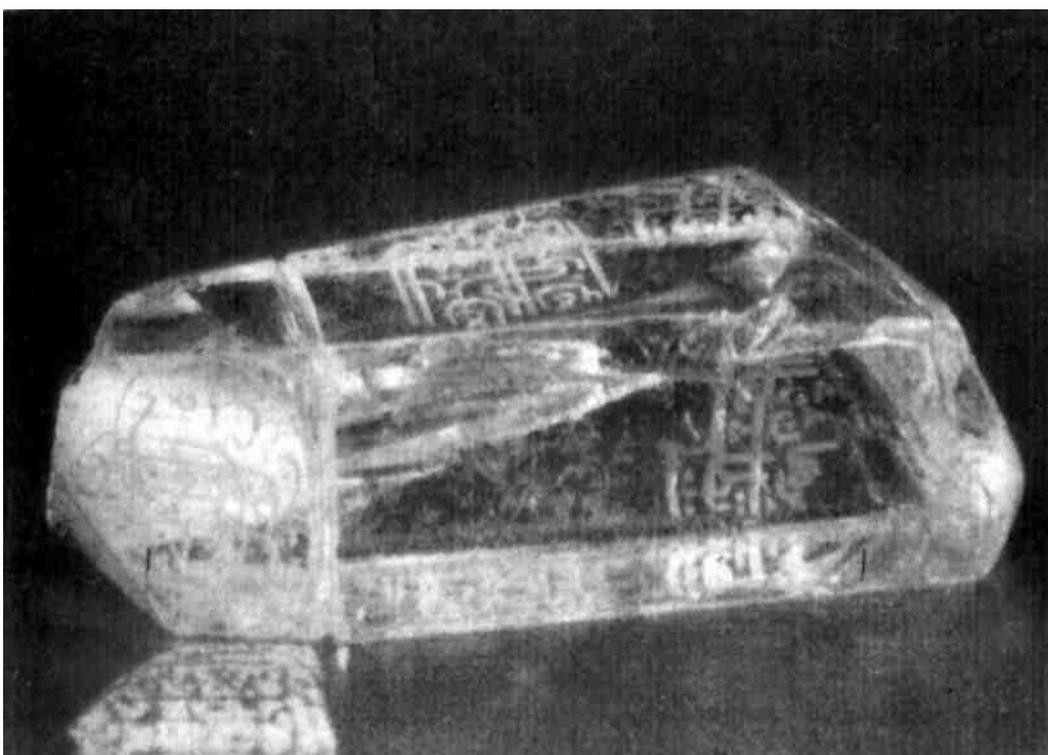


Рис. 84. Кристалл хлористого калия, выращенный из расплава.
Фото А. В. Радкевича





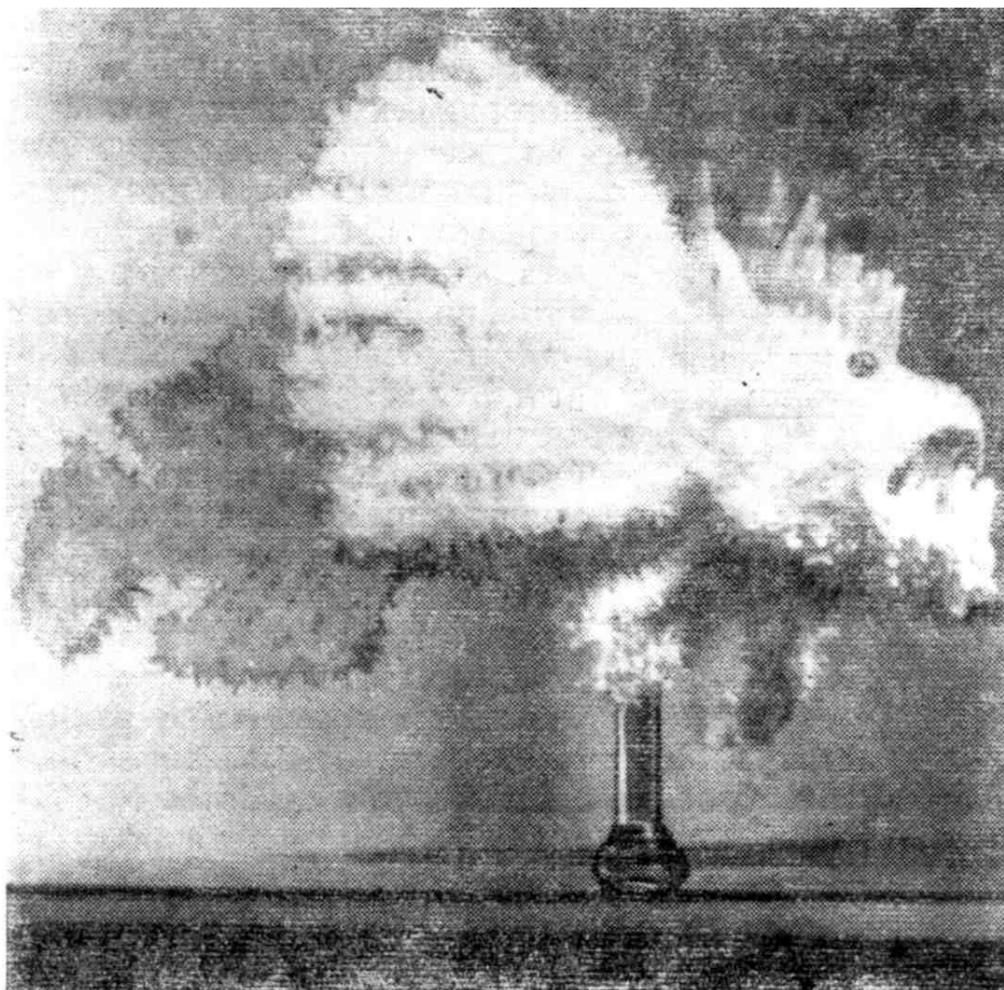


Рис. 87. Эту чудо-рыбу вырастили из кристаллов в подарок академику А. В. Шубникову. Уменьшено в 4 раза.