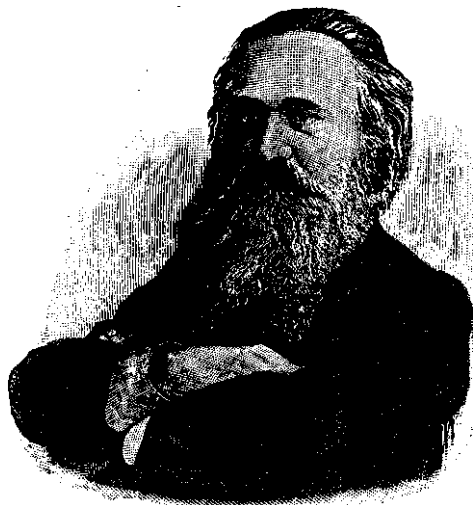




ЕВГРАФ СТЕПАНОВИЧ ФЁДОРОВ (1853—1919)



оздатель теоретических основ современной кристаллографии, творец теодолитного метода исследования кристаллов и кристаллохимического анализа, открывших новые перспективы для экспериментального изучения вещества, Евграф Степанович Фёдоров родился в Оренбурге 22 декабря 1853 года. Вскоре после рождения он был перевезён в Петербург. Отец его, генерал-майор инженерных войск, мало уделял внимания воспитанию и здоровью своего сына. Зато мать Евграфа Степановича, урождённая Ботвинко, Юлия Герасимовна горячо любила своих детей и с ранних лет приучала их к труду и дисциплине. Под её руководством будущий учёный пристрастился к чтению, обучился игре на рояли и пению. Евграф Степанович, полусуштя, утверждал, что своей исключительной трудоспособностью и усидчивостью он обязан матери, заставлявшей мальчиков вязать огромные скатерти с замысловатыми узорами для обеденного стола.



Чрезвычайно рано проявились его математические способности; в семь лет в течение двух дней он проштудировал учебник элементарной геометрии Шульгина.

Вскоре после поступления Е. С. Фёдорова в школу скончался его отец. Осиротевшая семья — жена, три малолетних сына и дочка — осталась с весьма скудными средствами. В 1867 году, в результате усиленных хлопот, трёх братьев Фёдоровых удалось определить на казённый счёт во вторую военную гимназию. В гимназии Е. С. Фёдоров читал всё, что удавалось достать по естествознанию, философии и математике. Вскоре его знания далеко превосходили гимназические программы, и в 1869 году он, не дожидаясь окончания курса, бросает гимназию и блестяще выдерживает конкурсный экзамен в Петербургское военное инженерное училище. Результаты экзаменов были

настолько поразительны, что он был зачислен в училище, несмотря на то, что не достиг требуемых по уставу 16 лет и не закончил гимназии. Здесь будущий учёный особенно увлекается математическими дисциплинами. Он является также деятельным участником одного из нелегальных кружков самообразования. Воззрения членов этого кружка складывались преимущественно под влиянием сочинений Писарева. Жадно усваивали они широко распространённые среди передовой молодёжи того времени смелые взгляды материалистов-естествоиспытателей.

В 1872 году Е. С. Фёдоров закончил курс Военного инженерного училища и в чине подпоручика сапёрного батальона уехал служить на Украину, в Белую Церковь. Но уже в мае следующего года он возвращается в Петербург, а в 1874 году вовсе увольняется с военной службы. Увлечённый стремлениями передовой молодёжи, он решает посвятить себя медицине и становится вольнослушателем Военной медико-хирургической академии.

Многогранная и своеобразная личность Фёдорова вскоре обратила здесь на себя всеобщее внимание. На студенческих собраниях он подробно излагал учение Маркса, выступал с критическим разбором взглядов Канта, Спенсера и других философов.

Вскоре, однако, был издан циркуляр министра просвещения, по которому для поступления в Медицинскую академию требовалось представление аттестата зрелости. Тем самым Е. С. Фёдоров, как не окончивший классической гимназии, лишался права быть студентом академии. Он поступает на второй курс Технологического института, где основное внимание уделяет изучению химии, физики и, в частности, электричества. Однако, выполнив все лабораторные работы, Е. С. Фёдоров оставляет институт, так как не желает быть инженером-технологом. К этому времени все помыслы и интересы Е. С. Фёдорова направляются в сторону глубоких теоретических проблем. Практическая деятельность для него представляется мыслимой лишь как осуществление строго проверенных данных, вытекающих из теории. По выходе из Института Евграф Степанович усиленно посещает читальные залы Публичной библиотеки, жадно поглощая литературу по математике и физике.

Страстная, протестующая против насилия и несправедливости натура Е. С. Фёдорова приводит его в партию «Земля и Воля»; членом её он становится ещё в 1876 г. в бытность свою студентом Технологического института. Е. С. Фёдоров принял активное участие в подпольной работе. В 1877 году он по заданию партии, с целью установления связи с заграничными революционными организациями, объезжает Францию, Бельгию и Германию, зарабатывая средства для жизни тяжёлым физическим трудом. В Германии он знакомится с В. Либкнехтом и А. Бебелем и под их влиянием проникается социал-демократическими идеями. Он принимает участие в немецком рабочем движении, работает наборщиком социал-демократической газеты.

Возвратившись в Петербург осенью 1877 г., Е. С. Фёдоров женится на Людмиле Васильевне Паннотиной, самоотверженно помогавшей ему в его

научной и революционной деятельности. В их квартире организуется подпольная типография, где печатается нелегальная газета «Начало», впоследствии переименованная в «Землю и Волю». Е. С. Фёдоров становится сотрудником и редактором иностранного отдела этой газеты. Он поддерживает близкие отношения с группой революционеров, осуществивших убийство Александра II; Кибальчич, Вера Фигнер были близки семье Фёдоровых. Однако Е. С. Фёдоров всё более расходился с народниками. Он старательно штудировал сочинения К. Маркса и, не прерывая сношений с народовольцами, постепенно отходил от них. Тем не менее, разгром народовольческой организации после убийства Александра II не коснулся Фёдоровых лишь случайно.

Несмотря на тревожные переживания, Е. С. Фёдоров в этот период усиленно занимается наукой. Занятия по геометрии приводят его к открытию области, сравнительно мало затронутой математиками. Эта область касается пространственных фигур. Разработка теории математических многогранников натолкнула Е. С. Фёдорова на вопросы, относящиеся к природным многогранникам, т. е. кристаллам. Так он подошёл к той области, которая стала любимым делом всей его жизни, к науке о кристаллах — кристаллографии. С увлечением занялся он обработкой своего первого труда, посвящённого учению о фигурах. Скучные средства на жизнь добывались главным образом переводами журнальных статей и составлением газетных заметок.

В 1880 году, 27 лет, он решает поступить на третий курс Горного института, в стенах которого думает найти ответы на интересующие его научные вопросы. Е. С. Фёдорова привлекал сюда преподававшийся здесь курс кристаллографии и связанной с ней минералогии. Однако Е. С. Фёдоров не нашёл в Горном институте нужной ему поддержки. Не был своевременно оценён его первый труд и в математических кругах. Но на выводы Е. С. Фёдорова в области кристаллографии, сообщённые им на собраниях Петербургского минералогического общества, обратил внимание профессор петербургского Артиллерийского училища А. В. Гадолин — автор классического труда «Вывод всех кристаллографических систем и их подразделений из одного общего начала» (1868). По настоянию А. В. Гадолина, сочинение молодого учёного «Начала учения о фигурах», законченное еще в 1879 году, увидело свет в «Записках Минералогического Общества» за 1885 год. В июне 1883 года Евграф Степанович Фёдоров заканчивает полный курс Горного института первым с занесением его имени на мраморную доску. Тем не менее профессор минералогии и кристаллографии П. В. Еремеев, не понявший работ Е. С. Фёдорова, не пожелал оставить его при своей кафедре. Временно ему поручили вести лишь практические занятия при музее Горного института. Эта работа давала ему всего 40 рублей в месяц. Скучно оплачивались и статьи, которые он переводил для технических журналов. А между тем семья увеличивалась. Вслед за первенцем-сыном появились на свет две девочки. Надо было думать о более серьёзном заработке. Е. С. Фёдоров принимает предложение Горного департамента участвовать в экспедиции по исследованию Северного Урала в

качестве геолога и работает там шесть лет над составлением геологической карты.

В 1885 году Е. С. Фёдоров, возвратясь на зимнее время в Петербург, поступает в качестве делопроизводителя и исполняющего обязанности консерватора в Геологический комитет. Эти чиновничьи должности Е. С. Фёдоров не покидает в течение следующих десяти лет. Они всё же давали ему и его семье возможность жить зимой в Петербурге и продолжать, хотя бы и урывками, научную работу. В этот период одна за другой выходят в свет его замечательные работы по кристаллографии, создавшие новую эпоху в науке и представляющие собой вершины творческой мысли учёного: серия «Этюдov по аналитической кристаллографии» и ряд работ по симметрии, увенчанных знаменитым трудом «Симметрия правильных систем фигур» (1891 г.). В последней работе Е. С. Фёдоров впервые дал вывод особых геометрических законов, характеризующих кристаллические структуры. Эти законы включают в себе двести тридцать различных способов расположения элементарных частиц в кристаллах. Всё значение этого гениального труда выяснилось лишь 20 с лишним лет спустя, когда внутреннее строение кристаллов стало расшифровываться опытным путём при помощи рентгеновских лучей.

В 1890 и 1892 гг. Е. С. Фёдоров дважды представлял свои труды по теории строения кристаллов на соискание премий, присуждавшихся Академией наук. Он надеялся привлечь внимание учёного мира к своим исследованиям и получить возможность отдаться научным занятиям. Однако труды его не удостоились даже упоминания в длинном официальном списке работ, представленных в Академию.

Не улучшили тяжёлого материального положения Е. С. Фёдорова и два его замечательных изобретения в области измерения и оптического исследования кристаллов. Первое из них — двукружный теодолитный «фёдоровский гониометр» — является специальным прибором, позволяющим математически точно устанавливать пространственное расположение граней кристалла; второе — «универсальный фёдоровский столик» — служит для микроскопических кристалло-оптических исследований. Эти изобретения коренным образом изменили методику исследования кристаллов, значительно расширив и обогатив её. Позднее неоднократно указывалось, что изобретение одного «фёдоровского столика» делает имя его создателя бессмертным. Однако выступление Е. С. Фёдорова в Геологическом комитете с предложением осуществить постройку универсального столика для оптического исследования минералов и горных пород тогда было отклонено.

В 1893 году увидела свет его классическая монография «Теодолитный метод в минералогии и петрографии», описывающая приёмы работы с теодолитным гониометром и универсальным столиком. Имя Е. С. Фёдорова всё чаще и чаще обращает на себя внимание как русских, так и заграничных минералогов. По просьбе иностранных учёных, в «Международном кристаллографическом журнале» появляется обзор работ Е. С. Фёдорова, составленный им самим. Крупнейший кристаллограф того времени Павел Грот даёт вос-

торженный отзыв о трудах Е. С. Фёдорова по теории кристаллической структуры и теодолитному методу. В своём отзыве он упоминает о преклонении кристаллографов всего мира перед достижениями русского учёного. У Е. С. Фёдорова появляются ученики и последователи. В 1893 году его имя оказывается в списке кандидатов в члены Академии наук. Два виднейших иностранных кристаллографа того времени, Г. Чермак и П. Грот, прислали специальное обращение президенту Академии наук, которое заканчивалось следующими словами: «Нижеподписавшиеся не сомневаются в том, что Россия имеет в лице Фёдорова авторитет на поприще кристаллографии, которому мы завидуем. Мы признаём Фёдорова за самого подходящего кандидата на кафедру кристаллографии и минералогии в Государственной Академии наук и считали бы его выбор за большое поощрение этим наукам в России». Несмотря на это обращение, кандидатура Е. С. Фёдорова была забаллотирована.

В 1894 году Е. С. Фёдоров принимает предложение заняться детальным геологическим исследованием Богословского горного округа на Урале и руководить там разведочными работами. В мае того же года вместе с семьёй он переезжает на Урал. До приезда Е. С. Фёдорова дела Богословского округа были в весьма плачевном состоянии. Часть медных рудников работала впустую, заводы давали одни лишь убытки. По словам жены Евграфа Степановича, «он ехал спасать всё это, как знаменитый доктор к опасному больному». Необходимость поднять приходившее в упадок производство, живое, интересное дело, столь резко отличавшееся от сухой чиновничьей службы, увлекли учёного. Он горячо полюбил Урал; его не пугали ни жестокие морозы, ни суровая природа. Не останавливаясь перед длительными переездами, Евграф Степанович лично присутствовал на съёмках, спускался в шахты, внимательно просматривал отходы руды.

Е. С. Фёдоров применил изобретённый им метод микроскопического изучения минералов для нужд горной промышленности, положив его в основу детальной геологической съёмки Богословского округа. По полученным данным была составлена подробнейшая геологическая карта и дано углублённое систематическое описание района. Одним из крупнейших практических достижений Е. С. Фёдорова является основанный им при Туринском руднике Геологический музей, в котором была собрана богатая библиотека, имелось два петрографических микроскопа с фёдоровскими универсальными столиками, несколько горных компасов и пр. Одна лишь коллекция образцов горных пород состояла из 80 000 экспонатов, не считая множества рудных штуфов. Главное сокровище музея представляла колоссальная карта района в масштабе 1: 1000, сложенная из 197 отдельных листов, из которых каждый занимал площадь в 0, 5 квадратных метра. Фёдоровский музей сыграл большую роль в развитии горной промышленности Богословского округа.

Во время пребывания в Богословском округе Е. С. Фёдоров заканчивает ряд трудов по теории кристаллической структуры и совершенствует свой универсальный метод в применении к оптическим исследованиям.

В 1895 году Е. С. Фёдоров получает приглашение на должность профес-

сора геологии в Московский сельскохозяйственный институт (ныне Академия им. Тимирязева) и переезжает в Москву. В Москве осуществляются желания Е. С. Фёдорова организовать свою лабораторию и минералогический кабинет. Не могло не привлекать бывшего революционера-подпольщика и славное прошлое Сельскохозяйственного института. Среди слушателей Академии были широко распространены революционные настроения. Незадолго до приезда Е. С. Фёдорова с кафедры ботаники раздавалась смелая и вдохновенная речь великого учёного и борца за демократию «неистового Климента» — К. А. Тимирязева.

Десять лет, проведённых в Петровско-Разумовском под Москвой, Е. С. Фёдоров считал счастливейшим временем своей жизни. Сравнительно небольшая педагогическая нагрузка, состоявшая из чтения кратких курсов по геологии, минералогии и петрографии, давала ему полную возможность всецело посвятить себя научной работе. К этому времени относится серия больших работ Е. С. Фёдорова по теоретической кристаллографии и универсальному методу. В частности, последнему посвящена обширная монография, излагающая основные кристаллографические приёмы универсального метода с приложением особой диаграммы, позволяющей на основе оптических данных определять химический состав сложных полевых шпатов.

В летнее каникулярное время Е. С. Фёдоров обычно уезжал на Урал, где продолжал руководить геологическими исследованиями Богословского округа вплоть до 1899 года. Вслед за уральскими рудниками он исследует рудные месторождения Кедабека и некоторых других районов Закавказья.

В 1896 году Е. С. Фёдоров был избран в Баварскую академию. В 1898 году, во время зимних каникул, состоялась поездка Е. С. Фёдорова за границу. Иностранные коллеги встречали его с исключительным вниманием и уважением.

Кафедра геологии и минералогии Московского сельскохозяйственного института, имевшая до сих пор лишь подсобное значение, стала местом паломничества для молодых минералогов и кристаллографов Москвы и Петербурга. Петербургский Горный институт, не пожелавший ранее оставить в своих стенах своего выдающегося питомца, теперь обращается к нему с предложением читать курс. Не оставляя занятия в Сельскохозяйственном институте, Е. С. Фёдоров в течение четырёх лет, с 1896 по 1900 год, читает лекции в Горном институте, приезжая для этого из Москвы в Петербург два раза в неделю.

В 1901 году Академия наук сочла своим долгом вновь выставить кандидатом в свои члены Е. С. Фёдорова. Пятого мая этого года он был избран адъюнктом Академии по кафедре минералогии. Адъюнктами выбирались обычно начинающие, подающие надежды учёные, и по отношению к 48-летнему профессору, пользующемуся мировой известностью, это звание звучало насмешкой. Нет сомнения в том, что при избрании были приняты в соображение и свободный образ мыслей, и независимое поведение, и прошлая революционная деятельность учёного. Е. С. Фёдоров хорошо сознавал это, но

его привлекала возможность оборудовать в Академии минералогический институт с хорошо обставленной лабораторией, возможность получить достаточное количество средств для проведения широко задуманных экспериментальных планов. Однако Академия поставила перед ним ряд препятствий. Он должен был немедленно переехать в Петербург, несмотря на то, что скудное жалование адъюнкта ни в коей мере не обеспечивало его семью. Заявление Фёдорова о необходимости создания при Академии минералогического института было положено под сукно. После длительных переговоров адъюнкту Е. С. Фёдорову по его ходатайству было разрешено временно продолжать свою профессорскую деятельность в Московском сельскохозяйственном институте без сохранения академического содержания. Повторное заявление об организации минералогического института осталось без последствий. Поданная им смета на оборудование лаборатории была признана превышающей академические средства. Возмущённый Е. С. Фёдоров подал прошение об увольнении его из числа адъюнктов Российской императорской академии наук. Прошение было подано на имя ближайшего родственника царя — великого князя Константина Константиновича, занимавшего пост президента Академии наук. В нём Фёдоров писал:

«Ваше императорское высочество. Когда, накануне моего выбора в члены королевской Баварской Академии наук, поставленный в своём непреодолимом влечении к науке в безвыходное положение, но полный сил, имея весьма неправильное представление об Императорской Санкт-Петербургской академии, я обратился к ней за помощью, она меня грубо оттолкнула. Она пожелала меня привлечь в качестве «адъюнкта», т. е. начинающего учёного, когда я стал инвалидом. Было так устроено, что, приняв выбор, я остался бы без средств к жизни. Конечно, зная теперь, что такое Академия, я должен был отказаться от этого выбора. Но, пока ещё были остатки сил, мой отказ мог со стороны потомков вызвать справедливый упрёк, что я не сделал попытки вынудить Академию оказать помощь делу русского просвещения устройством Минералогического института. Ваше императорское высочество изволили видеть, что моя попытка вызвала со стороны Академии обратную попытку запачкать моё имя, побудив меня принять участие в противозаконном дележе казённого пирога. Такова пропасть в воззрениях, целях, задачах скромных людей науки, подобно мне, и господ академиков, важных представителей нашей бюрократии, которая, как своих выдающихся представителей, — выдвигала Биронов, Аракчеевых, Дмитрия Толстого, Плева. Не могу допустить для себя чести принадлежать к этому сословию, почему и решаюсь всепокорнейше просить Ваше императорское высочество дать моему прошению об увольнении из Академии законный ход и считать меня окончательно выбывшим из числа академиков не только без оставления в какой-либо должности, но даже без всякого звания, которое могло бы напомнить мне об Академии и тем отравлять духовный покой, столь необходимый в последние годы научной деятельности. Если бы Академия действительно была рассадником просвещения, теперь с моей стороны было бы безнравственно занимать в ней

место, так как при ослаблении сил я уже не мог бы быть на этом месте полезным деятелем и только заграждал бы дорогу более тому пригодным.

Вашего императорского высочества всепокорнейший слуга Е. Фёдоров. 7 января 1905 г., Петровско-Разумовское».

Комментировать этот документ нет надобности. Во весь рост встаёт перед нами мужественный облик великого учёного, всей душой болеющего о судьбах и достоинстве русской науки. Е. С. Фёдоров был исключён из списка академиков.

Наступил 1905 год. Волна народного движения захватила и семью Фёдоровых. Сын Е. С. Фёдорова, молодой студент, активно выступавший на революционных собраниях, подвергся аресту и ссылке. Сам Е. С. Фёдоров неоднократно заступался за студентов Сельскохозяйственного института, защищая их от правительственных репрессий. Не раз укрывал он на своей квартире студентов-революционеров, разыскиваемых полицией.

В результате революции 1905 года ряд высших учебных заведений добился права самостоятельно выбирать себе директора. Учёный совет Петербургского Горного института обратился к Е. С. Фёдорову с просьбой занять директорскую должность. После длительных колебаний он решается вступить на этот пост. С осени 1905 года семья Е. С. Фёдорова поселяется в Петербурге. С первых же дней Е. С. Фёдоров горячо отдаётся реформированию преподавания и общего строя учебной жизни. Главные свои усилия направляет он на повышение научного уровня в постановке преподаваемых предметов. Время директорства Е. С. Фёдорова характеризуется сильным оживлением в научной работе не только среди преподавательского персонала, но и среди студентов.

По инициативе Е. С. Фёдорова был основан журнал «Записки Горного института». Е. С. Фёдоров приводит в порядок расстроенное хозяйство института.

Подавление революции привело к многочисленным арестам и ссылкам среди студентов. С горячностью и упорством хлопотал Е. С. Фёдоров за своих питомцев. В результате в реакционной газете «Новое время» начинают появляться статьи, расценивающие директорство Е. С. Фёдорова как опасное явление, способствующее процветанию революционных студенческих настроений. Известный лидер черносотенцев Пуришкевич громит его с трибуны Государственной думы.

Однако по истечении трёх лет пребывания Е. С. Фёдорова в должности первого выборного директора Горного института совет института почти единогласно переизбирает его и на следующее трёхлетие. Но министр Тимашев отказывается утвердить вторичное избрание Евграфа Степановича. За Е. С. Фёдоровым сохраняется в институте лишь кафедра, во главе которой он остаётся до самой своей смерти.

К этому времени относятся труды Е. С. Фёдорова, посвящённые кристаллохимическому анализу. Кристаллохимический анализ является венцом всего его предшествующего творчества в области кристаллографии.

Сущность этого анализа состоит в практическом использовании полученных ранее теоретических выводов для определения по внешним граням кристалла типа его внутреннего строения и химического состава.

Известный русский учёный химик Чугаев считал Кристаллохимический анализ Фёдорова «гордостью русской науки».

Между тем получает всеобщее признание и его универсальный кристаллооптический метод, нашедший широкое применение при исследовании горных пород.

Ряды учеников Е. С. Фёдорова пополняются видными иностранными учёными, а его самого избирают почётным членом многие научные общества.

Последние годы своей жизни Е. С. Фёдоров, помимо обработки материалов для таблиц по кристаллохимическому анализу, всё более и более углубляется в область новой (проективной) геометрии. Впоследствии он издал прочитанный им курс под названием «Новая геометрия как основа черчения».

Великая Октябрьская социалистическая революция произвела глубокое впечатление на Е. С. Фёдорова. Рушился ненавистный строй, претворялись в жизнь его юношеские чаяния. С восторгом приветствует Евграф Степанович известие о поражении Германии и последовавшем там перевороте: «... я переживаю восторженное состояние, которое, по-видимому, разделяется всей нашей интеллигенцией. Явно на глазах у всех гибнет злейший враг человечества — немецкий милитаризм, о чём мы мечтали все эти годы».

В 1919 году Е. С. Фёдоров изъявил согласие стать членом обновлённой советской Академии наук. Он стремится все свои силы и знания принести на пользу освобождённой родины. Несмотря на преклонный возраст и слабое здоровье, Е. С. Фёдоров ведёт интенсивную педагогическую и научную работу в ряде учебных заведений и учреждений помимо Горного института; становится старшим петрографом Геологического комитета; ведёт курс кристаллографии и минералогии в Географическом институте и Институте Лесгафта. Однако тяжёлые условия петроградской зимы 1919 года дали себя знать. В конце зимы Е. С. Фёдоров заболел воспалением лёгких, и 21 мая 1919 года Евграф Степанович Фёдорова не стало.

Список научных трудов Е. С. Фёдорова содержит свыше 480 названий. Из них по кристаллографии более 180 работ, по геометрии около 130 работ, по минералогии свыше 50 работ, по геологии около 40 работ и по петрографии более 30 работ; кроме того, около 50 статей написано им на темы общего характера, по философским и общественным вопросам.

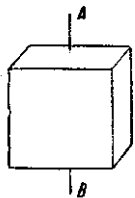
Исключительны богатство и разнообразие идей Е. С. Фёдорова. Но на общем фоне этих идей резко выделяются три вершины его творческих достижений: вывод 230 пространственных групп симметрии кристаллов, создание кристаллохимического анализа и разработка теодолитного метода в кристаллографии на основе специального столика и гониометра, сконструированных Фёдоровым. Всё это обессмертило имя Е. С. Фёдорова и завоевало

ему почётное место среди корифеев науки.

На первый взгляд кристаллы кажутся нам чем-то весьма редким, с чем мы в своей жизни и практической деятельности почти никогда не встречаемся и изучение чего кажется имеющим лишь абстрактно-теоретический интерес. Однако это не так. Сами того не замечая, мы ступаем по ним, едим их, ежеминутно пользуемся ими в нашей работе. Кристаллы распространены повсеместно. Снег, поваренная соль, сахарный песок, многие лекарства состоят из маленьких кристалликов. Кусок любого металла представляет собой скопление огромного числа мелких кристаллических зёрен. То же можно сказать и о подавляющем большинстве горных пород, слагающих земную кору. Неправильность внешней формы этих кристаллических зёрен, видимых в лупу или микроскоп, объясняется условиями их одновременного образования, при которых они теснили друг друга и вследствие этого не могли образовать правильных многогранников. Установлено, что песок и глина состоят, главным образом, из мельчайших кристаллических обломков; доказана принадлежность воска и даже роговицы глаза к скоплениям чрезвычайно мелких кристалликов. Такая распространённость кристаллов объясняется очень просто: кристаллы это — единственная устойчивая форма существования твёрдых тел. Важнейшим свойством кристаллов является, как мы теперь знаем, правильность внутреннего строения, упорядоченное расположение атомов. Проявлением этой правильной внутренней структуры и является правильная внешняя форма кристаллов, образующаяся в подходящих условиях, и их симметрия.

«Кристаллы блещут симметрией», — писал Е. С. Фёдоров. Что это так — достаточно приглядеться хотя бы к строению снежинок. Согласно геометрическим представлениям, симметричные фигуры должны состоять из равных или зеркально-равных частей, относящихся друг к другу так же, как, например, правая и левая руки. Равные и зеркально-равные части симметричных фигур располагаются относительно друг друга строго закономерно. Чтобы выявить эту закономерность, пользуются воображаемыми вспомогательными геометрическими понятиями — точками, прямыми, плоскостями, которые называются элементами симметрии,

Так, например, прямая, проведённая через центр снежинки, перпендикулярно её плоскости, является особой прямой — осью симметрии шестого порядка, вокруг которой шесть раз повторяются одинаковые части снежинки. Прямая, соединяющая середины двух противоположных граней куба, является осью симметрии четвёртого порядка: вокруг неё четыре раза повторяются одинаковые грани, ребра, вершины и плоские углы куба. Куб имеет шесть одинаковых квадратных граней. Перпендикуляр к каждой паре таких граней, проходящий через их середины, является осью четвёртого порядка. Следовательно, в кубе имеется три оси симметрии четвёртого порядка. Так как в вершине куба пересекаются три одинаковых ребра и три одинаковые грани, то здесь имеется ось третьего порядка; она проходит вдоль телесной диагонали куба. Так как в кубе таких диагоналей четыре, то значит, он обладает



Снежинка и кубик поваренной соли.

четырьмя осями симметрии третьего порядка; через средние точки двух противоположных рёбер куба проходят двойные оси симметрии — их шесть. Помимо осей, имеются и другие элементы симметрии. Такова, например, воображаемая плоскость, делящая симметричную фигуру на две зеркально-равные части — правую и левую. Одной плоскостью симметрии обладает тело человека, млекопитающих, рыб, птиц; в кубе можно про-

вести не одну, а девять плоскостей симметрии. Существует ещё один элемент симметрии, так называемый центр инверсии — особая точка, при наличии которой каждой грани многогранника соответствует равная и параллельная грань.

Симметрия каждого тела определяется совокупностью элементов симметрии, присущих этому телу. Так, полная совокупность элементов симметрии куба состоит из трёх четверных, четырёх тройных и шести двойных осей, девяти плоскостей симметрии и центра инверсии. Не всякая совокупность элементов симметрии возможна. Существуют строгие ограничения, в силу которых те или иные совокупности элементов симметрии не могут быть реализованы в природе. Впервые эти ограничения для конечных фигур были установлены в 1829 г. марбургским профессором Гесселем. Но его работы оказались незамеченными при его жизни и были надолго позабыты. 38 лет спустя профессор Артиллерийского училища А. В. Гадолин совершенно самостоятельно дал свой вывод 32-совокупностей элементов симметрии для кристаллических многогранников. Это был значительный шаг вперёд в истории кристаллографии, однако он не поколебал традиций господствовавшей тогда немецкой кристаллографической школы, сущностью которой была голая регистрация фактов, изучение деталей без всякой обобщающей идеи.

С самого начала своей деятельности Е. С. Фёдоров подвергает резкой критике работы формальной школы немецких кристаллографов. Взамен ничем не связанных деталей и находимых наощупь закономерностей он кладёт в основу науки о кристаллах широкие обобщающие идеи и единый строгий геометрический базис.

Уже в первой своей крупной работе «Начала учения о фигурах» Е. С. Фёдоров даёт новый оригинальный вывод совокупностей элементов симметрии для конечных фигур. Не ограничиваясь выводом 32 совокупностей элементов симметрии, возможных для кристаллических многогранников, он выводит совокупности элементов симметрии для всех без исключения конечных фигур. После этого он приступает к разрешению новой задачи — выводу совокупностей элементов симметрии для теоретически возможных кристаллических структур. Этот вывод и был им опубликован в 1891 году в работе «Симметрия правильных систем фигур». Вывод возможных совокупностей элементов симметрии для кристаллических структур значительно усложняется тем, что кристаллические структуры рассматриваются как бесконечные

геометрические системы — бесконечные правильные системы точек. В связи с этим в них встречаются особые элементы симметрии, невозможные для конечных фигур. Существенным отличием совокупностей элементов симметрии для бесконечных правильных систем точек является также то, что здесь встречаются оси и плоскости симметрии, параллельные друг другу, тогда как в конечных фигурах все элементы симметрии пересекаются в одной точке или в одной прямой. Приняв во внимание все эти обстоятельства, Е. С. Фёдоров и вывел 230 совокупностей элементов симметрии для правильных систем точек. Эти 230 совокупностей соответствуют 230 законам, по которым могут располагаться в пространстве элементарные частицы, образующие кристаллические структуры.

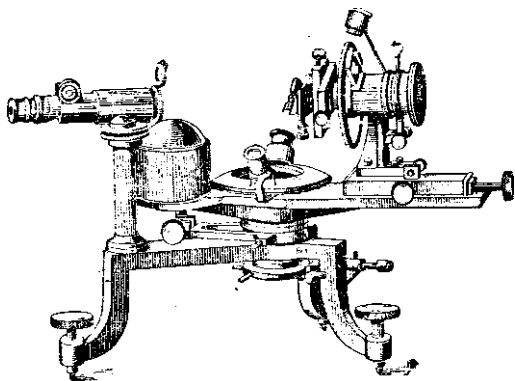
В каждом из 230 законов симметрии, выведенных Е. С. Фёдоровым, могут кристаллизоваться лишь определённые химические соединения, так как относительные количества атомов, входящих в состав кристаллического вещества, должны быть связаны с кристаллографической симметрией. Годом позже Е. С. Фёдорова немецкий математик А. Шенфлисс дал свой вывод совокупностей элементов симметрии для кристаллических структур. Он отметил приоритет в данной области Е. С. Фёдорова и указал, что часть допущенных им ранее ошибок была своевременно исправлена благодаря трудам русского кристаллографа.

Триумф идей Е. С. Фёдорова наступил через 20 с лишним лет после их опубликования. В 1912 году мюнхенский физик Лауе открыл возможность изучения кристаллических структур с помощью рентгеновских лучей. Рентгеновские лучи позволили заглянуть внутрь кристаллических структур, раскрывая картину пространственного расположения атомов в кристаллах. Рентгенолог, расшифровывающий по полученным опытным данным строение кристаллов, прежде всего определяет совокупность имеющихся в них элементов симметрии, т. е. определяет тот геометрический закон Е. С. Фёдорова, которому подчинено исследуемое вещество. Найдя полную совокупность плоскостей и осей симметрии, он как бы получает геометрический скелет кристаллической структуры. Совокупность элементов симметрии даёт тот схематический узор, на основании которого можно восстановить всю сложную постройку из атомов или ионов, слагающих кристалл. Расшифровка английскими физиками Бреггами в 1913 году первых кристаллических структур принесла величайшее торжество русской научной мысли, подтвердив на основе опытных данных теоретические построения Е. С. Фёдорова, опубликованные ещё в 1891 году.

Так, теоретические исследования Е. С. Фёдорова легли в фундамент современного учения о строении вещества.

В свою очередь созданные Е. С. Фёдоровым теодолитные методы в кристаллографии открыли новую эпоху в экспериментальном изучении кристаллов.

До Е. С. Фёдорова для измерения углов между гранями кристаллических многогранников употреблялся прикладной гониометр Каранжо и одно-

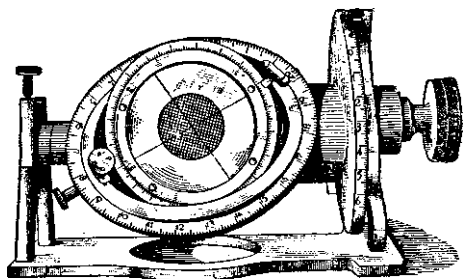


Двукружный гониометр Фёдорова.

кругные отражательные гониометры Волластона и Митчерлиха. Но они были не точны и чрезвычайно сложны в обращении. В старинных руководствах работа на гониометре в смысле точности и ловкости сравнивается с искусством фехтовальщика. Знаменитый минералог прошлого столетия Бретгаупт отмечал, что «кристаллоизмерению научаются лишь с большим трудом, а чаще всего и вовсе не научаются».

Е. С. Фёдоров, создав двукружный теодолитный гониометр, произвёл полный переворот в этой области. Его прибор, названный универсальным гониометром, состоит из двух градуированных лимбов: вертикального и горизонтального. Поэтому он носит название двукружного гониометра. Вертикальный лимб вращается вокруг горизонтальной оси; соответственно горизонтальный лимб вращается вместе с вертикальным лимбом вокруг вертикальной оси. Кристалл помещается в точке пересечения этих двух осей на особой подставке, находящейся в середине вертикального лимба. Сбоку его освещает специальный источник света. Установленный таким образом кристалл вращается вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Любую его грань можно как угодно ориентировать относительно источника света и необходимые отсчёты легко получаются на лимбах в момент отражения света от той или иной грани. Работать на двукружном гониометре несравненно проще, чем на однокружном. Вот что пишет по этому поводу сам творец теодолитного гониометра в своём «Курсе кристаллографии» (1901 г.): «Научиться производить точные измерения с помощью универсального гониометра так же легко, как научиться обращению с мензулой, нивелиром или теодолитом, а этому научаются, как известно, лица, не получившие не только высшего, но даже и среднего образования, например, ученики низших горных училищ». В настоящее время исследователи кристаллов работают исключительно на двукружных фёдоровских гониометрах. В кристаллографических лабораториях всего мира пользуются этими приборами, позволяющими в кратчайший срок получать точные угловые величины для кристаллов.

Ещё более радикальный переворот был произведён Е. С. Фёдоровым в области кристаллооптической методики, имеющей огромное значение в минералогии, петрографии, физике и химии. Обычно кристаллооптические исследования производятся с помощью специального (поляризационного) микроскопа. В качестве объектов изучения употребляются тончайшие срезы из кристаллов, так называемые шлифы. Для того чтобы получить понятие о



Фёдоровский столик для микроскопа.

сложных оптических свойствах кристалла, предшественники Е. С. Фёдорова вынуждены были изготовлять множество различно ориентированных шлифов из одного и того же кристалла. Работа прежних кристаллооптиков по кропотливости и трудоёмкости напоминала труд старинных гониометристов. И те и другие с

целью всестороннего изучения объекта должны были тратить много усилий и времени.

Е. С. Фёдоров применил и здесь идею, использованную им при конструировании двукружного гониометра. Суть этой идеи заключается в том, что исследуемый объект подвергается вращению вокруг нескольких осей. В области кристаллооптики это осуществляется с помощью универсального теодолитного столика, изобретённого Е. С. Фёдоровым. Универсальный теодолитный столик привинчивается к обычному столику микроскопа. Исследуемый препарат помещается по середине столика Е. С. Фёдорова и может наклоняться вокруг нескольких осей последнего. Наклоняя столик в разные стороны, мы можем исследовать один и тот же кристалл в различных ориентировках относительно оси микроскопа, независимо от того, как был проведён разрез шлифа в кристалле. Таким образом, изучение лишь одного шлифа на фёдоровском столике даёт нам всестороннюю характеристику оптических свойств кристалла. Нет надобности говорить о том, во сколько раз это упростило и ускорило труд исследователей.

Применение фёдоровского столика оказалось особенно плодотворным в науке о горных породах — петрографии. Горные породы в большинстве случаев представляют собой скопление зёрен отдельных минералов. Фёдоровский столик даёт возможность произвести исчерпывающие кристаллооптические исследования для любого такого зерна. Тем самым он позволяет определить на основе оптических данных различные минералы, слагающие ту или иную породу, а следовательно, решить вопрос и об её составе. Для точного определения горных пород, для вывода важнейших закономерностей в области генезиса тех или иных участков земной коры метод Е. С. Фёдорова незаменим. Приёмы исследования горных пород, впервые разработанные Е. С. Фёдоровым, а также фёдоровский столик получили самое широкое распространение. В любой петрографической лаборатории микроскопы обязательно сопровождаются прибором, носящим имя нашего учёного.

Уже полвека прошло со времени выхода в свет основного труда Е. С. Фёдорова, посвящённого теодолитному методу, однако значение этого метода и двух его приборов непрерывно возрастает. Новейшие течения в петрографии, связывающие динамику земной коры с закономерным распределени-

ем кристаллов в горных породах, получили своё развитие благодаря применению фёдоровского столика. Высокое развитие гониометрии кристаллов было бы немислимо без фёдоровского гониометра. Теодолитный метод, гениальный по своей простоте и изяществу, сделал имя Е. С. Фёдорова популярным среди кристаллографов, петрографов, минералогов, химиков и физиков всего мира.

Венцом научного творчества Е. С. Фёдорова является созданный им кристаллохимический анализ, изложенный в его большом труде «Царство кристаллов», являющийся плодом гигантского труда Е. С. Фёдорова и его сотрудников, длившегося свыше десяти лет. Книга эта, увидевшая свет уже после смерти Е. С. Фёдорова, подводит итоги его напряжённой сорокалетней научной работе.

Кристаллохимический анализ Е. С. Фёдорова даёт возможность, исходя из гониометрического изучения кристалла, с одной стороны, определить его химический состав, а с другой, — получить наиболее вероятные представления о внутреннем строении кристалла. Достоинства этого анализа сами собой очевидны. В самом деле, при обычном химическом анализе вещество переводится в раствор, т. е. не сохраняется в прежнем виде, тогда как после гониометрического измерения кристалл остаётся в том же виде, как и до анализа, и может служить, таким образом, вещественным документом и послужить вновь для контрольного измерения. Для исследования методом Е. С. Фёдорова требуется весьма малое количество вещества, — достаточно лишь одного кристаллика величиной хотя бы в булавочную головку. Необходимо отметить также скорость определения независимо от сложности состава. В особо благоприятных случаях исследование длится всего лишь 15—30 минут, при более сложных обстоятельствах оно занимает около 3—4 часов. В смысле затраты времени и энергии метод Е. С. Фёдорова несравним с обычным химическим анализом вещества. Как и всякий метод, кристаллохимический анализ имеет, однако, и некоторые ограничения. Определение возможно только при наличии хорошо образованных кристаллов; вещества с равными углами между гранями одинаковых форм гониометрически неотличимы; анализ может быть произведён лишь для веществ, находящихся в таблицах Фёдорова. Перечисленные ограничения ни в коей мере не умаляют значения метода Е. С. Фёдорова. Хорошо известно, что вполне надёжные результаты обычно получают лишь при одновременном использовании нескольких методов, взаимно дополняющих и корректирующих друг друга. В этом отношении кристаллохимический анализ можно смело поставить в один ряд с химическим, оптическим и прочими методами исследования.

Предложенный Е. С. Фёдоровым метод определения внутреннего строения кристалла по его внешним формам является исторически первой попыткой косвенного определения расположения элементарных частиц в кристаллах. Изучение кристаллических образований при помощи рентгеновских лучей впоследствии дало возможность опытным путём нащупать атомы или ионы, входящие в кристаллические структуры. До этого гениальная попытка

Фёдорова была единственным возможным путём, позволяющим судить о характере структуры. Изучение кристаллических структур при помощи рентгеновских лучей подтвердило правильность теории, созданной Е. С. Фёдоровым. Четыре типа кристаллических решёток, выведенных им теоретически, лежат в основе всех реальных кристаллических структур. Однако реальные структуры состоят не из отвлечённых «элементарных частиц», а из вполне определённых атомов или ионов химических элементов. Каждый отдельный вид таких атомов или ионов слагает в кристаллической структуре свою отдельную фёдоровскую решётку. Таким образом, реальные кристаллические структуры состоят из нескольких фёдоровских решёток, вдвинутых друг в друга. Все эти решётки, входящие в одну и ту же структуру, геометрически подобны друг другу, но химически могут быть различными. Метод Фёдорова даёт возможность определить лишь тип решёток, входящих в реальную структуру; с его помощью мы получаем общую схему структуры, её геометрический скелет.

Нахождение типа структуры при помощи кристаллохимического анализа представляет настолько большой теоретический интерес, что даже несколько отодвигает на второй план основную задачу анализа — определение химического состава.

Более четверти века прошло со дня смерти Е. С. Фёдорова. Более 50 лет назад увидели свет его классические работы по выводу пространственных групп и по теодолитному методу. Наука о кристаллах за это время шагнула далеко вперёд. Но с каждым шагом вперёд науки о веществе всё ярче и значимей становятся гениальные идеи Е. С. Фёдорова. Его 230 пространственных групп дают нам единственно возможные законы расположения атомов, ионов и молекул в кристаллических структурах. Решётки Фёдорова лежат в основе внутреннего строения кристаллов. Фёдоровский столик в руках петрологов приводит к открытию всё новых и новых явлений первостепенной важности. Без геометрических выводов Е. С. Фёдорова было бы немислимо бурное развитие кристаллохимии, связывающей кристаллическую структуру с химическим составом, и новой науки — геохимии, развитой в основном трудами В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана. Научное наследие Е. С. Фёдорова — классическое завоевание науки, создающее основу не только её современных, но и будущих успехов.



Главнейшие труды Е. С. Фёдорова: *Начала учения о фигурах, «Записки Минералогического общества», 2 сер., т. XXI, 1885; Этюды по аналитической кристаллографии, этюд первый, «Горный журнал», 1885, II; этюд второй, там же, 1886, I; этюд третий, там же, 1886, V; этюд четвёртый, там же, 1887, II; Основные формулы аналитической геометрии в улучшенном виде, Спб., 1888; Симметрия конечных фигур, «Записки Минералогического общества», 2 сер., т. XXV, 1889, Геологические исследования на Северном Урале в 1884—1886 гг., «Горный журнал», 1889, II; 1890, I; Симметрия правильных систем фигур, «Записки Минералогического общества», 2 сер., т. XXVIII, 1891; Симметрия на плоскости, «Записки Минералогического общества», 2 сер., т. XXVIII, 1891; Краткое руководство по кристаллографии, Спб., 1891; Теодолитный метод в минералогии и петрографии, «Труды Геологического комитета», т. X, 1893, № 2; Основания морфологии и систематики многогранников, «Записки Минералогического общества», 2 сер., т. XXX, 1893; Основной закон кристаллографии, «Записки Минералогического общества», 2 сер., XXXI, 1894; Теория кристаллической структуры (на немецком языке). Введение. Правильные системы точек, часть I — Возможные виды структур, там же, 1895, XXV; часть II—Ретикулярная плотность и опытное определение кристаллической структуры, там же, 1902, XXXVI; часть III — О главных структурных разновидностях кристаллов кубического типа и о структуре циркона, там же, XL, 1905; Универсальный метод и изучение полевых шпатов, часть I — Методические приёмы, часть II—Определение полевых шпатов, там же, XXVII, 1896; часть III — Полевые шпаты Богословского горного округа, там же, XXIX, 1898; К учению о сингониях, 1896; Геологические исследования на Северном Урале в 1887—1889 гг., «Горный журнал», 1896, II, III; 1897, III; Основания петрографии, Спб., 1897; Курс кристаллографии, изд. 2, Спб., 1897; Самые общие законы кристаллографии и основанная на них однозначная установка кристаллов, 1903; Учение о сингониях, 1906; Кристаллохимический анализ на примерах, «Новые идеи в химии», Сборник № 5, Спб., 1914; Начала применения кристаллохимического анализа, там же, Царство кристаллов, таблицы по кристаллохимическому анализу, «Записки Академии наук», 1920.*

О Е. С. Фёдорова: *Алявдин В. Ф. и Шафрановский И. И., Евграф Степанович Фёдоров (к 20-летию со дня его смерти), «Природа», 1939, № 9; А н ш е-лес О. М. и Шафрановский И. И., Евграф Степанович Фёдоров, «Учёные записки ЛГУ», 1940, № 45; Б у х Н. К., Подпольный революционер — великий учёный, «Каторга и ссылка», 1930, X (71), 194—195; Фёдоров Е. С., Автобиографические заметки (рукопись). Архив Ленинградского Горного института; Фёдорова Л. В. Воспоминания. Наши будни, горести и радости (рукопись), 3 тома. Архив Ленинградского Горного института; Ферсман А. Е., Памяти Евграфа Степановича Фёдорова, «Природа», 1919, № 4—6; Никитин В. В., Евграф Степанович Фёдоров, «Известия Геологического комитета», XXXVIII, № 4—7, 1919; Шафрановский И. И., Евграф Степанович Фёдоров,*

«Вестник знания», 1939, № 12; Шилов А. А., Карнаухова М. Г., Деятели революционного движения в России, Библиографический словарь, Фёдоров Е. С., т. II, вып. IV, 1932; Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, Фёдоров Е. С., т. XXXV, 1902, стр. 413; Шафрановский И. И., Фёдоров Е. С. — великий русский кристаллограф, Москва, 1945.

Источник: Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И. Вавилова. — М., Л.: Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры. — 1948.