

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель),
М. Г. Ярошевский

А. С. Соин

**Франц
НЕЙМАН**

1798—1895

Ответственный редактор
академик
Б. К. ВАЙНШТЕЙН



МОСКВА

«НАУКА»

1986

ББК 22.37
С 62
УДК 92 Ф. Нейман

Рецензенты:

доктор физико-математических наук И. С. ЖЕЛУДЕВ,
доктор физико-математических наук И. А. ЯКОВЛЕВ,
кандидат технических наук В. А. ГУРИКОВ

Сонин А. С.
С 62 Франц Нейман: 1798—1895.— М.: Наука, 1986.— 224 с.,
ил. 25.— (Научно-биографическая литература).
85 к. 5150 экз.

Книга посвящена жизни и деятельности выдающегося немецкого ученого XIX в. Франца Неймана, основоположника кристаллофизики, родоначальника теоретической физики в Германии.

Издание рассчитано на широкий круг читателей, интересующихся историей мировой науки.

С $\frac{1704010000-009}{054(02)-86}$ 35-86 НП

ББК 22.37

Предисловие

Среди плеяды выдающихся физиков прошлого века Франц Нейман занимает свое особое место. Его научное творчество широко и разнообразно. Он был одним из основоположников нового точного естествознания, пришедшего на смену описательной науке XVIII в., одним из тех, кто положил начало профессиональному подходу в физике и кристаллографии.

Нейман начал свою научную деятельность как минералог и кристаллограф и внес большой вклад в эти науки. В частности, он ввел в кристаллографию проекционные методы изображения кристаллов и разработал на этой основе методы вычисления их параметров. Эти методы с успехом применяются и в настоящее время.

Нейман явился родоначальником кристаллофизики. Им введен в науку принцип, носящий его имя, устанавливающий соответствие между симметрией внешней формы кристаллов и их физическими свойствами. Очень много сделал он для изучения конкретных физических свойств кристаллов. Им обобщен для сложных химических соединений закон Дюлонга и Пти, определяющий теплоемкости простых тел, разработаны теория двойного лучепреломления кристаллов и теория отражения света от кристаллических поверхностей, а также создана теория упругооптического эффекта и заложены основы метода фотоупругости.

Огромный вклад Неймана в электродинамику. Он придал экспериментальным законам Фарадея и Ленца строгую количественную форму. Он первый широко использовал в электродинамике метод потенциала.

Нейман явился основоположником теоретической физики в Германии, первым начав читать соответствующие курсы в Кенигсбергском университете. Преподавая физику в течение пятидесяти лет, Нейман выработал систему обучения, которая легла в основу современной методики преподавания этой науки. Он впервые ввел наряду с лекциями практические занятия и семинары. Из его школы вышли пятьдесят четыре профессора ма-

тематики, физики, химии, астрономии. Четырнадцать его учеников стали членами академий наук. Среди них Г. Кирхгоф, Л. Мейер, Л. Зонке, К. Нейман, Л. Этвеш, В. Фойгт. Учениками Неймана были и первые русские профессора физики М. Ф. Спасский, И. Д. Соколов, А. Н. Тихомандрицкий, М. Ф. Окатов. Сам он был избран членом многих европейских академий, в том числе и Петербургской.

Имя Франца Неймана навсегда осталось в истории науки. Но широкому кругу специалистов оно сейчас мало известно. Причина этого не только в том, что прошлый век был богат выдающимися физиками. Нейман мало, а подчас и вовсе не заботился о своем приоритете, считая, что главное в науке — это результат. И хотя его ученики старались восстановить справедливость, опубликовав его лекции, содержавшие полученные им, но неопубликованные результаты, нужно признать, что во многих случаях им это не удалось. К тому же все, что написано о Неймане, вышло в начале нашего века. Стремительное развитие физики в эти годы сделало на какое-то время не очень актуальными области, в которых он работал, — кристаллографию, классическую оптику и электродинамику. Однако в последние десятилетия эти разделы физики вновь оказались на переднем крае науки в связи с развитием квантовой и нелинейной оптики и созданием совершенно новых кристаллических материалов. Это заставляет вновь обратиться к истокам этих областей и как бы по-новому взглянуть на деяния их основоположников. Эта книга — одна из первых попыток оценить роль Франца Неймана в развитии физики с современной точки зрения и вообще первая на русском языке.

Автор приносит глубокую благодарность за существенную помощь, оказанную при работе над этой книгой, Т. Г. Мельниковой, а также В. И. Александровой за некоторые архивные материалы и В. К. Новику за предоставленный портрет Фойгта, не публиковавшийся раньше.

Глава 1

Детство

1

Примерно в пятидесяти километрах северо-восточнее Берлина среди густых лесов лежат два больших красивых озера: Гримниц и Вербеллин. Благодатный этот край с XIII в. был ареной кровавых междоусобиц немецких князей. На берегах озер они строили неприступные замки и укрепления, развалины которых с большими подвалами и глубокими колодцами сохранились до наших дней. Камень для строительства добывали в каменоломнях здесь же на берегах озер. Его возили и дальше по каналам, а затем по Одере и Эльбе.

Для жителей окрестных поселений ломка камня и его перевозка всегда были одним из основных занятий. Процветало здесь и животноводство.

В конце XVI в. эта местность находилась во владении курфюрста Бранденбургского Иоахима Фридриха, который основал между озерами город, названный в его честь Иоахимсталем. Незавидная судьба ждала этот город. Во время междоусобных войн его несколько раз разрушали. Особенно большой ущерб нанесла Иоахимсталю тридцатилетняя война — город был сожжен дотла. В конце XVIII в. Иоахимсталь был маленьким провинциальным городком, насчитывавшим едва ли две тысячи жителей.

Примерно в часе пути от него на берегу озера Гримниц раскинулось большое поместье, принадлежавшее графине Вильгельмине фон ***¹. Мы мало знаем об этой женщине. Она принадлежала к старинному

¹ Во всех дошедших до нас документах, даже в воспоминаниях дочери Неймана, Луизы, тщательно избегается упоминание фамилии его матери. По-видимому, это сделано по настоянию ее родственников, чтобы не компрометировать старинный дворянский род.

бранденбургскому дворянскому роду. Ее отец в пятнадцать лет начал военную карьеру в войсках Фридриха Великого, участвовал в трех силезских войнах. В битве при Церндорфе он был ранен, но только после окончания сражения позволил осмотреть свою рану. Рана оказалась тяжелой, понадобилась операция, во время которой отец графини скончался. Графиня Вильгельмина получила отличное воспитание, свободно читала и говорила по-латыни, знала математику. Ее брак был несчастливым и спустя несколько лет был расторгнут, как тогда писали, «при полном согласии обеих сторон». После этого она уединилась в своем поместье, чтобы не покидать его до конца своей жизни.

Управлял поместьем молодой человек — Эрнст Нейман, сын лесничего Христиана Неймана. Он был отличным управляющим, хозяйственным и бережливым, как и его три брата, также управлявшие большими поместьями в этой провинции.

Молодые люди — госпожа и ее управляющий — полюбили друг друга. Однако их браку препятствовали серьезные обстоятельства: неравенство социального положения и несогласие семьи графини. В результате брак не был оформлен, хотя графиня и порвала все отношения с семьей. Но несмотря ни на что они продолжали любить друг друга. Эрнст Нейман по-прежнему оставался только управляющим и всю жизнь преданно и бескорыстно служил ей за небольшое жалованье.

11 сентября 1798 г. в домике лесничего — отца Эрнста Неймана — в местечке Шмельце у графини Вильгельмины родился сын, которого назвали Францем. Никто, кроме родителей Эрнста, не знал, кто мать ребенка. Не знал об этом и маленький Франц, который остался жить у дедушки и бабушки в маленьком домишке лесничего, стоявшем среди прекрасного леса недалеко от озера Вербеллин.

Конечно, графиня наблюдала за тем, как растет ее сын. Однажды, когда Францу было около десяти лет, произошла их встреча. Позже он вспоминал об этом:

...Отец взял меня в поместье, там была женщина, молодая и прекрасная. Она много занималась со мной, ласкала и целовала меня, называя меня Франценом. Я должен был всегда находиться подле нее, и мне это было приятно. Я тогда думал, что если это жена моего отца, то, значит, она моя мать! Значит, я мог повиснуть на ее шее, сидеть у нее на коленях, целовать ее, она должна всем сердцем любить меня.. И я все это делал!

Полгода я жил с мыслью, что она моя мать. Эта мысль согревала все мое существо [47, с. 145].

Нейман узнал, кто его мать, только спустя тринадцать лет.

2

Формирование личности, ее фундамент, закладывается в самые ранние годы. И в этом отношении Францу Нейману повезло. С детства его окружали люди с твердыми жизненными принципами. Его дед, Христиан Нейман, пользовался уважением во всей округе.

Франц Нейман впоследствии вспоминал, что на него большое впечатление произвел один случай. В Шмельце вспыхнул пожар, люди растерялись, еще немного — и огонь уничтожил бы весь поселок. Но тут появился дедушка Христиан и организовал тушение огня. Франца поразило, что люди беспрекословно слушались деда и быстро исполняли его распоряжения.

Всякий лесничий — мастер на все руки. Жизнь в лесу, часто вдали от людей, заставляет уметь делать все. И Христиан Нейман не был здесь исключением. Он часто мастерил что-нибудь на крыльце своего домика, и маленький Франц с интересом наблюдал за ним. Иногда дед давал ему что-нибудь из инструментов, но строго следил, чтобы после работы все в обычном порядке было разложено на своих местах.

Когда родился маленький Франц, его бабушке Жюстине Бригитте Нейман, урожденной Хайнрихс, было шестьдесят четыре года. Эта еще бодрая, энергичная женщина заменила внуку мать. Воспитывала она его, как и своих сыновей, с нежной любовью, но строго, стремясь с детских лет привить внуку твердые понятия о добре, справедливости и честности, хотя порой ее методы воспитания были чересчур суровы. Нейман вспоминал, как однажды он принес домой крест, который вытащил из могилы, и бабушка потребовала, чтобы он отнес его обратно: «Было уже темно. Но я должен был отнести крест обратно к могиле. Я боялся, что вдруг увижу руку покойника, и думал, что заболею от страха. Но это теперь стало делом моей чести...» [47, с. 3—4].

Христиан Нейман давно мечтал о собственном маленьком хуторе, где он был бы сам себе господин. Такой случай представился. Он приобрел хутор вблизи

Гребендорфа, к югу от Берлина. Там Франц до самой осени вел вольную, беспечную жизнь: с ватагой мальчишек он носился по полям, совершал набеги на огороды, где они выкапывали картошку и потом, уходя подальше в поле, пекли ее в костре.

Но осенью все это кончилось. Однажды приехал отец, позвал Франца и попросил его пойти в школу и отнести записку учителю. Франц нашел школу, передал записку и уже хотел уходить, но учитель его остановил: «Нет, мой дорогой мальчик, ты должен остаться здесь. Теперь ты должен прилежно посещать школу». Франц грустно вздохнул и остался.

«Учитель в школе, — вспоминал Нейман, — был старый унтер-офицер, к тому же еще и портной. В то время как мы учились читать, он шил на уроках. Каждый ученик должен был выходить вперед и читать. Плохо, если нитка, которой шил учитель, была длинной, так как при ее вытягивании можно было легко получить удар в спину, если ты читал плохо. Но каждый, кто доходил «до петуха» (до последней страницы книги), находил там «яйцо». «Яйцо» — это пфенниг, который учитель незаметно подкладывал под последнюю страницу книги. Вспоминая об этом теперь, я понимаю, что для учителя это была немаленькая сумма, учитывая его ограниченные доходы: ведь ежегодно он имел 20—30 учеников...

Кроме чтения, мы проходили арифметику. На уроках арифметики вся школа должна была хором произносить: один плюс один равняется два, причем слово «два» кричали очень громко. Потом следовало: два плюс два равняется четыре и т. д. Все это мы кричали вместе и очень громко. Никто из нас, детей, не предполагал, что речь может идти о чем-то другом, кроме крика и удара на последнем слове» [47, с. 5].

Старый добрый унтер-офицер, увлеченно рассказывающий про походы Фридриха Великого, научил Франца читать и считать. Ничего другого из школы в Гребендорфе Нейман не вынес.

В этом городке произошел эпизод, который Нейман запомнил на всю жизнь: «В Гребендорфе я сделал мои первые физические наблюдения. В первый раз я увидел зеркало и свое изображение в нем; я никак не мог понять, как изображение могло попасть туда. Я вышел из комнаты и искал его снаружи, думая, что оно находится за стеной» [47, с. 4].

Конечно, из этого факта не следует делать глубокомысленных выводов: вот, мол, детское удивление при виде зеркала заронило в душу маленького Франца на всю жизнь любовь к физике. Ничего подобного, естественно, не было. Но был, несомненно, эмоциональный толчок при соприкосновении с чем-то необычным, лежащим в стороне от привычных вещей и явлений детского мира, с чем-то непонятным, но требующим объяснения. От этого эпизода в душе Франца надолго осталось неудовлетворенное детское любопытство. Он помнил о чуде в зеркале всю жизнь.

Неожиданно умер дедушка, и Францу с бабушкой пришлось срочно перебраться в Иоахимсталь, поближе к отцу. Туда же вскоре переехала и его тетка Дитрихс, которая только что потеряла мужа и осталась одна с двумя детьми. Все они поселились у рыбака Фридрихса.

Нейман потом вспоминал:

«Старый Фридрихс был добродушный человек, не смотря на то, что бывал частенько груб. Например, когда он приходил измученный непогодой или морозом, промокший или замерзший, неся с берега богатый улов, то его злило, что жители Иоахимсталя, для которых возвращение рыбака — всегда праздник, получали удовольствие за счет его труда. Тогда каждый, кто хотел купить рыбу, мог услышать что-нибудь неприятное. Но сам он, добродушнейший человек, никогда не забывал о том, что беднякам за ту же плату надо давать больше, чем богатым.

К дому примыкал большой сад с множеством плодовых деревьев, которые казались нам очень соблазнительными. Но я не мог себе представить, чтобы мы — мальчишки — могли сорвать яблоко или грушу в саду семьи Фридрихса. Для нас он как бы был отделен забором. Но для нас была большая радость, когда раздавались его слова: «Сегодня будем трясти деревья. Ну, ребята, — на деревья!»

Можно было набить полные карманы и съесть сколько сможешь!» [47, с. 9].

Дом Фридрихса стоял на небольшом холме неподалеку от маленькой церкви, окруженной прекрасными старыми деревьями. Зимой с этого холма дети весело скатывались на санках до самого колодца, который стоял у подножья холма. У колодца стояла большая бочка с водой. Тут же лежала палка, которой Франц

барабанил по крышке бочки, производя страшный шум и созывая окрестных ребят для катания с холма и других игр.

С этой бочкой у Неймана связано грустное воспоминание:

«Только один-единственный раз у меня была игрушка — это был трубочист. Естественно, мне захотелось показать его мальчишкам, он был так хорош. Только на одно мгновение я поставил его на край бочки и он упал в воду. У меня никогда больше не было игрушек» [47, с. 10].

Игрушки в этой семье были непозволительной роскошью. Жили на скромную пенсию тетки Дитрихс и на то небольшое, что присылал отец Франца. Тетка Дитрихс подрабатывала еще тем, что шила белые чепцы.

Жили все в одной большой комнате. Тут же в небольшом камине бабушка варила на всех еду. Собственно кухня, в которую можно было попасть из передней, использовалась только для стирки белья и для забивания свиньи. Откормленную за лето свинью забивали зимой и ее мяса должно было хватить на целый год.

Для Франца не было человека ближе и родней, чем бабушка. «Мне всегда казалось, — вспоминал он, — что она меня воспитывала несколько иначе, чем других детей. Она не позволяла мне никогда ходить без чулок и обуви. В воскресенье я всегда находился с ней и получал каждый раз четыре пфеннига на булочку, так как все остальные дни недели я получал к кофе только черный хлеб. Поэтому я очень радовался воскресеньям.

Бабушка всегда меня очень любила. Она все время заботилась о том, чтобы мои двоюродные братья, сыновья тетки, не обижали меня. Она пыталась всегда смягчить обстановку там, где тетка Дитрихс казалась ей слишком строгой.

В нашей семье действовал закон, по которому каждый мог есть только то, что было на столе. Если ему это не нравилось, он мог не есть. Если же он позднее хотел есть, то ему не давали ничего другого, а только то, что он не стал есть. Единственным блюдом, которое я абсолютно не воспринимал, была кислая капуста. При всем желании я не мог ее выносить. Когда я весь день ничего не ел, бабушка потихоньку приносила мне в кровать кусок хлеба. Но есть в кровати было не очень приятно» [47, с. 11].

В Иоахимстале была трехклассная народная школа,

и Франц стал посещать второй класс. Но пребывание в ней было недолгим. Как-то учитель пытался объяснить ученикам деление, но никто ничего не понял. Понял только Франц, и как только учитель куда-то вышел, он начал объяснять ребятам, как надо делить, причем объяснял довольно успешно — ребята все поняли. Все сгрудились вокруг него. Ни они, ни Франц не заметили вошедшего учителя. Он молча взял Франца за руку, подвел к двери и сказал только одно слово:

— Вон!

3

Когда Францу было девять лет, отец решил, что настало время отдать сына в гимназию. Для этого необходимо было ехать в Берлин. Бабушке Франца в это время было уже семьдесят три года, и ехать с внуком в Берлин она была не в состоянии. Родственников или хороших знакомых тоже не было. Единственная надежда — устроить Франца на полный пансион к каким-нибудь людям.

И вот девятилетний мальчишка собирается в дорогу, собирается один вступить в чужой ему большой мир, где и взрослому-то человеку легко затеряться и погибнуть. Не нашлось никого, кто бы довез Франца до Берлина. Он шел пешком с обозом рыбаков, которые везли свою рыбу. Они доставили его в харчевню на окраине города, где его ждал отец.

Жизнь в Берлине началась с неприятностей. В хлеву харчевни, где они с отцом ночевали, беспокойная лошадь ударила его хвостом по лицу, да так сильно, что возникла угроза потерять глаз. К счастью, все обошлось. Потом долго не могли прилично устроить Франца. То дорого, то семья не внушает доверия. Но наконец и с этим было покончено: отец устроил Франца на полный пансион к столяру Нусту. У них с женой, женщиной доброй и хозяйственной, детей не было, поэтому они отнеслись к Францу очень сердечно. Однако для занятий ему смогли выделить только угол в мастерской, где вечером при свете керосиновой лампы на верстаке он готовил свои уроки.

Отец определил Франца в Вердерскую гимназию, уровень преподавания в которой считался высоким. Таким образом, все, что должен был сделать Эрнст Нейман для своего сына, он сделал. На прощанье он счел необходимым дать Францу несколько наставлений:



Отец Бальдеман, фрау Бальдеман

будь бережливым, прилежным, слушайся во всем господина Нуста. Эти же советы он неоднократно повторял в своих письмах.

В гимназии маленький провинциал, воспитанный в атмосфере справедливости и честности, сразу попал в неприятную историю. Вот как описывал это сам Нейман:

«Ученики нашей гимназии вели постоянную войну с учениками соседней гимназии. Я, конечно, принял в ней участие и был воодушевлен победой, которую одержала наша гимназия. Однажды во время этой войны меня встретил учитель Шпилькен, и я, будучи искренним провинциальным юношей, с энтузиазмом рассказал ему о всех перепетиях выигранной нами битвы и назвал ему всех участвовавших в ней наших героев. Я был потрясен, когда на следующий день их всех выпороли. Я чувствовал себя предателем...» [47, с. 17].

Этот урок не прошел бесследно. Франц быстро стал другим, как сам он говорит, «абсолютно беззастенчивым, невоспитанным типом». Ему уже ничего не стоит опоздать на урок, нагругить учителю. Интересы к занятиям тоже не было. Например, на уроках математики един-



Генриетта (Джетхен)
Бальдеман

ственным стремлением отвечающего у доски было написать крупно и четко, так чтобы видел весь клас, но не видел учитель, его прозвище. И многие, в том числе Франц, в этом преуспевали.

Нельзя сказать, чтобы Эрнст Нейман совсем не заботился о воспитании сына. Нет, время от времени по его инициативе начинали осуществляться разные проекты. Но все они почему-то кончались неудачно. Нейман вспоминал:

«Во время моего пребывания в доме столяра мне давали уроки музыки. Инструмент находился в комнате, которая соединялась с мастерской маленьким коридор-

чиком. Во время занятий учитель стоял на пороге комнаты при открытой двери в коридорчик лицом к мастерской, дверь в которую тоже была открыта. Он оживленно беседовал с господином Нустом. Я же играл упражнения. Их разговор прерывался иногда громким окриком, обращенным ко мне: фальшивишь! Ни о какой „настоящей игре“ я, естественно, не получил никакого представления, особенно из их разговоров: во время моих музыкальных занятий.

С уроками танцев дело кончилось еще хуже. На первом уроке учитель заставил меня прыгать для разминки перед танцем. Он положил свою скрипку на пол и я должен был перепрыгивать через нее. К несчастью, я прыгнул прямо на скрипку. Естественно, что и с этим искусством было покончено» [47, с. 19].

Также ничего не вышло и с обучением французскому языку. Поскольку нанимать учителя было дорого, то отец забрал Франца от столяра Нуста и поселил на полном пансионе к портному-французу. В этом доме все говорили только по-французски, и по идее Франц должен был легко и быстро усвоить этот язык. Но сын портного, здоровенный детина, невзлюбил Франца и стал его

колотить. Отцу пришлось срочно перевозить Франца обратно к столыарю.

В 1813 г. Франц поселился в пансионате, который принадлежал отцу Бальдеману, младшему церковному служителю кафедрального собора. Здесь Франц нашел свою вторую семью, здесь он обрел ту заботу и ласку, которой ему так не хватало.

Отец Бальдеман был весьма уважаемым человеком в своем приходе. Его жена, милая добросердечная женщина, воспитывала двух дочерей: Генриетту, или как ее звали домашние, Джетхен, и Альбертину и двух младших сыновей. В пансионате постоянно жило несколько мальчиков из состоятельных семей. С Франца, учитывая материальное положение его отца, хозяева пансионата брали гораздо меньшую плату, но никогда и ничем не выделяли его среди других постояльцев.

Фрау Бальдеман заботилась о своих постояльцах как о членах своей семьи. Ее дочери относились к Францу как сестры, участвуя вместе с ним во всех играх и шалостях. Отец Бальдеман взял за правило просматривать и подписывать дневники всех мальчиков. Когда в дневниках появлялись не очень хорошие отметки, девочки пускались на следующую хитрость. Они заметили, что когда вечером отец углублялся в свою работу, стоя у пюпитра, он делал другие дела почти машинально. В это время они и подавали ему на подпись дневники мальчиков. Отец Бальдеман что-то невразумительно ворча быстро подписывал дневники, не замечая плохих отметок.

Выросший в деревне, на лоне природы, Франц становился городским жителем. Но чисто городские черты в его характере и поведении еще долгое время казались чем-то внешним и неестественным. Сквозь них часто прорывалась тяга к природе, потребность к общению с ней. Эту любовь к природе Нейман пронес через всю свою долгую жизнь. И здесь, в Берлине, наибольшую радость доставляли Францу загородные прогулки.

«Что еще мне вспоминается из маленьких радостей того времени? — писал Нейман. — Почти каждый день я ходил купаться! Дорога шла через хлебные поля между Котбусом и Силезскими воротами. Еще одним большим удовольствием для нас было ловить кузнечиков. ...Самым замечательным при ловле кузнечиков было то, что мы гонялись за ними. Охота была длительной, и мы далеко убегали в поле» [47, с. 20].

Маленькие радости мальчишек. Им как будто и дела нет до большого и сложного мира взрослых. Но он все настойчивее напоминал о себе запахом пороха и пожарами, треском барабанов и громом пушек.

Глава 2

Военные годы

1

Детские и юношеские годы Франца Неймана совпали с острейшими политическими событиями в Германии. После того как разгромом под Аустерлицем закончила свои дни третья коалиция европейских государств, Англия и Россия образовали четвертую коалицию. К ней примкнула и Пруссия.

Прусский король Фридрих Вильгельм III направил Наполеону ультиматум с требованием вывести войска с территории всей Германии и отказаться от создания Рейнского союза. Волна шовинизма захлестнула Пруссию. Все хотели воевать, причем война представлялась не иначе, как веселой прогулкой до Парижа.

Прусская армия во время парадов имела внушительный вид. Но очень скоро выяснилось, что она не годилась для серьезного дела. В значительной своей массе она состояла из иноземцев, которых насильственно заставляли служить до тех пор, пока они были в состоянии носить оружие, после чего вместо пенсии им выдавался билет на право просить милостыню. Железная дисциплина держалась только на угрозе физического наказания, которое незамедлительно следовало за малейший проступок. Командиры смотрели на солдат, как на рабов, они были их собственностью, как военное имущество, лошади, оружие. Офицеры получали повышение только по истечении определенного срока службы, поэтому высшее командование, генералы и маршалы, были так стары, что уже не могли руководить военными действиями.

Конечно, такая армия не только не могла победить, но и оказать серьезного сопротивления закаленным в многочисленных битвах солдатам Наполеона и его боевым маршалам. В один день, 14 октября 1806 г., под

Йеной и Ауэрштедтом французские войска наголову разбили прусские армии. По образному выражению великого Гейне, «Наполеон дунул на Пруссию, и Пруссии не стало». Пруссаки потеряли убитыми 22 тысячи человек, 18 тысяч попали в плен.

Остатки разбитой под Йеной армии, оборванные, замерзшие и голодные, бежали через Йоахимсталь, где тогда жил Франц Нейман. Жители городка чем могли помогали солдатам. Давали одежду, кормили, оставляли ночевать. Бабушка и тетка Дитрихс тоже варили большие кастрюли супа, и маленький Франц носил его на площадь и раздавал солдатам. Он жадно прислушивался к разговорам солдат. Они вспоминали эпизоды сражения, ругали командиров и интендантов, восхищались героизмом своих товарищей, с презрением говорили о трусах. Но больше всего их всех тревожила судьба родины, что будет с ней. Какую судьбу уготовил ей бывший генерал республики всемогущий император Наполеон? Здесь на площади Франц впервые почувствовал, что, кроме голода, страданий от ран и холода, есть не менее тяжелые страдания — видеть свою родину, свою страну поверженной безжалостным завоевателем. Это чувство национальной гордости глубоко запало в чуткую душу ребенка.

Тяжелыми были для Пруссии последствия разгрома четвертой коалиции. По Тильзитскому миру она потеряла почти половину принадлежавших ей территорий: земли на левом берегу Эльбы, польскую провинцию Познань и город Данциг. Она должна была сократить армию до 40 тысяч человек и уплатить контрибуцию в размере 100 миллионов франков. Французы оккупировали Пруссию, заняли Берлин. Во все крупные города Наполеон назначил аудиторов своего Государственного совета, которые исполняли функции верховной администрации. Все немецкое подавлялось грубой силой, насаждалось все французское. Правда, справедливости ради надо сказать, что многие реформы французского правительства на оккупированной территории Пруссии носили прогрессивный характер — они расшатывали феодальный строй Пруссии. Так, были отменены многие феодальные привилегии дворянства, крестьяне освобождались от оброка и барщины, некоторые монастырские земли пускались в свободную продажу, отменялась цеховая система. Но эти положительные моменты существенно ослаблялись тем, что все это насаждали победители, насаждали на-

сильственным образом, не считаясь с национальными чувствами немцев.

«Тильзитский мир был величайшим унижением Германии и в то же время поворотом к величайшему национальному подъему», — писал В. И. Ленин [54, т. 36, с. 81]. Он вывел немцев из сонного феодального оцепенения, пробудил их национальную гордость. Все настойчивее и громче раздаются голоса, призывающие к борьбе с захватчиками, к объединению немецкой нации. И среди них гремел могучий призыв философа Иоганна Готлиба Фихте, того самого Фихте, который с восторгом встретил французскую революцию и которого якобинцы провозгласили почетным гражданином французской республики. Теперь Фихте во всю силу своего страстного полемического таланта громил не только деспота и завоевателя, но и предателя революции.

Но не только пламенные призывы Фихте и других патриотов поднимали немцев на борьбу с Наполеоном. На плечи народа легло тяжелое бремя контрибуции. Расчленение Пруссии лишило куса хлеба десятки тысяч чиновников. Континентальная блокада Англии тоже принесла Пруссии многие беды. Население вынуждено было покупать вместо дешевых английских товаров более дорогие французские. Торговые портовые города Пруссии были разорены из-за отсутствия торгового и пассажирского судоходства.

Все это привело к консолидации всех слоев прусского общества в борьбе против Наполеона. Начинается вооруженная борьба. На севере Пруссии вспыхивает восстание, которым руководит майор Шиль.

В 1808 г., когда Нейман жил уже в Берлине, он был свидетелем того, как отряды Шилия вступали в город. Вот как он сам пишет об этом:

«Никто сегодня не подозревает, каким большим был энтузиазм народа по поводу прибытия этого единственного не разбитого Наполеоном командира. Он возвращался в Берлин, командуя гусарским бранденбургским полком. Пол-Берлина встречали его у ворот, чтобы увидеть и приветствовать. Знаменательно было то, что в это время здесь господствовали французы, французские шпионы окружали нас повсюду, и чувствовалось их давление на всех. Но и они чистосердечно разговаривали с Шилем.

Для нас, школьников, не было тайной, что к Шилю приходили из провинции люди с собственными лошада-

ми, чтобы примкнуть к его полку и участвовать в борьбе. Они открыто называли свои имена, и, несмотря на это, никто из них не был предан! Все восхищались героем. Как жаль, что у меня не было лошади!

Позднее я горько плакал, когда пришло известие, что Шиль погиб при героической защите Штальзунда (1809)» [47, с. 21].

Отряд Шили был разбит. Также были разбиты и другие отряды повстанцев: гессенские крестьяне во главе с полковником Дернбергом, отряд герцога Брауншвейг-Эльского. Но вооруженная борьба немецкого народа с Наполеоном не угасала.

2

Ученик Вердерской гимназии Франц Нейман, как и большинство его сверстников, находится целиком под влиянием патриотических и освободительных идей. Он был готов сейчас же идти бороться с Наполеоном. Но для борьбы нужно быть не только сильным духом, но и иметь сильное тело. К этому призывал подростков Людвиг Ян — организатор первых гимнастических обществ в Германии.

В 1810 г. Людвиг Ян был учителем младших классов в одной из монастырских школ. В перерывах между занятиями он играл с учениками в различные игры, а затем два раза в неделю стал проводить специальные занятия физкультурой. Вначале никто не хотел посещать эти занятия. Но Ян начал разъяснять, что цель физкультуры — сделать человека внутренне свободным, а для этого нужно укрепить превосходство духа над телом. Последнее возможно только тогда, когда тело здорово, не боится никаких лишений, довольствуется самым простым и малым. Свобода духа — это возрождение и объединение Германии. Эти идеи Яна были созвучны общему патриотическому настроению молодежи, и его занятия вскоре приобрели невиданную популярность. Учеником Яна стал и Франц Нейман.

На физкультурные занятия к Яну стекались мальчишки из многих школ города. Но особенно много народа собиралось на так называемые спортивные поездки. Вот как их описывал сам Нейман:

«Эти спортивные поездки продолжались до глубокой осени. Они напоминали военные игры. Обычно в ночь с субботы на воскресенье 15—20 учеников посы-

лались на ночную вахту. Потом образовывалось два отряда, которые прятались в лесу. Они должны были искать друг друга и сражаться. Для того чтобы сберечь одежду и приучить себя к лишениям, а также для уравнения всех учащихся была введена спортивная одежда, состоящая из серой куртки и брюк. Среди участвующих в спортивных поездках действовал строгий закон не брать с собой больше 20 пфеннигов. Эти деньги сдавались отцу Яну, и он на них покупал молоко и картошку. Картошку варили в больших чугунах, и потом ставили на стол. Молоко ставилось в больших мисках. Каждый мог есть столько, сколько хотел. Есть что-нибудь другое было запрещено. Особенно запрещались лакомства. Если кто-нибудь заглядывал к кондитеру, то подвергался таким насмешкам, что у него пропадало желание проделать это еще раз» [47, с. 31].

Спортивные поездки заканчивались борьбой двух отрядов, причем борьбой не шуточной, а на пределе всех сил. За этим строго следил отец Ян. В качестве отдыха, особенно для малышей, была еще одна любимая борьба — борьба оравы мальчишек с одним Яном. Ян ложился на землю, мальчишки наваливались на него и всячески мешали ему встать. Яну приходилось отдавать все свои силы, чтобы подняться. Мальчишки висели у него на руках, цеплялись за ноги. Крики, шум, смех! Иногда в руках у побежденных оставался только ботинок Яна, и они спешили убежать с ним подальше. Ян бегал за мальчишками, пытаясь отнять ботинок, а отняв, раздавал им меткие удары направо и налево.

Такими нехитрыми упражнениями развивалась сила, быстрота, ловкость, которые должны были пригодиться в борьбе за освобождение Германии. Но не только физические качества воспитывал Ян. Он воспитывал в своих учениках и чувство патриотизма.

Но путь к победе и освобождению немецкого народа пролегал через заснеженные поля далекой России, где зимой 1812 г. была одержана победа русского народа над армией Наполеона.

«Уничтожение огромной наполеоновской армии при отступлении из Москвы послужило сигналом к всеобщему восстанию против французского владычества на Западе. В Пруссии поднялся весь народ, принудивший трусливого короля Фридриха Вильгельма III к войне против Наполеона», — писал К. Маркс [55, т. 22, с. 30].

30 декабря 1812 г. генерал Йорк, командовавший

прусскими войсками в Силезии, своей властью заключил Таурооггенскую конвенцию с Россией. Это означало разрыв тех обязательств, которые Пруссия взяла на себя как побежденная страна. 3 февраля 1813 г. генерал Шарнхорст, бывший военный министр Пруссии, выпустил воззвание с призывом добровольно вступать в армию. В ответ хлынули толпы добровольцев.

Старшие ученики Яна во главе со своим «отцом» были в числе первых добровольцев. С ними был и Нейман, но ему пришлось вернуться домой: моложе 16 лет в армию не брали.

Франц по-прежнему ходил в Вердерскую гимназию. Но учеба отошла как бы на второй план: оставшиеся ученики жили военными и политическими событиями.

3

Шестая коалиция (Англия, Россия, Пруссия, Австрия, Швеция, Испания, Португалия) развернула военные действия против Наполеона на территории Германии. Вначале Наполеону удалось одержать ряд побед над войсками коалиции, но в решающем сражении 17—19 сентября 1813 г. под Лейпцигом, известном как «битва народов», он потерпел сокрушительное поражение. Войска коалиции вторглись на территорию Франции. Начался период реставрации Бурбонов.

Как только Наполеон был изгнан из Германии, национально-освободительная война превратилась в реакционную династическую войну. Энгельс писал, что в это время «народы покупались и продавались, разделялись и соединялись, исходя только из того, что больше отвечало интересам и намерениям их правителей» [55, т. 2, с. 568].

Прусские военщина и аристократы сделали все, чтобы использовать подъем народного массового движения в своих корыстных целях. Особенно разжигался прусский шовинизм: не только Наполеон, но все французское, особенно французское Просвещение и Французская буржуазная революция, предавались проклятию. Это делалось с единственной целью — восстановить старый реакционный феодальный строй в Германии. И это удалось. После победы над Наполеоном во всех 38 государствах Германии восстановились абсолютистские режимы. Даже те немецкие князья, которые были союзниками Наполеона, были амнистированы и

получили обратно свои владения. Проведенные Наполеоном буржуазные реформы были ликвидированы.

Поэтому с таким ужасом было воспринято известие, что 3 марта 1815 г. Наполеон бежал с острова Эльба и с отрядом в тысячу солдат идет на Париж. Коалиция объявила его «узурпатором» и «врагом человеческого рода». 20 марта, не сделав ни одного выстрела, Наполеон вошел в Париж.

Король Пруссии Фридрих Вильгельм III вновь обратился с воззванием к народу. И опять на сборные пункты потянулись вереницы добровольцев — для немцев Наполеон продолжал оставаться главным врагом, поработителем и угнетателем.

Францу Нейману к этому времени исполнилось 16 лет, и он получил право записаться добровольцем. Запись происходила на центральной ратушной площади Берлина. На ней были установлены длинные столы, за которыми сидели офицеры и записывали в разные полки. Старшеклассники Вердерской гимназии прежде всего выяснили, какие полки находятся ближе к театру военных действий. Они ни в коем случае не хотели находиться в резерве.

Решили записаться в Кольбергский полк, которым в свое время командовал легендарный Шиль. В кампании 1813—1814 гг. этот полк успешно участвовал более чем в двадцати сражениях. Сейчас он ближе всех стоял к месту военных действий. Но записаться в этот полк было непросто. Ребятам пришлось стоять в очереди более десяти часов — перед ними в полк записалось около 600 человек.

Не обошлось и без волнений: офицеры усомнились в совершеннолетию Франца и попросили принести разрешение от родителей или опекунов. К счастью, конфликт был улажен, и Франц Нейман стал егерем-добровольцев Кольбергского полка I бригады III армейского корпуса Нижнерейнской армии фельдмаршала Блюхера. Франца провожал отец, который подарил ему хорошее ружье и дал немного денег.

Обучали добровольцев наспех. Когда стали учиться стрелять, никто не предупредил, что ружье при выстреле дает сильную отдачу. Франц стрелял первый раз в жизни. Ружье он держал свободно и получил такой сильный удар в голову, что не скоро пришел в себя. Учились, кроме того, ходить строем, обращаться с порохом, чистить ружье шомполом, отливать пули. Уста-

вали так, что по команде «отдых» валились на землю и засыпали. Но Франц мужественно переносил все лишения.

В начале июня отряд добровольцев Кольбергского полка был переведен в местечко Вастингс близ города Намюра в Бельгии, где еще ранее расположилась армия Блюхера.

«В местечке Вастингс,— вспоминал Нейман,— мы провели более 10 дней. Там мы проходили обучение и нам выдали свинец для литья пуль. Но не прошло и 24 часов с тех пор, как нам выдали свинец, а уже пришел приказ выступать. Нам приказали собраться в течение часа... Мы выступили к обеду. Шли до вечера, всю ночь и следующий день до обеда. Шли строем, с тяжелой поклажей. В конце концов мы так устали, что буквально спали на ходу. Когда мы останавливались, некоторые падали и тут же крепко засыпали. Так мы потеряли многих. Тогда мы связали себя по двое носовыми платками. Несмотря на все это, нас не покидал юмор:

— Подождите, как только мы услышим канонаду, все станут бодрыми...

Действительно, мы стали бодрыми, едва услышали первые звуки пушек: все невольно нагнулись.

— Не нагибаться! — крикнул наш командир. Но в этот момент пуля пролетела над самой его головой, и он... пригнулся! Все весело засмеялись. Потом мы часто со смехом вспоминали этот случай» [47, с. 42].

Наполеон с армией в 130 тысяч человек вышел от Брюсселя навстречу армии Блюхера. Верный старой тактике, он хотел не допустить соединения армий Блюхера и Веллингтона и разбить их поодиночке. У Блюхера было всего 80 тысяч солдат, но он ждал с часа на час подхода корпуса Бюлова и армии Веллингтона. Но вечером 15 июня, когда армия Блюхера вышла к деревне Линьи, стало известно, что на подкрепление он рассчитывать не может, и ей пришлось одной принять бой, хотя место для битвы было выбрано неудачно. Деревня Линьи расположена по обе стороны небольшой речки Линь шириной всего 2—3 метра и глубиной не более метра. Но этот ручей имел очень отвесные берега высотой 1—2 метра, вдобавок поросшие деревьями и плотным кустарником. Кроме того, вокруг деревни было множество оврагов, что создавало естественные препятствия для действия конницы и артиллерии.

Здесь 16 июня произошла одна из самых кровавых битв наполеоновских войн. Сама деревня в течение первых пяти часов несколько раз переходила из рук в руки.

Два батальона мушкетеров и отряд егерей-добровольцев Кольбергского полка получили приказ взять штурмом деревню, только что отбитую французами.

«Мы выступили вперед,— вспоминал Нейман.— На виду у врага мы шли вперед, несмотря на орудийный обстрел, и достигли деревни. Теперь мы стояли на крутом берегу Линя. На другом, высоком берегу находилась ббольшая часть деревни Линьи. Тут раздалась команда:

— Тирольцы, вперед!

В этот момент мы яростно бросились вперед. Не представляю себе, как мы проскочили через Линь, через заборы и канавы. Теперь мы стояли в шести шагах от французов.

Большим неудобством тогдашнего оружия было то, что для его снаряжения требовалось много времени. Надо было засыпать порох, утрамбовать его, забить пулю, прицелиться и затем произвести выстрел. Я целился в человека, стоящего напротив меня, но он был готов быстрее меня. Он быстро прицелился и выстрелил в меня. Он хорошо прицелился, и его пуля попала в мою левую щеку, разорвала язык и задела нос. Все это произошло в тот момент, когда я целился ему в голову.

Я упал, но все же увидел, что противник торжествует: он обернулся, наверное, чтобы сказать: «Я сделал свое дело!»

В это время мой сосед Франц Либер выстрелил, и его пуля попала тому в спину. Он упал замертво.

Позже мне рассказывали, что Фервальд (фронтальной товарищ Неймана.— А. С.) взял меня на руки и вытащил из этой сутолоки. Я совершенно точно помню место, где я лежал. Через некоторое время я решил попытаться поползти до реки. Я пополз к берегу, чтобы перейти реку и укрыться на другом берегу. Но прежде чем все это сделать, я решил немного отдохнуть. Я лег лицом на землю и потерял сознание. Как долго я пролежал так, не знаю» [47, с. 45].

Между тем битва при Линьи не прекращалась. Исход ее не был ясен, и Наполеон предпринял еще одну попытку наступления. Ни отчаянное сопротивление прус-

саков, ни перекрестный огонь их батарей, ни горящие дома, ни обилие трупов, которые валялись на улице, не остановили французов. Пруссаки были разбиты.

4

Франц очнулся, когда мимо него отходила прусская армия.

«Я встал, — вспоминал он. — Моего ранца и ружья не было. Вероятно, подумали, что я мертв и забрали все...

Я хотел догнать свою часть. Идти мне было трудно и я поминутно останавливался. Но тут я увидел приближающуюся артиллерийскую батарею: более десятка пушек и повозки с порохом. Я отошел в сторону, закричал и застонал. Какой-то артиллерист сочувственно сказал:

— Подожди друг, сейчас я выведу повозку из ряда и ты сможешь взобраться на нее.

Я, наверное, выглядел очень плохо. Только этим я могу объяснить то сочувствие, которое мне постоянно выказывалось.

Я влез на повозку...

Так я ехал всю ночь. На следующее утро батарея остановилась у маленького домика, стоящего посреди поля. В нем расположились офицеры. Когда я увидел это, то подумал, что тоже смогу туда войти, и поплелся в дом. Офицеры завтракали. Я лег на скамью у печки и уснул. В повозке с порохом я не мог спать, так как лежал на самом краю, дорога была плохая и я боялся упасть вниз.

Смертельно уставший от долгой поездки и от потери крови, я крепко спал. Каков же был мой ужас, когда проснувшись я увидел, что батарея ушла. Я не видел больше своей повозки с порохом и даже не мог определить, куда они ушли. Артиллеристы, вероятно, не знали, где меня искать.

Таким образом, я, тяжело раненный, остался один. Я боялся быть схваченным наступающими французами.

Хозяин дома был в комнате. Он смотрел на меня неприветливо, его совершенно не интересовала моя судьба. Все его внимание привлекали часы, которые он с грохотом снимал со стены. Он спасал свои вещи от наступающих французов. Наконец он заметил мое замешательство. Движениями рук я пытался дать ему

понять, что не могу говорить. Все лицо мое распухло.

Единственное, что он смог для меня сделать, это выйти со мной из дома и указать в каком направлении ушла батарея.

Ни одного дома, ни одного человека не было видно на этой длинной дороге. Через некоторое время я заметил, что дорогу пересекает другая, на которой я заметил фигуры. В страхе я вначале принял их за французов, но потом узнал в них прусских улан. Я кричал и жестикулировал, как только мог. Тут я заметил всадника, приближающегося ко мне. Вряд ли мог он услышать мой крик, в лучшем случае он мог заметить мои знаки. Он сказал добродушно:

— Приятель, иди помедленнее. Я сейчас вернусь и привезу повозку, и хотя она уже битком набита, но если ты еще будешь здесь, местечко мы тебе найдем.

Я почувствовал надежду. Наконец я встретил повозку...

Вечером мы прибыли в город Лёвен. Все раненные выстроились в длинную очередь перед лазаретом. Когда меня подвели к врачу и сказали, что мне надо срочно оказать помощь, врач посмотрел на меня и возразил:

— Почему? В чем дело? Он что, так плох?

Я громко закричал, замахал руками, прося его оказать мне помощь... После того как меня перевязали, мне отвели место в лазарете на втором этаже.

На другой день мы услышали барабанный бой, нам приказали идти к реке Маас. Я с большим трудом поднялся на второй этаж по трем крутым лестницам и с ужасом думал, как я теперь спущусь вниз. Мои зубы частично врезались в язык, язык был прострелян и я еле мог двигаться.

Внизу около дома мы увидели крестьянскую телегу и сейчас же ее заняли. Таким образом мы прибыли в город Маастрихт² [47, с. 46—48].

В это время, посчитав армию Блюхера окончательно разбитой, Наполеон начал наступление на армию герцога Веллингтона, и 18 июня в 17 километрах от Брюсселя вблизи местечка Ватерлоо разгорелось сражение. Французы дрались мужественно, но силы были явно не равны: союзники располагали армией в 220 тысяч человек при 498 пушках, которым Наполеон мог противо-

² Город Маастрихт расположен уже в Германии, на самой границе с Бельгией.

поставить всего 128 тысяч человек и 344 пушки. Судьбу сражения во многом решили пруссаки, когда в самый разгар битвы во фланг армии Наполеона ударила армия Блюхера, которая, несмотря на тяжелые потери, нанесла мощные удары преследовавшим их частям и вышла к Ватерлоо в самое время.

В Маастрихте Неймана поместили в лазарет:

«Я очутился в одной кровати с мясником из Шенебека и долгое время вынужден был делить ее с ним. Правда, он не был благодарен мне за это. Никто не осудит его. Все мое лицо превратилось в гнойник и плохо пахло. Было еще и кое-что другое, что приводило меня в отчаяние: я очень страдал от вшей, стыдился этого и ночью, когда все спали, я вставал, подходил к горячей печке и выбрасывал этих страшных паразитов в печь, пытаюсь таким образом хоть немного освободиться от них.

Бежать из этого лазарета мечтал каждый из нас. Он был жутким.

...Прошел слух, что нас должны везти вниз по течению Мааса. Но когда мы пришли на пристань, то никакого корабля не было. Вероятно, он был полностью загружен и уже ушел. Но обратно нас не приняли, так как лазарет уже был полным.

Мы сели на какую-то баржу, расположившись на полу, прислонясь к бортам. Вначале все было хорошо, но потом пошел сильный дождь, и мы сидели полностью в воде. А ехать нам предстояло всю ночь и еще день. Мы взбунтовались. Наши начальники — два унтер-офицера — хотя и жалели нас, но приказ не могли нарушить. Они должны были доставить нас в Везель.

Наконец мы увидели вдали свет и энергично потребовали, чтобы баржа причалила. Это местечко называлось Рёрмонд. Когда унтер-офицеры пытались не допустить этого, раздались крики:

— Этой ночью половина из нас умрет, мы должны причалить!

Наши командиры стали нам угрожать. Тогда их сбросили в воду. Мы налегли на весла и причалили.

Уже второй день я ничего не ел. В лазарете я есть ничего не мог, так как не мог жевать. Но мне повезло: я купил молока и смог наполнить им еще и фляжку. Я радовался, что сейчас смогу попить молоко, но оно не выливалось из фляжки: оно превратилось в творог.

На пристани стоял комендант, который очень удивился нашему появлению. Мы попытались растолковать ему, как все это произошло. Он принял в нас участие и разрешил причалить к пристани.

Нас поместили в какую-то конюшню, дали сухой соломы и, к нашей неопишуемой радости, большой котелок теплого пива. Этот котелок — самое счастливое воспоминание. Котелок переходил из рук в руки, а нас было почти 100 человек! Как же мы были благодарны коменданту!

На другое утро мы должны были возвратиться на баржу. Я спрятался и выждал пока она не отчалила. Многие поступили таким же разумным образом. Один за другим появлялись мои товарищи, когда баржа была уже далеко. Кто-то достал повозку и мы отправились дальше. Наконец мы прибыли в Дюссельдорф и разместились в приличных условиях» [47, с. 49—51].

В лазарете в Дюссельдорфе Франц поступил на попечение трех заботливых женщин: жены городского советника и двух ее молодых подруг. Эти женщины бескорыстно заботились о раненых, приносили им хорошую пищу, меняли повязки и белье. Вначале главные трудности у Франца были с питанием: он не мог есть твердую пищу. Но благодаря стараниям опекавших его дам он стал получать жидкую и калорийную пищу.

Франц стал быстро поправляться. Он никому не общал о своем ранении и поэтому счел удивился и обрадовался, когда в лазарет Дюссельдорфа пришло письмо от Джетхен Бальдеман. Она сама самоотверженно ухаживала за ранеными в местном лазарете и за это была награждена орденом королевы Луизы. По-видимому, через нее семья Бальдеман узнала и о его ранении, и о его мытарствах по лазаретам. Их искреннее участие, теплота и забота глубоко тронули душу не избалованного душевными ласками шестнадцатилетнего подростка. В порыве благодарности он записал в дневнике:

Мои дорогие!

Не знаю, как выразить Вам свои чувства в связи с Вашим искренним участием во мне и в моей судьбе. Может быть, бог поведает Вам о моих чувствах, ибо словами невозможно выразить, как Вы тронули меня своим письмом. Как бы я жил на свете, если бы Вас не было. Я еще не получил письмо от моего отца. Даже мать не смогла бы написать такие утешительные слова.

То, что среди Вас я нашел и мать, и сестру, это бальзам на мои раны [47, с. 55].

Вскоре пришли письма от отца и столяра Нуста. Джетхен Бальдеман со свойственной ей непосредственностью писала Францу:

...Еще нам сообщили, что вы лишились зубов. Как же вы будете откусывать патрон? Без зубов это невозможно. Мы все считаем, и вы согласитесь с нами, что отечество теперь может обойтись без вас [47, с. 56].

Как только врач лазарета перестал считать его рану опасной, Франц отправился на поиски своего полка. Он нашел его на бивуаке у крепости Гиве. Нейман занял свое место в строю егерей-добровольцев. Кольбергский полк был в составе бригады, осаждавшей крепость Гиве. Крепость была хорошо укреплена и не испытывала ни в чем нужды. Осаждающим же было гораздо тяжелее. Местность вокруг крепости гористая, со множеством речек и ручейков. Когда в сентябре пошли проливные дожди, эти речки вышли из берегов и затопили лагерь. Соломенные шалаши, в которых жили солдаты, часто просто сносило потоками воды. Было холодно, дул сильный северный ветер. А солдаты имели только летнее обмундирование: легкие шинели и парусиновую обувь. Несмотря на дождь, часто вспыхивали пожары. Вряд ли они возникали стихийно: горели склады, шалаши солдат, пороховые погреба. Для того чтобы штурмовать крепость, ее надо было вначале обстреливать из пушек. Но пороха не было, стрелять было нечем, и о штурме уже никто не думал. И как избавление от всех мук был встречен приказ о том, что бригада снимается из-под Гиве и переводится на зимние квартиры в районе города Рекруа.

А 3 октября 1815 г. пришел приказ о роспуске добровольцев по домам. Однако несмотря на это, и в октябре, и в ноябре добровольцы еще маршировали со своими полками по дорогам Франции. Только в декабре егеря-добровольцы пешим маршем проследовали через Намюр, затем через Дюссельдорф и Магдебург и 8 февраля 1816 г. вошли в Берлин. Солдатский путь Франца Неймана был окончен.

Аттестат зрелости

1

Зима 1816 г. Франц Нейман вновь в Берлине. У него на руках отпускное свидетельство, в котором сказано, что он был «исключительно бравым солдатом». К свидетельству приложена справка, где написано, что Франц Нейман «не способен к военной службе из-за потери части верхней челюсти и носового хряща. Он не может носить тяжести, так как дыхание через нос затруднено» [47, с. 70].

Что же делать дальше? Для большинства его однополчан, егерей-добровольцев, ушедших на войну из старших классов, этот вопрос решался просто: они вернулись в Вердерскую гимназию. Но для Франца этот естественный шаг оказался связанным с большими трудностями.

Во время кампании 1815 г. отец Франца лишился всего своего состояния: сгорел его дом. Таким образом, исчезла и без того скромная материальная поддержка, позволявшая Нейману учиться в гимназии. Поэтому отец настоятельно советует ему подумать о службе. Он даже нашел ему место в департаменте внешних сношений и в своих письмах торопит его с решением, чтобы не упустить эту хорошую вакансию.

На войне быстро взрослеют. Суровые испытания, выпавшие на долю Неймана, не только закалили его характер. Они сформировали его личность. Теперь это не только восторженный патриот, готовый на любые жертвы ради спасения родины. Это целеустремленный, волевой человек, имеющий четкую ближайшую цель. Прежде всего Нейман должен окончить гимназию, ибо только она дает право поступить в университет. Окончание университета открыло бы перед ним возможность карьеры в любой сфере, будь то государственная служба, преподавательская или научная деятельность. Итак, ближайшая цель — окончить гимназию. Но без материальной поддержки отца это практически невозможно.

Отец и бывший квартирный хозяин Франца столяр Нуст обращаются за помощью к директору Вердерской гимназии Бернардти. Но тот мало чем может помочь, хотя и считает Франца способным учеником. Он твердо

обещает только бесплатный обед в гимназии, как и до перерыва в учебе. Конечно, это уже кое-что, но ведь надо где-то жить, покупать одежду и обувь, учебники и письменные принадлежности, завтракать и ужинать. Поэтому возникла идея устроить Франца на небольшую должность, например на должность вычислителя, которую он выполнял бы в свободное от учебы время. Для устройства на такую должность директор Бернарди дал Нейману рекомендательное письмо:

Франц Нейман из Иоахимстала, семнадцать лет, успешно переходит из класса в класс. В течение учебы был прилежен. Особенно отличался на уроках математики, где выделялся не только среди своих сверстников, но и среди всего класса. Это позволяет надеяться, что он будет способным работником в области проведения различных вычислений. Его готовность к этой занятию уже проверена.

Он принимал участие в кампании 1815 г., отличился, но вернулся инвалидом, так как был тяжело ранен.

Внешне его характер кажется несколько неровным, но на самом деле это человек, на которого можно положиться, готовый помочь ближнему и любящий порядок. Таким он проявил себя в гимназии.

Так как его отец не мог полностью содержать его, в гимназии он имел бесплатный стол. Для того чтобы поддержать его в овладении математическими науками, было бы желательно, чтобы он устроился на небольшую должность. Это облегчит его отцу заботу о его содержании [47, с. 70].

К счастью, это рекомендательное письмо Нейману не понадобилось: отец нашел возможность высылать ему ежемесячно 5 таллеров. Это, конечно, не решало все финансовые проблемы, но давало возможность Нейману посещать гимназию.

Однако сумма в 5 таллеров казалась ему очень небольшой, и он пишет об этом отцу. Эрнст Нейман ответил сыну обстоятельным письмом:

Мой любимый сын!

В своем письме ты пишешь, что 5 таллеров ежемесячно — это очень мало. Хочу довести до твоего сведения, что для меня и моего материального положения это очень много, так как мой годовой доход сейчас составляет 100 таллеров... Если я буду ежемесячно выдавать тебе 5 таллеров, то в год это составит 60 таллеров. На оставшиеся 40 таллеров я должен буду протянуть весь год. Я думаю, что делаю все возможное, все что может делать настоящий отец, который потерял все свое состояние, а то немногое, что у него осталось, тратит на тебя.

...Ты решил продолжать учебу. Я это охотно принимаю, и можешь не сомневаться, что я отдам тебе последний пфенning, если увижу, что ты действительно считаешься с моими и твоими обстоятельствами.

В своем письме ты пишешь, что «должен снять комнату за 72 таллера в год». Я не могу согласиться со словом «должен», но если речь идет о комнате на двоих и за нее следует платить по 36 таллеров, то это мне уже нравится.

Я прощаю тебе многие твои ошибки, которые ты совершил, потому что не прислушался к моим советам. К сожалению, ты можешь скоро почувствовать, что твои большие планы пошатнутся: может наступить момент, когда я, к сожалению, смогу помочь тебе гораздо меньше, чем советовать.

Если тебя есть за что похвалить, я тебя хвалю. Но со многими я не могу согласиться. Подумай серьезно обо всем и «по одежке протягивай ножки». Я тебе даю дружеский совет: ты должен как-то укладываться в ежемесячные 5 таллеров.

...И, наконец, я тебя очень прошу не делать никаких долгов, так как я не в состоянии делать никаких платежей, а это будет позором для тебя.

Остаюсь любящий тебя твой отец Нейман.

Я думаю, что мои планы могут не понравиться тебе, но я это делаю не потому, что я так хочу, а потому, что не могу сделать по другому. В Берлин я не могу приехать из-за отсутствия денег [47, с. 75].

Это письмо многое разъяснило Нейману, вопрос о деньгах больше не возникал. Он понял, что отец искренне хочет, чтобы он продолжил учебу и делает все возможное, чтобы помочь ему. Вместе со своим другом Дулицем Нейман снял комнату у портного Уде за 72 таллера на двоих и с 1 апреля 1816 г. продолжил учебу в Вердерской гимназии.

2

Последний год пребывания в гимназии был очень напряженным. И не только потому, что трудно было вновь включиться в учебу. Это был год напряженной внутренней работы, год поиска собственного пути, год планов, год поисков идеалов. Об этом свидетельствуют сохранившиеся отрывки из дневника Неймана этого периода:

...Я не боюсь вступить в этот мир. Если у меня останется здравый смысл творить добро и силы ... чтобы делать это добро, то я отдам все это миру.

Когда наступит время творчества, я буду все время работать, спать только 6 часов и отдыхать только 2—3 часа в день. Сейчас я направляю все свое внимание на учебу, и это придает моей душе особые силы... [47, с. 76].

Нейман сформулировал жизненные правила, которые он назвал заповедями. Он повесил их в своей комнате на видном месте. Заповеди гласили:

1. Говори только то, что другим и тебе самому может быть полезно. Избегай бесплодных разговоров. Не следуй привычкам,

которые тяготеют над тобой. Знай, что надо говорить, умей выразить свои мысли, шути, если ты умеешь это делать в легкой форме.

2. Каждая вещь должна иметь свое определенное место. Каждое занятие — свое определенное время.

3. Делай только то, что ты должен делать. Делай без ошибок то, что ты хочешь делать.

4. Не трать денег зря, а только для своей пользы и пользы других.

5. Не наедайся до такой степени, чтобы плохо себя чувствовать. Не пей так много, чтобы голова теряла способность мыслить.

6. Не теряй времени даром. Всегда занимайся чем-нибудь полезным. Отстраняй от себя все ненужное.

7. Твои мысли должны быть чистыми и серьезными, а твоя речь должна соответствовать им.

8. Не причиняй никому зла. Не упускай возможность сделать кому-либо что-нибудь хорошее. Это является твоей обязанностью.

9. Избегай всяческой показухи. Не обижай никого. Делай это только в том случае, если ты считаешь, что имеешь на это право.

10. Будь чистоплотным в одежде. Содержи в чистоте тело и жилище.

11. Пусть тебя не беспокоят мелочи, обычные и неизбежные.

12. Не следуй похотливым мыслям, а следуй только влечению души.

Я в долгу у Родины — святая обязанность, я в долгу у всего мира, я в долгу ... у вечности [47, с. 77].

Рядом с заповедями Нейман повесил распорядок дня и жил по нему не неделю, не месяц, а больше года, до окончания гимназии. Этот юноша знал чего он хочет, знал, что может рассчитывать только на собственные силы. Он спал только 6 часов: с 10 часов вечера до 4 часов утра. До ухода в гимназию он успевал заниматься по крайней мере 2—3 часа и 5—6 часов вечером. Только молодой, крепкий организм мог вынести такой режим. Интересно, что в своем распорядке дня Нейман не отдает предпочтения ни одному из школьных предметов. Хотя к этому времени уже ясно стал проявляться его особый интерес к математике.

Первое упоминание о несомненных математических способностях Франца Неймана — рекомендательное письмо директора Бернарди, которое мы привели выше. Но уже во время учебы в Иоахимстале и в младших классах Вердерской гимназии Франц выделялся на уроках арифметики: он быстрее всех схватывал материал, быстрее всех решал немудреные задачки. Теперь, в старших классах, эти способности еще более укре-

пились. В классе, да и во всей школе, ему не было равных. Об этом вспоминали его соученики по гимназии. Писатель Виллибальд Алексис, тоже участник кампании 1815 г., писал в своих воспоминаниях: «Неймана за его способность к математике прозвали математиком. Во время занятий в классе его просили помогать нам, так как он делал большие успехи в математике» [47, с. 79].

Другой однокашник Неймана, Людвиг Кельштаб, писал:

„Мой учитель по Вердерской гимназии д-р Нордман не способствовал моим успехам в математике, особенно в алгебре. Он был, без сомнения, превосходным математиком, более сильным, чем его коллега проф. Циммерман, который преподавал ту часть геометрии, которая соприкасается с алгеброй. Однако уследить за ходом его рассуждений было очень трудно. Очень немногие, вернее, только один ученик мог это делать от начала до конца. Этого ученика звали Нейман. Он имел выдающиеся способности к математике, а также прекрасный характер и пользовался среди нас большим уважением“ [47, с. 79].

За математику Нейман был спокоен. Зато другие предметы, особенно языки, давались ему с трудом. Он всегда был не в ладах с классическими предметами гимназии, такими, как древние языки и история, где нужно многое помнить и ничего нельзя доказать логически. Но зато, когда он занимался физикой, его память обострялась, он стремился все понять и запомнить и с легкостью достигал этого.

Любознательность требует пищи, и Нейман много читал. Покупать книги ему было не на что, он еле-еле сводил концы с концами. Но ведь есть такие прекрасные люди, как букинисты. Он познакомился со многими букинистами, и они, заметив любознательность юноши и, что в данном случае имеет немаловажное значение, его безупречную честность, стали давать ему книги домой. После прочтения книги аккуратно возвращались для продажи. С незнакомыми букинистами было сложнее. Однажды Нейману понадобилась книга по математике. Он нашел ее среди других разложенных на земле томов. Хозяин не разрешил взять книгу в руки, и Франц вынужден был читать ее много часов подряд, разложив книгу на земле. Другой букинист выставлял книги в окне, причем так, чтобы прохожий мог читать

наиболее интересные места. Нейман пользовался и этой возможностью.

В дневнике Неймана этого времени много выписок из прочитанных книг. Здесь мысли об истории человеческого общества, об искусстве, о связи искусства с наукой, о природе. И, конечно, мысли о любви, о человеческих отношениях.

Осенью 1817 г. Франц получил свидетельство об окончании гимназии:

Аттестат № II

Имя: Франц Нейман
из Иоахимстали, сын управляющего, лютеранского вероисповедания, 19 лет, в гимназии 8,5 лет. 2,5 года был первым, исключая 1815 год, когда он участвовал в кампании и был тяжело ранен. Хочет продолжать учебу до высших знаний.

Поведение — в основном постоянен. Посещение школы было нерегулярным.

Прилежание — в латинском он занимался нерегулярно, но часто очень серьезно. В греческом — почти всегда с интересом, но все же большее внимание обращает на содержание, чем на грамматику, знания которой имеет с пробелами. В немецком — имеет живой интерес к языку, но не умеет выражать свои мысли. В истории — не совсем прилежен. В математике — достаточно знаний и один из лучших в прилежании. Очень слаб во французском. Хорошо разбирается в физике.

Знания — стремится к пониманию латинских писателей, недостаточно знаний в латинском стиле. В греческом — хорошо понимает, но несколько хуже знает грамматику. В немецком — обладает зрелостью суждений, но средства их выражения несколько однообразны. В истории отсутствует ясный и хронологический взгляд на события. В математике знания превосходят заданные границы. В физике разбирается хорошо. Во французском очень слаб [47, с. 84].

Окончив гимназию, Нейман решил поступить в Берлинский университет. Для этой цели директор Бернарди дал ему рекомендательное письмо. С этим рекомендательным письмом Франц Нейман вступил в жизнь.

Студенческие годы

1

В октябре 1817 г. Франц Нейман был зачислен в Берлинский университет. Он поступил на факультет теологии. Таково было желание отца.

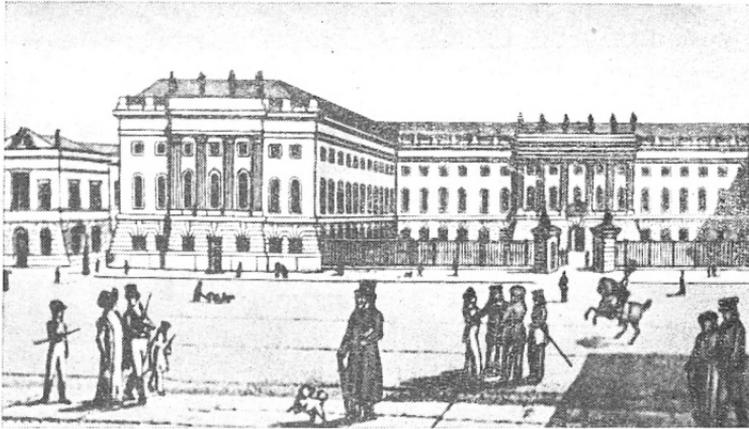
Берлинский университет был еще совсем молодым университетом: он был основан в 1810 г., в тяжелые годы оккупации. По мысли его организаторов, он должен был способствовать возрождению самосознания немецкой нации. Недаром первым ректором университета был Фихте. Кроме того, в университете в эти годы преподавали крупнейшие ученые Европы: юристы Ганс и Савиньи, философ, создатель диалектики, Гегель, основоположник научной географии Риттер, историк Вилькен, минералог и кристаллограф Вейс.

Берлинский университет, как и все немецкие университеты, являлся государственным учебным заведением. Одна из особенностей немецких университетов того времени состояла в том, что в качестве профессоров в них приглашались не просто хорошие преподаватели, а ведущие ученые. Им вменялось в обязанность сочетать свою научную работу с преподавательской деятельностью. Это создавало определенную атмосферу сопричастности к научному творчеству и среди студентов. Ведь часто на лекциях излагались самые последние результаты исследований, проведенных профессором.

Вскоре после того, как Франц Нейман поступил в Берлинский университет, его ректором был избран профессор Марайнике. По случаю своего вступления в должность ректор обратился с посланием к студентам, в котором он высказал свои мысли о целях и задачах университетского образования:

В последние годы многие из учащихся в университете спешат получить специальные знания, необходимые им для государственной или церковной деятельности, пренебрегая изучением общих фундаментальных наук, таких, как древние языки, история и философия. Это является следствием неправильного представления о сущности научного образования вообще и о связи между общими и специальными предметами в частности.

Большая часть студентов думают, что наука является средством к жизни. Но некоторые считают, что сама наука в ее



Берлинский университет

поиске есть жизненная необходимость. Эти последние не обращают внимания на практические приложения науки.

Обе эти точки зрения неправильны. Все приложения науки исходят из общих наук, что видно из связи математики и естественных наук. Все новые знания ведут свое начало из древних знаний, и поэтому латинский и греческий языки нужны не сами по себе, а для чтения древних авторов и для общения людей науки разных национальностей. История тоже необходима всем, особенно изучающим право. Философия тем более необходима, ибо она объединяет все науки.

Поэтому те люди, которые хотят довольствоваться изучением только практических приложений науки, не могут учиться в университете как в образовательном учреждении высшего ранга, а должны получать образование в других учебных заведениях.

Мы хотим, чтобы все сказанное дошло до сердец наших коллег. Только один путь ведет к действительной цели: сначала изучить древние и общие науки, а затем заниматься окончательным изучением вашего конкретного предмета, которому вы хотите себя посвятить.

Иначе говоря, каждый учащийся, к какому бы факультету он себя не причислял, должен получить в университете фундаментальные знания по классическим языкам, математике, истории и основам школьного преподавания. Он должен все это осмыслить и проанализировать с более общих позиций, чем это делалось в школе. Одновременно он должен все это изучить глубоко и исчерпывающе для своего общего духовного образования. Как свою непосредственную профессию, он должен изучить предлагаемую университетом философию и основы естественных наук в гораздо большем объеме, чем в школе [47, с. 89].

Эти мысли ректора Марайнике вызвали живой отклик в душе студента Неймана. Он приналегал на изуче-

ние математики и естественных наук, совершенно забыв, что поступил в университет изучать теологию.

Материальное положение Неймана было тяжелым. Тех денег, которые высылал отец, явно не хватало на жизнь. И хотя студенту не так уж много и нужно, но учиться и жить в Берлине становилось все труднее. Если бы не друзья, пришлось бы бросить учебу. На то, чтобы снимать комнату, не было денег. Но помог старый друг — механик Циммерман, которому Нейман еще в школьные годы давал уроки математики. Он предложил ему бесплатно свою комнату. В этой комнате почти без всякой мебели Нейман занимался. Здесь же он и спал прямо на дощатом полу, укрывшись солдатской шинелью. Об этом узнала фрау Бальдеман и прислала ему постельные принадлежности. Некоторое время Нейман блаженствовал в настоящей постели, но потом, когда он был в университете, постель пропала. И опять в ход пошла старая солдатская шинель. Не хватало денег и на питание. Директор Вердерской гимназии Бернарди, как и в годы школьной учебы, хлопотал для него бесплатное питание. Иногда выручали уроки, которые он давал, но их было немного.

2

Кое-как прошла зима, а в апреле 1818 г. Франц уехал в Йену и поступил в местный университет.

Такие переходы из одного университета в другой в Германии в те годы были не редкостью. Многие юноши, особенно из состоятельных семей, поучившись год-другой в одном университете, переходили в другой, а то и в третий, растягивая свою учебу на многие годы. Чаще всего такие переходы не имели никакого отношения к пополнению образования, а были вызваны желанием пожить жизнью нового города, а то и нового государства. Но иногда переходы в другой университет бывали связаны с высокими соображениями, например с желанием прослушать курс лекций у какого-нибудь знаменитого ученого. Но, по-видимому, такие случаи все же были крайне редки.

Переезжая в Йену, Нейман не руководствовался ни теми, ни другими соображениями. Сам он позже объяснил этот свой поступок следующим образом. В Берлине Нейман познакомился со студентом Пенцем, у которого в Йене была большая комната. Тот предложил поселиться вместе, и они уехали в Йену. В эту версию

трудно поверить. Такой целеустремленный юноша, как Нейман, вряд ли бросился бы в чужой город, где у него не было ни родных, ни друзей, без средств к существованию только из-за возможности иметь хорошую комнату. Конечно, причина была более серьезная. Возможно, Нейман решил уехать из Берлина, чтобы не причинять больше беспокойства своим друзьям. Его материальное положение все ухудшалось, друзья делали все возможное, чтобы он мог продолжать учебу, но их возможности также были весьма скромны. Нейман видел, что ему помогают, часто отдавая последнее, а его отказы глубоко обижают друзей, и он решил уехать в другой город, тем самым положив конец этой неловкой ситуации.

Комната, в которой Нейман поселился с Пенцем, действительно была большая, с двумя окнами. Каждый оборудовал себе рабочее место у окна, было очень светло и удобно. Но жить по-прежнему было не на что. В довершение всего Нейман окончательно обносился. У него остались только сильно поношенные брюки и жилет, а вместо куртки он вынужден был носить свою старую солдатскую шинель. Конечно, в таком виде давать уроки было невозможно, Нейман начал голодать.

Но этим его беды не ограничились. Хуже всего было то, что учиться в Йенском университете было нечему. Хотя Йенский университет находился на территории герцогства Саксен-Веймар, его содержали еще три государства: Саксен-Гота, Саксен-Заальфельд-Кобург и Саксен-Мейнинген. Поэтому приглашение каждого нового преподавателя должно было согласовываться четырьмя министерствами, а затем утверждаться четырьмя герцогами. Казалось бы, это должно было гарантировать отличное качество преподавательского состава. Но на деле все получалось наоборот. Бюрократическая канитель, сопровождавшая вступление в должность, отпугивала большинство преподавателей, и Йенский университет, вечно испытывая дефицит профессоров, комплектовался в основном за счет посредственных, но настойчивых кандидатов. Правда, случались и исключения: с февраля 1805 по ноябрь 1806 г. в Йенском университете преподавал Гегель. Но в те годы, когда в Йенском университете учился Нейман, подобных исключений не было.

Как и в Берлине, Нейман главным образом занимался естественными науками. Но на лекциях по бо-

танике он слышал только бесчисленные названия растений, классы и семейства их классификации, причем слушатели, да и, по-видимому, сам профессор, очень скоро забывали, что речь идет о растениях.

Еще хуже обстояло дело с минералогией, с предметом, к которому Нейман наряду с математикой испытывал наибольший интерес. Любимой темой профессора минералогии были рассказы о его путешествии в Швейцарию, о том, как он совершал его в обществе жены и четырех дочерей. Другой любимой темой этого профессора было местное минералогическое общество, почетными членами которого были великий герцог Саксен-Веймарский Карл Август и другие члены высочайшей фамилии. Страстью профессора минералогии было комплектование коллекции минералов. Ради этого он использовал все средства, вплоть до изготовления фальшивых минералов. Конечно, такой наставник был глубоко антипатичен Нейману.

Что же касается любимой математики, то дело здесь обстояло не лучше. Нейман вспоминал:

«Когда я представился профессору математики, он сказал: „Да, я буду читать вам лекции, но вы их не выдержите“. Я переговорил с пятью другими товарищами, и мы решили идти к нему. Профессор вошел в аудиторию, встал на кафедру спиной к нам и, не говоря ни слова, стал писать на доске математические формулы и что-то чертить, пока не вышло время. Потом он поклонился и ушел.

На другой день пришли только трое студентов. Профессор снова встал к доске, снова писал непрерывно математические формулы, снова не сказал ни слова, опять поклонился, и вторая лекция закончилась.

На третий день, кроме меня, пришел только один студент. Появился профессор, взобрал на кафедру и обращаясь к нам сказал: „Видите господа, я же говорил, что никто не в состоянии выдержать“. Поклонился и исчез» [47, с. 95].

Таков был уровень преподавания в Йенском университете. Естественно, Нейман не многому мог там научиться.

А тут еще начались политические волнения среди студентов.

Собственно, политическими их назвать было нельзя. У руководителей этих выступлений не было ни ясной программы, ни конкретных целей. Еще свежи были

в памяти страстные призывы Фихте к национальному возрождению, еще не забыты были победы ополченцев-добровольцев над непобедимыми армиями, а уже суровая действительность рассеяла иллюзии относительно коренных преобразований в Германии. Кругом была масса недовольных. Недовольны были крестьяне — законы, направленные к их освобождению от феодальной зависимости, были половинчаты и робки. Недовольны этими законами, но как ущемляющими их права были и помещики. Немецкая буржуазия тоже была недовольна — рынок был наводнен английскими товарами, плохо оборудованные и лишенные капиталов немецкие фабрики не могли конкурировать с иностранцами. Интеллигенция была недовольна отсутствием либеральных реформ — те конституции, которые были введены в некоторых немецких государствах, не отвечали элементарным понятиям о демократии. Союзный сейм ничего не хотел и не мог решать, стал олицетворением косности и тупости. Добавьте к этому плохие урожаи в 1816 и 1817 гг., рост цен — и вы получите общую картину немецкого общества того времени.

Однако не следует думать, что все недовольные слои общества открыто выражали свои требования. Бурлило только студенчество. Молодые горячие головы кружились от националистического угара. Они опьяняли себя громкими словами и туманными мечтаниями. В основном их декларации сводились к требованиям закрыть дорогу английским товарам и французскому влиянию, возродить великую германскую нацию и государство. Наиболее радикальные студенты объединились в организацию «Буршеншафт», которая была создана Людвигом Яном и его единомышленниками как единая общегерманская студенческая корпорация вместо многочисленных мелких национальных землячеств. Члены этой организации принципиально не носили галстуков (долгой французскую моду!). Они щеголяли в беретах с черно-красно-золотой кокардой и повторяли как клятву сакраментальные слова: *frisch, frei, fröhlich, fromm* (бодрый, свободный, радостный, благочестивый). Им казалось, что этим они воскрешают древнегерманскую доблесть и силу духа.

Центром «демагогов», как метко окрестили бунтующих студентов, не случайно стала Йена. В местном университете профессора выступали с докладами о свободах и национальном величии. Их поддерживал сам

великий герцог Веймарский Карл Август. Этот либерально настроенный монарх одним из первых даровал своим подданным конституцию. Он заигрывал с университетскими профессорами, поощрял их, а в ответ получал от них восторженные эпитеты благодетеля нации, выдающегося государственного деятеля и тому подобные. Кстати, немаловажную роль в становлении либеральных взглядов герцога сыграл Гете, бывший одним из его министров.

Нейман, конечно, вступил в «Буршеншафт» и активно участвовал в митингах и собраниях. Но в отличие от более радикальных студентов его деятельность в союзе ограничивалась преклонением перед Людвигом Яном, которого он знал со школьной скамьи.

Это движение «демагогов», не направленное ни к какой конкретной политической цели, конечно, не представляло угрозы правительствам. Однако руководитель Германского союза австрийский канцлер Меттерних пристально следил за ним, с тем чтобы оно не вышло из-под контроля и не переросло в действительно революционное. Он ждал повода для вмешательства, и этот повод не заставил себя ждать.

Руководители „Буршеншафта“ для привлечения новых членов в союз решили 17 октября 1817 г. в городе Вартбурге устроить празднование, посвященное четвертой годовщине Лейпцигской битвы и трехсотлетию начала Реформации в Германии. На него съехались несколько сотен студентов и профессора Йенского университета. Были произнесены речи, спеты патриотические песни и гимны, вышито несчетное число кружек доброго немецкого пива. Когда вечером при свете факелов проводили домой профессоров, устроили большой костер в честь Лютера. Тут кому-то пришла в голову идея сжечь на этом костре ненавистные книги. За неимением самих книг сожгли корректуру первых попавшихся под руку. Туда же в костер бросили капральскую палку, косичку и гвардейский мундир.

Этим незамедлительно воспользовался Меттерних. Он настоял на отстранении от должностей профессоров, участвовавших в Вартбургских торжествах, что вызвало еще большие волнения среди студентов. Их ненависть сконцентрировалась на нескольких лицах, среди которых был Август Коцебу. Этот литератор высмеивал движение „Буршеншафт“ и между делом доносил русскому императору о положении дел в Германии. Студенты счи-

тали его шпионом и грозили расправой. Эту угрозу привел в исполнение студент-богослов Карл Занд — экзальтированный юноша со склонностью к умственному расстройству. Он проник в дом литератора и заколол его кинжалом. Затем он пытался заколоть и себя, но был схвачен. Раны, которые он себе нанес, оказались не смертельными, его вылечили и предали суду.

Нейман лично знал Занда и считал его «ограниченным человеком, восторженной натурой». Его поступок ошеломил Неймана: никогда члены союза не замыслили никаких террористических актов. Но дело было сделано, и этот единичный случай был истолкован реакционными лидерами Германского союза как типичное проявление революционных тенденций в студенческом движении. Реакция получила повод для решительной расправы с «демагогами».

Заручившись поддержкой Фридриха Вильгельма III, Меттерних в августе 1819 г. созвал в Карлсбаде совещание министров главных немецких государств. На нем было решено учредить строгий контроль за деятельностью университетов, ввести запрет на все общества и союзы, установить цензуру для газет, журналов и книг. Кроме того, во Франкфурте учредили центральную следственную комиссию, которая должна была пристально следить за деятельностью «демагогов». Председателем этой комиссии был назначен представитель Пруссии.

Начались аресты. Были арестованы многие руководители „Буршеншафта“. Арестовали друга Неймана Франца Либера, который вместе с ним участвовал в кампании 1815 г. Ему была запрещена всякая деятельность в пределах Германии, и он вынужден был иммигрировать в Грецию. Арестовали и Яна. Он просидел по разным тюрьмам шесть лет и только в 1825 г. вышел на свободу. Ему запретили заниматься преподавательской и общественной деятельностью, до 1840 г. он находился под надзором тайной полиции.

Нейман избежал ареста, но, как и другие прусские студенты, был в 24 часа выслан из Йены обратно в Берлин.

3

Нейман снова в Берлине. Его радостно встретили друзья, которые собирались в гостеприимном доме Бальдеманов: Карл Распе — молодой купец, его брат Рудольф — студент, Карл Маркварт, Дулиц, Карл Ройтер

и другие. Здесь его ждала Джетхен Бальдеман — верный друг, которая искренне любила Неймана.

Нейман с большой радостью приступил к занятиям в университете. Хлопоты его друзей увенчались успехом: ему выделили стипендию на шесть семестров в размере 25 таллеров в семестр. Она пришлась как нельзя кстати: мы уже говорили, что в Йене Нейман голодал, а вся его верхняя одежда состояла только из старой шинели.

Нейман по-прежнему официально изучал теологию и юриспруденцию. Но теперь у него новое увлечение — минералогия. По-видимому, тот незадачливый профессор из Йенского университета сыграл свою роль. Трудно судить, насколько пробудили у Франца интерес к минералогии его лекции, но вот собранная им всеми правдами и неправдами большая коллекция минералов вряд ли оставила равнодушной Неймана. К этому нужно добавить и еще одно немаловажное обстоятельство: Нейман вырос вблизи больших каменоломен около Иоахимсталя, там он наверняка встречал необычные по своей расцветке камни, и, как все мальчишки, набивал ими карманы, чтобы показывать своим приятелям.

Минералогию в Берлинском университете преподавал выдающийся ученый профессор Христиан Самуил Вейс. Он родился в 1780 г. в Лейпциге в семье пастора. Намереваясь стать врачом, он окончил медицинский факультет Лейпцигского университета, но затем изменил свои планы и в 1801 г. приехал в Берлин для изучения физики, химии и минералогии. Здесь он начал заниматься в Берлинской горной академии под руководством ученика Вернера Д. Карстена. В 1810 г. после смерти Карстена Вейс занял его кафедру минералогии в академии и одновременно аналогичную кафедру в только что открытом Берлинском университете. В 1820 г. когда Нейман с интересом слушал его лекции, это был уже известный ученый, глава целой школы минералогов и кристаллографов. Среди его учеников были и русские ученые. Один из них, впоследствии российский академик Николай Кокшаров, оставил в своих воспоминаниях красочный портрет уже старого Вейса:

«Вейс на своих лекциях представлял собой весьма внушительную и типичную фигуру. Он был худощав, имел тонкие черты лица и когда увлекался преподаваемым предметом, то глаза его блеснули. Белоснежные седые волосы падали почти на плечи; одет он



Х. Вейс
(1780—1856)

был очень чисто, всегда в белом галстуке с накрахмаленным жабо и в длинном черном сюртуке. Держа в левой руке кристалл или деревянную модель кристалла, правой рукой, вооруженной перочинным ножиком, он указывал на разные части кристалла, слегка касаясь их острым концом ножика...»

Профессор Вейс скоро заметил интерес, который проявляет студент Нейман к минералогии. Поэтому он рекомендует его министру просвещения как наиболее подходящего кандидата для путешествия в Судеты в район хребта Исполиновые горы

для сбора коллекции минералов. Экспедиция должна была начаться летом 1820 г. Для этой цели ему выделили сумму в 60 таллеров. Но этого вряд ли хватило бы на все расходы, связанные с путешествием, и Нейман решил сэкономить часть денег из своей скромной стипендии. «Снова,— пишет он,— я целый год из денежных соображений спал в комнате моего друга. Жил я на кофе и хлебе. Кофе, конечно, суррогат. Варил я его на маленькой спиртовке, так как расходы на дрова должны были сократиться до минимума. Топил стружками, которые находил на улице» [47, с. 112].

Все свободное время Нейман по-прежнему проводил у верных друзей Бальдеманов. Здесь в эту тяжелую зиму он встретился с Карлом Марквартом и его сестрой Вильгельминой (Минной), которая была помолвлена с другом Неймана и Бальдеманов молодым купцом Карлом Распе. Минна и Карл пригласили Франца провести пасхальные каникулы у них в местечке Грабове. Это был чудесный отдых. Они часами гуляли, Минна заботливо расспрашивала о его делах, занятиях, подготовке к путешествию. При прощании она взяла с Неймана слово, что во время экспедиции

он будет специально для нее вести дневник, записывая интересные встречи с людьми, описывая свои находки и приключения. Нейман свое слово сдержал.

Вернувшись из Грабова, Нейман опять много работает, готовясь к экспедиции. Прежде всего со свойственной ему обстоятельностью он разрабатывает подробный план экспедиции. Он внимательно изучил книгу Леопольда фон Буха «Геогностические наблюдения в путешествиях по Германии», где описывались особенности строения Судетов и их месторождения. Причем изучил так основательно, что смог построить из глины макет хребта Исполиновых гор.

Отправляться в такое путешествие, полагаясь только на радушие местных директоров шахт и горных мастеров, было бы верхом наивности. Люди в Исполиновых горах, хотя и гостеприимные, но вряд ли они допустят безвестного бродягу к горным разработкам и шахтам. Поэтому Нейман запасся множеством рекомендательных писем. Одно из них, например, гласило:

Королевское министерство просвещения и от его имени профессор минералогии Вейс поручили подателю сего, студенту Нейману, следующее задание: при совершаемом им путешествии с геогностическими целями по Силезии собрать коллекцию минералов. Королевское горное общество просит оказывать г. Нейману всяческое содействие и поддержку в достижении этой цели. Королевское горное общество особо просит разрешить показать г. Нейману интересующие его разработки, а также оказать ему помощь в пересылке собранных минералов в города Мальш и Бреслау для дальнейших исследований [47, с. 117].

Не в мае, как предполагал Нейман, а в августе он наконец отправился в Судеты. С рюкзаком за плечами он отбыл из Берлина в Дрезден через Зенфтенберг. Этот городок у северо-западной окраины Судет известен своими гранитными каменоломнями. Нейман хотел начать свою экспедицию с их осмотра. Но оказалось, что их не так-то просто найти. Нейман долго лазал по заброшенным карьерам, пока наконец случайный прохожий не показал каменоломни.

После их осмотра поздно вечером Нейман набрел на постоялый двор. Усталый и голодный, грязный, в изорванной об острые камни одежде, он ввалился в обеденный зал и потребовал ужин и ночлег. В зале было много народу — все местные рудокопы. При виде такого оборванца все настороженно притихли, а хозяин потребовал, чтобы Нейман предъявил паспорт,

и тут только Нейман с ужасом вспомнил, что паспорт он оставил дома! Рудокопы угрожающе зашумели. Нейман лихорадочно ощупывал карманы и в одном из них обнаружил свою матрикулу — зачетную книжку университета, которая была написана по-латыни. Он подал ее хозяину. Тот повертел ее и так и эдак, ничего не понял и передал рудокопам. Матрикула пошла по рукам, но никто не смог понять, что там написано. Нейман уже оправился от волнения. Он потребовал свою матрикулу обратно и громко, с большим пафосом по-латыни прочитал ее от начала до конца. Все притихли, и хотя никто ничего не понял, внимательно слушали. Латынь произвела большое впечатление, все успокоились, и Франц получил и ужин, и ночлег.

Латинская матрикула спасла его от серьезных неприятностей. Как он узнал позже, во время войны в этих местах отступающие французы прятали воинскую кассу, и не было недостатка в желавших найти ее. Местные жители, естественно, не хотели упускать кассу из своих рук и посторонних искателей жестоко избивали. Так, с приключения началось путешествие Неймана по Судетам. И в дальнейшем не обошлось без приключений, часто довольно опасных.

Путь Неймана лежал из Дрездена на юг, на Шмидеберг и дальше на юго-запад вдоль хребта Рудных гор на Хиршберг. Он внимательно осматривал рудники, собирал образцы минералов, изучал горную технику. Особенно его интересовали местные минералогические музеи, где он увидел много редких минералов и руд, собранных несколькими поколениями рудокопов. В путевом дневнике он записывает названия месторождений, их особенности, какие минералы добываются, в каком количестве. Тут же встречаются фамилии горных мастеров, их краткие, но выразительные характеристики, например: «Глеве — благородный, хотя и хитрый, но он мне нравится. Он должен мне показать все», или: «Обер-инспектор Мартинай — гордый и глупый». Впечатление такое, что это заметки на память: Нейман твердо решил стать минералогом и с этими людьми ему еще не раз придется встречаться и вместе работать.

Почти все свое путешествие Франц проделал пешком с тяжелым рюкзаком за плечами. Причем часто без проводника он решался забираться в самые труднодоступные места. Каким опасностям он при этом себя

подвергал, видно из письма Неймана к своему соратнику:

«В Купферберг прибыл субботним вечером. Я хотел на следующий день совершить небольшую пешую прогулку и выбрал направление на Фишбах. Было восхитительное воскресное утро: солнце стояло еще низко и туман заполнял почти все вдали. И тут я вдруг увидел в каком-то магическом освещении на горизонте прекрасную картину. Пораженный зрелищем я поспешил туда, чтобы потом хоть как-то рассказать об увиденном. Мне сказали: это вершина гор.

Не зная природы гор и не зная, как они далеко, я решил добраться до вершины. Меня предупреждали: без проводника идти нельзя. Но я не придавал этому значения, взял карту, выбрал маршрут и решил по возможности идти в этом направлении. Я пошел в своей обычной одежде. Будучи учеником Яна, я ходил в тренировочном костюме. В свежестыранной холщевой рубашке, в больших белых крагах, с длинными волосами, с палкой в руке и с воскресным настроением в сердце шел без дороги и без тропинок через камни и густой кустарник к вершине горы.

Утром я выпил только чашку кофе. Было четыре часа дня, когда голод стал давать о себе знать. Но я храбро шел вперед.

Только ночью, после многих опасностей, в непроглядной темноте, большей частью ползком и наощупь добрался я до подножья горы. Луна то показывалась, то пряталась за облаками; я заметил маленькую тропинку, которая вела вверх и пошел по ней, но вскоре обессилел и не мог больше идти. После краткого отдыха у меня снова нашлись силы и я пошел дальше. Наконец я заметил маленькую часовню. Она была закрыта. Я сел на ее каменные ступеньки и успокоился.



**Франц Нейман,
1820 г.**

Рисунок, выполненный одним из друзей Неймана

Что теперь делать? Так как я изучал книгу Леопольда фон Буха, то знал, что Чешско-Богемская сторона вершин имеет крутой, почти перпендикулярный склон.

Я не мог в темноте сделать ни одного шага и должен был ждать, когда снова появится луна. Когда луна появилась, я увидел три тропинки, ведущие к часовне. Снова исчезла луна, темнота снова окружала меня. Я лег на землю, протянул вперед руки и начал внимательно ощупывать одну из тропинок. Скоро я почувствовал, что тропинка кончается — впереди был обрыв. Я приполз обратно к часовне и попытался также разведать вторую тропинку. Наконец, я нашел правильный путь и пошел медленно по нему. Достигнув подножья горы, я заметил впереди свет и решил бросить свою тропинку, а идти прямо на свет. Тут я попал в болото и был несказанно рад, когда после продолжительных поисков снова нашел мою узкую тропинку. Больше я ее не покидал и, идя по ней, вскоре достиг маленького пастушьего домика — единственного, что было на моем пути.

Подкрепившись коротким отдыхом, я пошел дальше и пришел в Чехию. Вечером снова пришел к пастушьему домику. Здесь меня встретили приветливые хозяева, у которых я остался на ночь. Они освободили мне большую кровать с балдахином, и я прекрасно выспался.

На следующий день я должен был снова отправиться в путь, чтобы вернуться на Силезскую сторону. Я подошел к снежным сугробам. Не подозревая об опасности, я решил сходить в базальтовые разработки. Я прошел уже треть пути, когда мужество покинуло меня. Восхождение становилось все опаснее и опаснее. Но идти назад было невозможно. Я немного успокоился и через некоторое время пошел снова. Где быстрым шагом, где ползком я перебирался от скалы к скале, подвергаясь смертельной опасности. Наконец я достиг первых домов Шрайберхау. Это чудо, что я достиг их» [47, с. 122].

4

В декабре 1820 г. Нейман вернулся в Берлин. Во время своего путешествия он собрал большую коллекцию минералов. Его рюкзак был таким тяжелым, что двое рабочих с большим трудом смогли его поднять.

Еще и сегодня в Берлинском музее природоведения можно увидеть минералы, которые собрал и привез Нейман.

Желая как-то компенсировать расходы своего ученика на путешествие, Вейс предложил Нейману оценить привезенную им коллекцию, с тем чтобы университет мог ее купить. Нейман категорически отказался и заявил, что он дарит коллекцию университету.

Отказавшись от денег за коллекцию, Нейман поставил себя в крайне тяжелое положение. Во время путешествия он истратил все сбережения, так как министерство вместо обещанных 60 выделило только 25 таллеров. Теперь он остался совсем без средств. Зимой 1820/21 г. он вынужден был жить в неотапливаемой комнате и спать на голых досках. Узнав об этом, сердобольная фрау Бальдеман опять прислала ему кровать и постельное белье. Но это решило только одну из проблем. А надо было еще есть и одеваться.

В отчаянии Нейман обратился с письмом к министру просвещения фон Альтенштейну:

Пожалованные Вашим превосходительством 5 и 20 таллеров для научного путешествия я употребил на путешествие в Силезские горы для геологических исследований. Я знаю, что полученные знания могу использовать для своего образования. Но возвратившись из путешествия, я совсем обнищал. У меня нет ничего. Меня содержат мои друзья. Их дружеское участие в моей просьбе о дальнейшей поддержке Вашего превосходительства вселяет в меня надежду. Я не смогу продолжить свое образование без этой поддержки.

В то же время отсутствие полной уверенности и полнейшее обнищание во всем серьезно мешают моим занятиям. Прошу Ваше превосходительство дать мне положительный ответ [47, с. 127].

Друзья Неймана с своей стороны тоже предпринимали усилия, чтобы помочь ему закончить образование. Верная Джетхен Бальдеман хлопотала для него о месте лектора в Биржевом обществе. Туда требовался молодой образованный человек, которому предоставлялась бесплатная квартира и пособие в 300 таллеров. Это решило бы все проблемы. Но, к сожалению, это место отдали другому.

Вейс обратился в министерство с просьбой о назначении Неймана заведующим минералогическим кабинетом. Но вместо этого оттуда пришло предложение о командировке Неймана с научными целями в Турцию.

Нейману ничего не оставалось делать, как принять

это предложение. Он стал опять готовиться к путешествию. Предстояло проехать на лошадях вместе с проводником через Карпаты в Молдавию и Валахию и оттуда в Турцию. Путешествие было рассчитано на длительное время, и Нейман с грустью думал о разлуке с друзьями и учителями. Своему другу Дулицу он пишет весной 1821 г.:

Я сижу в своей холодной комнате и думаю... что же это будет за путешествие? Я охотно думаю о нем, но все же мне как-то печально. Какими большими были мои планы и желания! Как мало из них реализовано и как много еще осталось! Вероятно, нужно иметь большое мужество, чтобы всегда быть бодрым, оглядываясь назад. Мне всегда жалко прошедшее, прожитое время, но все же оно является мерилom будущего... [47, с. 129].

Перед отъездом Нейман пишет Минне Маркварт:

Вы видите, я пишу Вам каждый раз перед отъездом, не надеясь на ответ.

Было только один год, когда в моей жизни были радостные дни; мне очень тяжело вспоминать Грабов, несмотря на то, что там мне было очень хорошо... Я уезжаю через несколько дней в Турцию по поручению министерства. Вы мало знаете об этой стране, там другие люди, все там чужое, но не настолько это все далеко и не настолько это опасно...

Бедная Джетхен, она меня очень любит и горюет о моем путешествии. Вы же не горюете нисколько, и это мне нравится больше. Я мужественно оседлаю коня... [47, с. 130].

Последние письма написаны, последние вещи упакованы, все готово к отъезду. Но тут пришло письмо из министерства просвещения. В первый раз за многие годы Нейман мог по-настоящему радоваться: ему сообщали, что путешествие отменяется и он назначается заведующим кабинетом минералогии Берлинского университета с окладом в 200 таллеров. Кроме того, для завершения образования ему выделено еще 60 таллеров на 1821 г.хлопоты Вейса наконец-то увенчались успехом.

Теперь Нейман смотрел в будущее полный самых радужных надежд. Ему казалось, что наконец-то перед ним прямая дорога к знаниям, к науке. Но жизнь готовила ему еще одно тяжелое испытание.

Управляющий имением

1

Неожиданно в мае 1821 г. пришло письмо от графини, в котором она сообщала Нейману о тяжелой болезни его отца. Письмо пришло из Берлина, где она была в это время. В конверт было вложено письмо, написанное слабым неровным почерком. В этом письме Эрнст Нейман писал графине, что он уже вряд ли увидит сына.

Нейман бросился в поместье и застал отца в очень тяжелом состоянии. Приезд сына на несколько дней вдохнул силы в умирающего: ему стало лучше, он повеселел. По-видимому, только сейчас, на смертном одре, Эрнст Нейман сказал сыну, кто его мать. Но он тут же взял с него слово не только никогда не говорить ей об этом, но и не показывать вида, что ему все известно. 13 мая состояние Эрнста Неймана резко ухудшилось, и в этот же день он скончался от апоплексического удара.

Эрнст Нейман пользовался большим уважением среди окрестных жителей, и на его похороны собралось много народу. Пришли крестьяне из соседних поместий, приехали знакомые и родственники из Иоахимсталя. Но среди провожающих его в последний путь не было женщины, которой он посвятил всю свою жизнь.

Свое душевное достоинство Нейман выразил в письме к Минне Маркварт 17 мая, сразу после похорон отца:

...Осталось какое-то безразличие, когда ничто не имеет никакого значения. Я потерял цель моих устремлений.

...Я пережил много горя, но смерть во всей своей ужасности, смерть любимого и верного — этого я еще не переживал.

Все это я смогу пережить только благодаря духу моего отца, так как он всегда влиял на меня своей целеустремленностью и поднимал мой дух личным примером...

Ни при жизни, ни перед смертью я никогда не слышал от него никаких жалоб, никаких стонів — все это он смог похоронить в своей сильной груди. Если телом мой отец умер, то дух его я пронесу с собой до могилы, он всегда останется со мной и никогда не умрет [47, с. 132].

Похоронив отца, Нейман хотел сразу же уехать в Берлин. Ему было тяжело встречаться с матерью. Но она письмом просила его дожидаться ее приезда.

Письмо графини своей искренней печалью и болью утраты любимого человека потрясло Неймана. В ответном письме он писал:

Беру Ваше письмо снова в руки и вижу, что, кроме меня, был еще один человек, который его оплакивает, который называет его верным другом (о чем я даже никогда не подозревал). Такие прекрасные слова о моем отце и с такой любовью еще никто не говорил....

Требуйте от меня все, что хотите, о друг моего святого отца. Во мне будут продолжаться его дела, я буду чтить его память [47, с. 134].

Вскоре пришло письмо от кузена Карла Дитрихса, в котором тот писал:

Твое положение очень тяжелое, но не отчаивайся. Есть на свете женщина, которая не оставит тебя в память о твоём отце. Она хочет, чтобы твоё положение улучшилось. Но это зависит от твоего решения. Я уполномочен ею предложить тебе принять руководство имением, которым управлял твой отец. Подумай и прими решение к её приезду. Она считает, что твой положительный ответ будет доказательством уважения к памяти твоего покойного отца. Но самое главное, она оставит тебе это имение по завещанию после своей смерти [47, с. 138].

Понимая, что последний довод для такого человека, как Нейман, не является решающим, кузен Карл решил сыграть на его родственных чувствах. Он пишет, что его мать (тетка Дитрихс) становится все слабее и не может больше работать на чужих людей. Бабушка, которая живет с ней, гораздо бодрее, чем она. Но ведь бабушку надо опекать, она уже старенькая. «Обе эти женщины, которые вырастили тебя, — заключает кузен, — умоляют не рушить своего счастья, ибо сейчас наступил тот момент, когда от твоего решения зависит твоё счастье и счастье твоих близких».

По-видимому, все эти доводы не возымели бы действия, если бы не тяжелое состояние матери Неймана и ее просьбы. Это оказалось решающим.

В ответном письме кузену Карлу Нейман пишет, что, несмотря на то, что хочет учиться дальше и посвятить себя науке, он «решил для себя, если потребуется, служить этой достойной женщине, не покидать ее, заботиться о ней до последних часов ее жизни».

Далее Нейман пишет:

...Если графиня пожелает, я бы изучил хозяйство, чтобы помочь ей. Я ни на минуту не сомневаюсь, что должен сказать: да. Но, как мне кажется, она хочет это сделать ради меня, я же, признаюсь, не вижу для себя никаких выгод... Я прошу у тебя и твоей матери прощения, но я не смогу воспользоваться щедрым подарком графини [47, с. 139].

Нейман остается верным себе: он готов пожертвовать своим будущим и стать управляющим имением, но только во имя любви к отцу и матери, а не ради возможности превратиться в его хозяина. В письме к своему другу Дулицу он пишет:

Ты знаешь, дорогой Дулиц, какая это будет для меня жертва, если я даже на время оставляю учебу. Эту жертву мне не возместят ни деньги, ни поместья. Я это делаю только из чистой любви моего сердца [47, с. 140].

То же он пишет и Карлу Распе:

Как ты знаешь, я пожертвовал многим — моей учебой, но тут вмешиваются злые силы и оскверняют мою чистую любовь и мой поступок. Говорят, что я ожидаю за него земных благ. Ты знаешь, что я меньше всего хотел бы что-либо делать за деньги, несмотря на то, что я очень нуждаюсь. За деньги ничего, ничего не могу делать. Я знаю, что это доходит до смешного [47, с. 141].

Итак, Нейман принял решение. В июне 1821 г. он приехал ненадолго в Берлин, чтобы уладить свои дела с университетом и попрощаться с друзьями. Уезжая из города он взял с собой большой чемодан книг и рукописей, так как намерен был не оставлять свои занятия минералогией. Тепло простившись с друзьями в конце июня 1821 г., Франц Нейман приступил к исполнению своих новых обязанностей — управляющего имением.

2

Положение Неймана в доме графини было неопределенным. Как управляющий он никуда не годился: ничего не знал, не умел, люди его не слушались.

В первое время Нейман пытался в свободное время (а свободного времени у него было больше, чем когда-либо) продолжать свои прерванные занятия. Он начал штудировать книги по химии, минералогии, физике. Приезжавшие в гости к графине соседи-аристократы с удивлением поглядывали на странного юношу в студенческой куртке с книгой. Его удостаивали в лучшем случае небрежным кивком как приживалку, а в большинстве случаев подчеркнуто не замечали.

Душевное состояние Франца с каждым днем ухудшается. Он бросает занятия и часто часами сидит один в своей комнате.

Друзья, как могли, поддерживали его. Он получал и сам писал много писем: Джетхен Бальдеман, Минне

Маркварт, Карлу и Рудольфу Распе, Дулицу... Они почти единодушно советовали Нейману объясниться с графиней начистоту, сказать ей, что знает о том, что он ее сын. Может быть, это растопит лед ее вежливой холодности и сделает их отношения более теплыми и родственными. Но Нейман отверг эти предложения: он дал слово отцу.

Время шло и надо было что-то делать. Осенью 1821 г. Нейман принял окончательное решение уехать из имения. Не решаясь поговорить с графиней, он пишет ей письмо:

Считайте меня несчастным, для которого было бы лучше не родиться!

Вы даже не можете себе представить, какая тяжелая борьба происходила в моей душе.

Я покидаю Вас, Ваше сиятельство, я не могу иначе.

Я покидаю место печальных и страшных воспоминаний...

Я чувствую себя здесь неуютно и неудобно. С ранней юности я испытывал потребность в науке, и это было моей целью, при достижении которой я все забывал и всем пренебрегал, всем, о чем заботятся люди, т. е. об удобствах жизни.

Я возвращаюсь обратно, чтобы мой ум и мои мысли направить на то, чтобы сделать достоянием человечества вечные законы природы и человеческой жизни. Я хочу углубиться в научные исследования. Вероятно, это поможет мне забыть о моей жестокой судьбе.

Ваше сиятельство, человек может многое, но я не могу иначе. Если Вы это поймете, Вы должны меня простить и оправдать; любой другой не смог бы вынести этого.

Я говорю все это, Ваше сиятельство, с тяжелым сердцем. От всей души желаю вам здоровья... [47, с. 177].

Это письмо — крик души человека, волею обстоятельств оторванного от дела его жизни и страстно стремящегося к нему. Раньше, всего год или два назад, студент Нейман мог еще выбрать себе любую карьеру, стать, например, мастером на руднике или управляющим плавильного завода. Теперь после вынужденного перерыва в занятиях, когда ему пришлось перенести много унижений и страданий, ясность цели обострилась вместе с его чувствами: теперь он не сможет заниматься ничем, кроме науки. Теперь путь его ясен.

В октябре 1821 г. Нейман уехал в Берлин.

3

В Берлине Нейман возобновил занятия в университете. Одновременно он начал свои исследования кристаллов под руководством Вейса.

Нейман работал самозабвенно. Наконец-то он почувствовал себя по-настоящему счастливым. Но эта счастливая пора продолжалась недолго. Уже в феврале 1822 г., спустя четыре месяца после возвращения, графиня просит его приехать ненадолго в имение, если это для него не будет «обязанностью и самопожертвованием».

Нейман не мог покинуть свою мать навсегда. Любовь к ней, несмотря на несходство характеров, взглядов, привязанностей, постоянно жила в его сердце. Он бросает свои дела, едет в имение и остается там до конца апреля, выполняя различные хозяйственные поручения графини. И хотя их отношения в основном прежние, все же некоторое улучшение налицо. Графиня начала интересоваться научными делами Франца. Об этом Нейман пишет Карлу Распе:

У меня свои собственные планы. Сначала я должен закончить мою работу, которой я был занят зимой. Это научная статья... Она (мать.— А. С.) очень радуется этому, дает мне хорошие советы. Я могу твердо сказать, что она больше, чем я, желает, чтобы статья была напечатана. (Это я могу сказать только тебе, так как я считаю подобные вещи весьма деликатными.) Но для ее окончания мне нужно еще поработать... [47, с. 187].

В апреле 1822 г. Нейман возвратился к своей работе. Однако он продолжает заботиться о матери. В течение 1822 г. он несколько раз приезжал в ее имение, помогал в ее хозяйственных делах.

Они постоянно обменивались письмами. Тон писем графини постепенно теплел, в них исчезала отчужденность, они становились все более доверительными и откровенными. Тем не менее Нейман всякий раз отказывается от предлагаемой ею материальной помощи.

В конце 1822 г. Нейман узнал, что известный путешественник, исследователь Бразилии, принц Максимилиан фон Нойвид готовится предпринять новое путешествие, на этот раз в Исландию и Гренландию. Нейман начал добиваться участия в этом путешествии. Но едва он сообщил о своем намерении графине, как получил от нее взволнованное письмо, в котором она умоляла его не уезжать.

Это письмо матери сыграло свою роль: Нейман отказался от намерения отправиться в экспедицию. Он по-прежнему часто бывал в поместье, отдавая много сил и времени управлению хозяйством графини. Сама

графиня в это время жила в своем доме в небольшом городке по соседству. Из их переписки видно, что Нейман становится опытным управляющим.

Несмотря на многочисленные заботы, Нейман пребывал в удрученном душевном состоянии. Он опять оторван от любимого дела, от друзей. Душевное состояние Неймана очень хорошо характеризует его ответ на письмо Минны Распе:

...О какой науке может быть здесь речь... Похоронить можно многое и очень основательно...

Вы меня называете одиноким. Это действительно так. Здесь нет ни одной живой души, с кем можно было бы поговорить. Вот сколько я здесь пробыл, никто ко мне не пришел, ни разу не пришел наш священник, а люди здесь допускают выходы против меня... [47, с. 214].

Но тем не менее Нейман продолжает работать, помогая матери, отказавшись от какого-либо вознаграждения.

Г л а в а 6

«Вклад в кристаллономию»

1

Научная работа, которой самозабвенно занимался Нейман, состояла в изучении закономерностей внешней формы кристаллов минералов и способов ее изображения.

Минералы изучаются с древнейших времен, ибо трудно найти более распространенные природные тела, окружающие человека. К началу XIX в. минералогия была уже хорошо развитой наукой. Большая заслуга в этом принадлежала немецким ученым. Это объясняется тем обстоятельством, что на территории Германии, в отрогах Альп, издавна добывались различные полезные ископаемые: железная руда, каменный уголь, полиметаллические (серебряно-свинцово-цинковые) руды, калийные соли, мрамор. Центром горной промышленности еще в XII в. стал городок Фрейберг в Саксонии, расположенный вблизи Рудных гор. Здесь были найдены богатейшие месторождения серебра и различных минералов. Слава этих мест была такова, что в 1711 г. эти

места посетил Петр I. Он спустился в шахты и сам выбил несколько кусков различных руд.

С начала XVIII в. во Фрейберге начинает развиваться наука о минералах и горном деле. Одним из ее создателей считается врач и химик И. Генкель, у которого во время своей поездки в Германию учился М. В. Ломоносов. Генкель был первым, кто пытался определять состав минералов с помощью химических методов. В середине XVIII в. во Фрейберге была основана Горная академия, которая начала готовить специалистов в области разработки рудных месторождений и свойств минералов. Во главе академии с 1775 г. стоял выдающийся минералог Абраам Готтлиб Вернер, под влиянием идей которого находилось целое поколение специалистов в области горного дела, геологии и изучения кристаллов [56]. Не избежал этого влияния и молодой Нейман в пору своего увлечения минералогией.

До Вернера в определении «ископаемых тел», как тогда называли минералы и горные породы, царил настоящий «каменный хаос». Начав систематизировать минералы, он прежде всего задался вопросом: как, по каким признакам можно различать минералы?

Конечно, и специалисты горного дела, и простые рудокопы во многих случаях легко определяли, какой минерал поднят на поверхность из шахты. Но, во-первых, это их умение было интуитивным, оно основывалось лишь на коллективном многовековом опыте поколений горняков. Во-вторых, довольно часто случалось, что поднятый на поверхность минерал никто не мог определить, так как он встретился здесь впервые или, что бывало еще чаще, это оказывалась новая разновидность хорошо известного минерала, образовавшегося в несколько иных условиях.

Вернер впервые научно подошел к определению минералов. Он ввел так называемые «опознавательные признаки», с помощью которых можно отнести минерал к тому или иному виду. Эти признаки он делил на четыре группы: внешние, внутренние, физические и эмпирические.

Наиболее важными опознавательными признаками Вернер считал внешние. К ним он относил цвет минерала, внешний вид, твердость, вес, вкус, запах. Менее важные внутренние признаки (химический состав), физические признаки (электрические и магнитные свойства) и эмпирические признаки (месторождение,



А. Вернер
(1750—1817)

соседство с другими минералами) дополняли и уточняли классификацию минералов.

Вернер подходил к минералам как ботаник подходит к растениям: он давал наставления, как собирать «гербарий минералов». Такой подход имел большое практическое значение, так как давал в руки рудокопов, студентов-горняков, мастеров, всех тех, кто непосредственно работал с минералами, надежные способы распознавания и определения различных камней и руд.

Среди внешних признаков первое, что бросается в глаза, это его форма. Но это не форма куска породы, отбитая киркой в шахте,— она может быть самой разной и никак не связана с природой минерала,— а его индивидуальная форма, которую получил минерал в процессе своего образования. Подавляющее большинство минералов являются кристаллами. Поэтому, когда речь шла о форме минералов, то имелась в виду правильная многогранная форма его кристаллов.

Сам Вернер ограничился лишь описанием наиболее часто встречающихся внешних форм кристаллов различных минералов. Он не увидел, что сами закономерности внешней формы кристаллов могут стать предметом специальных исследований. Скорее даже он не хотел увидеть этого, так как всю жизнь оставался минералогом, для которого экскурс, пусть даже небольшой, в абстрактную геометрию внешней формы был отходом от реальности живой природы.

Зато его последователь Вейс посвятил свою жизнь изучению внешней формы кристаллов. Начал он с того, что по совету своего учителя Карстена перевел на немецкий язык только что вышедший четырехтомный труд французского ученого аббата Рене Гаюи «Курс минералогии». В этом руководстве были впервые предложены количественные критерии для характеристики

внешней формы кристаллов. Они основывались на работах французского минералога Жана-Батиста-Луи Ромэ-Делиля. В 1783 г. он опубликовал трактат под названием «Кристаллография, или описание форм, присущих всем телам минерального царства», где сформулировал следующий закон: *«Грани кристалла могут изменяться по своей форме и относительным размерам, но их взаимные наклоны постоянны и неизменны для каждого рода кристаллов»* [57, с. 138].

Этот закон, носящий название «закон постоянства углов кристалла», Ромэ-Делиль установил, измеряя углы у множества разных кристаллов минералов: квасцов, сахара, кварца, селитры и др. Измерения он проводил с помощью специального прибора, называемого гониометром (т. е. угломером, от греч. $\gamma\omega\nu\iota\alpha$ — угол). Он представлял собой транспортир с прикрепленными к нему неподвижной и подвижной линейками. Если приложить линейки к двум соседним граням кристалла, то с помощью транспортира легко измерить угол между ними.

Итак, экспериментально было установлено, что углы между естественными гранями любых кристаллов, больших и маленьких, совершенных и дефектных, но принадлежащих одному и тому же минералу, всегда постоянны. Это и есть количественный критерий, характеризующий внешнюю форму. Достаточно измерить углы между гранями неизвестного кристалла и сравнить их с углами известных минералов, чтобы ответить на вопрос, новый это минерал или его уже встречали ученые.

Закон постоянства углов кристаллов был установлен опытным путем. Почему он справедлив, Ромэ-Делиль не знал. Это понял аббат Гаюи [58].

Современники прозвали его «кристаллокластом», т. е. дробителем кристаллов, за страсть к раскалыванию музейных образцов. А все началось с простой оплошности. Находясь в гостях у одного любителя минералов и рассматривая его коллекцию, Гаюи нечаянно уронил большой призматический кристалл кальцита. Он разбился на несколько кусков. Подбирая их, Гаюи обратил внимание на то, что осколки не имеют формы призмы как сам кристалл, а являются ромбоэдрическими.

Такое странное явление заинтересовало Гаюи, и, придя домой, он разбил все кристаллы кальцита из своей коллекции. И опять, несмотря на то, что кристаллы



Р. Гаюи
(1743—1822)

были самой разной формы, мелкие их кусочки были только ромбоэдрическими. Эти мелкие кусочки кальцита Гаюи раскалывал и дальше, но их форма не изменялась, они оставались ромбоэдрическими. Поскольку умозрительно дробить кристалл можно только до тех пор, пока не будет достигнут предел, ниже которого изменится природа вещества, из которого построен кристалл, т. е. будут разрушаться молекулы, Гаюи сделал вывод, что молекулы кальцита имеют ромбоэдрическую форму. А следовательно, становится

понятным, почему кристаллы кальцита имеют правильную геометрическую форму: они сложены как из кирпичей из молекул ромбоэдрической формы. Причем, как из кирпичей можно сложить дома любой формы, так и из молекул ромбоэдрической формы можно получить кристаллы разного внешнего вида.

Кристаллы других минералов раскалывались на кусочки другой формы: тетраэдрической, пирамидальной, призматической, кубической. Следовательно, заключил Гаюи, их молекулы имеют такие формы. Но во всех случаях форма молекул оказывалась связанной с формой кристалла и в конечном итоге определяла последнюю.

Отсюда следовали два важных вывода. Первый состоял в том, что кристаллы построены из молекул, которые закономерным образом, геометрически правильно, располагаются в пространстве. Это очень важный вывод. Правда, Гаюи пришел к нему не первый. Еще в начале XVII в. сходные мысли высказывал Иоганн Кеплер, великий немецкий астроном и математик [59]. В 1611 г. он опубликовал небольшую книжку, которая называлась «Новогодний подарок или о шестиугольных снежинках» [60]. В ней в шутливой форме Кеплер описывал свои размышления по дороге к королевскому советнику

фон Вакенфельсу. Он намеревался преподнести новогодний подарок своему покровителю, но ничего интересного не мог придумать. И тут он обратил внимание на падающие снежинки. «Этот подарок ниспослан с неба и несет в себе подобие звезд!» — воскликнул он. Далее он обращает внимание на то, что снежинки содержат всегда шесть лучей, а не семь и не пять. Размышляя об этом, Кеплер приходит к выводу, что причина шестигранности снега, а также пчелиных сот и ячеек граната обусловлена одной причиной: плотной упаковкой каких-то шаровых элементов, их составляющих. Это первая интуитивная догадка о геометрически правильном внутреннем строении кристаллов.

Более четко эту мысль высказал М. В. Ломоносов в 1749 г. в своей диссертации «О рождении и природе селитры»:

«Если мы предположим, что так составленные частицы селитры имеют сферическую форму, к которой по большей части стремятся мельчайшие природные тела, собирающиеся в кучу, то будет очень легко объяснить, почему селитра вырастает в шестигранные кристаллы. Хотя все это основано почти на одном воображении, однако превосходно отвечает природе составных частей селитры и потому приобретает некоторый вес. Действительно, пусть шесть корпускул расположены друг около друга так, что прямые линии, соединяющие их центры, образуют равносторонние треугольники: в результате получится фигура, ограниченная шестью линиями, подобная разрезу призм, образуемых селитрою» (61, с. 273).

Второй важный вывод следовал из первого. Коль скоро кристаллы построены из молекул (корпускул), расположенных в пространстве геометрически закономерно, причем закон их расположения разный для разных кристаллов, то постоянство углов между гранями кристаллов определенного сорта становится понятным, так как оно определяется этим геометрическим законом. Это было ясно уже Ломоносову, который на примере селитры показал, что плотная упаковка корпускул с неизбежностью приводит к тому, что углы между гранями этого кристалла равны 120° .

Гаюи ничего не знал о работе Ломоносова, так как она была опубликована только спустя 200 лет после ее написания. Наверное ничего не знал он и об идее Кеплера. Поэтому труды ученого аббата, и в частности «Курс

минералогии», который переводил Вейс, явились революционными для своего времени. Они резко контрастировали с вернеровским методом словесного описания минералов. В минералогия через кристаллографию, начиная с работ Ромэ-Делиля и Гаюи, стали проникать точные методы физики.

Вейс увлекся этим точным подходом к минералам, но все же продолжал оставаться верным учеником Вернера. В 1802 г. он отправляется во Фрейберг, где в течение целого года работает под руководством Вернера. Их дружеские отношения сохранились на всю жизнь.

2

Вейс воспринял из работ Гаюи и его предшественников по кристаллографии необходимость точных методов в изучении кристаллов. Но он не принял основного положения теории Гаюи — теории, объясняющей геометрически правильную внешнюю форму кристалла закономерным расположением составляющих его частиц. Тут он целиком находился под влиянием идеалистической философии Канта и Шеллинга. Приверженцы этой концепции утверждали, что все в природе создается благодаря динамическим процессам притяжения и отталкивания. Поэтому сторонников этого учения называли динамистами.

Молодой воинствующий динамист Вейс счел необходимым добавить к переводу «Курса минералогии» свое сочинение под названием «Динамическое воззрение на кристаллизацию», по своим идеям совершенно чуждое духу книги Гаюи.

Это сочинение открывалось следующим примечательным вступлением:

«Форма, фигура должны быть объяснены динамически. Атомист, исходя из самой формы, вовсе не испытывает надобности в объяснении всех форм. Для него определенная форма непосредственно задана существованием атомов. Динамист это отрицает. Им отрицается даже абсолютное и безусловное существование материи. Он утверждает, что ее индивидуальное существование обусловлено исключительно только самим явлением, происходящим и наблюдающимся неотрывно от явления. Он отказывается от мнимых выгод, которые можно получить с помощью понятий об атомах при объяснении такого, например, феномена,

как кристаллизация. Динамист выводит свои основные положения о строении материи, исходя из начала, не имеющего отношения к форме, а именно из бесформенного, из жидкого. Он использует понятие о жидком в таком чистом виде, которое совершенно чуждо атомисту. Его задачей является образование твердого из жидкого, объяснение формы из бесформенного» [62, с. 27].

Эту декларацию обычно трактуют как откровенно идеалистическую, отрицающую атомизм. Так, Вернадский писал о Вейсе: «...противник атомистики и оригинальный представитель своеобразных динамических воззрений на строение вещества» [63, с. 16]. Шафрановский в своей «Истории кристаллографии» подчеркивал, что «Вейс является убежденным противником атомистики» [64, с. 24].

Однако, по-видимому, это не совсем так. В большей степени прав Фабиан, когда, говоря о приведенных выше высказываниях Вейса, писал, что «их не следует рассматривать как отрицание атомизма... Наоборот, они показывают, что Вейс использовал динамизм как особый методический прием в своих кристаллографических исследованиях» [65, с. 14]. Этот прием состоял в абстрагировании от внутреннего строения кристалла, что позволяло рассматривать его как неразделимо целое.

Вейс много сделал в области изучения кристаллов, и здесь он выступал как стихийный материалист. Но для минералога и кристаллографа его метод исследования весьма своеобразен. Он совершенно не интересовался экспериментом. В письме к старшему брату Вейс писал:

«Моя природа влечет меня не к эксперименту, а к наблюдению... Мои склонности всегда направлены к размышлению над результатами глубоко прочувствованных наблюдений... С плеч долой всю эту пеструю мишуру инструментов и инструментиков, экспериментов и экспериментиков!» [66, с. 22].

Историки науки видят в таком подходе черты натуралиста, наблюдающего природу, собирающего коллекции и терпеливо описывающего виденное. Но если эти слова Вейса рассматривать не абстрактно, а в связи с его работами, то естественнее считать его одним из первых кристаллографов-теоретиков.

Итак, к моменту вступления Неймана в кристаллографию в ней успешно развивались два в некотором

смысле противоположных направления. Первое направление, ведущее свое начало от Гаюи, рассматривало кристалл как прерывную среду, состоящую из частиц (атомов, молекул), закономерным образом расположенных в пространстве. Второе направление, утверждавшееся Вейсом, считало кристалл однородной непрерывной и анизотропной средой, совершенно не интересуясь из чего она состоит.

Первое направление в конечном итоге привело к установлению структуры кристаллов вначале теоретически, а затем и экспериментальными методами рентгенографии. С этим же направлением связано развитие кристаллохимии, устанавливающей связь структуры кристаллов с их химическим поведением.

Второе направление привело к бурному развитию геометрической кристаллографии: установлению систем, закону поясов, методам вычисления кристаллов и в конце концов к открытию законов симметрии. Оно же родило и феноменологическую кристаллофизику.

Это направление определило и творческий путь Неймана.

Конкретный вклад Вейса в кристаллографию огромен. Основные его работы сконцентрированы вокруг изучения внешней формы кристаллов минералов. Через его руки прошло множество кристаллов, самого разного внешнего вида. Сопоставляя число граней, вершин, ребер у различных кристаллов, их взаимное расположение, Вейс пришел к выводу о том, что важнейшим геометрическим элементом, определяющим внешнюю форму кристалла, является ось. «Ни одна часть, ни одна линия и вообще ни одно свойство не имеет такой важности, как оси,— писал он. — Ни одно соображение не имеет более существенного и высшего значения, чем отношения кристаллических граней к осям... Ось есть линия, господствующая над всей фигурой кристалла, так как вокруг нее части расположены подобным образом и относительно нее они соответствуют друг другу взаимно», [66, с. 27].

Понятие осей Вейса по своему смыслу совершенно эквивалентно понятию об осях симметрии в современной кристаллографии. Это геометрическая прямая, поворотом вокруг которой кристалл совмещается сам с собой. Однако нужно подчеркнуть, что Вейсу еще не было известно само понятие о симметрии как о геометрическом

равенстве, зеркальном или совместимом, пространственных фигур.

Введение понятия кристаллографической оси было очень важным. С ее помощью можно было начать количественное исследование формы кристаллов. Для этого нужно было сделать следующий шаг — ввести, говоря современным языком, порядок оси, т. е. число, показывающее сколько раз кристалл совмещается сам с собой при повороте на 360° . Но поскольку идея симметрии еще не сформировалась, четкого определения порядка оси Вейс не дал. Хотя в его классификации кристаллов мы встречаем указания на оси различного порядка.

Термин «ось» у Вейса имеет еще одно значение — ось координат. Как и Гаюи, Вейс для установки кристаллов пользовался прямоугольной системой координат. Им был разработан метод определения кристаллографических символов граней.

Метод Вейса предполагал, что в кристалле всегда можно выбрать так называемую единичную грань, определяющую масштаб. Отрезки, отсекаемые единичной гранью на осях прямоугольной системы координат, принимаются за единичные параметры. Если их обозначить как a , b и c , а отрезки, отсекаемые неизвестной гранью в этом масштабе — как

$$\frac{1}{m} a, \frac{1}{n} b, \frac{1}{p} c,$$

то символ грани, по Вейсу, будет

$$\frac{1}{m} a : \frac{1}{n} b : \frac{1}{p} c.$$

Символы Вейса использовались в кристаллографической литературе до конца прошлого столетия, уступив потом место более удобным символам Миллера.

Исследование различных кристаллов привело Вейса к первой научной их классификации — установлению кристаллографических систем (сингоний). Этому была посвящена его работа «Наглядное представление об естественных делениях систем кристаллизации». Под системами кристаллизации Вейс подразумевал совокупность граней различных кристаллов.

Вейс выделил правильную кубическую систему, характеризующуюся тремя взаимно перпендикулярными осями с равными параметрами. Далее он отметил существование других систем, где параметры не по всем

трем осям равны. Две равные оси характеризовали четырехчленную (тетрагональную) систему. Если параметры всех трех осей не равны, то кристаллы принадлежат к дву- и -двучленной (ромбической), дву- и -одночленной (моноклинной), одно- и -одночленной (триклинной) системам. При этом Вейс считал многоклинную и триклинную системы только разновидностями ромбической, но не самостоятельными структурными единицами классификации.

Очень важным достижением Вейса было открытие закона зон (поясов). Впервые он был сформулирован в работе «О многих новооткрытых кристаллических гранях полевого шпата и теория его кристаллографической системы в общем». В этой работе впервые дается геометрическое определение зоны как совокупности граней, пересекающихся в параллельных ребрах. Общее для всех граней направление Вейс назвал осью зоны. Закон зон Вейса гласил, что любая грань кристалла принадлежит по крайней мере двум зонам.

Действительно, представим себе кристалл, имеющий вид шестигранной призмы. Такую форму имеют многие минералы, например берилл. В этом кристалле легко различить четыре зоны. Одна зона — это шесть длинных граней по образующей кристалла. Все они пересекаются в параллельных ребрах. Еще три зоны образуются при обходе вдоль длинной оси кристалла. Каждая из них включает две параллельные боковые и две торцевые грани. Они тоже пересекаются в параллельных ребрах. Взяв любую грань рассматриваемого кристалла, можно убедиться, что она действительно принадлежит двум зонам.

Хорошо известно, что в реальном кристалле развиваются не все возможные грани, что обусловлено условиями его образования. Закон Вейса позволял по присутствующим граням восстановить идеальный облик кристалла — теоретически достроить недостающие грани.

Вейс вывел хорошо известные сейчас уравнения, связывающие символы граней с символами зон (ребер). Он решил целый ряд задач, например: как по известным параметрам двух граней найти символ общего для них ребра, как по символам осей зон найти параметр общей их грани и т. п. Используя эти уравнения, Вейс вывел все мыслимые грани кристаллов полевого шпата из нескольких исходных граней.

Вейс считал, что закон зон заменит известный закон

Гаюи, позволяющий найти возможные грани кристалла, строя его из молекул-многогранников. При этом он особо подчеркивал, что закон зон не требует никакого предположения о внутреннем строении кристаллов. Это очень важно, так как характеризует методологический подход Вейса к изучению внешней формы кристаллов.

3

Пока Нейман вел хозяйство матери в Берлине, его друг Дулиц хлопотал о напечатании первой научной работы Франца. Чтобы сделать приятное матери, Нейман решил издать ее отдельной брошюрой.

Эта первая печатная работа Неймана называлась «Вклад в кристаллономию» [1], т. е. в науку о кристаллах. Это была небольшая книжка, содержащая 166 страниц текста и 12 литографированных чертежей. Она вышла в свет в октябре 1823 г. Книга сразу же была высоко оценена специалистами, хотя материал излагался не лучшим образом. (Труднодоступность изложения побудила сына Неймана, Карла, известного математика и физика, в 1916 г. вновь изложить основные результаты этой выдающейся работы. Ниже мы будем следовать этому новому изложению [49].)

В предисловии Нейман пишет:

«В нескольких неперIODически издающихся книгах я намереваюсь представить минералогической общественности (публике) результаты моих кристаллографических работ. Я думаю начать с объяснения графического метода, которым буду пользоваться им в своих дальнейших исследованиях и который, как я надеюсь, одобрят все кристаллографы. При ныне существующем многообразии кристаллографической терминологии в Германии нужен метод, свободный от субъективных взглядов и представлений, и в то же время такой, чтобы он содержал все эти разные терминологии в объединяющем виде. Я смею надеяться, что в этом методе содержатся различные направления и представления наших кристаллографов» [43, I, с. 177].

Далее Нейман подчеркивает преимЕственность своих работ, говоря об использованных им кристаллографических обозначениях Ф. Мооса, Л. Гаусмана и И. Гесселя:

«В основе этого метода лежит представление, к которому едва только приближаются в позднейших работах, которое, я убежден, представляет собой очень физическое понимание структуры и формы и дает воз-

Beiträge
zur
K r y s t a l l o n o m i e.

Von
F. E. NEUMANN.

Erstes Heft.
Mit 12 Tafeln in Steindruck.

Berlin und Posen.
Bei Ernst Siegfried Mittler.
1823.

**Титульный лист книги Неймана
«Вклад в кристаллономию»**

возможность их динамического построения, а именно кристаллическая плоскость не первоначально существует в кристалле, а рассматривается как явление, как результат действия направления плоскости (т. е. направления, в котором расположен перпендикуляр к плоскости)» [43, I, с. 178].

К графическому методу Нейман пришел от закона зон Вейса и с него он начинает изложение. Вначале, используя формулы аналитической геометрии, Нейман решает простые задачи: по любым двум граням кристалла находит их общее ребро или ось зоны; для заданной грани кристалла, принадлежащей двум зонам, находит ее символ. Далее доказывается теорема, по которой если любые четыре грани кристалла определены раци-

ональными символами, то полученные с их помощью ребра (или оси зон), а также полученные из них с помощью закона зон новые грани будут описываться рациональными индексами. Эта теорема доказывается для кубической системы и затем распространяется на гексагональные и ромбические кристаллы. В результате Нейман показал, что закон рациональных отношений Гаюи может быть непосредственно выведен из закона зон Вейса.

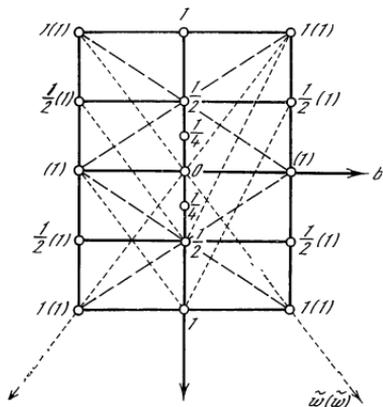
Таким образом, с помощью теорем, доказанных Нейманом, можно легко проверить, принадлежат ли три заданные грани к одной и той же зоне, а также выяснить, принадлежит ли какая-либо рассматриваемая грань к уже известной зоне. «Но как бы ни были просты вычисления, — писал Нейман, — сама процедура довольно продолжительна и утомительна, если необходимо рассчитать все зоны, образовавшиеся до определенного момента наблюдения, совокупность граней одной зоны и совокупность зон одной грани. Но, что самое главное, поскольку мы рассчитываем элементы и детали, у нас нет картины целого, его связей и ветвлений, и полное представление может быть скорее продуктом памяти, нежели геометрических расчетов.

Все рассмотрение и математическая обработка чрезвычайно упрощаются, если вместо граней рассматривать нормали, т. е. перпендикуляры, опущенные из центра системы на грани.

С математической точки зрения вполне правомерно рассматривать вместо плоскостей нормали, с физической точки зрения все говорит за то, что соотношение граней выражается соотношением нормалей и все свойства кристалла по разным направлениям могут описываться линейными соотношениями между нормальями» [43, I, с. 190].

Теперь Нейман вводит проекцию граней. Для этого из некоей точки Ω , лежащей внутри кристалла, необходимо провести перпендикуляры к граням и продолжить их до пересечения с любой плоскостью. Плоскостью может быть и любая грань этого кристалла. Таким образом, впервые в кристаллографию был введен метод проекций, получивших название гномонических.

Используя свой метод, Нейман определяет зону как совокупность граней, нормали которых лежат в одной плоскости. Если же продолжить нормали до пересечения с плоскостью проекции, то грани одной зоны будут



Проекция кристалла барита на плоскость (001)

сталл барита и на примере его граней построил гномоническую проекцию на плоскость, перпендикулярную оси c . С ее помощью схема расположения отдельных граней схватывается мгновенно. Зональные линии, показанные штриховыми линиями, пересекаются в точке с координатами $\frac{1}{2}$, соединяют грань с координатами $1(1)$ и (1) . Далее точка с координатами $\frac{1}{4}$ определяется двумя пересекающимися зональными линиями (на рисунке не показанными), определяемыми гранями с координатами $\frac{1}{2}(1)$ и (1) .

Грани, параллельные оси c , тоже легко определяются из этой проекции. Проведем пунктирные линии, соединяющие грани с координатами 0 и $1(1)$, $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{2}(1)$, 1 и (1) . Эти линии, показанные на рисунке пунктиром, параллельны и пересекаются на бесконечности в точке с координатой $\tilde{\omega}$ ($\tilde{\omega}$), где $\tilde{\omega}$ — бесконечно большое число. Она является проекцией грани призмы с символом $(a : b : \infty)$. Другая призма может быть построена аналогичным образом путем соединения точек с координатами 1 и $\frac{1}{2}(1)$, $\frac{1}{2}$ и $1(1)$. Полученная грань призмы имеет символ $(\frac{1}{2}a : \frac{1}{2}b : \infty c)$. Далее Нейман подробно разбирает проекцию и зонную структуру кристаллов кварца, а также кубических кристаллов. Все рассмотренные проблемы Нейман объединил в один, первый раздел своей работы.

Второй раздел посвящен определению углов, под которыми грани заданной зоны наклонены друг к другу.

представлены точками (выходами их нормалей), лежащими на одной прямой, названной Нейманом зональной линией. Если даны две зоны и на плоскости построены их зональные линии, то точка пересечения этих линий есть проекция грани, принадлежащая обоим зонам.

Практическое применение метода проекций Нейман продемонстрировал, выбрав в качестве плоскости проекции единичную грань кристалла.

Он взял ромбический кри-

Он открывается рассмотрением правил построения оси зоны с помощью элементарных геометрических операций. Далее Нейман формулирует следующий «общий закон кристаллономии»:

Если представить себе, что ребро кристалла или ось зоны, выходящие из точки Ω , центра проекции, разрезаны какой-нибудь кристаллономической плоскостью на отдельные отрезки, то длины этих отрезков будут находиться в рациональном отношении.

Под кристаллономической плоскостью Нейман понимает любую плоскость, отсекающую на осях координат отрезки, кратные единичным отрезкам-масштабам. Эту теорему сам Нейман не доказал, однако в примечании редактора Карла Неймана в новом изложении «Вклада в кристаллономию» приведено ее доказательство [49, с. 241].

На основании «общего закона кристаллономии» аналитически Нейман получает выражение для отрезка оси зоны, заключенной между двумя параллельными кристаллономическими плоскостями:

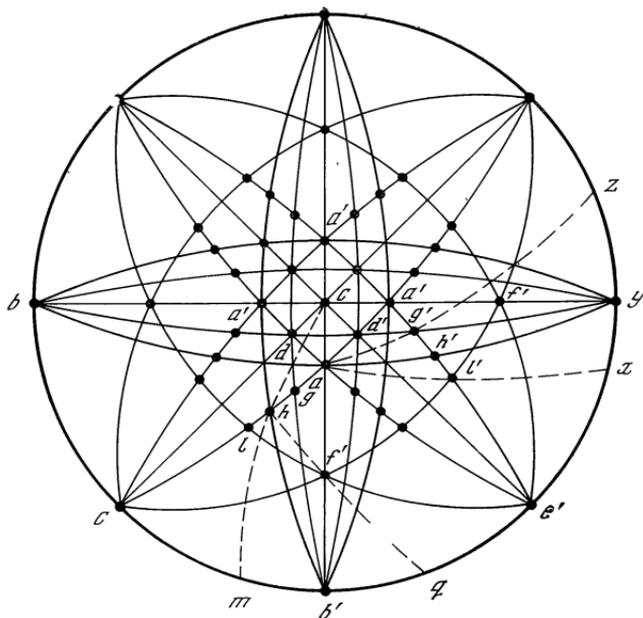
$$\sqrt{\left(\frac{a}{M}\right)^2 + \left(\frac{b}{N}\right)^2 + \left(\frac{c}{P}\right)^2}.$$

Нейман называет это выражение иррациональным основным соотношением (или числом). В этой формуле $M = n_1 p_2 - n_2 p_1$, $N = p_1 m_2 - p_2 m_1$, $P = m_1 n_2 - m_2 n_1$, где n , m и p — параметры граней. Далее, проведя геометрические построения, Нейман находит угол между двумя гранями одной зоны, перпендикулярной оси c :

$$\text{ctg } \varphi = \frac{(1/abc) \sqrt{(a/M)^2 + (b/N)^2 + (c/P)^2}}{m/N a^2 - n/N b^2},$$

где m и n — параметры зональной линии по осям a и b . Полученная формула, подчеркивает Нейман, содержит иррациональное основное соотношение.

Полученный результат Нейман оценивает следующим образом: «Из закона зон, основного закона всех образований кристаллономии, выводится второй закон, не менее общий и важный для кристаллономии: *отношение синуса к косинусу для всех кристаллономических наклонов (углов между гранями — А. С.) в данной зоне определяется иррациональным соотношением, и каждому отдельному наклону граней соответствует рациональное кратное этого иррационального соотношения*» [43, I, с. 203].



Проекция кристалла везувиана на сферу

Эти результаты Нейман применяет к вычислению углов между гранями ромбического кристалла топаза. Используя экспериментально определенные индексы граней кристалла топаза, он вычислил котангенсы углов между всеми основными гранями. При этом для отдельных углов получилось хорошее согласие с данными Мооса, который измерил эти углы с помощью отражательного гониометра.

Затем Нейман конкретизирует свои формулы для вычисления углов между гранями кубических и гексагональных кристаллов и применяет их к вычислению для гексагонального кристалла пирарпирита.

В заключении этого раздела Нейман сравнивает свое обозначение зон, которое основано на понятии зональной линии, с обозначениями Вейса, исходящими из оси зоны.

Третий раздел работы посвящен определению углов между ребрами заданной грани кристалла. Эта задача легко решается для проекции на конечную грань. Тогда ребра можно рассматривать как оси зон, а соответствующие зональные плоскости будут содержать нормали к граням и будут перпендикулярны к рассматриваемым

ребрам. Тогда задача нахождения углов между ребрами сводится к задаче нахождения углов между зональными плоскостями, которая решается с использованием простых формул, приведенных в предыдущем разделе.

В третьем разделе специальный параграф посвящен построению проекций граней на сфере. Нейман рассматривает нормали к граням как лучи, выходящие из точки Ω . Можно представить себе эти лучи пересекающимися с любой поверхностью, например с прямой единичной гранью, либо с какой-нибудь другой плоскостью, а также с описанной вокруг точки Ω сферой. Здесь же Нейман приводит пример такой проекции для тетрагонального кристалла везувиана. При этом он использует полярную сетку, поместив точку зрения в одном из полюсов сферы. Теперь каждая зональная плоскость, проходящая через точку Ω , есть диаметрально противоположная плоскость, а каждая зональная линия — большая окружность.

Важность введения в кристаллографию проекции на сферу трудно переоценить. Такая стереографическая проекция является основной для построения проекций граней кристаллов при гониометрических измерениях и проведении всех необходимых вычислений.

Первые примеры таких вычислений дает Нейман. Он решает задачу расчета углов между ребрами грани, заданной ее стереографической проекцией. Эта задача в соответствии с рассмотренным ранее решением для плоскости сводится теперь к вычислению сферических углов между зональными плоскостями. Она решается Нейманом проектированием сферического треугольника на плоскость, касающуюся сферы в ее полюсе. Тогда вычисление сферического угла сводится к вычислению плоского угла, лежащего на прямой единичной грани:

$$\operatorname{tg} \theta_{\text{сф}} = \frac{c}{p} \sqrt{\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} + \frac{p^2}{c^2}} \operatorname{tg} \theta_{\text{пл}}.$$

С помощью этой формулы Нейман вычисляет углы между ребрами для кристаллов везувиана, ромбического топаза и пираргирита.

Обобщая полученные результаты, Нейман находит, что тангенс любого угла между ребрами можно получить, умножая иррациональное основное соотношение на рациональное число:

$$\operatorname{tg} \theta = abc \sqrt{\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} + \frac{p^2}{c^2}}.$$

Нейман пишет в заключении к этому разделу:

«Таким образом, как мне кажется, найден простой метод решения основных вопросов кристаллографических представлений. Особенно важным и плодотворным для дальнейших исследований является различие иррациональных основных соотношений и их рациональных кратных; первые отображают имманентные, индивидуальные, свойства определенной кристаллографической системы, вторые же зависят от общего хода развития элементов этой системы. Теперь мы можем сформулировать общий закон, связывающий иррациональное соотношение любых двух взаимно перпендикулярных направлений, лежащих в одной плоскости, будь то плоскость зоны или грани, имеет одну и ту же величину, и величина этого соотношения есть иррациональное отношение произведения трех взаимно перпендикулярных параметров системы к направлению, перпендикулярному плоскости. Все основные соотношения данной кристаллической системы определяются основными отношениями направлений к трем взаимно перпендикулярным параметрам» [43, I, с. 252.].

Этот закон не более чем словесное выражение основных формул, полученных для вычисления углов между ребрами, причем под направлением, перпендикулярным плоскости, следует понимать величину параметра в этом направлении. Однако он позволяет делать выводы о возможных и невозможных соотношениях углов. Так, для кубических кристаллов ($a=b=c=1$) иррациональное соотношение упрощается до $\sqrt{m^2+n^2+p^2}$, и для граней, например ромбододекаэдра, будет $\sqrt{1^2+1^2}=\sqrt{2}$. Это число, умноженное на рациональное число a , где a — основной параметр кристалла, дает значения тангенсов углов, под которыми наклонены друг к другу каждые два ребра грани основного ромбододекаэдра. Это же число определяет ту зону, для которой заданная грань ромбододекаэдра является зональной плоскостью. Оно дает угол, под которым наклонены друг к другу каждые две грани рассматриваемой зоны.

В то же время невозможны углы, тангенсы которых были бы рациональными кратными, например $\sqrt{7}$, так как число 7 не является суммой трех квадратов.

В предыдущих разделах работы Нейман, хотя

и указал на возможность построения стереографической проекции на сфере, в основном для вычислений по причине предельной простоты пользовался проекциями на прямоугольную грань. Однако особые условия могут потребовать выбрать в качестве плоскости проекции другую, в принципе любую, грань кристалла. Это обсуждается Нейманом в четвертом разделе работы.

Вначале аналитически решается задача о преобразовании проекций граней при переходе к новой системе координат. Здесь используются обычные методы аналитической геометрии, трансформированные таким образом, чтобы в конечном выражении получить непосредственно новые символы всех граней. Полученные формулы Нейман применяет к моноклинному кристаллу авгита и показывает, что задачу можно решить и графическим методом. Этот метод он поясняет на примере моноклинных кристаллов буры. Для построения новой проекции графическим методом не требуется большого количества точек на грани, для этого используются свойства проекций, позволяющих легко найти координаты проекции любой грани на новую плоскость проекции, зная тангенсы углов между нормальными к старой плоскости проекции. После того как зафиксированы первые новые проекции граней, на новую плоскость проекции переносят систему осей зоны и строят проекции других граней.

Этот метод иллюстрируется на примере ромбического кристалла барита. Нейман показывает, как трансформируется его графическая проекция на прямую единичную грань, если в качестве новой плоскости проекции выбрать грань ($1/_{16}a : 1/_{12}b : 1/_{21}c$). Далее подробно рассматриваются проекции кубических кристаллов на грани октаэдра, куба и ромбододекаэдра. Анализируя эти проекции, Нейман находит простые правила построения проекций всех возможных граней кубических кристаллов. Так, соединив между собой проекции граней октаэдра шестью зональными линиями, которые являются ребрами октаэдра, а проекции граней куба — тремя зональными линиями (ребра куба), получим новые точки, которые будут являться шестью проекциями граней ромбододекаэдра. Далее, соединив шесть проекций граней ромбододекаэдра четырьмя зональными линиями (ребра ромбододекаэдра), получим 12 проекций граней тетрагон-триоктаэдра.

Обобщая полученные результаты, Нейман приходит к важному выводу о том, что исходя из четырех любых граней, из которых каждые три не лежат в одной зоне, можно путем развития зон построить все возможные грани данного кристалла. Графически зона изображается в виде треугольника, по вершинам и в центре которого находятся проекции исходных граней. Впоследствии этот треугольник стали называть «треугольником Неймана—Мёбиуса», поскольку последний использовал его в своих работах.

Разработанные методы оказываются весьма удобными для построения форм граней. Это демонстрируется на примере нахождения формы грани сорокавосемьгранника.

В заключение рассматривается так называемое обращение метода. Если грани отсекают на осях отрезки, кратные параметрам a , b и c , то отрезки, отсекаемые зональными линиями, кратны $1/a$, $1/b$ и $1/c$. Тогда если имеются два кристалла, для которых грани отсекают отрезки, кратные приведенным двум наборам параметров, то грани одного кристалла будут зональными плоскостями второго. Это и есть обращение. При обращении плоские углы при вершинах многогранников переходят в плоские углы между ребрами.

Нейман считает, что разработанные им методы являются обращением существующих до него, так как раньше главное внимание уделялось граням, а он рассматривает в основном зональные плоскости. Однако, замечает Нейман, можно перевести его метод и на традиционный язык. Для этого необходимо рассматривать проекции зонных плоскостей.

На этом заканчивается главная и наиболее важная часть работы. Кроме нее, в брошюре «Вклад в кристаллономию» Нейман включил еще одну работу «Об особенностях развития дву- и -одночленной кристаллической системы». Этим термином Вейс обозначал моноклинную систему. В этой работе предложенные методы проекции и вычислений применены для изучения двух моноклинных кристаллов полевого шпата и эпидота).

Вначале рассматриваются основные шесть граней кристалла полевого шпата и с помощью сферической проекции, используя закон зон, строятся все возможные грани этого кристалла. Однако затем «для большей простоты и наглядности» осуществлен переход к гно-

монической проекции на плоскость, касающуюся сферы в ее полюсе. С помощью этой проекции определяются координаты всех граней кристалла полевого шпата в прямоугольной системе координат. Однако индексы грани получились очень громоздкими, и Нейман для их упрощения впервые в кристаллографии вводит косоугольную систему координат.

Далее подробно рассматривается огранка кристаллов полевого шпата по сравнению с ромбоэдрическим кристаллом шпираргирита. То же самое проделывается с кристаллом пистацита (эпидота). Для последнего вычисляются индексы граней и строится гномоническая проекция. Обобщая вопрос об аналогии между моноклинными и ромбоэдрическими (гексагональными) кристаллами, Нейман высказывает мнение, что эта аналогия обусловлена общностью «основных тел» обеих систем, т. е. первоначальных простых форм, развитие которых с образованием новых граней приводит затем к формированию внешних обликов кристаллов. Такими «основными телами», по мнению Неймана, являются соответственно пирамида и ромбоэдр.

В заключение рассматривается аналогия между кристаллами полевого шпата и кристаллами ромбической системы. Полемизируя с Моосом, который считал моноклинную систему производной от ромбической, Нейман отстаивает точку зрения на самостоятельность моноклинной системы.

Значение работы «Вклад в кристаллономию» трудно переоценить. Двадцатипятилетний вчерашний студент сразу встал в один ряд с ведущими кристаллографами мира. Первой и главной заслугой Неймана явилась разработка методов проективного изображения кристаллов. Грот писал по этому поводу: «Мы видим, таким образом, что в своем юношеском произведении 1823 г. Нейман явился основателем всех проективных методов, применение которых в дальнейшем развитии кристаллографии сыграло такую важную роль» [67, с. 102]. Действительно, без проективных методов количественное изучение геометрии кристаллических многогранников было бы чрезвычайно затруднено. К тому времени, когда этими вопросами стал заниматься Нейман, гониометрия кристаллов достигла высокого развития и было накоплено множество данных о взаимном расположении граней кристаллов. Необходимы были какие-то простые методы их представления и обработки. Можно

сказать, что идея проективных методов носилась в воздухе, они назрели. Это подтверждается тем фактом, что в 1829 г., не зная работ Неймана, идею стереографической проекции кристаллов выдвинул известный кристаллограф Юстус Грасман [68].

Однако Нейман не только выдвинул идею проективного изображения кристаллов. Он тщательно разработал методы вычисления основных параметров кристаллов с помощью проекций, в основу которых был положен закон зон Вейса. Этот закон получил в работе Неймана строгую геометрическую трактовку (треугольники Неймана — Мёбиуса), позволяющую по нескольким граням строить возможный облик кристаллического индивидуума.

Необходимо отметить еще две небольшие, но важные идеи Неймана, содержащиеся в его работе «Вклад в кристаллономию». Речь идет об использовании косоугольной системы координат для описания моноклинных кристаллов и выделении последних в особую систему. Эти идеи настолько органично вошли в кристаллографию, что сейчас уже мало кто знает, кому она обязана этими достижениями.

Поистине значение первой работы Неймана совершенно точно соответствует ее названию.

Глава 7

Докторская степень

1

Прочитав «Вклад в кристаллономию», Вейс сразу же написал Нейману в именование:

Мой дорогой глубокоуважаемый друг!

Несколько дней тому назад я возвратился в Берлин и вчера с большим наслаждением прочел Ваше письмо от 30 ноября и прекрасный экземпляр Вашей чудесной книги, переданный мне Вашим другом Дулицом. Так как первая моя мысль по возвращении была о Вас и я очень сожалел, что от Вас не было никаких известий, то я с радостью узнал, что Ваша книга уже существует и продается... [47, с. 202].

Далее Вейс сообщил Нейману приятную новость. Профессор Розе, заведующий минералогическим кабинетом Берлинского университета, взял восьмимесячный

отпуск. Вейс предложил Нейману заменить Розе на шесть месяцев, если, конечно, разрешит министерство. Это дало бы ему 200 таллеров, в которых он так нуждался.

Конечно, Нейман с радостью встретил это предложение, тем более, что он не только был хорошо знаком с методами классификации и описания минералов, но и заведовал уже этим кабинетом восемь недель назад, перед своим вынужденным отъездом в связи со смертью отца.

Когда Нейман вернулся в Берлин, разрешение министерства на заведование кабинетом еще не поступило. Надо было срочно искать какую-то работу, так как жить было не на что.

Вейс организовал курс лекций по кристаллографии для широкой публики и поручил читать эти лекции Нейману. «К моему удивлению,— вспоминал позже Нейман,— среди тридцати слушателей я узнал выдающихся ученых Берлина — Леопольда фон Буха³, Александра фон Гумбольдта⁴, горного советника фон Дехена, генерала фон Яска и других. Я не мог даже мечтать, что эти господа будут регулярно слушать меня. Я читал лекции о кристаллографии и развивал новый метод.

Всем я был обязан большой добротой Вейса. Он устроил мне это. Ему я обязан всей моей карьерой!

Разумеется, я читал эти лекции бесплатно. Но Леопольд фон Бух посчитал нужным прислать мне гонорар. Ученый знал о том, что я нуждаюсь.

Он ежедневно устраивал у себя обеды для бедных, но стремящихся к знаниям студентов, и частенько они были удивлены и обрадованы тем, что среди сервировки находили золотые монетки.

Он помог молодому, позднее ставшему знаменитым, геологу Гофману... Робко пришел он к фон Буху показать ему свою первую большую работу. Бух обещал посмотреть рукопись. Проходили недели, Гофман жил в большом напряжении, но фон Бух ничего не говорил о его работе. Гофман расценил это молчание как выс-

³ Леопольд фон Бух (1774—1856) — выдающийся геолог, палеонтолог и ботаник, ученик Вернера.

⁴ Александр фон Гумбольдт (1769—1859) — выдающийся естествоиспытатель и путешественник, один из основоположников современной географии растений, геофизики и гидрографии.

шую форму презрения и окончательно потерял мужество.

Однажды он увидел перед своим домом тележку, груженую печатными изданиями. Он заинтересовался, что бы это значило, и узнал свою работу, напечатанную в большом количестве экземпляров! Леопольд фон Бух, чтобы показать ему свое одобрение, напечатал его рукопись за свой счет» [47, с. 223—224].

Несмотря на гонорар фон Буха, Нейман очень нуждался. Друзья советовали ему обратиться за помощью в фонд Ватерлоо, созданный специально для того, чтобы помогать материально ветеранам войны против Наполеона. Но для этого надо было разыскать бывшего командира Неймана, а это было не так-то просто.

Только в декабре 1824 г. из министерства пришло разрешение заплатить Нейману за заведывание минералогическим кабинетом. Кроме того, министерство запросило предложение Вейса о дальнейшей деятельности Франца.

После обсуждения с Вейсом Нейман написал письмо в министерство с просьбой дать ему возможность по окончании временных занятий научно определиться:

Моя надежда основывается на сознании чистоты моих стремлений к научному познанию. Я никогда не соглашусь ни на какие блага в ущерб научной деятельности, если только они не будут диктоваться крайней нуждой. В данный момент возникла именно такая нужда, обусловленная моим состоянием здоровья, потерянного во время кампании 1815 г., когда я в возрасте 16 лет был тяжело ранен.

Я не настаиваю на том, чтобы министерство, приняв во внимание мои склонности, проявившиеся во время учебы и после нее, предоставило мне должность доцента при университете с сохранением моей должности в минералогическом кабинете. Хотя это позволило бы мне стабилизировать свое положение. В основном я занимаюсь физико-математическими разделами минералогии, но не хотел бы ограничиваться только этими вопросами, а желал бы заняться некоторыми разделами физики, а также высшей математики, если у меня хватит на это способностей.

Я обращаюсь к Вам, полный доверия, и с благодарностью приму любое назначение, которое даст мне министерство. Если министерство сочтет нужным направить меня в школу для преподавания математических и физических дисциплин, я приму это с благодарностью и отнесусь к поставленной передо мной задаче со всей ответственностью. Чтобы устранить какие-либо препятствия, я обращаюсь к научной экзаменационной комиссии с просьбой проэкзаменовать меня и готов представить комиссии недавно написанные мною работы.

...Я хотел бы обратить внимание министерства на мою работу «Вклад в кристаллономию». Хотелось бы продолжать рабо-

тать в этом направлении, если министерство поддержит меня в материальном отношении [47, с. 225—226].

Из министерства пришел ответ, что пока нет возможности предоставить Нейману постоянное место работы, но если он продолжит свою научную работу, будет читать лекции в Берлинском университете и представлять в министерство свои печатные работы, то оно сможет время от времени оказывать ему материальную помощь.

2

Поскольку положение Неймана было весьма неопределенно, он по совету Вейса решил добиться присуждения ему ученой степени доктора философии в Берлинском университете.

17 августа 1825 г. на заседании философского факультета декан фон Хаген представил заявление Неймана о желании получить ученую степень. В заявлении содержалась просьба в связи с отсутствием средств освободить соискателя от половины обязательной платы за докторские экзамены и защиту. К заявлению была приложена автобиография, предварительная геометрическая работа «О касании и пересечении окружностей» (на латинском языке, как это и было положено), а также брошюра «Вклад в кристаллономию» и многочисленные положительные отзывы о ней.

Работа «О касании и пересечении окружностей» была написана Нейманом, по-видимому, в 1823—1825 гг. самостоятельно, а не по теме, предложенной факультетом, как было принято. В предисловии он формулирует основной принцип, которым руководствовался: геометрические задачи, подобные той, которую он рассматривает, должны решаться геометрическими методами. Аналитический подход, которому отдавали предпочтение все математики XVIII столетия, не является прямым путем, так как не соответствует сути предмета рассмотрения.

Далее Нейман вводит основные нужные ему геометрические понятия: центр подобия, радикальную ось, поляр, не подозревая, что они уже введены в геометрию французскими математиками, его современниками, и прежде всего Жаном Виктором Понселе и Жозефом Жергоном, основателями проективной геометрии. Кстати, основной труд Понселе «Трактат о проективных

свойствах фигур» вышел в свет в 1822 г., почти одновременно с сочинением Неймана.

Используя введенные понятия, Нейман решает классическую задачу Аполлония⁵ — строит окружность, касающуюся трех данных окружностей. Далее в работе решается задача построения окружностей, пересекающих три данные окружности под заданными углами. Это построение основано на следующей идее. Если найти все окружности, пересекающие две данные окружности под заданными углами, то их огибающая будет состоять из двух окружностей, а все окружности, пересекающие данные, касаются этих огибающих. Для решения поставленной задачи нужно для каждого из трех заданных окружностей найти упомянутые огибающие, которые в общей сложности состоят из шести окружностей, а затем построить окружности, касающиеся трех из этих шести окружностей (три остальные касаются друг друга). Нейман проводит элегантное построение, суть которого заключается в том, чтобы отыскать две окружности, заданная точка которых является центром подобия, а заданная прямая — радикальной осью.

Рассмотренное решение затем распространяется на задачу в трехмерном пространстве, т. е. нахождение сфер, пересекающих четыре данные сферы под заданными попарно неравными углами. Далее решаются задачи о построении прямого конуса, касающегося трех заданных прямых конусов с одной и той же вершиной или пересекающего их под заданным углом.

Для того чтобы в должной мере оценить эту геометрическую работу, надо еще раз напомнить, что Нейман не был знаком с работами современных ему геометров. Но если даже исключить то, что он переткрыл, то и тогда в работе останется много нового и оригинального. Это прежде всего решение задачи Аполлония. Нейман также впервые отметил аналогию в геометрии прямых конусов с общей вершиной и окружностей на плоскости. Решая задачу геометрическими методами, Нейман оказался первым математиком в Германии, который подчеркивал важность чисто геометрического подхода к решению геометрических задач.

⁵ Аполлоний Пергский — один из величайших математиков древности (III—II вв. до н. э.), автор сочинения «Конические сечения», где впервые систематически введены кривые второго порядка.

Все это делает эту работу значительным явлением. Недаром известный математик Карл Вейерштрасс спустя пятьдесят лет сказал, что если бы эта работа сейчас была представлена как диссертация, она была бы принята [45, с. 39].

Факультет решил послать работы Неймана на отзыв минералогу Вейсу, астроному Иделеру и математику Дирксену.

Вейс первым прислал свой отзыв:

Господин Нейман, который, надеюсь, известен большинству членов факультета еще с 1819 г., хорошо изучил минералогию в ее связи с математикой и физикой.

В работе «Вклад в кристаллономию», которую он представил факультету, он выступает в качестве изобретателя нового, как он справедливо его называет, графического метода. Благодаря этому методу, разработанному им с таким остроумием и основательностью, в этой науке достигнут значительный прогресс.

Немалая, лично ему принадлежащая заслуга состоит в том, что все соотношения, в которых находятся части кристаллической системы, были представлены в едином и наглядном виде, что до сих пор удавалось в высшей степени неполно, разрозненно и неточно. Он придал этому представлению математическую четкость, используя столь простые формулы, что не остается желать ничего лучшего. Я уже засвидетельствовал то же самое об изобретении Неймана Академии наук.

Я надеюсь, что по этим причинам факультет не будет возражать против присвоения Нейману ученой степени, однако я далек от мысли диктовать свое мнение факультету.

Оригинальность исследований Неймана будет, конечно, и без того оценена по достоинству. Господа профессора по специальности выскажут свое мнение о поданной им латинской диссертации и тем самым о допущении к экзаменам. Чтобы точнее судить о способностях автора, может быть, будет не лишним заметить, что это была не избранная им тема, а предложенное ему со стороны задание, которое он выполнил несомненно оригинальным способом. Эта общая математическая тема «о касаниях» дала ему повод к пространной работе, частью которой является эта диссертация.

Во всех отношениях Нейман представляется мне обладателем чрезвычайного исследовательского ума. Я полагаю, что в будущем он достигнет больших успехов.

Его средства к существованию чрезвычайно скромны. Он довольствуется невероятно малым, и пособие, получаемое от министерства, является единственной возможностью, позволяющей ему находиться здесь. Я удивляюсь, что он в состоянии выплатить факультету половину взносов, причитающихся с соискателей, и заверяю факультет, что лишь крайняя необходимость принудила его просить о снятии другой половины. Ранее в таких случаях уже освобождали от уплаты полностью, о чем я также ходатайствую особо [53, с. 98].

Положительно высказался и второй рецензент, астроном Иделер. Он также поддержал предложение

Вейса об освобождении Неймана от второй половины взноса соискателя.

Гораздо более строгим судьей оказался математик Дирксен. В своем отзыве он писал, что «как предмет диссертации, так и примененные в ней методы по своей значимости относятся к достаточно раннему периоду развития науки и настолько чужды современному направлению математики и ее использованию в физике, что я не понимаю, как автор, если он хотя бы однажды занимался всерьез этой проблемой, мог выбрать столь несвоевременную тему и тем самым опуститься до уровня начинающего учителя гимназии» [53, с. 99].

Особое недовольство Дирксена вызвало то, что Нейман решал геометрические задачи, не прибегая к алгебраическим вычислениям. Он, по-видимому, решил, что Нейман вообще не владеет алгеброй и высшей математикой. Поэтому в своем отзыве он указал на отсутствие справок о посещении Нейманом лекций по интегральному исчислению и небесной механике, о которых он писал в своей автобиографии. В заключение Дирксен пишет:

Мое мнение таково, что нужно потребовать от него либо представить новую пробную работу, откуда можно было бы увидеть, что он вполне знаком с тем, что необходимо математику и физику в настоящее время, либо вовсе отказаться от экзамена по математике...

Что касается освобождения от платы, то я охотно голосую «за» [53, с. 99].

Отзыв был явно отрицательный. Дирксен не понял работы Неймана. По-видимому, он не был в достаточной степени знаком и с новым направлением в геометрии, развиваемым французскими математиками. Интересно, каково ему было, когда через год появилась основополагающая работа Якоба Штейнера «Некоторые геометрические рассуждения», где в вводной части были рассмотрены многие задачи, решенные Нейманом.

Возникла ситуация, при которой стало необходимо знать мнение всех членов факультета. Мнение представителей гуманитарных профессий выразил философ Гегель:

Поскольку я вынужден давать свой отзыв под влиянием мнения обоих предшествующих моих коллег, я могу лишь отметить, что изобретательность в обсуждении геометрических проблем такого рода, как в предложенной работе, характерна для кристаллографии, которой посвятил себя кандидат. Цен-

ность представленной работы должна, таким образом, определяться больше ее целью, но, с другой стороны, также математическим талантом, который кандидат проявил в этом исследовании — в этом смысле мне представляется важным отзыв господина коллеги Иделера, так как при особой роли математики в настоящее время ей должны быть подчинены интересы и обсуждения других проблем. С этой точки зрения обоснование темы и обсуждение этого вопроса можно было бы сократить. Однако тому, что кандидат получил задачу не от факультета (по свидетельству господина коллеги Вейса), а от кого-то другого — нам безразлично от кого, — я не могу найти оправдания.

Впрочем, кристаллография, в области которой кандидат претендует на степень доктора философии, — особая область. Это не математика и не философия, и в этой области его способности, по свидетельству господина коллеги Вейса, признаны отличными и блестящими. Учитывая это, не следует препятствовать представителю этой особой специальности в получении отличия, которое имеют все члены факультета — степени доктора философии. Я голосую за допущение к экзамену [53, с. 99].

Это была здравая позиция — рассматривать соискателя как претендующего на степень доктора философии не по математике, а по кристаллографии, науке, в которую Нейман уже внес весомый вклад. А это означало замену экзамена по математике на экзамен по кристаллографии и минералогии.

Такое предложение поддержал и физик Эрман. Вопрос казался решенным, но тут поступил отзыв от химика Эйльхарда Митчерлиха, который еще больше усложнил ситуацию.

Митчерлих написал краткий отзыв собственно не на математическую работу Неймана, а на его брошюру «Вклад в кристаллономию», причем отзыв несправедливо отрицательный:

В опубликованной статье г. Нейман бесспорно показал, что он знаком с известными до сих пор фактами, относящимися к кристаллографии. Однако я не рискну утверждать, что он сделал какое-то значительное изобретение или открытие, так как путем совершенно простых операций в сочетании с предложенными другими кристаллографами методами обозначения можно легко и быстро получить то же самое, что получил г. Нейман путем своего графического метода.

Поэтически-метафизический язык, встречающийся повсюду в работе, и вся его манера изложения вызывают сомнения в его естественно-научном образовании. Мне кажется, что по этим причинам для кандидата ни в коем случае нельзя отменять экзамена. При этом само собой разумеется, что если кандидат будет допущен к экзамену по математике, от него следует потребовать знаний по физике и химии, необходимых минералогу. За освобождение от платы [53, с. 100].

Странно, что такой выдающийся ученый, как Митчерлих, не понял работы Неймана. Странно потому, что

как раз в это время Митчерлих занимался вопросом о связи внешней формы кристаллов с их химическим составом, что привело его к открытию явления изоморфизма. В связи с этим он много занимался кристаллографией и, по-видимому, внимательно изучил брошюру Неймана. Объяснить эту странную aberrацию мышления очень трудно, хотя аналогичные примеры в истории науки можно найти без труда.

Тем не менее после отзыва Митчерлиха дело Неймана три месяца пролежало без движения. Только в конце октября 1825 г. новый декан Телкен сообщил Нейману, что он единогласно допущен к экзаменам и освобожден от денежного взноса.

Экзамен состоялся 5 ноября 1825 г. Что он из себя представлял, видно из протокола [53, с. 100].

Заседание факультета от 5 ноября 1825 г.

Комиссия: Вейс, Гегель, Лихтенштейн, Иделер, Эрман, Беккер, Гермбштедт, Митчерлих, Гофман, фон дер Хаген, Ольтман, Дирксен, Бёкх, фон Раумер, Телкен — декан.

Вошел кандидат Франц Эрнст Нейман, с которым сначала побеседовал г. профессор Иделер. Собственноручно написанное им заключение приведено ниже:

Сначала я предложил кандидату несколько вопросов по стереометрии и тригонометрии, на которые он ответил так, что было достаточно ясно, что он много занимался этими предметами.

Иделер

Далее свои отзывы записали другие члены комиссии:

Кандидат сам дал мне повод провести с ним беседу об основах статики и динамики, особенно с привлечением представлений Лапласа. Он с очевидностью показал, что он овладел этими науками.

Дирксен

Я предложил кандидату несколько вопросов по применению тригонометрии при измерении земельных участков и для ориентирования триангулярной системы. Он обнаружил хорошее общее представление об этом методе, который он при своих теоретических знаниях может, конечно, легко применить.

Ольтман

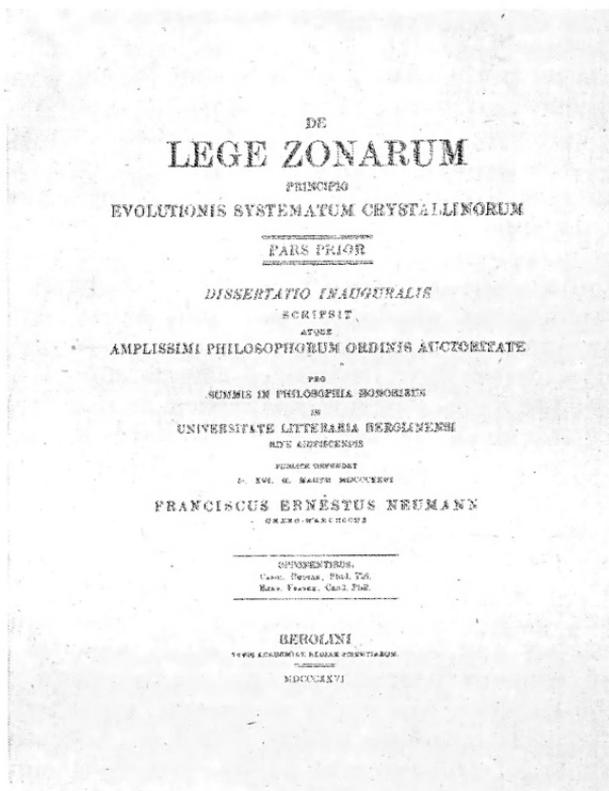
На несколько вопросов по физико-геологическим предметам получены отличные ответы.

Эрман

Представленная печатная работа и статьи уже свидетельствуют о выдающихся знаниях кандидата по кристаллономии, и устный экзамен только лишний раз подтвердил их.

Вейс

Как видно из этого протокола, Нейман был подвергнут комплексному экзамену по математике, физике и кристаллографии. На основании результата экзамена



Титульный лист диссертации Неймана «О законе зон»

факультет вынес решение, что кандидат Нейман достоин получения степени доктора философии.

Когда Францу сообщили об этом, он заявил, что готов «добровольно представить вместо не вполне удовлетворительной работы по математике, другую работу в качестве диссертации». И уже 15 декабря 1825 г. он подает новую диссертацию «О законе зон», написанную, как и полагалось, на латинском языке. После положительного отзыва Вейса 17 февраля 1826 г. она была напечатана.

3

Эта работа является непосредственным продолжением и развитием брошюры «Вклад в кристаллономию». Ее, так же как и другие кристаллографические работы

Неймана, переиздал и прокомментировал в 1916 г. Карл Нейман [49].

Во введении Нейман продолжает развивать мысль о преимуществах принятия в качестве основного закона кристаллографии закона зон Вейса по сравнению с законом кратных отношений Гаюи. Но Нейман несправедливо утверждает, что закон кратных отношений является феноменологическим, а ссылки на атомистическую теорию лишь вносят путаницу.

Закон зон очень удобен в кристаллографических исследованиях, так как позволяет определять положение любой грани относительно других без измерения углов. Однако, констатирует Нейман, в законе зон кристаллографы видят лишь удобное практическое средство, а не основу настоящей теории. Он считает это несправедливым. Из закона зон, как показал Нейман во «Вкладе в кристаллономию», следует закон кратных отношений. Кроме того, из закона зон следует, что грань кристалла может образоваться только в том случае, если в ней изначально заложено некоторое направление. Этот закон дает основу развития элементов кристаллической системы, но при этом не обязательно каждый последующий элемент развивается из предыдущего. Из закона зон следует, что могут возникать элементы системы не взаимосвязанные между собой, но которые с необходимостью выводятся из ранее существовавших элементов. Закон зон указывает возможные элементы, но отбор среди них определяется неизвестным еще законом.

Эти общие положения Нейман иллюстрирует на примере кристаллов кварца, где показывает, какие плоскости могут следовать из закона зон и какие наблюдаются в действительности.

После этих общих замечаний излагается метод построения сложных граней из простых в различных кристаллических системах с помощью закона зон. При этом используются не проекции, а формулы для определения символа зоны, которой принадлежат две данные грани., и формулы для определения символа грани двух заданных зон, полученные в работе «Вклад в кристаллономию».

В первом разделе рассмотрена кубическая система. Основываясь на своих результатах, изложенных во «Вкладе в кристаллономию», Нейман показывает, что, приняв в качестве основной фигуры октаэдр, можно с

помощью закона зон легко получить грани еще двух фигур — куба и ромбододекаэдра. Ни одна из этих фигур сама по себе не может дать новых фигур, но их комбинация может привести к получению новых граней. Поэтому если иногда в кристалле встречается, например, ромбододекаэдр и еще какая-нибудь форма с его участием, а куб и октаэдр отсутствуют, то следует считать, что грани этих двух фигур присутствуют в виде так называемых внутренних граней, не проявляющихся во внешней огранке кристалла. Эти внутренние грани часто проявляются как плоскости спайности.

Комбинируя зоны ромбододекаэдра и куба, Нейман получает пентагон-триоктаэдр, а ромбододекаэдр с октаэдром — тетрагексаэдр и пентагон-триоктаэдр. Комбинируя эти фигуры с исходными, он находит еще большее число различных фигур, которые сведены в таблицу.

Во втором разделе рассматривается тетрагональная система. Основными фигурами здесь считаются тетрагональная дипирамида и две плоскости, одна — перпендикулярная оси c , а другая — перпендикулярная осям a и b . Затем по схеме, использованной в первом разделе, с помощью закона зон строятся новые фигуры. Индексы их граней сведены в таблицу.

Третий раздел посвящен ромбической системе. Здесь в качестве основных фигур выбираются ромбическая дипирамида и три плоскости, соответствующие перпендикулярные осям a , b и c . Дальнейшее развитие граней требует присутствия хотя бы одной из этих плоскостей. Эти три случая Нейман детально исследует и получает соответствующие простые формы. Далее рассматриваются случаи, когда налицо все три грани.

В четвертом разделе рассматривается моноклиновая система. Основные элементы здесь — четыре косые грани и одна грань, перпендикулярная оси b . Развитие этих граней в зонах приводит к возникновению новых граней, которые подробно анализируются.

Специальный параграф диссертации посвящен использованию косоугольной системы координат для описания моноклиновой системы. Как и в современной установке, считается, что угол, отличный от прямого, образуют оси a и c . Между другими осями углы равны 90° . С помощью этой системы координат анализируются новые грани, возникающие из основных.

Таково в общем содержание новой диссертации Неймана. Она озаглавлена как часть 1. По-видимому, как

и в случае «Вклада в кристаллономию», Нейман намеревался продолжить эту работу. Действительно, в диссертации отсутствует рассмотрение моноклинных, триклинных и гексагональных систем и совершенно не используются проекции. Однако серьезно вернуться к этим работам ему не удалось, хотя при чтении своих лекций по кристаллографии он постоянно добавлял и уточнял многие разделы своих прежних исследований.

Ценность диссертации Неймана «О законе зон» состоит в том, что в ней показаны простые правила, с помощью которых можно вывести все возможные, как сейчас говорят, простые формы данной кристаллической системы. Эти правила основываются на последовательном применении закона зон в том его математическом виде, который придал этому закону Нейман.

Теоретические выводы диссертации и своей работы «Вклад в кристаллономию» Нейман немедленно применил к изучению конкретных кристаллов. В 1825 г. из печати вышли две его статьи: «О кристаллической системе аксинита» и «По поводу статьи Хайдингера об акситомном барите свинца». В первой работе рассматриваются грани и зоны, найденные у аксинита Гаюи и Моосом, и показывается их недостаточность для суждения о его кристаллической системе. Для определения углов наклона зон и граней необходимо иметь величины пяти углов, и углы эти должны быть измерены на одном и том же кристалле, так как один и тот же угол, измеренный на разных кристаллах, может отличаться на $16'$. Ранее этого сделано не было. Нейман измерил семь углов на одном кристалле из коллекции Берлинского университета и показал, каким образом из пяти углов можно получить остальные. Для представления своих результатов он воспользовался стереографической проекцией.

Далее Нейман показал, как привязать все грани этого моноклинного кристалла к трем взаимно перпендикулярным осям. Тогда символ каждой грани будет иметь вид

$$\frac{1}{m} a : \frac{1}{n} b : \frac{1}{p} c,$$

где m , n и p — простые числа. Для единичных параметров Нейман находит соотношение

$$a : b : c = \sqrt{51} : \sqrt{49} : \sqrt{1}.$$

Используя эти величины, он рассчитал положение каждой грани кристалла и показал, что оно отличается от естественной не более, чем на 9'.

Во второй статье, исходя из своих теоретических построений, он утверждает, что кристаллы барита свинца имеют простую ромбоэдрическую форму, а не являются тройниками, как предполагал Хайдингер.

4

Интенсивная работа и нервное напряжение, связанное с подготовкой к защите и экзаменам, сказались на состоянии здоровья Неймана: он тяжело заболел. Иссякли и средства, выделенные ему министерством. Он был вынужден обратиться за помощью к матери. Она немедленно откликнулась:

Благодарю Вас за доверие. Охотно высылаю требуемую сумму. Желаю Вам скорейшего выздоровления.

Ваш друг В. [47, с. 229]

К весне Нейману стало лучше, и он обратился к философскому факультету с просьбой провести публичную защиту. Она состоялась 16 марта 1826 г. Официальными оппонентами выступали студент теологии Карл Ройтер и кандидат философии⁶ Герман Франке. Защита прошла хорошо, и Францу Нейману было присвоено ученое звание доктора философии.

Свою диссертацию и статью «К системе кристаллов аксинита» Нейман послал в министерство. В сопроводительном письме он писал, что в связи с болезнью не мог воспользоваться разрешением министерства читать лекции в Берлинском университете и поэтому остался совсем без средств к существованию. Нейман просит министерство поддержать его материально.

В мае 1826 г. министерство сообщило Нейману, что он назначается на должность приват-доцента по минералогии в Кенигсбергском университете. Но по приезде туда он обязан написать и публично защитить еще одну диссертацию. Министерство просит его немедленно отбыть на новое место работы, чтобы начать лекции еще в текущем семестре.

⁶ Кандидатом назывался студент, прослушавший курс университета, но не завершивший образование надлежащим образом.

Дело в том, что в Кенигсбергском университете минералогию, зоологию, ботанику, физику, химию и фармакологию преподавал один профессор — Карл Готфрид Хаген. Это было явно не под силу семидесятисемилетнему профессору, и его лекции не отличались глубиной содержания. Хаген просил освободить его от ряда предметов, передав их молодым преподавателям. В связи с этим министерство выделило соответствующие вакансии. Одновременно с Нейманом министерство назначило в Кенигсберг приват-доцентами молодых докторов философии Якоби и Дове.

Нейман простился с друзьями, собрал свои немногочисленные вещи. Написал письмо к матери:

...Я получил назначение министерства ехать в университет в Кенигсберге. Я сделал все, что было в моих силах, чтобы получить другое назначение, если не в самом Берлине, то в каком-либо близлежащем университете. Я ничего не смог сделать и должен идти этой дорогой как честный человек... Я надеюсь, что мое пребывание в Кенигсберге будет недолгим, не более одного года. Мне бесконечно тяжело теперь покидать Вас. Моя жизнь была бедна счастливыми минутами, но сейчас наступили наихудшие.

Я вступаю теперь в буржуазное общество, но питаю при этом мало надежд, я думаю, что меня ждут здесь одни огорчения... [47, с. 235].

Откладывать свой отъезд Франц уже не мог. Он выехал в Кенигсберг, где прожил не год, как намеревался, а шестьдесят девять лет.

Г л а в а 8

Первые годы в Кенигсберге

1

Нейман добирался до места своего назначения в почтовой карете, взяв с собой только один чемодан. Остальные вещи, в основном книги, он отправил на грузовом паруснике.

«Какое это было прекрасное время! — вспоминал Нейман. — Берлинский ямщик заехал за мной на мою квартиру, взял мой багаж и после небольших переговоров мы тронулись. Во время своего путешествия, которое продолжалось восемь суток, я познакомился с попутчиками и мы очень расположились друг к другу.

Если мы проезжали мимо какого-нибудь городка или гостиницы, где, например, праздновалась свадьба и были танцы, то мы просили ямщика остановиться и дать возможность потанцевать. Один или два часа он доставлял нам это удовольствие... Мы ему были очень благодарны за это...» [47, с. 239].

Наконец появились обширные песчаные дюны, стали чаще попадаться сосны. Все говорило о близости моря.

Кенигсберг. С этим городом будет связана вся дальнейшая жизнь Неймана. А пока старый город равнодушно встречал молодого приват-доцента. Мимо него проплывали величественные здания. Вот Старая ратуша. Вот Кафедральный собор, у стены которого похоронен Кант. На острове, образованном двумя рукавами реки Преголя, каменной громадой высится старинный замок. Хотя он стоит уже шесть веков, но все же он моложе города.

Другой достопримечательностью Кенигсберга является университет, основанный маркграфом Бранденбургским герцогом Альбрехтом (Альбертом). Основав в 1544 г. Кенигсбергский университет, он передал ему богатое собрание книг и свою собственную библиотеку. В честь его основателя Кенигсбергский университет часто называют Альбертиной.

За почти трехсотлетнюю свою историю университет знал много выдающихся имен. Но в то время, о котором мы рассказываем, над Альбертиной еще витал дух великого Канта. Еще живы были некоторые коллеги ученого, еще работали его непосредственные ученики, те, кому довелось слушать лекции великого философа. Здесь предстояло начать преподавательскую деятельность и Нейману.

Здание университета по своему виду напоминало старый бедный монастырь. Главное место в нем занимала большая аудитория — длинная, низкая и темная комната с четырехугольными колоннами. Здесь читались лекции. Остальные помещения тоже были низкие и темные.

В 1805 г. была запланирована основательная перестройка всего здания университета, но начавшаяся война с Наполеоном помешала этому. В 1810 г., когда Кенигсберг заняли войска Наполеона, император повелел заложить ботанический сад и построить обсерваторию.



Кенигсбергский университет. Старое здание

Директором обсерватории и профессором астрономии, по предложению Гаусса, был назначен Фридрих Вильгельм Бессель. Это был выдающийся ученый. В самом начале своего научного пути, в двадцатилетнем возрасте, он вычислил орбиту кометы Галлея. Он разрабатывал теорию солнечных затмений, определил массы планет Солнечной системы и спутников Сатурна. Ему же принадлежат очень точные измерения с целью определения формы земного сфероида. Бессель создал теорию ошибок астрономических инструментов, разрабатывал методы интерполяции. В математике известны цилиндрические функции, носящие его имя. Он использовал их в астрономических вычислениях.

Но приглашение Бесселя не очень повлияло на общий уровень преподавания естественных наук в Кенигсбергском университете. Оно велось в основном сторонниками натурфилософии, каковым был, например, и предшественник Неймана — медицинский советник профессор Хаген. Это было обусловлено общим отношением к естественным наукам как к наукам второго сорта, которое царило в немецких университетах. Над умами немецких ученых властвовал Гегель и его идеалистическая философия. Достойными считались исследования идей «мирового духа» как движущих сил всего

сущего. Исследования же природы третировались как грубая и недостойная науки эмпирика.

Нельзя сказать, чтобы Гегель и его последователи начисто отрицали значение естественных наук. Но они считали их вторичными по отношению к философии — науке о законах духа. В этом отношении характерно высказывание одного философа Кенигсбергского университета о работах, которые начал проводить здесь Нейман: «Работы учеников глубоко уважаемого коллеги Неймана являются бесцельной игрой острого ума, которую, кроме самих авторов, никто не понимает. Но и они перестают понимать их, если больше не работают под руководством Неймана» [47, с. 244].

Однако под влиянием соседних стран, и прежде всего Франции, где естественные науки быстро развивались и оказывали все возрастающее влияние на производство, обстановка в Германии, и особенно в Пруссии, начинает постепенно меняться. Пробуждается интерес к естественным наукам среди молодежи, подрастает целая плеяда естественников-профессионалов, специалистов в достаточно узких областях, но способных работать на самом высоком уровне. К этой плеяде принадлежал профессор Бессель, к ней же принадлежали молодые приват-доценты Якоби, Дове и Нейман. Позднее к ним примкнул молодой физик Георг Эрман. У них были общие идеалы, одни стремления, и естественно, что между ними сразу установились дружеские отношения.

Вопреки ожиданиям Неймана, сердечные отношения установились у молодых приват-доцентов и с профессором Хагеном. Он принял их с отеческой теплотой, помог устроиться и ввел в курс дела. Неймана он прежде всего познакомил с коллекцией минералов.

Эта коллекция вскоре получила существенное пополнение и стала одной из лучших университетских коллекций минералов в Германии. Этим пополнением университет обязан Нейману. Дело в том, что одним из слушателей лекций Неймана по кристаллографии в Берлине зимой 1823—1824 гг. был генерал-лейтенант фон Яск. Он собрал большую коллекцию довольно редких минералов и подарил ее королю Фридриху Вильгельму III. Тот, в свою очередь, решил подарить ее какому-нибудь прусскому университету. Король спросил на этот счет совета Леопольда фон Буха, тоже слушавшего лекции Неймана и принимавшего в нем уча-

стие. Зная, что Нейман отправился в Кенигсберг, он порекомендовал подарить коллекцию университету.

Нейман снял скромную квартиру в Кнайпхофе на одной из самых старых улиц города, застроенной еще в начале XIV в. Вид этой улицы типичен для Кенигсберга. Дома, украшенные лепной отделкой, плотно прижались друг к другу. Перед каждым домом невысокая железная ограда. Ко входу ведут широкие и довольно высокие лестницы, а между ними висят большие балконы. По обеим сторонам узких без ограждений тротуаров прорыты глубокие каналы для стока воды. Тут и там через каналы перекинута мостики.

Квартирка у Франца была маленькая. Да и на 200 таллеров ничего большего он не мог себе позволить. Нейман, кроме работы по систематизации коллекции минералов, интенсивно готовился к своим первым лекциям. В зимнем семестре 1826/27 г. он должен был 2 часа в неделю читать курс кристаллографии.

На первую лекцию молодого приват-доцента минералогии в полутемную и холодную аудиторию пришло всего три слушателя. Однако это не охладило пыл молодого лектора. Он с увлечением рассказывает о закономерностях внешней формы кристаллов, показывает студентам прекрасно ограненные кристаллы минералов.

Нейман так увлечен работой, что не пишет писем друзьям, матери и Вейсу. Это их, естественно, беспокоит. Карл Распе пишет Нейману: «Ты жив или уже умер? Это уже слишком, это выше всякой меры — ничего не сообщать о себе...» [47, с. 245].

Пришло письмо от Дулица, который заезжал к графине и по просьбе Неймана исполнял кое-какие ее поручения. Он писал Нейману, что мать очень тоскует без него и ждет его скорого возвращения. В Берлине Вейс и другие профессора хлопочут в министерстве о переводе Неймана в Берлин.

Получил он письмо и от матери. Она жалуется на свое здоровье и в заключение пишет: «Ах, возвращайтесь поскорее к нам, к Вашим добрым друзьям... Посвятите себя полностью сельскому хозяйству и прекрасной природе!»

Нейман отвечает:

Вы повторяете свое великодушное предложение приехать в М. и полностью посвятить себя сельскому хозяйству.

Жизнь — это трудная задача, это опасная игра. Жизнь меня рано научила отказываться от каких-либо притязаний, и поэто-

му я построил для себя свой мир. В то время когда я погружаюсь в этот мир, в науку и книги, я могу выносить и реальный мир. Наука и книги составляют все мое содержание... Я в полной уверенности, что только в своем мире, среди своих книг, я могу найти спокойствие, которое мне так необходимо.

Прошло уже много лет, и мои занятия еще крепче привязали меня к себе. Я не могу, я не в состоянии расстаться с ними, пока я существую [47, с. 248].

Теперь возврата к прошлому уже быть не могло. Жизнь Франца Неймана — это наука.

В кружке четырех молодых приват-доцентов, без сомнения, лидером был Карл Якоби. Этот молодой математик обладал необыкновенной энергией и работоспособностью. Сам обладающий большой работоспособностью, Нейман завидовал его умению сутками не вставать из-за письменного стола. Якоби прожил всего сорок шесть лет, но оставил свое имя почти во всех разделах математики.

Во время переезда в Кенигсберг Якоби завершал работу над теорией эллиптических функций. К ним его привело вычисление ряда интегралов, не берущихся в элементарных функциях. Позднее было показано, что эллиптические функции играют важную роль во многих разделах физики.

О личности Якоби можно судить по сохранившейся дневниковой записи, сделанной как раз в период его приват-доцентства в Кенигсберге:

Я различаю работу, которую хочу делать, и неинтересную работу, которую я вынужден делать. Для первой нужны не только прилежание и память, она требует свежих мыслей. Упорное напряженное мышление требует больших сил, чем упорное прилежание. Если я путем постоянной тренировки своего мышления делаю свою работу лучше других, то не следует думать, что это дается мне легко, дается мне свыше.

Но когда мне предстоит серьезная работа, я часто испытываю страх перед умственным напряжением и это сильно влияет на мое здоровье. Но сознание того, что ты свободно отдаешь свои силы, является лучшей наградой и придает мужество... Только в движении мысли человек свободен и является самим собой — оно является наилучшим самовыражением.

Каждый, кто несет в себе идеи науки, не должен думать ни о каких других вещах, как только о том, чтобы открыть их человечеству. На этом фоне все незначительное должно проходить стороной... [47, с. 253].

Эти мысли были вполне созвучны и Нейману. Повидимому, часто молодые люди, собираясь вместе, обсуждали различные вопросы творчества, пользу, приносимую человечеству развитием наук. Причем в дискуссиях мало, кто мог соперничать с Якоби.

«Было нелегко утверждать себя рядом с Якоби,— вспоминал Нейман.— При первом же знакомстве его острые шутки подавляли. Он всегда давал почувствовать, что он сильный соперник. Если он был в чем-то убежден, то сопернику было плохо. Однажды он ответил профессору математики, о знаниях и способностях которого был невысокого мнения, когда тот выразил свою радость по поводу будущего соседства с Якоби: «Да, если чего не знает один, будет знать другой» [47, с. 254].

Якоби, как и Неймана, отличала исключительная порядочность. Когда начались хлопоты друзей Франца о переводе его в Берлин, то выяснилось, что на это же место претендует Эрман. Пошли слухи о том, что в своем письме в министерство Нейман будто бы плохо отзывался об Эрмане, чтобы устранить конкурента. «Якоби пришел ко мне,— вспоминал Нейман,— и попросил показать ему мое письмо в министерство. После того как он внимательно прочел его, он сказал: „Против этого ничего нельзя возразить“,— и после этого предложил мне свою дружбу» [47, с. 254].

Якоби стал первым в их компании, кто получил должность экстраординарного профессора (в декабре 1827 г.). Нейман в Дове стали экстраординарными профессорами в марте 1828 г.

Однако новая должность не принесла Нейману избавления от материальной нужды: он по-прежнему получал всего 200 таллеров.

Видя, как тяжело живет Францу, Бессель стал хлопотать в министерстве о повышении ему оклада. Он писал министру просвещения:

...разрешите обратиться к Вам с ходатайством по поводу молодого человека, чьи выдающиеся способности уже очевидны и который меня очень интересует. Это экстраординарный профессор Нейман. Богатство его знаний, широта охвата, с которыми он проводит свои научные исследования, его энтузиазм и упорство, с которыми он отдает себя науке, настолько велики, что я с уверенностью могу предсказать, что он скоро займет одно из первых мест среди специалистов по математической физике. В то же время он получает здесь всего 200 таллеров, сумму, на которую и студент не может жить независимо.

Человек такого таланта не может жить в столь стесненных обстоятельствах.

...Нейман по своей скромности не обращается к Вам. Мне самому не сразу удалось составить полную картину жизни Неймана, а также узнать его характер. Его твердость проявляется в том, что он отказывается от частного преподавания и

предпочитает все свое время посвящать научным исследованиям. Каковы последствия этих убеждений, легко видеть...

Я мог наблюдать в последнее время, с каким напряжением он отдает все время науке и не ищет для себя никакой другой деятельности... [47, с. 255].

Это письмо не возымело действия. Но оно интересно в другом отношении, оно показывает, какой большой авторитет сумел завоевать Нейман за полтора года пребывания в Кенигсбергском университете.

2

По приезду в Кенигсберг Нейман все свободное от подготовки и чтения лекций время отдает научной работе. Его исследования развиваются в двух направлениях. Первое — уже привычная для Неймана кристаллография. Второе направление — совершенно новое — физика кристаллов.

В 1830 г. в трудах Берлинской академии Нейман опубликовал большую работу «Кристаллическая система альбита и родственных ему видов». Причиной, по которой Нейман принялся за изучение кристаллов альбита, является их химическая близость к полевым шпатам, хорошо изученным Нейманом в работе «Вклад в кристаллономию». Однако если полевые шпаты моноклинные, то альбит — триклинный кристалл. Это различие, отмеченное впервые известным минералогом Г. Розе, позволяло сделать вывод о сходстве этих двух систем. Поэтому внимательный анализ сходства и различия альбита и полевого шпата мог дать ключ к пониманию взаимосвязи моноклинной и триклинной систем.

Другой причиной этой работы явился интерес Неймана к условиям, которые позволили бы на основе измерений углов реальных кристаллов получать достоверные сведения о типичных угловых величинах той или иной кристаллической системы. Поэтому прежде всего Нейман подробно проанализировал источники ошибок при измерении углов кристаллов с помощью отражательного гониометра Волластона. Оказалось, что если взять среднее из десяти измерений, то погрешность этого метода не превышает $2'$ и может возрасти самое большее до $4'$ для кристаллов с искривленными гранями.

Продемонстрированный в этой работе подход к анализу погрешностей измерений стал типичным для всех последующих экспериментальных работ Неймана. Вы-

бор адекватных методов измерений, тщательный анализ возникающих погрешностей и установление степени надежности полученных результатов — это стиль Неймана-экспериментатора.

В теоретической части работы решается задача о том, как, зная углы между гранями, определить достоверно индексы четырех граней кристалла, необходимых для построения всех возможных граней методом зон. Он показывает, что индексы этих четырех граней определяются пятью величинами — элементами системы. Для их нахождения вначале вычисляются приближенные значения этих элементов ($\alpha, \alpha', \beta, \beta', \beta''$) и с их помощью — приближенные значения углов V . Если разница между истинным и приближенным значением угла ΔV , а $\Delta\alpha, \Delta\alpha'$ и т. д. — отклонения приближенных значений элементов от их истинных значений, то

$$\Delta V = A\Delta\alpha + B\Delta\alpha' + C\Delta\beta + D\Delta\beta' + E\Delta\beta'',$$

где A, B, C, D и E заданы приближенными значениями. Таких уравнений столько, сколько измеренных углов. Из этих уравнений методом наименьших квадратов вычисляются неизвестные $\Delta\alpha, \Delta\alpha'$ и т. д.

Далее приводятся результаты измерений на четырех кристаллах альбита из Тироля и показывается, что у кристаллов альбита и полевого шпата диагональные грани наклонены под прямыми углами, а наклоны грани ромбоэдра одинаковы.

В следующем году Нейман опубликовал еще одну кристаллографическую работу: «Закон относительного положения индивида в кристаллах-двойниках, в связи с работой профессора Брейтгаупта об ортоклазах». В ней он полемизирует с известным минералогом, учеником Вернера, Брейтгауптом относительно описания двойников полевого шпата и альбита. Нейман показывает, что двойники альбита, которые аналогичны двойникам полевого шпата, состоят из четырех индивидов, которые попарно срastaются по известному закону альбита, и лишь эти двойники, в свою очередь, срastaются по карлсбадскому закону.

Обобщая свои наблюдения, Нейман формулирует закон о положении индивидов в двойниках, по которому они располагаются симметрично по отношению к одной грани кристалла, причем все грани, стоящие вертикально на двойниковой грани, являются общими для обоих

индивидов, а каждая из граней одного индивида является возможной гранью другого. При этом Нейман подчеркивает, что не следует путать двойниковую грань с гранью срастания, так как последняя зависит от случайных факторов роста.

Еще одну работу, связанную в какой-то степени с системой альбита и полевого шпата, Нейман опубликовал через год в виде письма к Вейсу. В нем он без доказательства приводит следующую теорему:

Если имеются кристаллические системы, находящиеся между собой в таком же отношении, как, например, система полевого шпата и система альбита, т. е. в которых идентичны зоны, но различны углы, то всегда имеются три взаимно перпендикулярные оси, с которыми грани одной системы соотносятся так же, как грани другой системы, т. е. по отношению к которым выражения для граней идентичны; различным является только соотношение осей двух систем [9, с. 391].

Эта теорема имеет непосредственное отношение к изменению углов кристаллов, подвергнутых разным воздействиям, например тепла или давления. В связи с этим в конце письма Нейман сообщает, что он обобщил уравнения теории упругости Пуассона для изотропных тел на кристаллы, и теперь, зная величину изменения углов в кристаллах под воздействием равномерного давления в одном или всех направлениях, можно вычислить величины упругости кристаллов по разным направлениям.

Это письмо — как бы мостик от кристаллографических работ Неймана к его физическим работам. Они начались не без влияния работ выдающегося французского ученого Жана Фурье.

Познакомился Нейман с его трудами до некоторой степени случайно. После окончания своих лекций по кристаллографии, которые он читал избранной аудитории зимой 1822/23 г., советник фон Дехен, один из его слушателей, прислал Нейману в знак признательности только что вышедшую в Париже книгу Фурье «Аналитическая теория тепла». Книга его захватила. «Не считая Вейса, — писал он, — я ни у кого не научился большему, чем у Фурье» [47, с. 245].

Влияние Фурье на Неймана осуществлялось как бы в два последовательных этапа. На первом этапе его заинтересовала, по-видимому, только тематика работы Фурье, а именно теплота и тепловые свойства веществ. Поскольку Нейман был минералогом и кристаллогра-



Ж. Фурье
(1768—1830)

В своей работе Фурье теоретически показал, что если нагревать какое-нибудь тело, например металлический стержень, то распределение температуры по его длине зависит от обмена теплом между стержнем и окружающим его воздухом. Этот обмен тепла обусловлен двумя причинами: во-первых, непосредственным переходом тепла от нагретого стержня к холодному воздуху и, во-вторых, излучением тепла в пространство так называемым тепловым излучением.

Теоретические выводы Фурье взялись проверить два французских ученых — Пьер Дюлонг и Алексис Пти. Серией тонких и тщательно продуманных экспериментов они показали, что в пустоте, когда охлаждение происходит только за счет второго фактора, т. е. за счет теплового излучения, скорость охлаждения зависит не только от разности температур тела и среды, но и от температуры самой среды. Затем Дюлонг и Пти провели эксперименты по охлаждению тела в различных газах. В этом случае действовали уже оба фактора. В этих экспериментах нашли, что на скорость охлаждения влияет теплоемкость охлаждаемого тела.

Изучая это влияние, Дюлонг и Пти вынуждены были провести специальные измерения удельных теплоемко-

фом, интерес к тепловым свойствам веществ, естественно, трансформировался у него в конкретный интерес к тепловым свойствам кристаллов.

Позднее пришла более глубокая заинтересованность: Нейман был захвачен методом Фурье, его математическим подходом к решению физических задач. Об этом мы более подробно поговорим ниже.

А пока его интересы сосредоточились на тепловых свойствах кристаллов. Начав исследования в 1829 г., он продолжал изучать эти свойства в течение тридцати лет.

стей различных веществ. В апреле 1819 г. они представили Парижской академии наук работу «Исследования относительно некоторых важных пунктов теории теплоты», где привели результаты своих экспериментов по определению удельных теплоемкостей 12 металлов и серы. При этом произведение величин удельных теплоемкостей исследованных простых веществ на их атомные массы оказалось постоянным и равным 6,25. Так был экспериментально установлен закон, получивший название закона Дюлонга и Пти. Они сформулировали его следующим образом: «Атомы всех простых веществ имеют одинаковую теплоемкость» [69, с. 68].

Справедливость закона Дюлонга и Пти вначале вызвала много возражений. Дело в том, что экспериментальные методы определения удельных теплоемкостей в то время были не очень совершенны. Поэтому, проводя повторные измерения тех веществ, которые уже были измерены Дюлонгом и Пти, а также новых простых веществ, многие ученые не получали в результате числа 6,25. Кроме того, не ясен был теоретический смысл этого закона, хотя важность его не отрицали самые тонкие теоретики. Так, Берцелиус в 1821 г. писал о законе Дюлонга и Пти, что «если он подтвердится, то будет одной из прекраснейших частей теоретической химии» [69, с. 69]. Важность этого закона отмечал Авагадро, который видел в нем подтверждение атомно-молекулярной теории: закон Дюлонга и Пти дал возможность определять относительные атомные массы веществ.

Закон Дюлонга и Пти был установлен для простых веществ, таких, как, например, металлы. Неймана заинтересовала мысль о распространении его на химические соединения. Однако для этой работы необходимо было создать относительно простые, но предельно точные методы измерения удельной теплоемкости.

Для определения теплоемкости твердых тел Нейман выбрал известный метод смешения. Он заключается в следующем. Тело, теплоемкость которого необходимо определить, нагревают до определенной температуры T_1 и опускают в жидкость, температура которой T_2 известна. Затем фиксируют повышение температуры жидкости T . Зная удельную теплоемкость жидкости c_1 , на основании предположения, что количество тепла, отданное твердым телам, равно количеству тепла, полученного жидкостью, легко найти уравнение, содержащее

удельную теплоемкость твердого тела c :

$$T = \frac{T_1c + T_2c_1}{c + c_1}.$$

Этот метод не считался точным. Значения теплоемкостей, полученные с его помощью, для одного и того же вещества в разных экспериментах отличались довольно значительно. Поэтому французские ученые, работающие методом смешения, стремились проводить как можно большее число экспериментов с одним веществом, для того чтобы исключить возникающие погрешности усреднением.

Нейман выбрал принципиально другой путь. Он прежде всего внимательно рассмотрел теорию, на которой базировался метод смешения. Можно сказать, что в его подходе эксперимент сам стал объектом теории. В специально посвященной этому работе, опубликованной только в 1906 г., после его смерти. Нейман писал:

«При проведении экспериментальных исследований, связанных с теплотой, привлечение теории дает два больших преимущества. С одной стороны, теория позволяет целесообразным образом планировать проведение эксперимента, с другой стороны, посредством теории удастся определить возможные границы некоторых ошибок (возникающих по причине факторов, ускользающих в ходе эксперимента от прямого наблюдения). Само собой разумеется, это верно лишь в предположении, что имеются приблизительные оценки значений констант, содержащихся в теории.

В тепловых явлениях наряду с другими факторами особенно активную роль играют и оказывают существенное влияние следующие: внутренняя и внешняя теплопроводность и удельная теплоемкость. Наилучшая организация опыта заключается в том, что тот фактор, который должен быть изучен, должен оказывать господствующее влияние на конечный результат опыта. Невозможно достичь полной независимости от остальных факторов, но нужно стремиться к тому, чтобы сделать их возмущающее влияние по возможности малым. Для этого необходимо представить результат на основе теоретического рассмотрения в виде определенного аналитического выражения, которое дадут приближенные сведения о зависимости данного результата от всех рассматриваемых факторов» [43, II, с. 144].

Исходя из этой программы, Нейман проанализировал

источники погрешностей метода смешения. Он показал, что приведенной выше формулой можно пользоваться только тогда, когда выполняются следующие условия:

1. После смешения у твердого вещества и у воды устанавливается одинаковая температура.

2. Во время смешения не происходит потери тепла.

3. Точно известна температура твердого тела в момент погружения в воду.

В реальном эксперименте ни одно из этих условий не выполняется, что служит источником погрешностей.

Нейман подробно проанализировал эти погрешности и нашел необходимые поправки. Для вывода поправок, обусловленных первым и вторым пунктами, Нейман использовал закон Ньютона, по которому количество тепла, поступающего из нагретого твердого тела в воду, пропорционально разности их температур, а вода, в свою очередь, теряет часть этого тепла, пропорциональную превышению температуры воды над температурой окружающей среды. Аналитически эти два положения описываются линейными дифференциальными уравнениями

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial t} = - \frac{Q (\Delta T - \Delta T_1)}{c},$$

$$\frac{\partial \Delta T_1}{\partial t} = - \frac{Q (\Delta T - \Delta T_1)}{c_1} - \frac{Q_1 \Delta T_1}{c_1},$$

где Q — количество теплоты, поступающей за единицу времени в воду через поверхность подогретого вещества при постоянном увеличении температуры на 1° по сравнению с окружающей водой; Q_1 — то же самое для поверхности воды и охлаждающего сосуда относительно окружающей среды; ΔT — превышение температуры вещества над температурой воды, ΔT_1 — превышение температуры воды над температурой окружающей среды.

Нейман решает эти уравнения при условии, что температура воды выбрана таким образом, что в ходе перемешивания с подогретым веществом она приобретает температуру, превышающую температуру окружающей среды. Если обозначить ΔT_{1m} максимальную температуру, которую принимает вода, то решение будет иметь вид

$$\Delta T_{1m} e^{\lambda t} \left[1 + \left(\frac{c}{c_1} + \frac{T_2}{\Delta T_{1m}} \right) \frac{\lambda}{\Lambda} \right] = \frac{T_1 c + T_2 c_1}{c + c_1}.$$

В этом уравнении λ и Λ — корни уравнения

$$\lambda^2 - \left[Q \left(\frac{1}{c} + \frac{1}{c_2} \right) + \frac{Q_1}{c_2} \right] \lambda + \frac{Q Q_1}{c c_1} = 0,$$

а t — время наступления максимума температуры смеси.

Выведенное уравнение фактически содержит поправки и может быть использовано вместо первоначально полученного простого уравнения для T .

Однако использование закона Ньютона предполагает бесконечно большую теплопроводность твердого вещества. Поэтому приведенные выше поправки хорошо выполняются для металлов, но будут ли они устранять погрешность при измерении кристаллов минералов, априори не было известно. Кроме того, форма образца всегда была разная, и это тоже вносило ошибку.

Нейман решил эту задачу экспериментально. Он поместил исследуемое вещество в медную коробку, заполнив оставшееся пространство водой. Затем он определил удельную теплоемкость этой коробки с разными веществами. Этим Нейман достиг того, что форма изучаемых веществ примерно была одинакова и они обладали равной, хотя и небольшой теплопроводностью. Последняя причина приводила к тому, что в момент достижения максимальной температуры T_{1m} температура внутри коробки будет отличаться от нее. По этой причине Нейман определил температуру, вводя в центр коробки специальный термометр. Но и эта температура нуждалась в поправке на скорость охлаждения термометра и на отличие температуры в центре коробки от средней температуры.

Для устранения погрешностей, обусловленных изменением температуры твердого вещества в момент погружения в воду, Нейман использовал специальное приспособление: твердое вещество подвешивалось на проволоке в жестяной коробке, в которую по трубке поступали пары кипящей воды, удаляемые по другой трубке. В ящике имелся клапан, который открывался, и твердое вещество падало в холодную воду.

Для того чтобы проверить весь метод от начала до конца, необходимо было измерить вещество, удельная теплоемкость которого хорошо известна. Нейман выбрал для этой цели воду, определив удельную теплоемкость воды вблизи температуры кипения, погружая ее в хо-

лодную воду. Эти результаты он изложил в специальной статье.

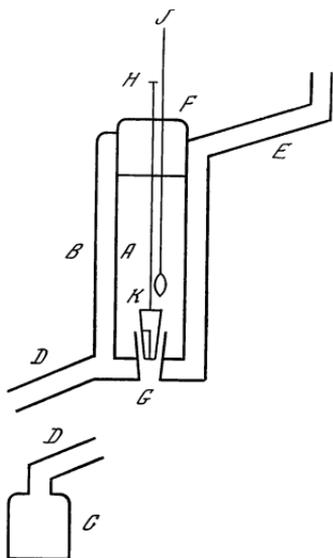
Наконец, он провел тщательное сравнение метода смешения с методом охлаждения. Этими методами он измерил удельную теплоемкость 36 минералов. Среди них были барит, целестин, пирит, кальцит, сидерит и т. д., а также сера, сурьма, висмут.

Анализ экспериментальных данных для минералов, которые являются сложными химическими соединениями, позволил Нейману открыть закон, аналогичный закону Дюлонга и Пти. «Я обнаружил,— писал он,— что для химически сложных веществ существует простое соотношение между удельной теплоемкостью и стехиометрической величиной... Открытый мною закон гласит: *удельные теплоемкости химически подобных веществ обратно пропорциональны стехиометрическим величинам. Или, что то же самое, стехиометрические величины веществ с похожим химическим составом обладают одинаковыми удельными теплоемкостями*» [43, II, с. 28]. Это положение известно сейчас как закон Неймана.

Под стехиометрическими величинами он понимал молекулярную массу по отношению к кислороду (для соединений серы — по отношению к сере), т. е. частное от деления молекулярной массы химического соединения на молекулярную массу кислорода (серы). Ниже в таблице на с. 112—113 приведены данные из статьи Неймана для двух классов соединений: сульфатов и сульфидов.

Действительно, для исследованных относительно простых химических соединений закон хорошо выполняется, причем максимальное отклонение не более 3%. Однако Нейман полностью отдает себе отчет в том, что как закон Дюлонга и Пти, так и его закон являются приближительными. Это происходит вследствие зависимости удельной теплоемкости от температуры. Но он воздерживается и от ответа на главный вопрос: почему справедлив такой закон? Ответ на него дали только позднейшие исследования Г. Кюппа, Дж. Джоуля, В. Вебера, утвердивших аддитивную схему теплоемкости.

Статья «Изучение удельной теплоемкости минералов», где Нейман изложил свой закон, содержит постскрипtum. В нем сообщается, что с помощью своего прибора он измерил удельную теплоемкость еще 49 минералов и в случае некоторых из них еще раз подтвердил свой закон.



Кран Неймана

Эти данные были опубликованы Нейманом в 1831 г. Однако по неизвестным причинам экспериментальные данные по удельным теплоемкостям других химических соединений не были тогда опубликованы. Только в 1865 г. по настоянию учеников он поручил одному из них, доктору Пале, обработать и подготовить к печати эти результаты. Они содержали данные по удельным теплоемкостям еще 22 химических веществ. На примерах азотнокислых, сернокислых солей, хлоридов и других соединений еще раз продемонстрировано выполнение закона Неймана.

К исследованию удельной теплоемкости воды вблизи ее температуры кипения Неймана привел его метод определения теплоемкости минералов. Для определения правильности поправок, которые необходимо было вносить при использовании метода смешения, емкость наполнялась почти кипящей водой. Поэтому нужно было знать ее теплоемкость.

Главной частью установки по определению удельной теплоемкости воды было устройство, позволяющее вводить в холодную воду горячую, температура которой была бы точно известна. Это устройство теперь называют краном Неймана. Он состоит из внутреннего сосуда *A*, помещенного во второй сосуд *B*. В промежуточное пространство через трубку *D* поступают пары воды, кипящей в сосуде *C*, через трубку *E* они выходят наружу. Пар служит для подогрева находящейся в сосуде воды, удельная теплоемкость которой определяется. Сосуд сверху закрыт пробкой *F*. Через нее проходит толстая латунная проволока *H*, с помощью которой можно открывать притертую пробку *K* в небольшой латунной трубе *G*. После того как вода в сосуде *A* примет постоянную температуру, измеряемую термометром *J*, пробка открывается и вода попадает в калориметр, где смешивается с холодной водой.

Нейман установил, что удельная теплоемкость воды растет с повышением температуры, это противоречило многим работам весьма квалифицированных исследователей, работавших до него. По-видимому, этот результат удалось получить только благодаря удачной конструкции крана Неймана.

В этот же период он выполнил и ряд работ по теплопроводности. Это было необходимо для введения поправок на конечную теплопроводность при измерении удельной теплоемкости методом смешения. В небольшой брошюре, изданной Кенигсбергским университетом в 1834 г., Нейман опубликовал более точные поправки к методу смешения. Эти поправки учитывали неравенство температур тела и воды, в которую оно погружено. Ранее он получил их, используя закон Ньютона. Теперь они выводились из уравнения Фурье для теплопроводности. При этом предполагалось, что измеряемое твердое тело состоит из малых сферических частиц одинакового диаметра. Нейман решает уравнение Фурье для теплопроводности шара при соответствующих граничных условиях и получает дополнительный множитель к правой части уравнения метода смешения (см. с. 106).

Вопросы теплопроводности рассматривались Нейманом и в подробно обсуждавшейся выше работе «Изучение удельной теплоемкости минералов». В этой работе описывается способ определения абсолютной теплопроводности. Он основывается на наблюдении температуры шара, поверхность которого нагревается, а затем охлаждается. Если в начале охлаждения температура поверхности выше температуры в центре, то после начала охлаждения температура в центре будет продолжать увеличиваться до определенной максимальной, а затем начнет падать. Поэтому для определения теплопроводности необходимо определить температуру в центре шара для двух разных моментов времени в ходе его охлаждения, а также максимум температуры и время его достижения. Формулы для расчета теплопроводности Нейман получил интегрированием уравнения Фурье для концентрического распределения температуры в шаре. Но в этой работе формулы приведены без вывода. Вывод остался в рукописи, опубликованной лишь в 1906 г. в Собрании сочинений.

Все эти работы выполнены Нейманом в 30-е годы. Позднее, в 50-е годы, он вновь обратился к теплопроводности. Им был разработан способ определения тепло-

**Выполнимость закона Неймана
для сульфатов и сульфидов [43, II, с. 29—30]**

Минерал	Химическая формула	Стехиометрическая величина	Экспериментальная удельная теплоемкость, ккал/(г.°C)
Барит	BaSO ₄	14,58	0,1068
Ангидрит	CaSO ₄	8,57	0,1854
Целестин	SrSO ₄	11,48	0,130
Киноварь	HgS	14,66	0,052
Реальгар	AsS	6,71	0,130
Галенит	PbS	14,95	0,053
Цинковая обманка	ZnS	6,04	0,112

проводности динамическим методом. Металлический стержень (или кольцо с расположенными в нескольких местах термopарами) нагревался с одного конца до тех пор, пока температура не становилась везде одинаковой. Затем нагревание прекращали и через определенные промежутки времени измеряли температуру в разных его точках. Однако для тел с плохой теплопроводностью этот способ не применим. В этом случае веществу придавали форму шара, равномерно его нагревали и оставляли остывать на воздухе. Через равные промежутки времени измеряли температуру в центре шара и на поверхности.

Интересовала Неймана и проблема теплопроводности почвы: по его инициативе в ботаническом саду Кенигсберга была организована станция для измерения температуры почвы, которой руководил один из учеников Неймана.

3

Дни проходили в напряженных занятиях. Но по четвергам молодые профессора отдыхали: по вечерам они собирались в доме Хагенов. Здесь царил дружеская, веселая обстановка. Центром этого кружка ученых был сам медицинский советник Карл Готфрид Хаген.

Это был очень интересный человек. В двадцать три года он стал опорой и кормильцем своей овдовевшей ма-

Произведение стехиометрической величины и удельной теплоемкости, ккал/(г. ^o С)	Удельная теплоемкость, вычисленная по среднему значению произведения, ккал/(г. ^o С)	Отклонение экспериментального значения удельной теплоемкости от вычисленного, ккал/(г. ^o С)
1,557	0,1061	+0,007
1,589	0,1804	+0,0050
1,492	0,1346	-0,0046
Среднее: 1,546		
0,762	0,052	0,000
0,872	0,113	+0,017
0,791	0,051	+0,002
0,604	0,125	-0,013
Среднее: 0,757		

тери и семи малолетних братьев и сестер. Поэтому он вынужден был большую часть времени уделять пришедшей в упадок аптеке своего отца. В 1784 г. Хаген женился на Иоганне Марии Рабе, дочери профессора Кенигсбергского университета, образованной и добродетельной девушке. У этой счастливой пары родились три сына и две дочери. В то время, о котором идет речь, сыновья были уже женаты. Старший сын, Карл, стал профессором общественно-политических наук в Кенигсбергском университете. Второй сын, Фридрих, пошел по стопам отца и в 1816 г. принял от него аптечное дело. Третий сын, Август, был широко известным поэтом и профессором литературы Кенигсбергского университета. Его называли «Хаген-искусство», в то время как старшего брата за его труды по экономике сельского хозяйства прозвали «Хаген-капуста». Младший Хаген основал в Кенигсберге Академию искусств и картинную галерею, в которой была весьма редкие произведения. К тому же он собрал обширную коллекцию гравюр и предметов прусской старины.

Старшая дочь, Иоганна была замужем за профессором Бесселем. Младшая, Флорентина, жила с родителями.

Домик Хагена стоял на берегу озера. К дому примыкал небольшой сад со старыми деревьями. В этом месте по вечерам часто собиралась на гулянье молодежь —

студенты и школьники. Старый Хаген, сидя на большом балконе с колоннами, любил смотреть на резвящуюся молодежь.

Каждый, кто попадал в этот дом даже впервые, чувствовал себя в нем просто и свободно. Франц Нейман, лишенный с детства семейного уюта, особенно тянулся к этой милой семье. В течении двух лет он каждый четверг спешил в этот гостеприимный дом.

Друзья, и прежде всего Минна Распе, с которыми Нейман изредка обменивался письмами, вскоре заметили, что, кроме умной, приятной компании, в дом Хагенов его влечет, как он сам писал, «еще что-то». Это «что-то» была младшая дочь профессора Хагена — Флорентина.

Несмотря на разницу в жизненном опыте, молодые люди подружились.

Флорентина оказалась именно той женщиной, которая была нужна Францу. Однако прежде чем соединились их жизни, им предстояло пережить много горя.

В марте 1829 г. внезапно скончался отец Флорентины профессор Хаген. Семья тяжело переживала его смерть. Нейман бывал в их доме почти ежедневно: как преемнику Хагена ему было доверено привести в порядок бумаги покойного, его книги и физические приборы.

В мае 1829 г. Нейман был назначен ординарным профессором минералогии. Для улаживания дел, связанных с кафедрой, он вынужден был уехать ненадолго в Берлин. Там он заболел, как тогда говорили, «холодной лихорадкой» и смог встать с постели только в конце июня. Посетив мать, он в июле возвратился в Кенигсберг, где его ждало еще одно печальное известие — ненадолго пережив своего мужа, умерла мать Флорентины.

Флорентина теперь осталась в доме одна. В дни траура молодые люди еще более сблизились. В декабре Нейман обратился к Бесселю, теперь старшему в семье, с просьбой руки Флорентины.

Франц и Флорентина были официально помолвлены в декабре 1829 г. Все было готово к свадьбе, когда в марте 1830 г. пришло известие о внезапной кончине матери Неймана.

Стало известно ее завещание. Оно было составлено еще перед смертью Эрнста Неймана. В нем было сказано, что Франц Нейман имеет право на наследство наравне с детьми графини. В дополнении к завещанию,



Флорентина и Франц Нейман, 1830 г.

составленному позднее, говорилось: «Я завещаю моему сыну Францу Нейману как возмещение за те жертвы, которые он мне принес, мой дом с мебелью, находящейся там, и сад». Здесь графиня впервые официально назвала Франца Неймана своим сыном.

Таким образом, после смерти матери Нейман стал богатым человеком. Но родственники графини начали судебный процесс с целью оспорить завещание. Этот процесс длился тринадцать лет и доставил Нейману много неприятностей. Только по его окончании Нейман получил небольшую часть от причитавшегося ему капитала.

Свадьба Флорентины и Франца состоялась 22 апреля 1830 г. В октябре молодые предприняли путешествие в Берлин, где Нейман познакомил жену со своими друзьями, а затем они некоторое время пожили в имении в доме графини, теперь принадлежащем Нейману. Потом они отправились в Саксонскую Швейцарию. Радостные и отдохнувшие они возвратились в Кенигсберг, где Франц продолжил свои работы над тепловыми свойствами кристаллов.

Хотя после смерти матери материальное положение Неймана не изменилось, друзья считали, что теперь он

богат. Со всех сторон к нему обращались с просьбой о деньгах. Он дал 1000 таллеров Карлу Распе и тем спас его от разорения. Деньги пришлось взять из приданого Флорентины. Умер один из его студенческих друзей и поручил заботу о вдове и маленьком ребенке Нейману. Пришлось уплатить долги этой семьи и помогать ей. Но наибольшие расходы шли на содержание Дулица.

Этот человек был совершенно лишен потребности в какой-либо деятельности. Еще в школе он учился, и учился довольно хорошо, только тогда, когда его понукали со всех сторон. Как только этот надзор кончался, Дулиц переставал учиться совсем. После кампании 1815 г., в которой Дулиц принимал участие, он никак не мог приняться за какое-нибудь дело. Друзья заботились о нем, но тем не менее жизнь его протекала в постоянной нужде. После отъезда Неймана в Кенигсберг Дулиц жил у графини в имении, иногда помогая ей по хозяйству. После ее смерти Нейман заплатил долги Дулица и взял его к себе в Кенигсберг, где Дулиц прожил в его семье десять лет. Он очень дружил с детьми Неймана, делал для них игрушки, возился и играл с ними. Иногда он загорался идеей стать учителем, но для этого нужно было получить какие-то знания, сдать экзамены... На это Дулица уже не хватало.

Наконец в 1841 г. он уехал на деньги Неймана в Америку миссионером и умер там в 1877 г.

4

Все эти годы были заняты напряженной преподавательской и научной работой. Каждый семестр Нейман пять-семь часов в неделю читал студентам лекции. Причем почти каждый семестр ему приходилось готовить новый курс. В период с 1829 по 1833 г. он подготовил и прочитал девять разных курсов, начиная с кристаллографии и кончая теоретической физикой.

Подготовка каждой лекции требовала большой работы: надо было просмотреть большое количество оригинальных статей и книг, творчески освоить их содержание и найти наиболее удобную в педагогическом отношении форму изложения материала. Часто, не найдя в литературе нужного ему материала, Нейман сам проводил соответствующие исследования или вычисления. Так родились многие из его научных работ это-

го периода. Так же он продолжал работать и в зрелые годы.

Готовясь читать в летнем семестре 1830 г. курс оптики под названием «Учение о свете», Нейман главное внимание сосредоточил на оптических свойствах кристаллов.

Кристаллы имеют очень интересные оптические свойства, сильно отличающиеся от оптических свойств жидкостей, газов и стекол. Это прежде всего касается их преломляющих свойств. Жидкости, газ и стекла являются оптически изотропными: луч света, проходя эти тела, отклоняется на один и тот же угол вне зависимости от того, по какому направлению он распространяется. Таким образом, их показатель преломления не зависит от направления измерения. В кристаллах, наоборот, преломляющие свойства, как правило, зависят от направления. Только кубические кристаллы, как и стекла, являются оптически изотропными. Во всех остальных показатель преломления непрерывно изменяется при изменении направления распространения луча света, т. е. кристаллы являются оптически анизотропными.

Оптическая анизотропия приводит к интересному физическому эффекту: луч света, проходя через пластинку, вырезанную из кристалла, расщепляется на два луча. Преломляясь под разными углами, они выходят из пластинки по разным направлениям. Этот эффект получил название двойного лучепреломления. К 20-м годам XIX в. двойное лучепреломление было изучено у многих кристаллов. Но физики не понимали причин его возникновения до блестящих работ французского инженера, специалиста по мостам и дорогам, Огюстена Френеля [70]. В силу своей профессии Френель был вынужден долгое время жить в захолустье. На досуге он увлекся оптикой и в течение 13 лет вел интенсивные теоретические и экспериментальные исследования. Вместе с Гюйгенсом и Юнгом Френель создал и утвердил волновую теорию света взамен царившей долгое время корпускулярной теории Ньютона.

Согласно волновой теории свет есть поперечные колебания гипотетической среды — эфира, всепроникающей, невесомой, но упругой среды. При этом движение частиц эфира в какой-либо момент времени есть равнодействующая всех таких движений в предыдущий момент времени. Отсюда следует принцип Гюйгенса:



О. Френель
(1788—1827)

если различные источники колебаний располагаются на некой фиксированной поверхности, то такая поверхность, на которой находятся одновременно колеблющиеся точки среды, является огибающей всех поверхностей, на которых располагались бы к этому моменту времени подвижные частицы, если бы каждый из источников волн существовал по отдельности, т. е. результирующая волновая поверхность является огибающей волновых поверхностей каждого отдельного источника волн.

Из принципа Гюйгенса следует, что исследование распространения света в среде сводится к исследованию простого случая распространения световой волны, возбуждаемой одним источником.

Френель применил к эфиру законы распространений поперечных упругих волн в твердых телах, которые к тому времени были уже хорошо известны. Он получил формулу для скорости света, по которой она прямо пропорциональна упругости эфира в направлении колебаний N и обратно пропорциональна его плотности ρ :

$$v \approx \sqrt{N/\rho}.$$

Далее Френель постулировал, что в кристаллах упругость эфира зависит от направления. В кубических кристаллах, которые являются оптически изотропными, упругость эфира одинакова по всем направлениям. Поэтому поверхностью равных скоростей света в кубических кристаллах является сфера. В тетрагональных и гексагональных кристаллах упругость эфира различна по двум перпендикулярным направлениям и поверхностью скоростей будет эллипсоид вращения. Наконец, в низкосимметричных кристаллах упругость эфира различна по трем взаимно перпендикулярным направлениям, и, следовательно, поверхность скоростей представляет собой эллипсоид общего вида.

Эти постулаты позволили объяснить двойное лучепреломление кристаллов. Так как с каждым радиус-вектором эллипсоида, вдоль которого колеблется эфир, связаны два поперечных направления, являющиеся полуосями эллипса, к которому перпендикулярен рассматриваемый радиус-вектор, то эти направления можно отождествить с направлениями лучей. Таким образом, из теории эллипсоида Френеля следует, что в кристаллах должны распространяться два луча, т. е. возникать двойное лучепреломление.

Эллипсоид Френеля — это умозрительная поверхность, так как измерить упругость эфира в разных направлениях в кристалле нельзя. Но из этой гипотетической поверхности, как оказалось, можно с помощью простых геометрических преобразований построить реальные поверхности оптических величин, которые можно экспериментально измерить. Такой поверхностью является прежде всего оптическая индикатриса — эллипсоид, радиус-векторы которого пропорциональны показателю преломления в данном направлении. По своему виду оптическая индикатриса похожа на эллипсоид Френеля. А из этого следует, что кубические кристаллы характеризуются одним показателем преломления, тетрагональные и гексагональные кристаллы — двумя главными, а низкосимметричные кристаллы — тремя главными показателями преломления.

Анализируя теорию Френеля, Нейман задумался о том, нельзя ли получить волновые поверхности в кристаллах чисто аналитически, не прибегая к каким-либо геометрическим построениям. Ведь если эфир — это упругая среда, то к нему можно применить хорошо к тому времени разработанные методы механики твердого тела.

В таком подходе к проблеме явно чувствуется влияние Фурье — ученого, безгранично верящего в возможность описания любых физических процессов на языке математического анализа. По его мнению, главное в изучении явления — записать дифференциальное уравнение, связывающее основные параметры, описывающие изучаемое явление. Решение этого уравнения — дело математической техники, а получив решение, можно узнать о явлении все.

Большие возможности теоретического исследования в физике окрылили Неймана. И он был готов к тому, чтобы использовать его в своей работе. Хорошо владея

математикой, он уже приобрел богатый опыт ее применения при решении кристаллографических задач и задач, связанных с теплопроводностью.

Для решения задачи, которую поставил Нейман перед собой, он воспользовался теорией малых движений в твердых телах, разработанной в 1824 г. французским физиком Навье. В основе этой теории лежало допущение, что вызванные каким-либо смещением частиц тела упругие силы, стремящиеся возвратить частицы в положение равновесия, есть силы притяжения и отталкивания окружающих частиц. Причем эти силы являются упругими, т. е. они пропорциональны смещению частицы из положения равновесия.

Теория Навье была создана для некристаллических твердых тел. Для того чтобы применить ее к кристаллам, Нейман предположил, что силы между частичками среды, в данном случае эфира, зависят от направления в кристалле. Таким образом, как и Френель, Нейман постулировал, исходя из ясной механической аналогии, что в кристаллах по разным направлениям различна упругость эфира.

Обозначив координаты какой-либо частицы через x , y , z , а ее смещения из положения равновесия по соответствующим осям координат как u , v и w , Нейман записал дифференциальные уравнения, описывающие волновое движение частиц:

$$E \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + 2A_{11} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + 2A \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z},$$

$$E \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = A_{11} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + C \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + A_1 \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + 2A_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 2A_1 \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial z},$$

$$E \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = A \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + A_1 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + B \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + 2A \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + 2A_1 \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial z}.$$

В этих уравнениях t — время, E — плотность среды, A , A_1 , A_{11} , B , C и D — константы, зависящие от природы среды. Эти константы Нейман представляет в виде интегралов по поверхности сферы с единичным радиусом. Например,

$$A = p \int dm F \cos^2 \alpha \cos^2 \gamma,$$

$$D = p \int dm F \cos^4 \alpha,$$

где p — константа, зависящая от свойств среды; F — функция, описывающая анизотропию взаимодейст-

вия между частицами в кристалле; α и γ — углы между радиусом сферы и осями координат X и Z ; dm — дифференциал поверхности сферы.

Для некристаллических тел $F = \text{const}$ и

$$A = A_1 = A_{11} = \frac{1}{3}B = \frac{1}{3}C = \frac{1}{3}D.$$

Поэтому дифференциальные уравнения сводятся к известным уравнениям Навье.

Для кристаллов Нейман получил следующие соотношения:

$$\text{кубическая система } A = A_1 = A_{11} \text{ и } B = C = D,$$

$$\text{тетрагональная и гексагональная система } A = A_1 \text{ и } C = D.$$

Решение уравнений Нейман получил для плоской волны: он рассмотрел случай, когда в начальный момент времени колеблются только частицы, лежащие в плоскости, проходящей через начало координат и нормаль к которой задана известными углами с осями координат. Тогда дифференциальные уравнения зависят только от четырех переменных.

Решение дает шесть волновых поверхностей, три из которых движутся вперед, а три — назад. Проанализировав решения, Нейман приходит к выводу, что «располагающиеся в одной плоскости первоначальные смещения в кристаллической среде возбуждают три равномерно перемещающиеся с разной скоростью плоские волновые поверхности, в которых в общем случае движение происходит в трех взаимно перпендикулярных направлениях, а именно параллельно трем осям эллипсоида, что совпадает также с направлением первоначальных смещений» [43, II, с. 175]. Этот эллипсоид он называл «эллипсоидом распространения». Его уравнение имеет вид

$$\begin{aligned} &(D \cos^2 \alpha + A_{11} \cos^2 \beta + A \cos^2 \gamma) x^2 + (A_{11} \cos^2 \alpha + \\ &+ C \cos^2 \beta + A_1 \cos^2 \gamma) y^2 + (A \cos^2 \alpha + A_1 \cos^2 \beta + \\ &+ B \cos^2 \gamma) z^2 + 4A_{11} \cos \alpha \cos \beta xy + 4A \cos \alpha \cos \gamma xz + \\ &+ 4A_1 \cos \beta \cos \gamma yz = 1. \end{aligned}$$

Оси этого эллипсоида пропорциональны обратным скоростям распространения трех плоских волновых поверхностей. Фактически это эллипсоид общего вида Френеля, описывающий распространение света в низкосимметричных кристаллах.

Далее Нейман рассматривает случаи, когда плоскость начальных смещений частиц совпадает с одной из координатных плоскостей. Сравнивая полученные результаты с поведением систем волн в оптически двуосных кристаллах, он приходит к выводу, «что поляризованным следует называть лишь тот луч, в котором колебания происходят в проходящей через него плоскости, называемой плоскостью поляризации, в направлении, перпендикулярном лучу. Это позволяет установить полную идентичность двух лучей, на которые в кристалле разделяется падающий луч, или скорее соответствующих им плоских волновых поверхностей и поверхностей, указанных выше, в которых колебания совершаются в плоскости волновой поверхности. Что касается третьей из найденных плоских волновых поверхностей, то указать какую-либо аналогию в волновой теории света не представляется возможным» [43, II, с. 183].

Нейман специально рассматривает связь между константами, входящими в исходные дифференциальные уравнения и показывает, что

$$\frac{1}{3}B = A + A_1 - A_{11} \text{ и } A = (B + D)/6,$$

$$\frac{1}{3}C = A_1 + A_{11} - A \text{ и } A_1 = (B + C)/6,$$

$$\frac{1}{3}D = A_{11} + A - A_1 \text{ и } A_{11} = (C + D)/6.$$

Используя эти соотношения, он анализирует вновь исходное уравнение и показывает, что оно описывает эллипсоид Френеля «идентично построению, выполненному Френелем для определения скоростей распространения обеих плоских волн света в любом положении в двуосной среде с двойным лучепреломлением» [43, II, с. 183].

Таким образом, Нейман получил аналитически все результаты Френеля. Он нашел законы распространения плоских волн внутри кристаллов, а из них — формы волновых поверхностей для кубических, тетрагональных, гексагональных и низкосимметричных кристаллов.

В заключение Нейман писал:

«Законы двойного лучепреломления выведены из уравнений (1) (основные дифференциальные уравнения. — А. С.). Действительно, достаточно лишь определить световые волны, как те из трех найденных выше

волн (на которые в самом общем случае всегда распадается первичная плоская волна), колебания которых происходят параллельно волновой поверхности. Из закона скоростей распространения этих плоских волн может быть установлена форма волновой поверхности, возникающей, когда колебания из точечного источника распространяются во всех направлениях... Знание указанной волновой поверхности приводит к законам скоростей, с которыми лучи, т. е. радиус-векторы волновой поверхности движутся в различных направлениях. Эти скорости не идентичны скоростям, с которыми перемещались бы плоские волновые поверхности, расположенные к лучам перпендикулярно. Из скоростей распространения лучей в разных направлениях могут быть определены направления этих лучей в случае, если они испытывают отражение или преломление со стороны другой среды...» [43, II, с. 186].

Особо остановимся на двух моментах этих исследований Неймана: на третьей волне и на определении плоскости поляризации света.

В третьей волне, аналитически полученной Нейманом, колебания совершаются вдоль луча, и в соответствии с определением Френеля ее нельзя было считать световой волной. Нейман писал:

«Если приведенная выше теория соответствует законам природы, то следует принять, что указанная третья система волн, если нельзя будет считать, что она имеет природу света, возникает в результате других существенных явлений, таких, как лучистое тепло, химическая энергия или действие какого-либо другого „агента“» [43, II, с. 190].

Поскольку было не ясно, в результате действия какого «агента» возникает третья волна, то ее присутствие в теории Неймана считалось серьезным недостатком. Его удалось преодолеть много позже, используя предположение Карла Неймана о несжимаемости эфира.

Однако если посмотреть на эту работу Неймана внимательно, то обнаруживается ее интересная особенность. Хотя она посвящена рассмотрению оптических явлений на основе волновой теории света, распространяющегося в эфире, нигде слово «эфир» в ней не упоминается. Рассматриваются колебательные движения частиц в кристаллах. Каких частиц? Из которых составлен кристалл — атомов или ионов? Или частиц эфира?

Нейман не конкретизирует. Только в одном месте указывает, что он рассматривает внутренние движения, к которым «следует отнести движения, определяющие, согласно волновой теории, природу света». Математически же и физически задача, которую решает Нейман, совершенно аналогична задаче о колебаниях частиц, составляющих кристалл, и о распространении в нем упругих волн. В таком аспекте все три решения, отвечающие двум поперечным и одной продольной волне, имеют физический смысл. Это упругие волны, распространяющиеся в кристаллах. Таким образом, первая же теоретическая работа Неймана, посвященная решению, казалось бы, частной задачи, как оказалось, имела гораздо более общее значение.

Разработанная Нейманом теория не только описывала распространение лучей света при двойном лучепреломлении, но и позволяла проанализировать характер их поляризации. При прохождении через двулучепреломляющую пластинку кристалла естественный свет поляризуется. Один луч, проходя пластинку без преломления, поляризован в плоскости, содержащей оба луча, а второй луч, отклоняющийся от первоначального пути, поляризован в перпендикулярном направлении. Теория Неймана легко объяснила это явление при условии, что колебания частиц совершаются в плоскости поляризации луча. Это положение противоречило утверждению Френеля, который считал, что колебания частиц эфира совершаются перпендикулярно плоскости поляризации.

Расхождение было принципиальным. Многочисленные эксперименты, проведенные после этих работ, не смогли ответить на вопрос, кто прав. Спор решила электромагнитная теория света Максвелла, которая установила, что плоскость поляризации совпадает с плоскостью колебаний электрического вектора волны.

Закончив свою первую теоретическую работу, Нейман намеревался послать ее в известный физический журнал «Поггендорф Аннален», где уже были опубликованы несколько его статей. Но тут почта принесла из Франции очередной, десятый том «Мемуаров Парижской академии наук». Открыв его, Нейман обнаружил статью Огюстена Коши. С удивлением он увидел, что Коши решил ту же самую задачу о двойном лучепреломлении кристаллов и получил те же результаты, что

и он. Однако подход к решению задачи был несколько иной. Коши был профессиональным математиком и стремился как при формулировке исходных уравнений, так и при их решении, главное внимание уделять математической строгости. Нейман же интересовался прежде всего физической стороной задачи и поэтому пытался выполнить все расчеты наиболее простыми и понятными методами.

В такой ситуации перед Нейманом встал вопрос: стоит ли посылать в печать свою работу, если ее основные результаты уже опубликованы, причем получены они более строгими математическими методами? Однако, обдумав все, Нейман решил опубликовать свою статью. Он считал, что поскольку его результаты получены простыми методами, то их физический смысл виден значительно яснее, чем смысл результатов математически сложной статьи Коши. Тем более, что подавляющее большинство физиков того времени не имели глубокой математической подготовки.

Первая теоретическая работа Неймана «Теория двойного лучепреломления, построенная на основании уравнений механики», была напечатана в 1832 г.⁷

В течение 30-х годов Нейман еще не раз возвращался к исследованиям оптических свойств кристаллов. Особенно большое значение для развития его идей, изложенных в предыдущей работе о двойном лучепреломлении, имело исследование законов отражения и преломления света. Решение этих задач означало серьезную проверку всех концепций Неймана. Действительно, его теория хорошо описывала законы распространения световых волн внутри кристаллов. Однако было не ясно, как справится эта теория с описанием явлений отражения и преломления на границе прозрачных тел, в частности кристаллов.

Первой работой в этом плане явилась статья «Теория эллиптической поляризации света, возникающей при отражении от металлических поверхностей», опубликованная в том же 1832 г. Здесь Нейман пока не ставил перед собой цели разработать последовательную

⁷ Именно эта статья является первой полностью теоретической работой Неймана, хотя некоторые теоретические вопросы он рассматривал и в статье «Исследование удельной теплоемкости минералов», опубликованной в 1831 г.

теорию, аналогичную теории двойного лучепреломления. Речь шла лишь о выводе простых законов исходя из феноменологических соотношений. При этом он основывался на двух главных законах отражения света от металлов, найденных Брюстером.

Первый закон говорит о том, что интенсивность света, отраженного от металлической поверхности, не зависит от угла падения, а определяется тем, лежит ли плоскость поляризации в плоскости отражения или она перпендикулярна ей. Таким образом, поверхность металла аналогична поверхности прозрачных тел при частичном отражении.

Второй закон утверждает, что если один из двух лучей, отражающихся от металлической поверхности, поляризован параллельно, а другой перпендикулярно плоскости падения, то первый луч опережает второй на величину, равную части длины волны.

Нейман вывел эти законы из многократного отражения одного и того же луча. Как известно, линейно поляризованный луч превращается в эллиптически поляризованный, а многократно отраженный эллиптически поляризованный свет может снова приобрести линейную поляризацию. Однако при этом происходит поворот плоскости поляризации.

На основании этих соображений Нейман нашел для разности фаз между лучами, поляризованными параллельно и перпендикулярно плоскости падения, количественные соотношения:

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\delta}{\lambda} \pi \right) = \operatorname{tg} i \cdot \operatorname{tg} r.$$

Здесь δ — разность фаз, i — угол падения, r — угол отражения, n — показатель преломления металла, определяемый выражением

$$n = \operatorname{tg} \omega,$$

где ω — угол поляризации, при падении под которым свет полностью поляризован (угол Брюстера). Тогда если $i = \omega$, то $\delta = \frac{1}{4}\lambda$.

Таким образом Нейман нашел количественные соотношения, объясняющие законы Брюстера, и получил общую формулу для разности фаз при любом количестве отражений от металлической поверхности.

Эта работа явилась в какой-то степени первой попыткой подойти к общей теории отражения и пре-

ломления света. Построение этой теории заняло у Неймана четыре года. В декабре 1835 г. он прочел в Берлинской академии наук большой доклад «Теоретическое исследование законов отражения и преломления света на границе полностью прозрачных сред», где изложил свои результаты. В 1837 г. этот доклад был опубликован.

Эта большая работа существенно дополняет теорию двойного лучепреломления, так как она описывает не только ход лучей внутри кристалла, но и при переходе из кристалла в воздух и обратно.

Методически эта работа несколько отличалась от предыдущей. Теория двойного лучепреломления строилась Нейманом на основе современных ему представлений о природе оптических эффектов в кристаллах. Задавшись силами между частицами (эфира) в кристаллах, он записал уравнения их движения, и решив эти уравнения, получил законы распространения световых волн в кристаллах. Сейчас мы сказали бы, что Нейман разработал микроскопическую теорию оптических свойств кристаллов.

Теория отражения и преломления тоже явилась микроскопической теорией. Но в результате ее разработки были получены уже хорошо известные, установленные опытным путем факты о поведении феноменологических величин, таких, как интенсивности отраженного и прошедшего света, показатели преломления и коэффициенты отражения.

Продолжая развивать свои представления о природе оптических явлений в кристаллах, Нейман полагал, что распространение света и его преломление объясняются различной упругостью эфира в различных средах при одинаковой его плотности. Здесь взгляды Неймана коренным образом отличаются от взглядов Френеля, который утверждал, что причина преломления света лежит в разной плотности эфира в различных телах.

Так же как и в предыдущей работе, свет рассматривался как поперечные колебания эфира, которые порождают такие же колебания при отражении и преломлении. Причем на границе двух тел смещения частиц эфира в одной среде равны смещениям частиц в другой среде.

Мы уже говорили, что в своих последующих работах по оптике Нейман полностью игнорировал продольную волну. Однако это не могло пройти бесследно для

строгости рассмотрения задачи: он не мог последовательно применить предположение о равенстве смещений частиц эфира на границе двух сред. Вместо этого Нейман воспользовался теорией «живых сил».

Дело в том, что в те годы закон сохранения энергии еще не был сформулирован. Однако уже было понятно, что механическая работа связана с некой величиной, остающейся постоянной в процессе физических превращений. Такая величина была названа Лагранжем «живой силой». Сформулированная им теорема «живых сил» утверждала, что работа равна изменению «живой силы». Таким образом, в современной формулировке «живая сила» — это кинетическая энергия физической системы.

Поскольку были известны способы вычисления «живой силы», то Нейман положил в основу своего рассмотрения равенства «живых сил» падающей плоской волны, отраженной и преломленной плоских волн. Так как плотность эфира в разных средах неизменна, то «живая сила» каждой из волн пропорциональна квадрату амплитуды, умноженному на объем, занимаемый перемещением этой волны.

Сформулированные выше принципы Нейман вначале применяет к рассмотрению отражения света на границе двух некристаллических сред, сперва для луча, колебания которого перпендикулярны плоскости падения, затем для луча, колебания которого лежат в этой плоскости. Равенство компонент смещений частицы на границе, возникающих в результате действия падающей и преломленной волн, приводит к двум уравнениям, линейному и квадратному. Второе делится на первое, и в результате рассматривается одно линейное уравнение. Из него следует, что для некристаллических сред давление на преломляющую поверхность, вызываемое перемещением частиц в первой среде, имеет те же компоненты, перпендикулярные плоскости падения, что и давление, вызываемое перемещением частиц во второй среде.

Отсюда следуют все формулы Френеля для интенсивностей отраженного и преломленного света.

Далее Нейман рассматривает отражение и преломление света на границе некристаллической среды и оптически прозрачного одноосного кристалла. В этом случае решение соответствующих сложных уравнений потребовало обширных вычислений. Сложность обуслов-

лена различной ориентацией как преломляющей поверхности, так и падающей плоской волновой поверхности по отношению к осям прямоугольной системы координат. Поскольку обе преломленные волны имеют известные направления колебаний, то нельзя, как это было для некристаллических сред, раздельно рассматривать случаи параллельной и перпендикулярной к плоскости падения поляризации падающего света.

Особого рассмотрения требуют и уравнения для «живых сил». В результате получаются четыре уравнения, содержащие в качестве независимых переменных обе компоненты амплитуды отраженного света, направленные параллельно и перпендикулярно по отношению к плоскости падения света, а также амплитуды обеих отраженных волн. Из этих уравнений три линейные и одно квадратное. Последнее сводится к линейному с помощью трех первых. Из полученных уравнений следует закон изменения поляризации света при отражении от произвольно ориентированной грани кристалла. Как и в некристаллических средах, в кристаллах существует угол поляризации — угол падения, при котором отраженный свет полностью поляризован (угол Брюстера). Плоскость поляризации полностью поляризованного отраженного света не совпадает, как в случае некристаллических сред, с плоскостью отражения, а образует с ней угол. Угол поляризации определяется из уравнения четвертой степени, поэтому простое выражение для него можно получить лишь в частном случае, когда плоскость отражения перпендикулярна оптической оси кристалла.

Нейман вычислил угол поляризации для кристалла исландского шпата и показал, что он с точностью до нескольких минут совпадает с найденным Зеебеком экспериментальным значением. Это — бесспорный успех теории. Но Нейман, как всегда, предельно скромн. «Я не думаю, — писал он, — что от теории можно ожидать большего совпадения с наблюдениями; это совпадение в такой же степени подтверждает правильность теории, в какой свидетельствует о большом мастерстве экспериментатора» [43, II, с. 403].

Далее Нейман специально исследует случай, когда среда на границе с кристаллом имеет такой же показатель преломления, как и сам кристалл. Это может быть слой масла, нанесенный на грань кристалла. В этом случае чрезвычайно возрастают все величины,

зависящие от двойного лучепреломления, например поворот плоскости поляризации.

Нейман получил формулу для поворота плоскости поляризации при отражении в таком случае и показал, что вычисленные по ней значения хорошо совпадают с найденными Брюстером для свежей плоскости разлома исландского шпата, покрытого слоем масла.

Далее Нейман показал, что если показатель преломления среды лежит между обыкновенным и необыкновенным показателями преломления кристалла, то угла поляризации может и не существовать. Однако если показатель преломления среды равен обыкновенному показателю преломления кристалла, то отраженный под любыми углами луч полностью поляризован.

Основные уравнения, выведенные Нейманом, описывают не только свойства отраженных, но и преломленных лучей. Он сформулировал закон, в соответствии с которым поляризованный луч при входе в оптически одноосный кристалл делится на два луча: обыкновенный и необыкновенный. Нейман определяет те азимуты поляризации входящего луча, при которых исчезает или обыкновенный, или необыкновенный луч, а также интенсивности обоих лучей для случая, когда входящий свет неполяризован.

Далее Нейман исследует случай, когда луч выходит из оптически одноосного кристалла. Здесь из каждой падающей волны, будь то обыкновенная или необыкновенная, образуются две отраженные волны. Нейман находит выражение для амплитуд этих волн и изучает с их помощью случай полного отражения. В этом случае выражения для амплитуд отраженных лучей перестают быть вещественными. Нейман вывел формулы, описывающие интенсивности обеих преломленных волн, одна из которых возникает из падающей обыкновенной, другая — из необыкновенной волны. Он определил положение их плоскостей поляризаций.

Результаты позволили ответить на очень важный для практики вопрос, как свет поляризованного луча, пройдя через призму, изготовленную из оптически одноосного кристалла, делится на обыкновенный и необыкновенный.

Практическая важность этой задачи заключается в следующем. В оптике часто требуется получить свет, поляризованный в определенной плоскости. Для этой цели можно воспользоваться одной или несколькими склеен-

ными пластинками, вырезанными из оптически одноосного кристалла. Такой прибор называется поляризатор. Так как в оптически одноосном кристалле распространяются две плоскополяризованные волны, то задача состоит в том, чтобы найти такую взаимную ориентацию пластинки и луча, при которой из нее выходил бы один плоскополяризованный луч света. Эта пластинка и будет поляризатором — прибором, выделяющим из неполяризованного луча пучок плоскополяризованного света.

Нейман специально рассмотрел ход лучей в призме, преломляющее ребро которой параллельно или перпендикулярно оптической оси кристалла. В самом общем виде он решил задачу о прохождении света через оптически одноосную среду, ограниченную двумя параллельными плоскостями, которые граничат с одной и той же некристаллической средой. Особо рассмотрен случай прохождения света через тонкую пластинку, в которой не происходит разделение света на обыкновенную и необыкновенную волну. Нейман нашел условия для угла падения, азимута угла падения и азимута первоначальной поляризации, определяющие полную поляризацию вышедшего луча.

Рассмотрение оптически одноосных кристаллов потребовало от Неймана проведения достаточно громоздких вычислений. Но гораздо больший объем вычислительной работы пришлось проделать при рассмотрении преломления и отражения света оптически двуосными кристаллами.

По аналогии с оптически одноосными кристаллами Нейман составил четыре линейных уравнения для амплитуд преломленных волн и для обеих компонент отраженных волн. Результаты он применил к изучению отражения от плоскостей, определенным образом расположенных по отношению к оптическим осям. Затем он исследовал тонкий оптический эффект — коническую рефракцию. Были найдены интенсивности и положения плоскости поляризации в различных областях светового конуса, в который преобразуется тонкий луч естественного света, если его пропустить через пластинку двуосного кристалла, вырезанную нормально к одной из его оптических осей.

Нейман получил основные результаты, касающиеся поляризации отраженного света. Полный расчет удалось сделать только для трех взаимно перпендикулярных плоскостей, проходящих через оси координат. Для дру-

гих положений он получил только приближенные выражения. Однако они позволили ему сформулировать следующие два положения:

1. Для каждой отражающей плоскости имеются два взаимно перпендикулярных азимута плоскостей падения, угол полной поляризации которых является максимальным и минимальным.

2. Если отражающая плоскость перпендикулярна к одной из оптических осей, то углы полной поляризации равны для всех азимутов.

В заключение работы рассмотрены выход луча света из двухосного кристалла в некристаллическую среду и прохождение через тонкую плоскую пластинку.

Исследования оптических свойств кристаллов в 30-е годы находились на переднем крае науки. Поэтому такими исследованиями занимались довольно много ученых. Иногда случалось, что одной и той же темой занимались сразу несколько ученых. Нейману в этом отношении не повезло. Когда он закончил теорию двойного лучепреломления в кристаллах, была напечатана статья Коши на ту же тему. Когда же была закончена теория отражения и преломления света в кристаллах, то в английском журнале «Философический магазин» он увидел статью Мак-Кулаха, в которой были получены практически те же результаты.

Поскольку эта статья была опубликована несколько раньше большой статьи Неймана, то Мак-Кулах публично заявил, что приоритет в исследовании отражения и преломления света в кристаллах принадлежит ему. Эти претензии поддержал выдающийся английский математик и астроном Уильям Гамильтон.

Нейман был огорчен таким поворотом дела. Он потратил столько сил на решение этой сложной задачи, что уступать приоритет никому не собирался. Он написал письмо Гамильтону, в котором изложил все обстоятельства дела, которые тот мог не знать.

Во-первых, эта статья Мак-Кулаха была уже второй его статьей, посвященной изучению отражения и преломления света кристаллами. Первая статья была напечатана в 1835 г. и содержала ошибочные результаты. На ошибки Мак-Кулаху указал немецкий физик Зеебек, которому Нейман еще в 1833 г. сообщил свои результаты. Во-вторых, работа Неймана была полностью закончена к 1834 г. и послана во Францию Араго для опубликования в его «Анналь де хими э физик», но по-

чему-то туда не попала. В это же время он передал свою рукопись в Берлинскую академию наук, в «Трудах» которой она была напечатана только через два года. Все эти обстоятельства не оставляют ни малейшего сомнения в том, что приоритет в выяснении вопроса о преломлении и отражении света кристаллами принадлежит Нейману.

В те же 30-е годы Нейман опубликовал еще несколько статей по оптике. В двух из них он экспериментально проверил некоторые свои теоретические выводы по отражению света кристаллами. Нейман провел очень тщательные измерения интенсивностей отраженных обыкновенного и необыкновенного лучей от поверхности естественного разлома кристалла исландского шпата и показал, что они с точностью до нескольких минут совпадают с рассчитанными по его формулам. Другие работы этого периода были посвящены исследованию оптических свойств кристаллов.

После работ шотландского физика Давида Брюстера, выполненных в 1819—1820 гг., стало ясным, что оптические свойства кристаллов определяются их кристаллографической формой. Как мы уже говорили, кубические кристаллы являются оптически изотропными, кристаллы средних сингоний — оптически одноосными, а низкосимметричные кристаллы — оптически двухосными. При этом для кристаллов средних сингоний (ромбических, тетрагональных и гексагональных) главные оси оптической индикатрисы совпадают с главными осями кристаллов, которые являются осями координат при вычислении индексов граней и ребер (кристаллографические оси) и по которым кристалл обладает максимальными коэффициентами термического расширения (термические оси). Для низкосимметричных кристаллов вопрос о связи оптических, кристаллографических и термических осей оставался открытым. Его исследовал Нейман в статьях «Термические, оптические и кристаллографические оси кристаллической системы гипса» и «Оптические свойства гемипризматических или двух- и одноэлементных кристаллов». В этих статьях Нейман тщательно исследовал оптические свойства и термическое расширение моноклинных кристаллов гипса.

Вначале под влиянием своего учителя Вейса Нейман считал, что для низкосимметричных кристаллов удобно ввести прямоугольную систему координат, в которой «весьма возможно», что термические и оптические оси

совпадают. Причем для кристаллов гипса две из этих осей прямоугольной системы лежат в плоскости симметрии. Однако под влиянием работ Неренберга, который нашел для кристаллов гипса изменение ориентации эллипсоида Френеля для лучей света различной длины волны, Нейман переменял свое мнение. Проведя собственные экспериментальные исследования, он показал, что эллипсоид Френеля для лучей света разной длины волны ориентируется в моноклинных кристаллах по-разному, но так, что одна из осей эллипсоида всегда совпадает с нормалью к плоскости симметрии, а две другие — лежат в этой плоскости. По словам Неймана, «оптическая симметрия моноклинных кристаллов осуществляется в единственной плоскости, относительно которой симметрична и их геометрическая фигура».

Изучая зависимость оптических свойств кристаллов гипса от температуры и их термическое расширение, Нейман нашел, что и при этом эллипсоид Френеля деформируется таким образом, что меняется угол между оптическими осями кристалла. Оптические оси при нагревании смещаются с разной скоростью и при 98°C они сливаются — кристалл становится оптически одноосным. При дальнейшем повышении температуры оптические оси вновь расходятся, но уже в перпендикулярной плоскости. Отсюда следовал важный вывод о том, что для моноклинных кристаллов не может быть речи о совпадении оптических осей с термическими и кристаллографическими осями.

Что же касается триклинных, самых низкосимметричных кристаллов, у которых есть ось симметрии первого порядка или только центр симметрии, то Нейман четко показал, что в этих кристаллах нет связи между ориентацией оптической индикатрисы и расположением граней кристаллов. Таким образом, работы Неймана позволили до конца выяснить законы взаимосвязи оптических и геометрических свойств кристаллов.

В работах по оптике, как и в более ранних работах по кристаллографии, ярко проявилась основная черта творчества Неймана — естественное сочетание глубоких теоретических и тонких экспериментальных исследований. Нейман никогда не фетишизировал теорию, как бы ни убедительны были ее выводы, и всегда стремился проверить полученные им формулы экспериментально. Эксперимент был для него всегда высшим и последним судьей.

Пора расцвета

1

В мае 1834 г. состоялась публичная защита диссертации Неймана. Дело в том, что министерство просвещения, посылая его в Кенигсбергский университет, специально оговорило необходимость защиты диссертации.

В качестве диссертации Нейман решил представить свое исследование экспериментального метода определения удельной теплоемкости. Мы уже говорили о том, что Нейман проанализировал этот метод и нашел пути существенного повышения его точности путем введения соответствующих поправок. Это исследование Нейман назвал «О формулах расчета удельной теплоемкости и методах эксперимента». В соответствии с установленным порядком он написал его на латинском языке и оформил в виде отдельной брошюры.

Официальными оппонентами выступали Г. Хайденкамп и К. Бессель. Защита прошла успешно, и теперь все формальности были выполнены.

Сразу после защиты Нейман отправился в путешествие по Германии, чтобы пообщаться с коллегами, осмотреть минералогические музеи и коллекции, а также для приобретения образцов минералов.

Приехав в Берлин, он прежде всего, конечно, отправился к своему учителю. Вейсу уже пятьдесят четыре года, но он в полном расцвете сил. Сейчас самое время для больших и глубоких обобщений найденных закономерностей во внешней форме кристаллов. Но завистники мешают ему работать. Ситуация сейчас сложилась такая, что, наверное, придется уходить из университета. Поэтому об их совместной поездке, как предполагалось сначала, нечего и думать. Нейман вынужден был ехать один.

Из Берлина он отправился в Дрезден. Из Дрездена доехал до Фрейбурга — центра горной промышленности Германии. Эти места ему были хорошо знакомы по его первому путешествию по Рудным горам в 1820 г. Во Фрейбурге Нейман многие часы провел в обществе профессора Брейтгаупта, ученика Вернера, занявшего те-

перь его кафедру в Горной академии. Это был очень разносторонний кристаллограф и минералог, отличающийся редким трудолюбием. Он оставил после себя 422 работы, многие из которых являлись пионерскими. Брейтгаупт открыл 50 новых минералов. Кроме того, он был непревзойденным методистом и, видимо, в первую очередь поэтому интересовал Неймана. Брейтгаупт разработал точнейшие приемы измерения удельных весов минералов и углов между гранями кристаллов. Сам он провел тысячи таких измерений, и его опыт был очень ценен.

Из Фрейбурга Нейман продолжил свое путешествие пешком, как и во времена своей молодости. Он посетил Альтенберг, где осмотрел рудник, на котором работали 400 человек. Затем прибыл в город Теплице, где жил Гумбольдт. После того как Гумбольдт слушал лекции молодого Неймана зимой 1822—1823 гг., они встречались еще несколько раз в Берлине и Кенигсберге, куда Гумбольдт приезжал в 1830 г. Между Гумбольдтом и Нейманом установились дружеские отношения. В Теплице они совершили пешеходную экскурсию через Богемский центральный хребет от Билена через Триблиц, где осмотрели рудник по добыче гранатов, до Лобозиса и обратно в Теплице.

В середине июля Нейман прибыл в Прагу. К сожалению, единственный человек, который мог интересоваться его в научном плане, профессор Циппе, уехал из города. Но тем не менее Нейман и здесь совершил экскурсию по окрестностям с геологическими целями. Кроме того, он осмотрел минералогическую коллекцию графа Штернберга, пользовавшуюся большой известностью.

Затем Нейман выехал в Вену, где застал профессора Политехнического института Баумгартнера, президента Венской академии наук. С ним и механиком Платом он консультировался по поводу изготовления новых физических приборов. Познакомился он и с профессорами физики — со своим однофамильцем Нейманом и Эттингсгаузенем.

После Вены Нейман прибыл в Грац, где посетил Иоганнеум — научный институт, основанный эрцгерцогом Иоганном. Этот институт произвел на него большое впечатление: «образцовое научное заведение», — пишет он жене [47, с. 316].

Из Граца Нейман поехал в Брук, городок в Кицбюльских Альпах, а затем отправился пешком по горным дорогам. В письме домой он писал:

...Вот уже 8 дней я путешествую пешком. Я путешествую легко и просто, как студент 14 лет назад. Одет и обут я следующим образом: башмаки, чулки, которые пестрыми шнурками подвязаны под цыколоткой, шерстяные брюки, черный жилет и ремень. Шапка и рубашка, рюкзак за спиной, куртка от пыли под мышкой, молоток в руке... Мои ноги в порядке. Погода в общем хорошая, после дождя бывает сразу солнце, и прежде чем я достигну жилья, я снова сухой. Я думаю, что после этого путешествия я вернусь к тебе возмужавшим...

Уже в 6 часов я на ногах, съедаю булочку и кофе или хлебный суп, и ничто не доставляет такого удовольствия, как утром вдохнуть свежий ободряющий горный воздух. Потом, прочитав молитву и подумав о том, что ты и дети уже встали, запеваю старую солдатскую песню и иду 2—3 или 4 мили. Таким образом я почти весь Штейерпарк прошел пешком [47, с. 317].

Альпийский поход привел Неймана в район Зальцбурга, где он осмотрел соляные копи. Затем Нейман вышел к озеру Хальштеттер-Зе и по нему на барже доплыл до города Гальштадт.

Быть в Альпах и не взобраться на вершину, где лежат вечные снега, Нейман не мог. Но одному подняться туда невозможно. Выручил случай. При осмотре соляных копий Нейман услышал, что бургомистр местного городка собирался со своими знакомыми подняться на глетчер Геальдштейн. Нейман попросил взять его с собой, и бургомистр согласился. Этот поход он описал в письме к жене:

С проводником, хлебом, мясом и вином мы бодро поднимались в гору до 3 часов, пока не достигли самого высокого жилья человека — хижины Озена, находящейся на высоте 6000 футов. Мы развели огонь, но пришлось дышать дымом, и каждые четверть часа нужно было выходить из хижины, чтобы подышать свежим воздухом. Но надо было ложиться спать. Мы легли, плотно прижавшись друг к другу. Я заснул, но в 2 часа снова надо было встать — дым заполнил всю хижину.

В течение 3 часов мы лезли по скалам и камням, каждый с веревкой с кошкой на конце. Наконец достигли снежного поля. Погода с восходом солнца становилась сомнительной, но мы рискнули, надели на ботинки остроконечные шипы и шли в течение часа по вечному снегу, осторожно минуя глубокие ущелья и сугробы. По счастливой случайности на нас не свалился большой снежный ком. Мы присели, туман медленно заполнял снежное поле — теперь сам проводник потерял мужество идти дальше, так как в тумане невозможно точно определить дорогу обратно. Мы огляделись вокруг, я был очень доволен, что увидел глетчер и дошел до него. Мы благополучно миновали опасное место. На обратном пути я имел удовольствие видеть глет-

чер в ярком солнечном свете, отливающим голубым светом» [47, с. 323].

В письме к жене Нейман явно преуменьшил трудности этого восхождения и опасности с ним связанные. Но тот, кто бывал в горах, знает, что никакие трудности и опасности не сравнятся с чувством победы над высотой.

В конце августа Нейман пришел в Зальцбург, откуда в Кенигсзе, затем в Мюнхен. Осмотр города занял всего один день. Из ученых, с которыми Нейман хотел встретиться, он застал только профессора Фукса, старого друга Вейса. У Фукса и Неймана нашлось много общих интересов — Фукс был минералогом и кристаллографом. Он был непосредственным предшественником Митчерлиха в открытии изоморфизма. Еще в 1815 г. он обратил внимание на сходство внешней формы ромбических карбонатов — минералов разного состава.

Из Мюнхена путь Неймана лежал в Инсбрук, альпийскую столицу Австрии. Оттуда состоялась поездка в маленький городок Целль, где Нейман купил хорошую коллекцию местных минералов. Затем с проводником он совершил большую экскурсию в австрийских Альпах. Возвратившись в Инсбрук, Нейман получил письмо от Вейса, в котором тот сообщал, что скоро выезжает в Штутгарт. Нейман тоже отправился туда, чтобы вместе с учителем совершить геологическую экскурсию.

Из Штутгарта Нейман поехал в Аугсбург, затем на Боденское озеро, в Цюрих, потом в Люцерн, Берн, Базель, Гейдельберг, и, наконец, в начале ноября он прибыл в Берлин, а через несколько дней Нейман уже был в Кенигсберге.

Это путешествие было очень плодотворным. Нейман установил личные контакты со многими ведущими учеными в тех областях науки, которые его интересовали: минералогии, кристаллографии, физики и математики. В те времена это было очень важно: научных журналов было еще мало, поэтому главным средством оперативного обсуждения полученных результатов были письма ученых друг к другу. Если ученый вовлечен в круг научной переписки, то он в курсе всех самых последних научных новостей. Это позволяло правильно ориентировать свои научные устремления.

Другим немаловажным итогом этого путешествия было посещение рудников и горных разработок, где Нейман подробно ознакомился с условиями образования

многих минералов. Результатом этих экскурсий в рудники явилась коллекция примерно из 800 различных минералов, доставленная Нейманом в Кенигсбергский университет.

2

Тридцатые годы были очень плодотворными для Неймана. Он закончил и опубликовал 10 работ по оптике, кристаллооптике и 4 работы по кристаллографии. Высокий научный уровень этих работ и широта их тематики сделали Неймана первым физиком Германии.

Официальное признание заслуг Неймана перед наукой выразилось в избрании его 20 июня 1833 г. в члены-корреспонденты Прусской академии наук в Берлине. Его кандидатуру предложил и всячески поддерживал академик Вейс. Вместе с Нейманом в академию были избраны Либих, Вейлер и Фарадей.

В декабре 1838 г. пришло еще одно радостное известие. По предложению академика Э. Х. Ленца Петербургская академия наук избрала Неймана иностранным членом-корреспондентом.

Его кандидатура была предложена Ленцем еще 15 декабря 1837 г. Однако кандидатур было много, и на голосовании 22 декабря 1837 г. были избраны английский математик Гамильтон и немецкий математик Дирихле-Лежен⁸.

21 декабря 1838 г. по физико-математическому отделению баллотировались три кандидатуры: Нейман, итальянский астроном Плана и французский математик Лиувиль. Неймана представлял Ленц. Он писал что кристаллографические и особенно оптические работы Неймана, опубликованные в «Поггендорф Аннален», существенно продвинули физику вперед и обеспечили автору ведущее место среди физиков Германии⁹. При голосовании в первом туре за Неймана было подано 11 голосов, за Плана — 9, за Лиувилья — 5. Сразу же был проведен второй тур, в котором участвовали только первые две кандидатуры. За Неймана проголосовали 12 человек, за Плана — 11. Таким образом, был избран Нейман¹⁰.

В благодарственном письме президенту Петербургской академии наук Нейман писал:

⁸ ЛО Арх. АН СССР, ф. 1, оп. 1а, № 56, л. 143, § 697.

⁹ Там же, оп. 2, — 1837, № 42, § 697, л. 2.

¹⁰ Там же, оп. 1а, № 58, л. 129, § 642.

Ваше превосходительство!

Императорская Академия наук удостоила меня большой честью, которую я считаю высоким признанием. Это признание высококочтимых мужей науки принимается мною с дружеским и благодарным вниманием, потому что я уверен, что результатам моих работ отдано должное и они рассмотрены с серьезным вниманием. Поэтому я с новой энергией отдаю свои силы на службу науки.

Приношу Вашему превосходительству и Императорской Академии наук свою признательность [47, с. 346].

Счастливо складывалась и семейная жизнь Неймана.

В 1832 г. у Флорентины родился сын, которого в честь деда Хагена назвали Карлом Готффридом. В 1834 г. родился второй сын, названный в честь отца Францем Эрнстом. В следующие после путешествия годы у Флорентины родились еще трое детей: в 1835 г. — третий сын, Юлиус Август; в 1837 г. — дочь Луиза Вильгельмина и в 1838 г. — четвертый сын, Густав Генрих. «... Господь щедро наградил меня, — писал он одному из друзей, — за мою печально прошедшую юность, дав мне женщину, которая относится ко мне с такой большой любовью и самоотверженностью, на которую только способно женское сердце; она живет только для меня и для моих детей» [47, с. 335].

Беда пришла совершенно неожиданно. После рождения последнего сына Флорентина долго не могла оправиться. Она чувствовала себя слабой и изможденной. Однако приближались рождественские праздники, и она все же пошла на рынок, чтобы купить детям подарки. Там ей стало плохо и она потеряла сознание. С трудом добравшись домой, она слегла и через несколько дней, 29 декабря 1838 г., скончалась.

Нейман тяжело переживал кончину жены. 3 января 1839 г. он писал Вейсу:

Вчера я похоронил свою любимую жену. С ней были связаны все радости моей жизни. Она слегла в постель в воскресенье, а в пятницу... она последний раз вздохнула.

В этот день девять лет тому назад она была помолвлена со мной! Девять лет я был счастлив с ней, таких дней, которые она мне подарила, я думаю, у меня уже не будет никогда... Она жила в большом напряжении, в заботе о пятерых детях, в хозяйственных заботах. Эти заботы подтачивали и подтачивали ее силы, но я не замечал этого, а она мне ничего не говорила; потом истощенная, она слегла, охваченная первой лихорадкой, и уже не пришла в сознание!...

Нашему старшему — шесть лет, младшему — пять месяцев. Они потеряли любящую мать. Чем я могу быть для них! Я никогда не увижу ее радости по поводу первых шагов маленького!

Я виноват перед Вами, мой преданный друг и учитель.

Ваши любезные письма я оставлял без ответа не из-за пустого невнимания. Я хотел закончить и послать Вам ответ вместе с небольшим обзором о диосиде, хотел это сделать в рождественские праздники. Только теперь я узнал, что не только знания и наука связывают человека с человеком, но также любовь и дружба [47, с. 337].

Друзья, как могли, старались утешить Неймана. Их письма этого периода дышат искренним сочувствием. Они делали все, чтобы помочь Нейману в эти трудные дни. Сестра Флорентины, Иоганна Бессель, взяла к себе двух младших детей и с большой нежностью заменяла им мать. Заботы о хозяйстве и о старших детях приняла на себя Мальхен Зонтаг — добрая, спокойная девушка, кузина Флорентины.

Почти год Нейман не мог заниматься научной работой. Он продолжал как бы по инерции читать лекции — это были старые, уже отшлифованные курсы. Только осенью 1839 г. Нейман оправился от потрясения, вызванного смертью жены.

В письме к Вейсу он писал: «Что касается меня, то я еще не нашел в себе мужества начать думать о каких-либо научных проблемах... сейчас я продолжаю некоторые свои ранее начатые работы, дорабатываю их, но это идет медленно и нескладно...» [47, с. 343]. Среди этих работ был большой труд «Законы двойного преломления света в некристаллических телах, подвергнутых сжатию или неравномерному нагреванию». Нейман долго трудился над этой темой, и фактически она явилась его последней работой по оптике.

В 1816 г. английский физик Давид Брюстер открыл новый интересный эффект. В своем докладе Королевскому обществу 16 февраля он писал:

«Если края стеклянной пластинки, не влияющей на поляризованный свет, снимать или растягивать какой-либо силой, она будет показывать отчетливые нейтральные оси и оси деполяризации, подобные всем двупреломляющим кристаллам, и разлагать поляризованный свет на его дополнительные цвета. Нейтральные оси параллельны и перпендикулярны направлению приложения силы, а оси деполяризации¹¹ расположены под углом 45° к нейтральным осям» [71, с. 157].

¹¹ Нейтральными осями в то время назывались направления, в которых плоскополяризованный свет полностью гасится анализатором, а осями деполяризации — направление под углом 45° к этим осям, где прошедший анализатор свет имеет максимальную интенсивность.

Таким образом, Брюстер показал, что если стеклянную пластинку подвергнуть сжатию или растяжению, то она из оптически изотропной становится оптически анизотропной, в ней возникает двойное лучепреломление, и тогда свет, проходя такую пластинку, будет разлагаться на два поляризованных луча, плоскости поляризации которых будут располагаться параллельно и перпендикулярно направлению деформации. Открытый Брюстером эффект получил название уругооптического.

Уругооптический эффект быстро привлек внимание ученых. Им много занимались французские физики Био и Френель. Они провели первые количественные измерения величины двойного лучепреломления, индуцированного внешней деформацией. В частности, Френель показал, что отношение показателей преломления для обыкновенного и необыкновенного лучей пропорционально объемному расширению стекла. Это фактически были первые количественные измерения уругооптического эффекта, так как Брюстер, хотя и открыл этот эффект экспериментально, количественных измерений сделать не сумел.

Нейман поставил перед собой задачу выяснить микроскопическую причину уругооптического эффекта. В качестве первой гипотезы он выдвинул три возможные причины индуцированного двойного лучепреломления. Первая причина — изменение в расположении частиц эфира, вызванное изменением положения частиц тела при его деформации. Вторая — изменение влияния частиц, составляющих тело, на частицы эфира. Наконец, третья причина — совместное действие двух перечисленных выше причин.

Чтобы провести выбор, Нейман вычислил индуцированное двойное лучепреломление для случая однородной деформации, обусловленное второй причиной. При этом взаимодействие частиц тела и эфира учитывалось следующим образом. Предполагалось, что между частицами тела и эфира действуют силы, которые не только приводят в движение частицы эфира, но и частицы тела. Но для прозрачных тел смещения составляющих их частиц малы по сравнению со смещениями частиц эфира, и в первом приближении ими можно пренебречь. Далее считалось, что смещения частиц эфира являются упругими, т. е. они пропорциональны действующим силам. Компоненты последних добавля-

лись в дифференциальные уравнения, описывающие движение частиц свободного эфира. Их интегрирование показало, что индуцированное двойное лучепреломление обратно пропорционально квадрату периода колебаний частиц эфира. Таким образом, упругооптический эффект должен был в гораздо большей степени проявляться для красной части спектра, чем для фиолетовой. Эксперимент же давал обратную картину.

Отсюда следовало, что необходимо отбросить как не отвечающую действительности причину, по которой индуцированное двойное лучепреломление возникает в результате изменения влияния частиц тела на частицы эфира. Поэтому же можно отбросить и третью причину — одновременное изменение в расположении частиц эфира и изменение влияния частиц тела на частицы эфира. Во всяком случае, этой причиной могла быть обусловлена лишь небольшая часть индуцированного двойного лучепреломления.

Главной же причиной следовало считать изменение в положениях частиц эфира в деформированном теле. При этом новое расположение частиц эфира должно было обладать той же симметрией, что и расположение частиц тела. Отсюда следовал вывод, что индуцированное двойное лучепреломление равномерно деформированных твердых тел должно управляться теми же законами, которые сформулировал Френель для кристаллов.

Считая деформации малыми, Нейман записал выражение для скоростей света в деформированном теле, предположив, что скорости линейно зависят от величины деформаций:

$$a = v_0' + p(s_2 + s_3) + qs_1,$$

$$b = v_0' + p(s_3 + s_1) + qs_2,$$

$$c = v_0' + p(s_1 + s_2) + qs_3.$$

В этих уравнениях a , b и c — скорости света вдоль главных осей, v_0' — величина, немного отличающаяся от скорости света в недеформированном стекле, s_1 , s_2 и s_3 — деформации вдоль главных осей, а p и q — постоянные, зависящие от природы деформируемого тела.

Из этих выражений далее были построены деформированные волновые поверхности, и из их геометрии Нейман вывел два важных закона:

I. Направления поляризации в данном фронте волны параллельны направлениям главных деформаций в этом фронте волны, т. е. главным осям сечения поверхности деформации плоскостью, параллельной фронту волны.

II. Разность скоростей распространения двух противоположно поляризованных волн, имеющих тот же самый волновой фронт, пропорциональна разности главных деформаций в плоскости фронта волны.

Первый закон хорошо подтверждался экспериментами Брюстера, Био и Френеля.

Второй закон, устанавливающий количественную связь между скоростями распространения света и деформации, оказался, как выяснилось позже, приближенным. На самом деле вместо разности скоростей распространения двух волн нужно говорить о разности квадратов скоростей:

$$v^2_r - v^2_t = D(s_t - s_r).$$

Здесь r и t — направления поляризации волн, D — константа, зависящая от свойств материала. Но это уточнение не поколебало главный количественный вывод из второго закона Неймана: величина индуцированного двойного лучепреломления пропорциональна деформации.

Переходя к показателям преломления, Нейман получил следующие формулы, с помощью которых можно произвести непосредственную экспериментальную проверку теории:

$$(n_r - n_0)d = \frac{ud}{v_0^2} [v_0 - v_0' - p(s_r - s_u) - qs_t],$$

$$(n_t - n_0)d = \frac{ud}{v_0^2} [v_0 - v_0' - p(s_t + s_u) - qs_r],$$

$$(n_r - n_t)d = \frac{ud}{v_0^2} (q - p)(s_r - s_t).$$

В этих уравнениях u — скорость света в вакууме, v_0 — скорость света в недеформированном материале, s_r , s_t и s_u — упругости в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

Первые эксперименты по проверке своей теории поставил сам Нейман. Он взял две стеклянные пластины A и B , разделенные кусочками стальной проволоки C и D . Пластины лежали своей средней частью на цилиндрической твердой опоре F , а сверху поджимались такой же, но подвижной опорой E . Верхняя опора с по-

мощью винта поджимала пластины и деформировала их. В зазоре $\alpha\beta$ возникала цветная интерференционная картина, обусловленная индуцированной разностью хода для света, прошедшего пластинок. Для того чтобы измерить эту разность хода, Нейман воспользовался сравнением с кольцами Ньютона: таблица Ньютона для толщин слоя воздуха, дающего данный цвет при интерференции света, отраженного от двух поверхностей,

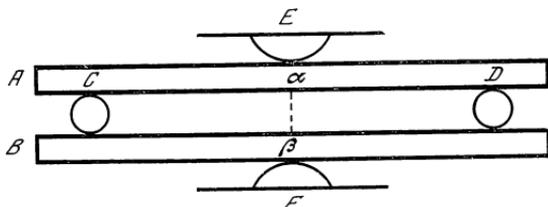


Схема опыта Неймана по упругооптическому двулучепреломлению

позволила Нейману непосредственно получить разность хода для данного цвета. Теперь, зная величину деформации, легко вычислить величину $(p-q)/v^2$. Для стекла эта величина оказалась равной 0,126.

Второй оригинальный эксперимент был поставлен следующим образом. Свет от одного источника проходил через экран с двумя маленькими отверстиями, потом через стеклянную пластинку и, интерферируя, создавал полосатую картину. Она рассматривалась в зрительную трубу. Если теперь стекло деформировать, то в соответствии с первым законом Неймана интерференционная картина сместится и удвоится. Отношение обоих смещений не зависит от величины деформации пластинки, но линейно зависит от p/q и q/v_0 . Измеряя смещения и деформацию, Нейман вычислил эти отношения. Комбинируя эти результаты с отношением, найденным из первого опыта, Нейман установил, что для стекла

$$p/q = -0,131, \quad q/v_0 = -0,123.$$

Рассмотрев изменения преломляющих свойств при равномерной деформации, Нейман переходит затем к более общему случаю неравномерной деформации. При этом он мысленно разбивает тело на бесконечное число небольших областей, считая, что каждая из них подвергается равномерной деформации, а главные направ-

ления деформации непрерывно изменяются при переходе от области к области. Тогда поляризованный луч в каждой из областей расщепляется на два луча в соответствии с первым законом Неймана. Считая деформации малыми, Нейман показал, что при расчете интерференции лучей, вышедших из кристалла, траектории лучей можно считать прямолинейными. Он получил формулы для разности хода лучей, вышедших из тела, которые определялись законами поворота плоскости поляризации луча и законом для скоростей света внутри тела. Оба эти закона теперь задавались как функции положения точек в пространстве, а сами функции, в свою очередь, выводились из смещений частиц, составляющих тело при деформации. Полученные формулы пояснялись на примере интерференционных явлений, возникающих при прохождении света через закрученный стеклянный цилиндр.

В заключение этой работы рассмотрен упругооптический эффект в прозрачных телах, подвергнутых неравномерному нагреванию. В этом случае причиной индуцированного двойного лучепреломления являются деформации, возникающие вследствие термического расширения тела.

Для решения этой задачи нужно было установить связь между изменением температуры и термическими деформациями. Только тогда можно было воспользоваться формулами, выведенными в начале работы. Для этой цели Нейман добавил в уравнение для равновесия упругих тел члены, пропорциональные градиентам температур. Как указал сам Нейман, такое уравнение в 1838 г. опубликовал французский физик Дюгамель, но сам Нейман сформулировал его еще раньше для кристаллических тел. Сейчас это уравнение известно в механике как уравнение Дюгамеля—Неймана. В современной записи оно имеет следующий вид:

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x_j} + \mu \Delta u_j + \rho \left(F_j - \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \right) - \beta \frac{\partial T}{\partial x_j} = 0.$$

Здесь λ и μ — комбинации упругих постоянных, θ — объемная деформация, u_j — компоненты тензора смещений, ρ — плотность, F_j — компоненты силы, β — коэффициент, зависящий от упругих постоянных и коэффициента теплового расширения [72, с. 77].

Интегрирование уравнения Дюгамеля—Неймана прямо приводит к цели. Это позволило проанализировать самые разные случаи изменения оптических свойств при неравномерном нагревании. Нейман рассматривает шар, круг, кольцо, температура в которых изменяется по их радиусам, кольцо, в котором температура изменяется по его дуге, две тонкие узкие пластинки, изгибающиеся при нагревании на разные углы, и т. п. В результате Нейман пришел к выводу, что теория совпадает с наблюдениями повсюду, где он смог провести расчеты, вплоть до конкретных случаев. Это не оставляет сомнения в правильности принципов теории.

Эта работа Неймана была опубликована в 1841 г. в Трудах Королевской академии наук в Берлине. Значение ее для физики очень велико. В ней впервые построена теория упругооптического эффекта в некристаллических прозрачных телах, в основе которой лежит линейная связь между индуцированным двойным лучепреломлением и деформацией. Эта теория позволила, измеряя величины двулучепреломления, вычислять деформации, вызванные внешними силами или изменением температуры тела. Очень скоро теория Неймана легла в основу очень важного для практики так называемого поляризационно-оптического метода исследования напряжений.

3

Медленно, очень медленно, привыкал Нейман к новому укладу жизни без Флорентины. Порой хотелось все бросить, забрать детей и уехать куда-нибудь из Кенигсберга, где все напоминало ему милую Флору. И как бы угадывая эти мысли Неймана, ему стали предлагать переехать в Россию.

В апреле 1841 г. Нейман получил письмо от профессора Зенфа из Дерптского университета, который передал ему предложение ученого совета занять кафедру физики. Предложение было весьма заманчиво. Дерптский университет был довольно молодым университетом, основанным в 1802 г. для подготовки чиновников из среды прибалтийского дворянства. Его первый ректор, он же профессор физики Георг Паррот, за двадцать лет своей преподавательской деятельности создал один из лучших в России физических кабинетов. Он оснастил его самыми современными по тому времени

приборами, причем многие из них изготовлялись специально для этого кабинета по чертежам самого ректора. В отчете совета университета за 1822 г. мы читаем, что «богатство, научное значение и изящество коллекций физического кабинета признаются всеми» [73, с. 188].

В 1825 г. Георг Паррот был избран ординарным академиком Петербургской академии наук и уехал в Петербург. Кафедру физики занял его сын Яков, человек в общем далекий от физики. Он занимался физической географией, а чтение лекций по физике поручил ничем не примечательному Августу Нашелю.

В начале 1841 г. Яков Паррот скончался от туберкулеза легких, и кафедра физики стала вакантной. Эту кафедру и предложили Нейману на блестящих материальных условиях. Ежегодный оклад профессора физики составлял 5500 рублей ассигнациями, и, кроме того, за чтение лекций он получал бы еще 2000 рублей.

Материальные условия имели важное, но отнюдь не главное значение для Неймана. Главное — это возможность получить в свое распоряжение хорошо оснащенную физическую лабораторию. Ведь, несмотря на свой вклад в науку, Нейман до сих пор не имел настоящей физической лаборатории. Он приспособил для этого несколько комнат своей квартиры и проводил в них эксперименты с помощью приборов, которые он покупал на собственные деньги.

Нейман стоял перед тяжелым выбором. С одной стороны, он получал все, о чем только мог мечтать физик, исследователь и преподаватель, при условии, что он покинет родину. С другой стороны, возможность жить и работать среди друзей и учеников и неясные перспективы относительно настоящей лаборатории и материального благополучия. Два месяца Нейман мучительно взвешивал все за и против и только в июне ответил на предложение Дерптского университета отказом. Он решил остаться на родине.

Нейман счел необходимым сообщить об этом предложении попечительскому совету Кенигсбергского университета:

Я бы хотел поставить в известность высокопочтимый Попечительский совет, что я отклонил предложение принять профессуру физики в университете Дерпта. Эта профессура давала бы мне постоянный оклад 5500 рублей, а также дополнительные постоянные доходы в размере 600—700 таллеров. Университет

имеет прекрасно оборудованный физический кабинет и лабораторию, которые для удовлетворения научных потребностей располагают ежегодно постоянной суммой около 800 таллеров, предоставляемой в распоряжение ее директора.

Мое здешнее положение далеко не блестящее. После того как я в течение 11 лет на хорошем уровне веду профессию физики и минералогии, я получаю не более 800 таллеров. Моя академическая деятельность (о ней неоднократно удовлетворительно высказывалось министерство) является только тенью той деятельности, которая должна быть.

Я считаю необходимым создать здесь в Кенигсберге научную школу по математической физике. С болью и стыдом мне часто приходится признавать, что молодые люди, часто прибывшие издалека, которыми я должен руководить, из-за недостатка средств и возможностей трудятся в таких условиях, которые под давлением обстоятельств я едва-едва могу им создать.

Оборудование в нашем университете до сих пор остается таким, что я иногда читаю лекции по физике, не показывая опыта. Моя собственная научная деятельность ограничена тем, что может сделать физик в науке на чердаке.

Не преимущества моего теперешнего положения побудили меня к тому, чтобы отклонить предложение Дерптского университета. На это есть чисто личные причины...

Считаю своей обязанностью, высокочтимый Попечительский совет, поставить Вас об этом в известность, так как может быть Вам представится возможность задуматься об этом и доложить в министерство об улучшении моего теперешнего положения [47, с. 352].

Это обращение не возымело никакого действия.

Как только стало известно, что Нейман отклонил приглашение Дерптского университета, как тут же пришло приглашение из Петербурга. Академик фон Байер, известный минералог, по поручению Петербургской академии наук писал ее иностранному члену-корреспонденту Нейману:

...В Петербурге вы смогли бы заняться действительно научной деятельностью, так как кабинет минералогии очень богат. Оклад в 5000 рублей наряду со свободной квартирой, я думаю, был бы вам достаточен, так как у вас небольшая семья. Я не могу выразить, как я был бы рад, если бы вы были рядом со мной... [47, с. 354].

Нейман отклонил и это предложение.

4

В 1840 г. на прусский престол взошел Фридрих Вильгельм IV, который, будучи наследником престола, являлся ректором Альбертины. Совет университета подал ему просьбу оставить ректорство за собой и впредь, на что король согласился. Из этого обстоятельства уни-

верситет извлек большую пользу. В частности, удалось реорганизовать систему управления университетом. До 1834 г. университетом фактически управлял назначенный правительством советник. Теперь произошел возврат к старой, автономной, системе управления: все ординарные профессора объединились в генеральное консульство (высший законодательный орган) и в сенат (исполнительный орган). Непосредственно университет управлялся проректором, который избирался сенатом университета.

В 1843 г. проректором Кенигсбергского университета был избран Франц Нейман.

Нам почти ничего не известно о его деятельности на этом посту. Сохранилась только речь Неймана, произнесенная им при оглашении списков вновь зачисленных в университет студентов. Она дает представление о взгляде Неймана на университетское образование. Он говорил:

Прежде чем я передам вам списки зачисленных в университет, я хотел бы в нескольких словах обратить ваше внимание на важность этого периода вашей жизни, в который вы сейчас вступаете. То, как вы проведете свои студенческие годы, будет иметь решающее значение для всей вашей дальнейшей жизни. Ваша задача состоит в том, чтобы здесь, в университете, выработать в себе духовную свободу и независимость в суждениях и поступках, которые помогут вам упорно и последовательно изучать науку. Эта свобода основана на сознании, что все должно покоиться на прочной основе научного знания. Из этого сознания возникает академическая свобода. Она приходит не вследствие знатного происхождения — вы должны ее выработать в себе и нести все студенческие годы. Однако не путайте академическую свободу со свободой, когда все можно...

Университет должен быть для вас школой духовной, мыслительной и научной свободы. Не превращайте его в школу ремесла, выгоды, прибыли. Это может произойти, если вы будете довольствоваться только знаниями, предписанными экзаменами, если вашей целью будет только выдержать эти экзамены и получить службу и пропитание...

Итак, тем, как вы будете использовать свое время и свои силы во время своей студенческой жизни, будет определяться, займете ли вы позже при других жизненных обстоятельствах некое общественное положение или же вас ожидает более высокое предназначение, определяемое вашим собственным мышлением и научными методами достижения определенных целей. Я требую от вас жить только согласно студенческим законам (это самое малое, что вы можете требовать от себя). Я требую от вас более высоких устремлений, требую, чтобы вы жили не потому, что так предписывают законы, а следовали бы законам вашей совести. Я требую от вас с большим напряжением и серьезностью относиться к вашему научному образованию и стремиться к высоким целям, к которым зовет вас университет... [47, с. 354].

Второй, не менее интересный документ, сохранившийся от того времени — прощальная речь Неймана весной 1844 г. при передаче им своих полномочий профессору Бурдаху. В этой речи Нейман сравнивает университеты и специальные учебные заведения. Последние дают специальные, прикладные, знания по узким отдельным дисциплинам. Университеты же должны давать разносторонние и разнообразные знания, для того чтобы их выпускники могли стать полезными государственными деятелями. При этом им необходимо давать представление о наиболее важных и желательных самых последних достижениях науки:

Два краеугольных камня лежат в основании университетов, и пока они будут лежать, здания эти будут достаточно прочными. Это — свобода учить, необходимым условием которой является свобода ума во всем богатстве чистого мышления, и свобода учиться, самостоятельно стремясь к источникам знания. Эти краеугольные камни сотрясать нельзя!

Часто приходится слышать в наш адрес, в адрес университетов, упреки, что мы заняты исследованиями, которые никого, кроме нас самих, не интересуют, которые никому не приносят пользы, что мы живем в изолированных сферах, спорим о каких-то отвлеченных вопросах, пытаемся понять ускользающие законы природы, а то, что непосредственно находится перед нашим носом, а именно действительная жизнь, ее политическая, духовная и экономическая организация, не представляет для нас никакого интереса. Эти упреки несправедливы. Университеты призваны служить тому, чтобы быть убежищем свободного независимого мышления, вбирая в себя энергию, нервы и творческий дух общественной жизни.

Университеты можно сравнить с горами, которые направляют разящие из высших сфер удары, низвергающие камни на дороги, но и открывающие ясные родники. Эти родники объединяются в ручьи, ручьи — в потоки, а потоки объединяют страны и народы. На их берегах возникают и цветут города и государства, по ним купцы везут свои богатства в дальние страны и возвращаются с богатой прибылью.

Если тает снег и идет сильный дождь, потоки несут разрушение. Но должны ли высохнуть потоки? И могут ли они исчерпать свои источники?

Не гневайтесь на горы, которые несут с собой грозу. Помните, что они несут с собой свежий воздух, который вы вдыхаете, в котором вы живете и умираете [47, с. 356—358].

В 1843 г. произошло еще одно событие, осветившее радостным светом жизнь Неймана. Он женился на двоюродной сестре своей покойной жены — Вильгельмине Хаген. Эта уже немолодая женщина глубоко уважала и любила Неймана. Она стала заботливой женой и матерью его детей. Вместе с Вильгельминой в дом Неймана снова вошла радость. Но и она была недолгой.

Через шесть лет после свадьбы Вильгельмина тяжело заболела подагрой, у нее оказались пораженными все суставы. Тридцать четыре года она была прикована к инвалидному креслу, тяжело страдая не только физически, но и морально от сознания того, что она вместо того, чтобы быть помощником мужу, превратилась в обузу. Нейман, как мог, утешал ее и до конца ее дней трогательно о ней заботился.

Вильгельмина постоянно искала возможность помочь Нейману и его детям. Она не только управляла домом и всеми хозяйственными делами, но и в течение многих лет, до тех пор, пока двигались ее руки, переписывала работы мужа, а потом и своих приемных сыновей. Так, уже на склоне лет она обучилась обращаться с логарифмической линейкой, чтобы проводить вычисления для статистических таблиц, которые составлял сын Неймана Юлиус — профессор экономики в Тюбинге. Причем делала это настолько аккуратно и тщательно, что Юлиус мог с помощью этих таблиц контролировать вычисления своих помощников.

С годами болезнь Вильгельмины прогрессировала, она умерла в 1877 г. в возрасте 75 лет.

5

В 40-е годы Нейманом были выполнены классические исследования по электродинамике. Его обращение к этой теме не было случайным. Это время можно без преувеличения назвать золотым веком электричества. В эти годы закладывались основы всего грандиозного здания современной электродинамики: были добыты основные экспериментальные факты, формулировались главные законы. В эти годы работали такие корифеи, как Георг Ом, Иоганн Зеебек, Майкл Фарадей, Ганс Эрстед, Андре Ампер, Джозеф Генри, Эмиль Ленц, Джеймс Джоуль [73].

До 1820 г. параллельно существовали два не связанных друг с другом явления — электричество и магнетизм. В июле 1820 г. профессор Копенгагенского университета Эрстед сделал первый шаг к объединению этих явлений. Пропуская электрический ток по проводнику под свободно подвешенной магнитной стрелкой, он увидел, что ток отклоняет стрелку. Стало ясным, что эти два явления не так уж далеки по своей природе. Ведь если ток действует на магнитную стрелку, то, следовательно, вблизи проводника, где расположена

магнитная стрелка, должна действовать магнитная сила. Электричество порождает магнетизм!

В том же 1820 г. Ампер показал, что на магнитную стрелку действует не только проводник, но и сам источник электричества — «вольтов столб». Затем он нашел еще один важный факт: притяжение и отталкивание параллельных проводников с током. Вскоре Ампер показал, что катушка с током действует как магнит, полюса которого располагаются на противоположных ее концах.

Теперь для доказательства единства электричества и магнетизма необходимо было осуществить обратный процесс: магнетизм должен был породить электричество. Эту задачу поставил перед собой английский ученый Майкл Фарадей. Уже в 1821 г. он записал в дневнике свою главную цель: «превратить магнетизм в электричество». Но осуществить этот замысел он сумел только в конце августа 1831 г. Опыт, приведший к положительному результату после десяти лет безуспешных попыток, как это часто бывает, оказался очень простым. На деревянную катушку один на другой были намотаны два куска провода. Провода были хорошо изолированы друг от друга. Два конца одной обмотки были присоединены к батарее, а два конца другой обмотки — к гальванометру. Когда включался ток в первой обмотке, гальванометр показывал, что по второй обмотке тоже шел ток. При включении тока первая обмотка становилась электромагнитом и ее магнитное поле индуцировало электрический ток во второй обмотке. Таким образом, магнетизм порождал электричество. Позднее Фарадей осуществил и другой опыт, с которого до сих пор обычно начинают изучать электромагнитную индукцию в школе — индуцирование электрического тока в соленоиде при движении или выдвигении постоянного магнита.



Э. X. Ленц
(1804—1865)

Направление индуцированного тока установил русский академик Эмиль Ленц. Получив известие об открытии Фарадея, он провел тщательное изучение электромагнитной индукции и уже через год, в ноябре 1832 г., в работе «Об определении направления гальванических токов, вызванных электродинамической индукцией» сформулировал закон, известный теперь как правило Ленца. Это правило гласило: «Если металлический проводник перемещается вблизи тока или магнита, то в нем возникает гальванический ток. Направление этого (возбужденного) тока таково, что покоящийся провод пришел бы от него в движение, прямо противоположное действительному перемещению. Предполагается, что провод может двигаться только в направлении действительного движения или в прямо противоположном направлении» [75, с. 471].

Законы Фарадея и Ленца в силу эмпирического характера их научного творчества имели качественный характер. Нейман поставил перед собой цель придать им строгую математическую форму.

Результаты своих исследований он доложил на заседании Академии наук в Берлине 27 октября 1845 г. В том же году этот доклад был напечатан в «Трудах» Академии под названием «Математические законы индуцированных электрических токов». Нейман принял за исходные пять экспериментально установленных фактов:

1. Индуцированные токи возникают каждый раз, когда изменяется «виртуальное» (возможное) воздействие индуцирующего тока на проводник.

2. Индуцированная электродвижущая сила не зависит от материала проводника.

3. При прочих равных условиях сила индуцированного тока пропорциональна скорости, с которой перемещается элемент индуцируемого провода.

4. Компонента электродинамического взаимодействия между индуцирующим и индуцируемым током в направлении перемещения последнего всегда отрицательна (правило Ленца).

5. При прочих равных условиях сила индуцированного тока пропорциональна силе индуцирующего тока.

Из сущности этих фактов видно, что Неймана совершенно не интересовала природа индуцированного и индуцирующего токов. Ему было безразлично, как передается взаимодействие между ними: является ли

оно мгновенным и передается ли через пустое пространство или их взаимодействие осуществляется с конечной скоростью с помощью некоторого промежуточного агента, который мы сейчас называем электромагнитным полем. В этих исследованиях Нейман проявил себя как типичный представитель направления в теоретической физике, называемого в то время математической физикой, сторонники которого видели в физическом явлении прежде всего математическую задачу, подлежащую формулировке и решению. Их совершенно не волновал физический смысл исходных посылок и полученных результатов — лишь бы все решение было корректным с точки зрения математики. В этом была ограниченность подхода Неймана к проблеме электромагнитной индукции, но в этом заключалось и его преимущество, ибо, интересуясь только внешними силовыми проявлениями индуцированных токов, он смог решить задачу об их взаимодействии в самом общем виде.

Однако два ограничения Нейман счел необходимым все же ввести. Во-первых, он ограничил рассмотрение только линейными проводниками. Во-вторых, он предположил, что «индуцирующая причина возникает со скоростью, которую можно считать малой по сравнению со скоростью распространения электричества. Без этого предположения нельзя будет считать, что электрические токи находятся в стационарном состоянии и по отношению к ним нельзя будет применять закон Ома. Таким образом, из рассмотрения оказываются исключенными, например, токи, индуцированные электрическими разрядами» [43, III, с. 259].

Прежде всего Нейман выводит фундаментальную формулу, являющуюся количественным выражением правила Ленца. Для этого он рассматривает отрезок проводника, движущийся вблизи другого прямолинейного проводника с постоянным током. Нейман находит электродинамическую силу F , с которой индуцирующий проводник действует на индуцируемый. Она оказалась пропорциональной силе тока. Но сама сила тока по правилу Ленца пропорциональна скорости движения проводника v . Поэтому Нейман предположил, что электродвижущая сила \mathcal{E} , индуцированная в единице длины проводника, пропорциональна противодействующей движению компоненте электродинамической силы в направлении движения и скорости движения проводника:

$$\mathcal{E} ds = -\varepsilon F v ds.$$

Здесь ε — константа, зависящая от выбора системы единиц, ds — элемент длины проводника.

Таким образом, в соответствии с правилом Ленца две силы, электродвижущая и электродинамическая, имеют противоположные знаки.

Поскольку в приведенной выше формуле скорость и электродинамическая сила есть функции координат положения проводников, которые, в свою очередь, являются функциями времени t , то и электродвижущая сила \mathcal{E} тоже является функцией t . Однако Нейман доказывает, что если \mathcal{E} медленно меняется со временем, то ее можно считать независимой от t . Тогда с помощью закона Ома Нейман получает выражение для силы тока, индуцированной в линейном проводнике:

$$i = -\frac{\varepsilon}{R} \int v F ds,$$

где R — сопротивление проводника, а интеграл берется по всем перемещениям проводника. Если это выражение умножить на dt , то в результате получается выражение для дифференциального тока, мерой которого является его воздействие за время dt , например, на магнитную иглу. Суммарное же воздействие за некоторое конечное время является мерой индуцированного интегрального тока. Величина последнего зависит только от величины перемещения проводника, но не зависит от скорости перемещения. Нейман сформулировал для интегрального тока следующий закон: «Электродвижущая сила интегрального тока, возбуждаемого на пути от W_0 до W_1 , есть потеря в живой силе, какую вызвал бы в проводнике индукцент, если бы он свободно перемещался от W_0 до W_1 в предположении прохождения через него тока ε » [43, III, с. 261].

Выражение «ток ε » стало позже предметом дискуссии между Нейманом и Якоби. Последний возражал против использования выражения «ток ε » и предлагал символ ε заменить словом на том основании, что ток скорее понятие, чем количество. Нейман писал в ответ: «Конечно, понятие! Если мою работу можно поставить мне в заслугу, то только потому, что я понятие об этой величине сформулировал как физическую проблему для всех видов индукции. Но это понятие окутано пока плотным мистическим туманом, оно связано с таинственным взаимодействием, объемлющим все тела, лежащие вне друг друга, и как только нарушается их на-

пряжение, то, если выполняются все прочие условия, возникает электрический ток. Чтобы передать ощущение этой мистерии, я давал различные определения индуцированной электрической силы через живую силу, давление и т. д. Я не знаю слова для ϵ » [48, с. 111].

Из этого отрывка видно, что физическая причина электрического тока являлась для Неймана не ясной. Отсюда и попытки связать электродвижущую силу с давлением. Если представить себе, что имеются две плоскости, для каждой из которых функция, частные производные которой есть ток ϵ , постоянна (плоскости равновесия) и эти постоянные величины отождествить с давлением, «то электродвижущая сила интегрального тока, индуцируемая в проводнике, движущемся параллельно себе из W_0 в W_1 , равна разности давлений на обеих плоскостях равновесия, проходящих через W_0 и W_1 . При данных условиях интегральный ток не зависит от длины и формы пути, на котором он индуцируется, а зависит только от положения конечных точек» [43, III, с. 262].

До сих пор Нейман рассматривал случай, когда индуцирующий проводник покоится, а индуцированный перемещается. Затем он перешел к обратному случаю: индуцированный проводник покоится, а индуцирующий — перемещается. Эта проблема также была легко решена, так как оказалось, что индуцированный ток зависит только от относительной скорости перемещения проводников. Обобщая этот результат на случай замкнутых проводников, Нейман получил важное правило:

«Если даны два замкнутых проводника, то индуцируется одна и та же электромагнитная сила независимо от того, какой из двух проводников движется и по какому из них течет ток, но только в том случае, если движение одного проводника противоположно движению другого. Соотношение токов, индуцированных в одном или в другом случае, обратно пропорционально сопротивлению проводников.

Это утверждение может быть распространено и на незамкнутые проводники, но при соблюдении условия, что один и тот же проводник, независимо от того покоится он или движется, должен участвовать в индукции одной и той же длиной» [43, III, с. 262].

Далее Нейман распространил найденные закономерности на случай, когда ток в проводнике индуцируется не другим проводником, а постоянным магни-

том. При этом он основывался на гипотезе Ампера, что полюса магнита можно рассматривать как концы соленоида, по которому течет постоянный ток. Движение проводника по отношению к соленоиду (магниту) Нейман разложил на поступательное и вращательное и для каждого случая вычислил величину индуцированного тока. Обобщая полученные выражения, он сформулировал следующие правила:

1. Если проводник, перемещающийся под действием полюса соленоида, образует замкнутую кривую, то часть индуцированного тока, обусловленная его вращением, исчезает и индуцируется тот же самый ток, как если бы проводник перемещался поступательно параллельно самому себе или как если бы перемещался полюс соленоида одновременно с проводником, будучи с ним жестко связан.

2. В замкнутом проводнике, вращающемся вокруг оси, проходящей через полюс соленоида, полюс тока не индуцирует. То же верно и для случая, когда в точке оси вращения находятся несколько полюсов.

3. В замкнутом проводнике, вращающемся вокруг оси ограниченного соленоида, он ток не индуцирует.

4. В замкнутом проводнике, перемещающемся под действием полюса соленоида, часть индуцированного тока возникает от вращательного движения проводника. Эта часть не зависит от формы проводника и определяется только движением его концевых точек [43, III, с. 292].

Аналогичные результаты были получены, когда движется соленоид, а проводник покоится. Тогда индуцированный ток зависит от движения полюсов соленоида. Если проводник замкнут, то ток индуцируется только вследствие поступательного движения полюсов, а вращение ток не индуцирует. В незамкнутом проводнике, напротив, полюс одним своим вращением, не меняя своего положения, индуцирует ток.

В этой работе Нейман развил и широко использовал для описания электродинамических явлений метод потенциала. Впервые потенциал ввел в электростатику в 1812 г. французский математик Пуассон. Он показал, что многие задачи электростатики, связанные с описанием силового действия электрических зарядов, удобно формулировать и решать, если ввести, как это делал Лаплас при описании тяготения, некую функцию, производные которой по координатам равны силе,

действующей со стороны всех электрических зарядов системы на единичный заряд.

Применив потенциал для описания электромагнитной индукции, Нейман показал, что индуцированный ток зависит только от изменения величины потенциала. Эту мысль Нейман сформулировал в виде принципа, который гласил:

«Изменение потенциала, посредством которого описывается воздействие проводника, по которому проходит единица тока, на магнит, является причиной и мерой индуцированного тока. При этом не имеет значения, чем вызывается изменение величины потенциала: изменением относительного положения магнита и проводника или каким-либо иным обстоятельством, например ослаблением магнита» [43, III, с. 309].

Нейман установил, что электродвижущая сила, возбуждаемая в проводнике другим проводником, определяется следующим выражением:

$$\mathcal{E} = \frac{\partial}{\partial t} i_1 \iint \frac{ds_1 ds_2}{r},$$

где i_1 — сила тока в первом проводнике, r — расстояние от элемента ds_1 первого проводника до элемента ds_2 второго проводника. Обозначив

$$i_1 \iint \frac{ds_1}{r} = A,$$

Нейман назвал эту величину вектор-потенциал. Тогда последняя формула преобразуется к виду

$$\mathcal{E} = \frac{\partial}{\partial t} \int A ds_2,$$

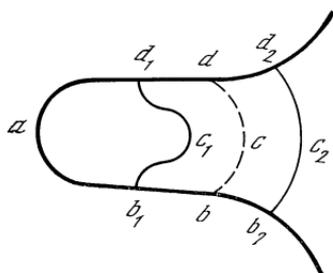
что и является количественным выражением найденного Нейманом принципа [74, с. 102].

Этот принцип Нейман применил к токам, индуцированным в покоящемся проводнике другим покоящимся проводником, сила тока в котором изменяется от i' до i'' . Для силы индуцированного тока он получил следующее выражение:

$$i = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{R} (i'' - i') \oint \oint \frac{ds_1 ds_2}{r}.$$

В последней части работы Нейман рассматривает незамкнутые проводники. В результате Нейман приходит к следующему выводу:

«Суммарная электродвижущая сила, индуцируемая перемещением незамкнутого проводника, равна потенциалу тока, текущего по замкнутой поверхности, которую описывает проводник. При этом предполагается, что через ограничивающие кривые, т. е. через кривые, соединяющие начальные и конечные точки проводника, и через кривые, описываемые движением его концевых точек, течет ток ϵ » [43, III, с. 322].



Проводник с током, изменяющий свою конфигурацию

Из этого положения следует важная теорема:

«Если незамкнутый проводник описывает замкнутую траекторию, т. е. если в конечной фазе своего движения он возвращается в исходное положение, то электродвижущая сила равна разности потенциалов тока по отношению к двум кривым, которые образуются концевыми точками проводника, причем по

этим кривым проходит ток ϵ » [43, III, с. 323].

Статья заканчивается рассмотрением простых примеров: тока, индуцированного земным магнетизмом в замкнутом проводнике, вращающемся вокруг собственной оси; индукции, вызванной призматическим или подковообразным магнитом.

Вслед за этой работой Нейман опубликовал в 1847 г. вторую большую статью, посвященную электромагнитной индукции, «Об одном общем принципе математической теории индуцированных электрических токов». В этой работе он развил выводы первой работы в направлении учета изменения формы как индуцирующего объекта, так и индуцированного проводника.

Нейман рассматривает проводник $abcd$. Индукция вызывается переносом части проводника bcd из начального положения $b_1c_1d_1$ в положение $b_2c_2d_2$ таким образом, что между элементами b_1b_2 и d_1d_2 обеспечивается проводимость. Последовательно рассматриваются следующие случаи:

1. Индукция вызывается током в замкнутом проводнике, элементы которого перемещаются.
2. Индукция вызывается одновременно перемещением всего проводника и элементов с током.

3. Индукция вызывается не только перемещением элементов с током и элементов проводника, но и изменением силы тока.

При этом электродвижущая сила, возбуждаемая в элементе ds_1 замкнутого проводника, когда в элементе ds_2 ток силой i возрастает за время dt на di , определяется выражением

$$\mathcal{E} = -\frac{1}{2} \varepsilon dt \frac{ds_1 ds_2}{r} \cos \theta \frac{di}{dt},$$

где θ — угол между ds_1 и ds_2 .

Результаты исследования частных случаев позволили Нейману сформулировать общий принцип:

«Если замкнутый и неразветвленный проводник A_1 в результате произвольного смещения своих элементов, не нарушающего проводимости, переходит в другой проводник A_2 , имеющий иную форму и положение, и если это изменение происходит под влиянием электрической системы тока B_1 , которая одновременно в силу произвольного смещения своих элементов изменяет свое положение, форму и интенсивность и переходит из B_1 в B_2 , то сумма электродвижущих сил, вызванных этими изменениями в проводнике, равна произведению постоянной индукции на разность потенциалов тока B_1 по отношению к A_1 и тока B_2 по отношению к A_2 в предположении, что через A_1 и A_2 протекает единица тока, умноженная на константу индуктивности ε » [43, III, с. 347].

В приложении подробно рассматривается формула для потенциала (потенциальной энергии) двух замкнутых токов i_1 и i_2 :

$$\Pi = -\frac{1}{2} i_1 i_2 \oint \oint \frac{ds_1 ds_2}{r} \cos \theta.$$

Это важнейшее открытие Неймана. Оно позволяет представить взаимодействие токов как действие между ними некой силы. Компоненты этой силы могут быть вычислены как отрицательные производные потенциала по координатам. Отсюда следует закон, хотя и вытекающий из результатов Ампера, но впервые в таком виде сформулированный Нейманом:

Взаимное притяжение элементов двух замкнутых токов обратно пропорционально квадрату расстояния

между ними и прямо пропорционально косинусу угла между ними [43, III, с. 320].

Значение этих работ Неймана для развития электродинамики очень велико. В них впервые выдающиеся экспериментальные открытия Эрстеда, Ампера и Фарадея получили количественное описание. Можно сказать даже больше: только благодаря работам Неймана эти опыты вошли в систему науки, изучающую электричество и магнетизм, вошли в их современном виде. Таким образом, работы Неймана заложили основы той науки, которую мы сейчас называем макроскопической электродинамикой.

6

В Европе ускоренными темпами развивался капитализм. В Германии на его пути стояла ее феодальная раздробленность. Интересы буржуазии Германии настоятельно требовали создания единого буржуазного государства с единой армией, единым законодательством, единой таможенной и денежной системой. Кроме того, необходимо было уничтожить остатки крепостничества в деревне, которые мешали развитию капиталистических отношений.

Прогнившие, бюрократические монархии являлись препятствием на пути к капитализму. В сороковых годах в Германии возникла революционная ситуация. Она имела целый ряд особенностей по сравнению с аналогичными ситуациями в других странах Западной Европы, в частности Франции. Во-первых, Германия была единственной страной, где к этому времени уже существовал многочисленный рабочий класс. В других странах Европы во времена происходивших там буржуазных революций он только зарождался. Во-вторых, немецкая буржуазия не была такой революционной, как, например, французская буржуазия в конце XVIII в. «Она, — писал Маркс, — с самого начала была склонна к измене народу и к компромиссу с коронованным представителем старого общества» [55, 6, с. 116]. В-третьих, Германия 40-х годов была все же отсталой страной по сравнению с Францией и Англией. Поэтому торговая буржуазия, вывозившая в Англию сельскохозяйственные продукты прусских Junkers, была заинтересована в связи с ними и в сохранении их экономической и политической власти в деревне.

Все эти условия явились предпосылками для более активного и самостоятельного участия рабочего класса в буржуазной революции. Большую роль в формировании самосознания пролетариата сыграла деятельность Карла Маркса и Фридриха Энгельса, «Союза коммунистов».

Революционная ситуация в Пруссии обострилась в результате экономического кризиса 1847 г. и картофельного бунта, на подавление которого пришлось мобилизовать весь берлинский гарнизон. Последним толчком была февральская революция во Франции.

Революция началась в южногерманских государствах и к марту докатилась до Берлина. Однако буржуазия с самого начала революционных событий искала соглашения с королем. Она поддерживала правительство при первых вспышках волнений, и когда король был вынужден сделать некоторые уступки, сочла революцию законченной. Рабочие продолжали борьбу, хотя они еще не выдвигали своих собственных требований. Но одолеть союз буржуазии с королевским правительством они не смогли.

В результате этого сговора было образовано либерально-буржуазное правительство, буржуазия предоставила королю большой заем. «Самое успешное (в Германии.— А. С.) восстание,— писал Ленин,— берлинское восстание 18 марта 1848 г., кончилось не свержением королевской власти, а *уступками* сохранившего свою власть короля, который очень быстро сумел оправиться от частичного поражения и отобрать назад все эти уступки» [54, 11, с. 227].

В Кенигсберге революционные волнения начались в марте 1848 г. Занятия в университете прекратились. Горожане начали организовывать вооруженные отряды. На улицах появились баррикады. Шеф полиции бежал из города и вместе с командующим войсками начал собирать в пригороде военные силы для подавления восстания. Волнение достигло апогея, когда распространился слух, что управляющий страховой компанией бежал, захватив с собой общественные деньги. Огромная толпа, возбужденная этим известием, собралась у здания магистрата, требуя назад свои деньги. Наиболее уважаемые горожане, в том числе и Нейман, пытались успокоить людей. Это им удалось только после того, как они обещали возместить потерянные деньги из своих собственных средств, что и было на следующий день сделано.

Нейман принимал активное участие в деятельности организованных рабочих союзов и вооруженных отрядов. Он быстро завоевал там большой авторитет своим спокойствием и рассудительностью.

Накануне предполагавшегося боя с правительственными войсками Нейман всю ночь не был дома. На утро встревоженные домашние послали садовника разузнать, не случилось ли с ним чего-нибудь. Скоро садовник вернулся с известием: «Господин профессор стоит на камне посреди рыночной площади, запруженной народом. Все спокойно. Господин профессор уже долго говорит, и все его слушают» [47, с. 376].

Участие Неймана в революции 1848 г. определялось его горячим стремлением к объединению Германии. В 1849 г., когда происходили выборы в общегерманский сейм в Эрфурте, Нейман становится одним из активных деятелей Кенигсбергского выборного союза и автором программы и воззвания к гражданам Кенигсберга.

Глава 10

Учитель

1

Каждый семестр начиная с зимы 1826/27 г. ординарный профессор Нейман объявлял курсы лекций. И так продолжалось пятьдесят лет, до зимы 1876/77 г., когда, начав читать курс теории потенциала, Нейман по болезни не смог его закончить.

Почти каждый семестр до 1864 г. Нейман читал два курса параллельно. Один курс читался публично по два часа в неделю и на него могли приходиться все желающие. Второй курс предназначался только для его учеников, и эти лекции читались по три — четыре часа в неделю. Если же в семестре объявлялся один курс, то он читался 4 часа в неделю.

Сохранились названия всех курсов, прочитанных Нейманом. Он читал кристаллографию, минералогию, физику Земли, физические свойства минералов, экспериментальную физику, учение о свете, аналитическую теорию теплоты, общую физику, учение о теплоте, капиллярность, теоретическую физику, учение об упру-

гости, теорию магнетизма, теорию электродинамики, гидродинамику, теорию электрических токов, теорию потенциала, об индуктированных электрических токах, электростатику, избранные главы теоретической физики [46, с. 56—58].

Последний курс читался много раз, и по воспоминаниям слушателей его содержание никогда не повторялось. В этом курсе Нейман особенно часто излагал свои самые последние результаты.

Лекции Неймана по теоретическим вопросам физики долгое время были единственными лекциями по теоретической физике в Германии. Но не только в этом их ценность. Их основное достоинство — мастерски составленный план курса и тщательный отбор материала. Как правило, вначале излагалась в доступной форме самая общая теория. Затем она иллюстрировалась и разъяснялась на хорошо подобранных примерах. Все излагалось ясно, просто и элегантно.

«Слушатели ловили его взгляд и вслушивались в его слова, — пишет Карл Нейман. — Они видели перед собой воодушевленного, глубоко творческого учителя. Но лишь немногие из них подозревали, как много времени отдал им их высокочтимый учитель, как велик был объем работы, затрачиваемой им на эти лекции изо дня в день, и как он в результате этой чрезмерно большой преданности своей профессии вынужден был заниматься продолжением своих столь дорогих его сердцу исследований главным образом во время каникул» [46, с. 38].

Чтобы сделать лекции Неймана доступными для широкого круга учащихся, его ученики решили их издать. Этот план осуществился только в 80—90-е годы, когда многие из них сами давно были профессорами.

Но не следует думать, что, издав эти лекции, ученики Неймана просто отдали дань уважения своему учителю и сохранили для историков науки оригинальные памятники физики первой половины XIX в. В предисловии к лекциям по теории упругости ученик Неймана Майер так характеризовал цель этого издания: «И если они (ученики Неймана.— А. С.) осуществили свое давнее намерение, то не только по причине благодарности и любви, которую они испытывают и хранят по отношению к учителю. Ими двигало убеждение, что эти лекции, которые когда-то вызвали к жизни математическую физику в Германии, еще и сегодня являются великолепной школой для всех тех, кто хочет проникнуть в дух и

содержание физических теорий» [37, с. 2]. Лекции Неймана и сегодня представляют большую ценность для изучающих классическую физику.

Всего было издано восемь книг. Это лекции по теории магнетизма, введение в теоретическую физику, лекции об электрических токах, по теоретической оптике, по теории упругости твердых тел и светового эфира, по теории потенциала, сферических функций, по теории капиллярности и по кинетической теории тепла.

Однако этими книгами не исчерпывается богатое содержание лекций Неймана. По воспоминаниям современников многие оригинальные результаты собственных работ Нейман часто излагал только в лекциях и больше нигде не публиковал. «Он придерживался мнения — и повторял это неоднократно — что приоритет лекций полностью эквивалентен приоритету публикаций, — писал его сын и ученик Карл Нейман. — При этом он считал, что тетради с записями лекций его учеников должны служить для приобретения знания как можно более широкому кругу лиц и не должны спустя некоторое время исчезнуть совсем. Однако случилось так, что многие из записей его лекций потеряны. Например, мы мало что знаем о его приоритете в такой важной области, как механическая теория теплоты, особенно в вопросе об обосновании этой теории. Иногда Нейман думал о том, как ему обеспечить свой приоритет в том или ином вопросе, но всегда только задним числом. Ему не хватало на это времени. Вообще он очень мало придавал значения вопросам приоритета, очень мало» [47, с. 345].

Об этом же пишет и Вальдемар Фойгт, один из самых близких учеников Неймана:

«Будучи великим мыслителем, подобного которому редко можно встретить, он часто пренебрегал возможностью защитить свое право на полученный результат.

Ничто не говорит так хорошо о его отношении к этому вопросу, как его собственные слова: „Самое большое счастье — это найти какую-либо новую истину; приходящее за этим признание может добавить немного или ничего“».

Кроме этого, было еще одно обстоятельство, задерживающее публикацию. Для него преподавательская деятельность была настолько тесно связана с его исследованиями, что если он проводил какое-то исследо-

вание, то оно прежде всего служило для обогащения его лекций и семинаров.

Многие из основательно разработанных им проблем, которые он читал в лекциях своим ученикам, потом выходили под чужими фамилиями. Его мягкая манера руководить учениками часто приводила к тому, что совместно полученный результат каждый считал своим. «Я удивлялся, слушая, как он говорил об очень ценных работах: „Странно — человек верит, что сам вывел эти формулы, а он только нашел мои“» [45, с. 248].

Последняя мысль хорошо подтверждается словами самого Неймана: «Очень хорошо помогать своим ученикам и направлять их на верный путь. Но все это нужно делать очень осторожно, нужно это делать так, чтобы ученик не заметил помощи и подсказки и верил, что все это он сделал сам» [47, с. 346].

Выше уже приводились слова Карла Неймана о том, что мы, к сожалению, очень мало знаем о приоритете Франца Неймана в области обоснования механической природы теплоты. Известно только со слов его учеников, что еще до работ Клаузиуса в своих лекциях по теории теплоты Нейман последовательно развивал взгляд на теплоту как на механическое движение. Но, к сожалению, тетрадь с записями лекций этого периода до сих пор не найдена.

Не менее важен вопрос о приоритете Неймана в открытии закона сохранения и превращения энергии. Вот что писал по этому вопросу биографу Неймана Фолькману Карл Нейман:

«В отношении Вашего вопроса о принципе (сохранения.— А. С.) энергии вряд ли мне следует напоминать, что слово „энергия“ вошло в науку лишь после 1850 г. Насколько я знаю, мой отец до самого последнего времени употреблял в лекциях выражение „запас работы“.

Это понятие „запас работы“ было основным в исследованиях Неймана, изложенных в лекциях по механической теории теплоты. А поскольку мой отец прочитал эти лекции (по его собственным сведениям) в период до 1850 г., то для меня не подлежит сомнению тот факт, что его имя занимает выдающееся место в истории принципа запаса работы или энергии. При этом следует отметить, что этот принцип применялся моим отцом в лекциях по механической теории теплоты

не только по отношению к теплоте, но одновременно по отношению к теплоте и электричеству. Верно ли это также и для лекций, прочитанных в период до 1850 г., я не знаю» [46, с. 36].

Лекции о теории теплоты до 1850 г. Нейман читал три раза: зимой 1835/36 гг., летом 1837 и летом 1841 гг. Поскольку записей этих лекций не сохранилось, трудно сказать, насколько глубоко Нейман понимал, как он выражался, «принцип запаса работы». Однако не подлежит сомнению, что в своих работах по электромагнитной индукции, выполненных в 1847—1848 гг., как раз накануне открытия закона сохранения энергии, Нейман везде подчеркивал, говоря современным языком, энергетику электродинамических явлений. В частности, он первый понял и указал на энергетический смысл закона Ленца. Поэтому можно вполне согласиться с утверждением Карла Неймана, что имя его отца занимает выдающееся место в истории принципа сохранения энергии.

2

Особенность научного стиля Неймана — сочетание глубокого теоретического рассмотрения и тонкого физического эксперимента. Теоретическая работа, к счастью, не требует специального помещения и приборов. Однако проведение эксперимента невозможно без специально оборудованной лаборатории.

Кенигсбергский университет такой лаборатории не имел. Он помещался в ветхом здании, в котором даже для проведения занятий не хватало помещений. Поэтому многие профессора читали лекции у себя дома.

Нейман тоже не был исключением. Но, кроме того, для проведения своих экспериментов он оборудовал у себя дома маленькую физическую лабораторию. Однако ее возможности были ограничены: она не могла вместить всех его учеников, желающих ставить физические эксперименты. Да и покупать приборы на собственные средства в связи с увеличивающейся семьей становилось все труднее.

С 1829 г. Нейман официально ставит вопрос перед советом университета о необходимости организации лаборатории. Совет отнесся к этому с пониманием, но за отсутствием средств ничего реального предложить не смог. В 1834 г. наконец-то министерство признало необходимость постройки университету нового здания.

В связи с этим Нейман направил в министерство служебную записку, где просил при проектировке нового здания запланировать отдельные помещения для физической и химической лабораторий и минералогической коллекции вместе со служебными квартирами для заведующих.

«Университет является не только образовательным учреждением для юношей,— писал Нейман,— он является также чисто научным институтом, принимающим участие в развитии и прогрессе науки ... В науке работают не так, как в деловых учреждениях, не в определенные часы. В тех случаях, когда может оказаться необходимым пойти к месту своей работы, нужно там жить» [47, с. 347].

Министерство согласилось с доводами относительно лаборатории, но отвергло предложение о квартирах для заведующих.

Совет университета вновь направил ходатайство в министерство, настаивая на своей точке зрения. В ходатайстве, составленном Нейманом, в частности, было сказано:

«Если государство намерено способствовать развитию науки в данном учебном заведении, оно не должно отделять преподавателя от орудия его труда. Мысли, которые созревают у ученого, не ограничены определенным временем. Он не может находиться в своей лаборатории только какое-то определенное время, а остальное время в ней не нуждаться. Если его не покидают мысли и если ему нужно вести исследования, то он день и ночь должен иметь под рукой свои орудия» [47, с. 347].

На этот раз аргументы совета подействовали, и министерство в принципе согласилось с тем, что при физической и химической лабораториях должны быть квартиры для заведующих. Однако денег по-прежнему не было, и строительство было отложено.

Только в 1840 г. со вступлением на престол Фридриха Вильгельма IV продвинулся вопрос о строительстве нового здания, а с ним и лабораторий. Во время посещения королем университета в 1840 г. ему была вручена памятная записка с этими просьбами. Просьбу об организации лабораторий изложил королю сам Нейман. Он особо подчеркнул необходимость иметь при лабораториях квартиры для заведующих. «Мне пришлось отказаться от решения многих интересовавших

меня проблем из-за неудобного расположения нанимаемой мною частной квартиры», — сказал он [47, с. 348].

Фридрих Вильгельм IV признал необходимость постройки нового здания и отдельных, хорошо защищенных от вибраций помещений лабораторий. «Ваши потребности будут полностью удовлетворены, — сказал король, — ваши лаборатории будут иметь служебные квартиры, подобные той, которую имеет Митчерлих в Берлине. В Кенигсберге нетрудно будет найти помещения, которые были бы достаточно защищены от сотрясений» [47, с. 348].

Однако время шло, а строительство нового здания не начиналось. Подобрать же помещения в городе, в которых можно было бы разместить лаборатории, тоже оказалось непросто.

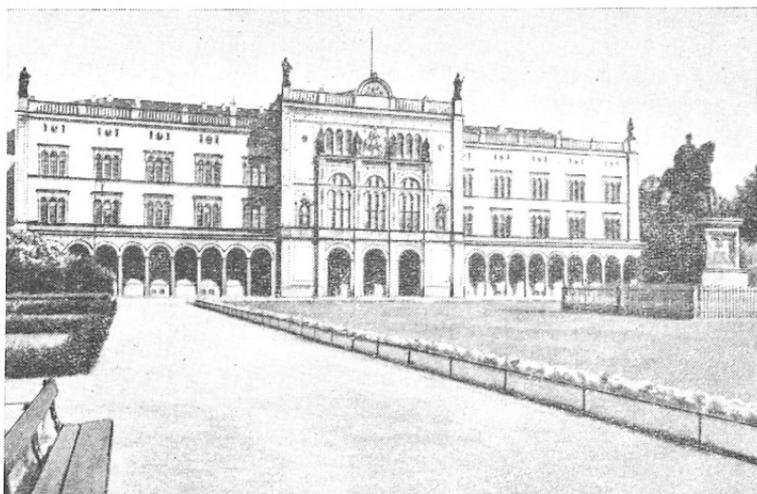
Нейман присмотрел два рядом стоящие дома вблизи обсерватории. Однако на аренду нужны были деньги. По этому поводу Нейман обращался к государственному министру Айхорну:

...Я позволю себе, Ваше превосходительство, повторить мое скромное предложение: пока арендовать дом с удобными помещениями, которые в какой-то степени будут соответствовать нашим нуждам и позволят студентам, получающим знания как будущие физики или учителя физики, собираться вместе со мной для знакомства с теми средствами и путями, которые привели науку к ее сегодняшним результатам и ведут ее дальше.

Учитывая здешние возможности, это можно было бы провести в жизнь, располагая ежегодно суммой в 400—500 таллеров. В эту сумму я мог бы вносить 200 таллеров из собственных денег [47, с. 364—365].

Нам неизвестно, согласилось ли министерство выделить необходимую для аренды сумму, но неожиданно владелец участка земли отказался сдать его в аренду, а захотел продать его. На это министерство денег не дало, так как предполагалось вскоре начать строительство.

Фундамент нового здания был заложен в 1844 г. в связи с празднованием 300-летия основания Альбертины. Первый камень в него положил сам ректор-король Фридрих Вильгельм IV. Здание строилось на главной площади города в стиле итальянского ренессанса. Строительство тянулось до 1862 г. В результате многочисленных изменений смет и проектов в готовом здании университета лабораторий не оказалось. Университет получил их только в 1884 г. (без служебных квартир), когда Нейману было уже почти 90 лет.



Кенигсбергский университет. Новое здание

Нейман не мог мириться с отсутствием физической лаборатории. В 30-е годы он проводил эксперименты у себя на квартире. Это было очень неудобно: мало места и мешали домашние. В 1847 г. положение улучшилось — Нейман приобрел собственный дом на окраине Кенигсберга с большим садом. Это был длинный одноэтажный старинный дом, который с улицы никак нельзя было принять за жилое помещение: он выглядел совсем заброшенным.

Нейман перестроил его под лабораторию. В подвальном этаже была оборудована мастерская, где разместились два токарных станка, верстаки для столярных и слесарных работ и стеклодувная мастерская. На первом этаже были зал, пять больших и две маленькие комнаты для физических исследований. На прочных столах были установлены различные физические приборы (купленные самим Нейманом и частично университетом): оптические трубы, воздушные насосы, длинные шкалы, монометры и т. п. Здесь работал сам Нейман и его ученики.

Семья Неймана поселилась в мансарде. Ученик Неймана Вольдемар Фойгт писал об этой квартире: «Посетителю удавалось через многие удобные, заполненные книгами, приборами, минералами комнаты по крутой лестнице попасть в комнату под крышей, кото-

рую стареющий ученый особенно любил из-за спокойного вечернего солнца». Это помещение было мало удобно для жилья, но Нейман меньше всего думал об удобствах: теперь он получил главное — возможность постоянно находиться в атмосфере научной работы. Как писала его дочь, «Нейман наконец мог жить среди науки, что, как он считал, единственно достойно настоящего ученого» [47, с. 264].

Теперь все свободное от преподавания время Нейман проводил в своей лаборатории. «При этом он так уходил в работу, что нередко забывал есть и пить и не замечал времени, — писала в своих воспоминаниях дочь Неймана Луиза. — Часто, когда его в 11 часов звали обедать, так как дети должны были идти в школу, он не мог оторваться от своих наблюдений в течение 2—3 часов. В большом прекрасном саду, где над прудом свисали украшавшие его двухсот-трехсотлетние деревья, Нейман установил приборы для магнитных измерений» [47, с. 374].

3

В доме Неймана проходили и его знаменитые семинары.

Инициаторами объединения всех специалистов в области естественных наук, работающих в Кенигсбергском университете, явились ботаник Эрнст Майер, химик Эрнст Баер, физик Дове и Нейман. 15 сентября 1828 г. они направили в министерство просвещения письмо, в котором говорилось, что «естественные науки — по крайней мере настолько же важный элемент народного образования, как и историко-филологические предметы» и что «притязания естественных наук на общезначимость не нашли осуществления лишь потому, что только немногие преподаватели имеют глубокие знания по этим предметам» [48, с. 149]. Далее они писали, что такое положение является нетерпимым и исправить его поможет новый семинар. Он будет способствовать проведению основательных естественнонаучных исследований и в особенности подготовке преподавателей естественных наук для гимназий и высших гражданских школ, способных не только распространять новые знания, но и углублять их.

Проект был одобрен министерством в феврале 1829 г., однако необходимых средств на приобретение физи-

ческой и химической аппаратуры не оказалось, и поэтому проект повис в воздухе. Только в 1833 г. деньги (350 таллеров в год) были найдены: прекратил свое существование педагогический семинар, и деньги, отпущенные на его содержание, были переданы естественнаучному семинару. Однако и теперь семинар не мог начать свою работу, так как в 1834 г. уехал из Кенигсберга Баер, и министерство распорядилось отложить начало работы семинара до утверждения его преемника. Преемник был найден только в 1835 г., и семинар в составе 12 человек начал свою работу. Однако Нейман не принимал в нем участия.

Еще раньше, в 1834 г., Нейман вместе с Якоби и приват-доцентом математики Зонке обратились в министерство с прошением об организации специального физико-математического семинара. К прошению был приложен устав семинара. В нем было сказано, что семинар должен иметь два отделения: одно — чистой и прикладной математики, включая механику и астрономию, другое — математической физики. Участником семинара мог быть каждый, кто имел определенные знания физики и математики. Уровень знаний тоже был определен: в математике — знание дифференциального исчисления и элементов интегрального исчисления, в физике требовалось знать «предметы, рассмотренные в основном в учебнике Фишера». Для проверки знаний руководители семинара могли потребовать представить письменную работу или сдать устный экзамен. Члены семинара делились на постоянных, обязанных посещать занятия обоих отделений, и свободных слушателей, посещавших избранные заседания.

Проект устава был одобрен министерством 8 июня 1834 г. сроком на один год. В первых числах ноября 1834 г. состоялось его открытие. Постоянными членами семинара были шесть человек.

Так возник и начал свою сорокалетнюю работу совершенно необычный для того времени институт, сочетающий в себе черты как учебного заведения повышенного типа, так и научно-исследовательского учреждения. Он способствовал подъему уровня подготовки преподавателей физики и математики, так как многие участники семинара после окончания университета шли работать в гимназии Восточной и Западной Пруссии. Семинар привлекал к себе наиболее способных студентов и приобщал их к научной (теоретиче-

ской и экспериментальной) работе. Многие выдающиеся ученые вышли из стен этого семинара. Благодаря ему сформировалась школа Неймана.

Кенигсбергский семинар был первым подобным учреждением в Германии. Вскоре такие семинары стали организовываться и в других университетах, и прежде всего в Мюнхене и Берлине.

В своем первом семестре 1834/35 г. семинар носил все же в основном учебный характер. В математическом отделении Якоби и Зонке решали со слушателями задачи по элементарной и высшей математике. Нейман в своем отделении организовал чтение серии докладов по некоторым специальным вопросам теоретической физики. В 1835 г. Зонке уехал профессором математики в Галле, и в дальнейшем семинар вели Якоби и Нейман. И хотя организационно семинар был единым, на самом деле это были два независимых друг от друга семинара со своей особой тематикой, со своим стилем работы.

До лета 1836 г. семинар держался на энтузиазме руководителей и немногих постоянных членов. Но в эту зиму большинство из них окончили университет и покинули Кенигсберг. Пришедшие им на смену студенты были более инертны. Кроме того, форма работы семинара — составление обзорных докладов — не всех удовлетворяла. Студенты хотели попробовать свои силы в экспериментальной работе. Нейман тоже хотел этого, но его возможности были ограничены, так как семинар не получал финансовый поддержки министерства. Все это привело к кризису семинара: летом 1836 г. семинар Неймана посещало всего три человека.

Посоветовавшись, Якоби и Нейман решили временно приостановить занятия семинара и направили об этом извещение в министерство. В извещении содержалась просьба выделить средства на приобретение физических приборов для семинара и на поощрение наиболее оригинальных и значительных в научном отношении работ участников.

Небольшие средства на приобретение физической аппаратуры были выделены сразу, и семинар Неймана в 1837 г. продолжил свои занятия. Более значительную сумму, 350 таллеров в год, министерство ассигновало в начале 1839 г. При этом было указано, что руководители семинара имеют право выплачивать за выдаю-

щиеся научные работы членам семинара премии в 30 таллеров.

С этого времени занятия семинара Неймана проходят регулярно вплоть до 1875 г., за исключением месяцев, когда он был в отпуске. С 1839 по 1849 г. в семинаре работали семь человек, затем их число увеличилось до десяти, а в начале шестидесятых годов — до двенадцати человек. В конце шестидесятых годов в работе семинара участвовали уже пятнадцать—восемнадцать человек. Затем их количество снижается до девяти—одиннадцати.

С 1839 г. меняются задачи семинара и характер его работы. Цели, которые ставил перед семинаром Нейман, он четко сформулировал в своих отчетах министерству:

«В руководстве семинара я придерживался той точки зрения, что он преследует три цели. Во-первых, в ходе семинарских занятий те студенты, которые по своим знаниям стоят ближе к учащимся гимназии, чем к университету, должны выявить пробелы в своих знаниях. Далее, задача семинара состоит в том, чтобы подвести продвинутых студентов к самостоятельному решению физических задач математическими методами. Молодые люди должны осмыслить знания, которые они приобрели, научиться применять их и тем самым понастоящему овладеть этим богатством. Одновременно они получат необходимую, как я считаю, подготовку для описания физических явлений количественными методами. Проведение таких наблюдений — последняя цель, к которой я поставил себе задачу привести участников семинара.

При выборе проблем для проработки на занятиях я руководствовался следующими критериями: предмет обсуждения должен представлять практический интерес или побуждать к экспериментальной проверке теоретических результатов» [48, с. 156].

Характер работы семинара тоже становился иным. Теперь на каждый семестр выбирается, как правило, одна тема и над ней работают все участники семинара. Некоторые темы носили методический характер. Так, летом 1840 г. участники семинара осваивали метод измерения углов в кристаллах с помощью гониометра. «Этот прибор,— писал Нейман в отчете министерству,— был выбран в качестве примера прибора, требующего установления границ достоверности. Необходимо было выявить источники различных погрешностей и рассчитать их влияние на конечный результат. Затем участни-

ки семинара проделали ряд измерений на горном хрустале, берилле, серноокислом калии и т. д., используя метод наименьших квадратов...» [48, с. 159].

В отчете за 1853/54 г. мы читаем: «Я дал задание произвести измерения с помощью простого прибора и посчитать результаты. Затем исследовались различные источники возникновения погрешностей при проведении измерений с помощью этого прибора и рассчитывалось их влияние на результат. Например, таким образом анализировались измерения проволочных электрических сопротивлений и их изменения под влиянием температуры.

Зимой, когда я читал участникам семинара лекции по теоретической физике, я придавал семинарским занятиям такое направление, которое способствовало пониманию и усвоению раздела механики. Я дал задание исследовать движение машины Атвуда с учетом веса нитей, момента инерции ролика и т. д. Другие задачи касались ударного маятника, простых случаев движения в среде с сопротивлением, движения маятника под действием дискретных сил» [48, с. 159].

Однако большинство занятий было посвящено научной разработке конкретных проблем физики. Так, в 1840 г. изучались различные проблемы земного магнетизма, зимой 1860/61 г. участники семинара занимались теорией упругости и капиллярности, зимой 1870/71 г. обсуждались различные аспекты проблемы отражения света кристаллами. В этих занятиях Нейман считал как теоретические работы, так и экспериментальные исследования. В этом отношении характерны занятия в зимнем семестре 1863/64 г. В отчете за этот период сказано:

«Исследовались изменения теплоты в системе теплопроводов, состоящих из кольца или стержня со впаянными термоцепями. Разрабатывались методы проведения наблюдений за термотоками этих цепей с тем, чтобы найти их константы. Исследовались периодические движения теплоты в стержне, концы которого через равные промежутки времени приводились в соприкосновение с двумя разными источниками тепла. Наконец, участникам семинара было предложено составить уравнения для таких случаев, когда источник тепла появляется вследствие теплового движения.

Наряду с этими теоретическими работами проводились также и практические, целью которых было опре-

деление удельной теплоты, а также измерение и расчет углов кристаллов» [48, с. 164].

«На основании собственного опыта, так как я начал посещать семинар в 1863/64 г., — писал ученик Неймана профессор Вангерин, — я могу добавить следующее. В начале зимнего семестра проводилась тщательная градуировка термометра. Учащиеся должны были сами изготовить себе термометры, для чего им давались стеклянные трубки и металлические стержни, на которые они должны были с помощью разделителя нанести произвольную шкалу, а затем им необходимо было точно рассчитать значения делений этой шкалы. Эти практические занятия, как и уже названные, где определялась удельная теплота, проводились во второй половине дня в квартире Неймана» [48, с. 164—165].

В некоторые годы, когда состав участников семинара был явно неровный, они делились на две группы. Слабая группа чаще всего занималась задачами, прямо связанными с лекциями Неймана, или же разработкой смежных вопросов, которые в лекциях были опущены. Более подготовленные студенты учились экспериментальной физике или применяли изученные ими общие законы физики к решению конкретных практических и теоретических задач. Наиболее подготовленные проводили самостоятельные научные исследования. «Одно из правил работы семинара, — писал в отчете Нейман, — предусматривало освобождение учащегося, занимающегося самостоятельными исследованиями, от общих семинарских занятий. Он был обязан лишь сообщать, письменно или устно, о ходе своих работ и о трудностях, с которыми он сталкивался в процессе их проведения, до тех пор, пока не представлялись окончательные результаты этих исследований. Такие работы считаются наиболее интересными и всячески поощряются» [48, с. 176].

В большинстве случаев эти семинарские самостоятельные исследования затем перерастали в диссертации и с успехом защищались.

Перечень таких работ был бы весьма внушительным. Укажем только на самые интересные. В зимнем семестре 1840/41 г. студент Брикс определял скрытую теплоту перехода жидкость—пар. В ноябре 1841 г. он защитил на эту тему диссертацию. Студент Кирхгоф в 1843—1845 гг. в семинаре провел несколько серьезных работ. В 1845—1848 гг. Кирхгоф опубликовал свои исследования в «Поггендорф Аннален» и защитил их в

качестве диссертации. С осени 1862 г. до весны 1864 г. в работе семинара принимал участие сын одного из основателей семинара профессора Зонке — Леонард. Он приехал в Кенигсберг после окончания Галльского университета специально для работы у Неймана. Зонке выполнил большую работу, посвященную упругим свойствам кристаллов. Эта работа была положена в основу его диссертации. Наконец, в 1873 г. Фойгт выполнил интересную работу «Исследования упругости каменной соли» и защитил ее в марте 1874 г. в качестве диссертации.

Таким образом, в конце 30-х — начале 40-х годов окончательно сформировались составляющие педагогического процесса Неймана: лекции, лаборатории, семинар. На лекциях излагался основной теоретический материал, который конкретизировался и уточнялся в семинаре. Как мы видели, его участники решали учебные задачи, учились применять общие теоретические положения к решению конкретных практических задач, осваивали технику физического эксперимента и, наконец, наиболее подготовленные, выполняли самостоятельные научные (теоретические и экспериментальные) исследования. Эта последняя стадия, которую, говоря современным языком, можно назвать аспирантурой, завершалась защитой диссертации на соискание ученой степени доктора философии.

Такого комплекса в обучении физики до Неймана не было ни в одном учебном заведении. Та система, которую разработал Нейман, по сути дела без существенных изменений дошла до наших дней. В связи с этим мы можем считать Неймана родоначальником современной педагогической системы обучения физиков.

4

Слава первоклассного исследователя-физика и блестящего педагога привлекала к Нейману студентов со всех концов Германии и из-за границы.

Одновременно слушателей лекций и участников семинаров было немного. В среднем их было около десяти человек. Лишь в 60-е годы число учеников иногда достигало тридцати. При таком небольшом количестве учеников удивителен большой процент хороших и выдающихся ученых, вышедших из школы Неймана.

Пятьдесят четыре ученика Неймана стали профессорами университетов и институтов в Германии, Австрии,

Швейцарии, Норвегии, Венгрии и России. Среди них математики, физики, химики, астрономы, медики, географы и философы. Четырнадцать его учеников были избраны членами академий наук в Берлине, Петербурге и Будапеште.

Многие ученики Неймана оставили заметный след в науке.

Школу Неймана прошел выдающийся химик Лотер Мейер. В 1854 г. он окончил университет в Вюрцбурге и получил там степень доктора медицины. Затем два года изучал химию в Гейдельбергском университете, а зиму 1856/57 г. и следующее лето провел в Кенигсберге у Неймана.

Занятия физикой и математикой под руководством Неймана наложили отпечаток на всю дальнейшую творческую жизнь Мейера. Круг его интересов был чрезвычайно разнообразен. Он занимался физиологической химией (состав газов крови), неорганической химией (хлориды йода, молибдена, хрома), органической химией (насыщенные углеводороды, металлоорганические соединения), но главным своим делом считал физическую химию, а в ней — теорию. В этой области физико-математическая подготовка Мейера сыграла решающую роль. Сам он всегда с благодарностью говорил о своем учителе. Когда в 1879 г. Нейман прислал Мейеру свою брошюру о сферических функциях, тот писал ему в ответ:

«Сердечно благодарю вас за то, что Вы прислали мне Вашу работу о сферических функциях, которая пробудила во мне старые дружеские воспоминания. Она живо напомнила мне о том прекрасном времени, когда мы двадцать лет назад в запущенном, но родном для нас лекционном зале старой Альбертины слушали Ваши лекции, а после них Ваши строгие напутствия все проработать дома и представить все нужные вычисления. Я вижу моего брата (Эмиль Оскар Мейер — впоследствии профессор физики в Бреслау.— А. С.), сидящего напротив меня в нашей комнате в переулке в Лебенихте. Мы с ним вычисляем числовые коэффициенты сферических функций и при этом проверяем друг друга.

Прошло уже много времени с того дня, и я вижу разительный контраст с тем, как обучаются мои ученики и как они должны были бы обучаться. Я очень рад, что прошел другую школу, иную чем проходят те, которые сейчас готовятся стать химиками...



Л. Мейер
(1830—1895)

Ваш благодарный ученик Лотер Мейер» [47, с. 460].

Посылая Нейману в 1890 г. свою книгу «Основы теоретической химии», Мейер написал в посвящении:

«Вы всегда умели в своих лекциях столь ясно и просто изложить Вашим любознательным ученикам результаты математических и экспериментальных физических исследований, что даже мало подготовленный в области математики слушатель все легко понимал и усваивал, не осознавая тех трудностей, которые должны быть

преодолены для проникновения в суть вещей и явлений» [48, с. 25].

Мейер внес большой вклад в теоретическую химию. Он пытался создать периодическую систему химических элементов. В первом издании (1864 г.) своей книги «Современные теории химии» он попытался расположить химические элементы в порядке возрастания их атомных весов. При этом он отметил, что элементы, имеющие сходные химические свойства, попадают в одни вертикальные столбцы. Однако он не понял всей глубины найденной эмпирической закономерности и только после опубликования в 1869 г. Менделеевым периодической таблицы опубликовал свою, по его словам, «в существенном идентичную с данной Менделеевым».

Найденный Менделеевым периодический закон Мейер удачно иллюстрировал кривой зависимости атомных объемов от атомных весов, которая сейчас носит название «кривой Мейера».

Несмотря на притязания Мейера, история науки безоговорочно отдала приоритет в открытии периодического закона Менделееву. Мейер ближе, чем кто-либо подошел к этому открытию, но, не поняв его значения, не сделал окончательного шага. Тем не менее вклад Мейера в химию, и в частности в теоретическую химию,

огромен. И в этом, несомненно, заслуга и его учителя Неймана.

Нейман воспитал целую плеяду выдающихся физиков. Мы расскажем только о некоторых из них, внесших, по нашему мнению, наибольший вклад в науку. Начнем мы с Леонарда Зонке, сына приват-доцента, а затем профессора математики Зонке, вместе с которым Нейман в 1834 г. организовывал физико-математический семинар. Начнем с него потому, что ему суждено было продолжить первые научные работы Неймана по кристаллографии.

Леонард Зонке родился в Галле, куда из Кенигсберга переехал его отец. В семье царствовали физика и математика. Даже имя своему сыну профессор Зонке дал в честь выдающегося математика Леонарда Эйлера. Способный юноша с детских лет увлекался физико-математическими науками. Для завершения высшего образования отец послал Леонарда в Кенигсбергский университет к Нейману.

Леонард Зонке работал в семинаре у Неймана в течение трех семестров с осени 1862 до весны 1864 г. Однако потом на протяжении долгих лет он поддерживал с Нейманом тесный контакт. Под влиянием Неймана Зонке начал работать в области кристаллофизики и кристаллографии. Известна большая работа Зонке 1866 г. «О прочности на сцепление кристаллов, или о распределении давления вокруг одной точки кристаллической среды в естественном состоянии и о расщепляемости кристаллов». Эта работа предвещает его классические теоретические исследования, посвященные кристаллической структуре.

Основная работа Зонке «Развитие одной теории кристаллической структуры» вышла в 1879 г. К этому времени кристаллография как наука по сравнению с тем временем, когда в ней работал Нейман, ушла далеко вперед. Законы пространственного расположения граней в кристаллических многогранниках были уже познаны благодаря работам И. Гесселя, О. Бравэ и А. Гадолипа, и кристаллографы занялись изучением геометрии внутреннего строения кристалла.

Зонке был одним из первых, кто решил выяснить законы расположения составляющих кристалл частиц: атомов, ионов или молекул. При этом он уподобил кристалл бесконечно протяженной системе, в которой центры тяжести этих частиц есть геометрические точки. Зонке



Л. Зонке
(1842—1897)

исходил из следующей основополагающей гипотезы: «Кристаллы, мыслимые как неограниченные тела, являются правильными бесконечными системами точек, т. е. такими, в которых вокруг каждой материальной точки все остальные расположены так же, как вокруг каждой другой материальной точки» [76, с. 28].

Зонке поставил перед собой цель вывести законы построения таких правильных систем точек, основываясь на рассмотрении всех совокупностей элементов симметрии, действующих в бесконечной

системе. Такими элементами симметрии он считал параллельные переносы (трансляции) и оси симметрии (простые и винтовые). Решив эту задачу, Зонке нашел 65 совокупностей правильных систем.

Однако этот вывод был не полон. Зонке не учел систем, в которых действуют плоскости зеркального отражения и их комбинации с трансляциями. Полный вывод всех правильных систем точек, возможных в кристаллах, был проделан только через двенадцать лет русским академиком Е. С. Федоровым и немецким профессором Артуром Шенфлисом.

Тем не менее вклад Зонке в теоретическую кристаллографию является выдающимся. Он впервые указал путь, следуя по которому, можно вывести все возможные законы расположения частичек в кристаллах, т. е. указать, как могут располагаться в пространстве атомы, ионы или молекулы, если задана совокупность элементов симметрии кристалла.

Несомненно, самым выдающимся учеником Неймана был Густав Кирхгоф. Он родился в Кенигсберге в 1824 г. в семье советника юстиции. Восемнадцати лет он поступил в Кенигсбергский университет и стал учеником Неймана. Талантливый юноша быстро обратил на себя внимание учителя. Уже в 1843 г. Кирхгоф сделал на-

столько серьезные семинарские работы, что Нейман в своем ежегодном докладе министру счел необходимым обратить его внимание на «этот столь рано развившийся талант».

Первые работы Кирхгофа в семинаре были посвящены вопросам электричества и явились отражением интереса к этой теме самого Неймана. Опубликованная в 1845 г. по представлению Неймана в «Поггендорф Аннален» семинарская работа Кирхгофа «О прохождении тока через плоскость, в частности ограниченную окружностью». Эта работа принесла ему мировую известность. В ней, точнее, в прибавлении к этой работе, были сформулированы знаменитые правила Кирхгофа, определяющие законы распределения токов в сложных цепях.

Как и его учитель Нейман, Кирхгоф сочетал теоретические исследования с экспериментальными. В этой статье на основе только закона Ома тонкими математическими выкладками находились известные соотношения, а затем они подтверждались экспериментом.

В сентябре 1847 г. Кирхгоф защитил выполненную под руководством Неймана докторскую диссертацию на тему «Об определенных в эксперименте константах, от которых зависит сила индуцированного тока». Диссертация родилась из конкурсной задачи под тем же названием, которую Нейман в 1846 г. предложил участникам семинара. Эту задачу с блеском решил Кирхгоф. Оценивая его работу, Нейман писал: «Я считаю эту работу заслуживающей премию. Из работы вытекает, что автор предполагает расширить ее в дальнейшем, но уже в этом виде она решает поставленную задачу. Не говоря уже о большом труде, затраченном на ее проведение, эту работу отличают также зрелость суждения и изобретательность в использовании наблюдений, что я, если бы это было возможным, голосовал бы за увеличение премии».

Расширив и углубив эту конкурсную задачу, Кирхгоф представил ее в качестве докторской диссертации. Давая оценку докторской диссертации Кирхгофа, Нейман отмечал, «что она обладает такой же научной ценностью и после публикации получит такое же признание, как и прежние опубликованные в «Поггендорф Аннален» работы этого автора. Она еще раз подтверждает, что от него в будущем можно ожидать больших научных успехов» [46, с. 47].



Г. Кирхгоф
(1824—1887)

В 1848 г. появилась еще одна важная работа Кирхгофа «О применимости формулы для интенсивности гальванического тока в системе линейных проводников к системе, частично состоящей из нелинейных проводников». В этой работе Кирхгоф впервые ввел понятие разности потенциалов для случая тока и выразил через эту величину законы Ома и Джоуля—Ленца.

В 1848 г. Кирхгоф уехал в Берлин и начал самостоятельную научную деятельность. Он продолжил свои блестящие исследования по электродинамике. В 1849 г. в работе

«О выводе закона Ома, который примыкает к теории электростатики» Кирхгоф развил теорию потенциала применительно к электрическому току. Здесь также чувствуется влияние Неймана, который в своих работах по индуцированным токам также использовал понятие потенциала.

Велики заслуги Кирхгофа в построении новой модели электрического тока. Вместо непрерывного потока двух электрических жидкостей, положительной и отрицательной, Кирхгоф предположил, что электрические частицы в проводнике перемещаются от одной молекулы к другой. Такое движение напоминает обычный механический процесс и должно описываться соответствующим уравнением движения. В 1857 г. Кирхгоф опубликовал работу «О движении электричества в проводах», где получил уравнение движения электричества по проводнику. Оно оказалось аналогичным уравнению, описывающему распространение волн в натянутой струне или продольные колебания упругого стержня. Такая аналогия наводила на мысль об электромагнитной природе света.

Работами по электромагнетизму не исчерпывается вклад Кирхгофа в физику. Вместе с Бунзеном он открыл спектральный анализ, а также измерил распределение

энергии в спектре излучения абсолютно черного тела.

Важность открытия спектрального анализа трудно переоценить. Этот метод играл и играет важную роль в физике и химии. Что же касается второго из названных нами открытий Кирхгофа в физике, то его важность не так очевидна. Но нужно помнить, что эти исследования Кирхгофа легли в основу всех теоретических попыток объяснить спектр излучения абсолютно черного тела, попыток, которые в конце концов привели к рождению квантовой теории.

Много сделал для продолжения работ Неймана в области электродинамики его сын и ученик Карл Нейман. Он поступил в Кенигсбергский университет в 1850 г. восемнадцати лет и также принимал самое деятельное участие в семинаре. Карлу Нейману принадлежит ряд значительных работ. В частности, он, по-видимому, первый настаивал на том, что электрическая сила распространяется от частицы к частице вещества с определенной, конечной скоростью. Он вывел законы электродинамического действия и индукции на основе допущения, что только одно из электричеств, положительное, находится в движении, тогда как другое, отрицательное, остается неразрывно связанным с весомой массой.

В 1870 г. Карл Нейман выпустил книгу «Принципы теории Галилея—Ньютона», в которой обосновал идею системы отсчета, в которой справедливы законы Ньютона. Эта система («система альфа» по К. Нейману) в дальнейшем получила название инерциальной системы отсчета.

Большое значение имеют работы Карла Неймана по термодиффузии. В 1872 г. он впервые показал, что если в бесконечно длинной или замкнутой в самой себе трубке, наполненной каким-нибудь газом, оба конца трубки искусственно поддерживать при различной температуре, то происходит непрерывное движение газа от холодного места к теплomu.

В 1869 г. приступил к занятиям у Неймана Лоранд Этвеш, впоследствии выдающийся венгерский физик, президент Венгерской Академии наук. Первоначальное образование Этвеш получил в Будапештском университете, где изучал право. Однако он увлекся естественными науками, в основном химией и физикой, и не имея возможности глубоко изучать их на родине, уехал для продолжения образования в Германию.

Работы Этвеша в семинаре Неймана касались явления капиллярности. Эта тема интересовала Неймана. Этвеш тоже увлекся этими исследованиями и продолжал их по возвращении на родину. В этой области ему принадлежит заслуга введения понятия о молекулярной поверхностной энергии. Он также установил закон изменения этой энергии с температурой.

Однако основной вклад Этвеша в физику связан с изучением гравитационного поля. Он разработал очень чувствительные крутильные весы для измерения силы взаимодействия гравитационных масс и установил с большой точностью равенство инертной и гравитационной масс. Эти результаты имели очень важное значение для доказательства основных положений закона всемирного тяготения: гравитирующая сила пропорциональна только инертной массе и не экранируется промежуточными телами. Методы измерения, разработанные Этвешом, получили впоследствии широкое применение при геофизической разведке полезных ископаемых.

Одним из последних учеников Неймана был Вольдемар Фойгт. Он пришел к Нейману в 1871 г. В семинаре Фойгт занимался главным образом физикой кристаллов. В 1874 г. он защитил докторскую диссертацию по упругим свойствам кристаллов каменной соли. В этой работе Фойгт впервые систематически изучал анизотропию упругости — зависимость упругих свойств от направления измерения.

После защиты диссертации Фойгт уехал к себе на родину, в Лейпциг, где преподавал в школе, а затем в университете.

По своему подходу к физике, по своим научным интересам Фойгт был наиболее близок к Нейману. Поэтому, когда в 1876 г. Нейман ушел в отставку с поста заведующего кафедрой, он выбрал своим преемником Фойгта. Фойгт возглавлял кафедру до 1883 г., когда принял приглашение занять кафедру в Геттингенском университете. По-видимому, причиной переезда в Геттинген послужило отсутствие физической лаборатории, за создание которой всю жизнь боролся Нейман. В Геттингене Фойгт проработал до конца своей жизни.

Фойгт, подобно своему учителю Нейману, плодотворно работал во многих областях теоретической и экспериментальной физики. Но главной темой в его творчестве была физика кристаллов. В этой области он прямой наследник и продолжатель работ Неймана.

Фойгт придал этой области физики законченный, современный вид. Он дал в руки физиков мощный математический аппарат для изучения анизотропии физических свойств кристаллов — тензорное исчисление. Этот математический аппарат как нельзя лучше соответствовал уже имевшемуся геометрическому методу — методу симметрии — и поэтому был особенно эффективен.

Благодаря новому количественному методу Фойгту удалось привести в систему и рассмотреть с единой точки зрения всю физику кристаллов. Ее он блестяще изложил в своем «Учебнике кристаллофизики», который вышел в свет в 1910 г. От Фойгта ведет свое начало простой и наглядный метод представления физических параметров кристаллов в виде поверхностей. Это позволяет легко понять и количественно проанализировать зависимость данного параметра от направления измерения.

Учебник Фойгта, конечно, устарел по своему фактическому содержанию. Сейчас исследовано много больше кристаллов, чем во времена Фойгта, и они изучены гораздо более полно. Но метод описания этих физических свойств — представление физических параметров в виде тензоров соответствующих рангов — остался без изменения. Поэтому и для современного физика, изучающего кристаллы, учебник Фойгта сейчас является энциклопедией классической кристаллофизики.

Среди учеников Неймана были и посланцы из России. В списке участников семинара 1836 г. числятся сразу три русских студента: Иван Соколов из Вологды, Михаил Спасский из Орла и Александр Тихомандрицкий из Твери. Города, которые указаны в списке участников семинара, — это места их рождения. На самом деле все они приехали из Петербурга. В числе одиннадцати лучших выпускников Главного педагогического



В. Фойгт
(1850—1919)

института эти молодые люди были командированы для пополнения своего образования за границу. Инструкция от института, составленная академиком Остроградским, предписывала им пройти курс обучения у Якоби и Неймана в Кенигсбергском университете.

Михаил Федорович Спасский пробыл в Кенигсберге два года. В январе 1838 г. Якоби писал министру народного просвещения:

Спасский преимущественно и с большим старанием занимался физикой. Около святой недели минувшего года он по совету профессора Неймана отправился на полгода в Берлин, чтобы ознакомиться с тамошними вспомогательными средствами, богатыми во многих отношениях. В Берлине он посещал лекции: экспериментальной физики у профессора Дове, геогнозии — у отличного минералога Боде, экспериментальной теории света — у известного ученого Зеебека, руководства для наблюдений физических и астрономических — у сибирского путешественника Эрмана.

Наконец, профессор Якоби советовал ему обратить особое внимание на технологические лекции знаменитого химика Магнуса для применения их к теперешним потребностям России. Деятельность Спасского была прервана болезнью, понудившей его, по совету медиков, отправиться в Эгер. По излечении своем он с пользою посетил Вену и после краткого пребывания в этой столице возвратился в Кенигсберг. Ныне он слушает лекции у профессоров Неймана и Бесселя преимущественно о математической теории света, о геодезии и о градусных измерениях. Домашние занятия его состоят из редакции сих лекций и дальнейшего распространения обширной теории света [77, с. 192].

Как видно из этого письма, Спасский получил в Кенигсберге и Берлине весьма солидную подготовку, в основном в области теоретической и экспериментальной физики. Вернувшись в 1838 г. в Петербург, он по установленным правилам отчитался о своей поездке пробной лекцией на заданную тему. Эту тему ему сформулировал академик Купфер. Тема близко примыкала к его занятиям у Неймана и была сформулирована следующим образом: «Объяснение явлений диффракции света по теории волнений (волн.— А. С.)». Спасский блестяще прочитал эту лекцию и получил хвалебный отзыв академика Купфера. В этом отзыве есть и такие строки: «Это благоприятное суждение подтверждено профессорами, курсы которых слушал г. Спасский, и один из них, г. Нейман из Кенигсберга, адресовал мне письмо, в котором говорит о нем со множеством похвал...» [77, с. 193].

После пробной лекции Спасский получил назначение на место адъюнкта по кафедре физики и физиче-

ской географии Московского университета. В 1839 г. адъюнкт Спасский сдал в установленном порядке устный экзамен на степень доктора математических наук. В 1848 г. он защитил диссертацию «О климате Москвы» и был утвержден в ученой степени доктора физики и химии и в звании экстраординарного профессора по кафедре физики и физической географии. В 1850 г. Спасский уже ординарный профессор, а с 1853 г. и до конца своих дней — декан физико-математического факультета.

Область, где трудился Спасский — метеорология. «Метеорология, — писал он, — по значению слова, есть наука об атмосферных явлениях вообще; она имеет предметом своим исследование того процесса, который совершается при всех переменах в нашей атмосфере, и объяснение этих перемен, основанное на общих физических законах» [77, с. 217]. Спасский одним из первых применил законы физики к объяснению явлений, происходящих в атмосфере. Он сформулировал тринадцать общих физических законов, которые управляют всеми атмосферными явлениями.

Чтобы получить представление об этих законах, приведем один из них, описывающий взаимодействие двух смежных воздушных масс и возникновение при этом циркуляции воздуха:

«Две массы воздуха, имеющие различную температуру и неразделенные непроницаемой преградой, не могут оставаться в покое, или в равновесии, но постоянно смешиваются между собою, причем более теплый воздух движется верхними слоями, а менее теплый — нижними» [77, с. 219].

Другие законы также объясняли различные атмосферные явления на основе известных физических законов.

Таким образом, Спасский впервые заложил рациональные физические основы метеорологии и окончательно изгнал из нее «теплотворные», «холодотворные», «сгустительные», «расширительные» силы и другие «невесомые» факторы, бытующие в этой области в первой половине XIX в.

Велики заслуги Спасского перед отечественной физикой как педагога. Здесь он продолжал традиции своего учителя Неймана. Спасский читал множество курсов и среди них курс экспериментальной физики, сопровождающейся большим количеством демонстраций опытов.

Под руководством Спасского впервые в Московском университете начиная с 1840 г. создается специализация по экспериментальной и теоретической физике. Среди учеников Спасского нужно назвать П. Л. Чебышева, И. М. Сеченова, Ф. А. Бредихина. Спасский подготовил почву для создания первой школы русских физиков во главе с А. Г. Столетовым.

Что касается двух других учеников Неймана 1836 г., то сведения о них гораздо скромнее. И. Д. Соколов после приезда из-за границы был направлен преподавать в Харьковский университет, где с 1847 г. возглавил кафедру прикладной математики. Он читал студентам теоретическую механику: статику, динамику и гидродинамику, а также теорию машин. В своих лекциях в течение многих лет он руководствовался широко известными сочинениями Пуассона, Навье и Понселе, с которыми его познакомил Нейман. Но с 1860 г., как сказано в отчетах, Соколов излагает курс механики «по собственным сочинениям». Этим сочинением явилась «Динамика» — первое руководство по аналитической механике, опубликованное на русском языке. Эта книга получила Демидовскую премию Академии наук по представлению академиков Остроградского и Буяковского.

Оригинальные научные исследования Соколова посвящены различным разделам теоретической механики. Он опубликовал несколько статей о принципе наименьшего действия и теореме Пуассона, которую он выводил непосредственно из уравнений движения.

В 1864 г. Соколов был назначен ректором Новороссийского университета в Одессе, где и проработал до конца жизни.

А. Н. Тихомандрицкий после возвращения из Кенигсберга был направлен адъюнкт-профессором в Киевский университет. Там он проработал до 1848 г., читая лекции по математическому анализу, механике, теорий молекулярных сил и начертательной геометрии. В 1848 г. ординарного профессора Тихомандрицкого назначили инспектором Главного педагогического института в Петербурге, который он когда-то кончал. Здесь Тихомандрицкий проработал до его закрытия в 1859 г., после чего служил в министерстве народного просвещения.

Тихомандрицкий в основном известен как преподаватель и автор учебника «Начала алгебры», предназ-

наченного для гимназий. Этот учебник выдержал несколько изданий.

В последующие годы семинар Неймана посещали еще трое слушателей из России. В 1863 г.—М. Окатов из Петербурга, в 1868 г.—Г. Кельтерборн из Москвы и в 1874 г.—И. Ландау из Минска. Сведений о деятельности двух последних в истории отечественной науки не сохранилось. Первый же — заслуженный экстраординарный профессор Петербургского университета М. Ф. Окатов был известный педагог. Он окончил в 1848 г. философский факультет Московского университета по отделению математических наук. В 1861—1863 гг. он был командирован за границу, где в Гейдельберге под руководством Гесса и Кирхгофа занимался математикой и математической физикой. В 1863 г. он работал в семинаре Неймана. В результате этой стажировки Окатов опубликовал две статьи. Одна касалась механической теории тепла и называлась «Доказательство второй основной теоремы учения о тепле как движении в общей его форме».

В этой статье Окатов пытался применить второе начало термодинамики к рассмотрению незамкнутых циклов. Вторая работа была посвящена теории упругости и содержала экспериментальные данные, полученные с целью выяснить, является ли сталь в упругом отношении изотропной или нет.

После возвращения на родину Окатов преподавал практическую механику в Петербургском университете. Он основал кабинет практической механики, наполнив его множеством редких приборов. Читал также кинематику механизмов, механическую теорию тепла и некоторые разделы математической физики. Окатов известен своей книгой «Общая аналитическая теория равновесия», извлечения из которой он защитил как диссертацию на степень магистра прикладной математики.

В 1867 г. Окатов защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора прикладной математики на тему: «Теория равновесия и движения упругой проволоки, с приложением к опытам, произведенным в Санкт-Петербургской главной физической обсерватории над модулем упругости металлов и к собственным опытам автора над вторым коэффициентом упругости стали». В этой работе он создал общую теорию движения упругой проволоки и применил ее к опытам, которые произ-

водил академик Купфер для определения модулей упругости. Кроме того, здесь же было показано, что проволока из мелкозернистой отпущенной стали является в отношении своих упругих свойств изотропной.

Окатов не оставил после себя выдающихся трудов, но был отличным педагогом, как, впрочем, и другие русские ученики Неймана. Для всех их работа в семинаре, посещение лекций Неймана не прошли бесследно. Они успешно в течение многих лет работали в физике, механике и математике, подготавливая почву для создания отечественной физической школы.

Глава 11

Патриарх немецкой физики

1

После поражения революции 1848 г. в Пруссии господствовала злейшая реакция. Все, кто так или иначе был замешан в революционных событиях, подвергались репрессиям. Многие были вынуждены эмигрировать, другие отошли от политики.

Фридрих Вильгельм IV и его реакционное окружение, как могли, затягивали принятие конституции. В окончательном варианте из нее были изъяты свобода печати, запрет издания королем законов в обход рейхстага и т. п. В таком виде она несколько не ограничивала права короля, и он присягнул ей в феврале 1850 г. Конституция устанавливала так называемую трехклассную систему выборов, при которой аристократия, высшая знать при всей ее малочисленности имела в рейхстаге столько же представителей, сколько и многочисленные малоимущие слои. В соответствии с реакционной конституцией была проведена крестьянская реформа, которая вела к резкому обнищанию прусского крестьянства и сосредоточению больших земельных владений и денежных средств в руках юнкеров. Последние стали быстро превращаться в крупных предпринимателей: они перешли к применению наемного труда и машин. Прусское сельское хозяйство встало на капиталистический путь развития.

Главной задачей дальнейшего развития капитализма являлось преодоление политической раздробленности Германии. «Национальным вопросом *вполне* утвердившегося буржуазного развития Германии было объединение...» — писал В. И. Ленин [54, 47, с. 229].

Однако объединению Германии всячески препятствовали Австрия и Франция. Австрия много лет главенствовала в Германском союзе и не мыслила себе будущего Германии вне его. Франция боялась усиления беспокойного восточного соседа, уже много раз причинявшего ей большие неприятности. Столкновение Пруссии с Австрией и Францией было неизбежно. И Пруссия исподволь готовилась к этому. Когда в 1861 г. Фридрих Вильгельм IV умер и королем стал его брат Вильгельм, он начал свою деятельность с реорганизации армии: была усовершенствована ее структура, увеличена численность, она перевооружалась самым современным оружием.

Осенью 1862 г. во главе правительства Пруссии встал идеолог объединения Германии с помощью военной силы Отто фон Бисмарк. Этот убежденный монархист, яростно выступавший против парламентской системы, тем не менее в вопросе об объединении Германии был солидарен с требованиями буржуазии. «...Если бы он (Бисмарк.— А. С.) претворил в жизнь объединение Германии в том виде, как это было формулировано буржуазией,— писал Ф. Энгельс,— то конфликт был бы сам собой улажен и Бисмарк сделался бы таким же кумиром буржуазии, как и его прообраз — Луи-Наполеон.

Буржуазия указала ему цель, Луи-Наполеон — путь к цели; Бисмарку оставалось только осуществление ее» [55, 21, с. 447].

Нейман с юных лет был сторонником объединения Германии во главе с Пруссией. Поэтому деятельность Бисмарка в этом направлении вызывала его неизменное одобрение и поддержку. В октябре 1863 г. состоялись выборы в палату депутатов рейхстага. Как и в 1848 г., Нейман активно участвовал в избирательной кампании, выступая за депутата, который поддерживал политику объединения Германии. На выборах победила прогрессистская партия, которая хотя и требовала объединения Германии под эгидой Пруссии, но резко отрицательно относилась к Бисмарку и его

военным приготовлениям. Однако Бисмарк мало считался с мнением рейхстага и продолжал готовиться к войне.

В 1864 г. Пруссия начала войну с Данией с целью присоединения Шлезвига и Гольштинии. Бисмарк сумел вовлечь в эту войну на стороне Пруссии и Австрию.

Эта война была легко выиграна, и Пруссия получила Шлезвиг с морской гаванью Килем, имевшей большое стратегическое значение, Гольштиния была присоединена к Австрии.

После заключения мира Бисмарк начал провоцировать войну с Австрией. Он вытеснил ее из Гольштинии, им был поставлен вопрос об изгнании Австрии из Германского союза. В июне 1866 г. началась австро-прусская война, а в конце июля все уже было кончено. Серией быстрых ударов австрийская армия была разгромлена.

В июле 1870 г. Франция, обеспокоенная усилением Пруссии, объявила ей войну.

Когда была объявлена мобилизация прусской армии, Нейман проводил на фронт двух своих сыновей.

1 сентября французы попали в «мышеловку у Седана»: 82 тысячи солдат вместе с императором были взяты в плен. В конце октября капитулировала главная опора Франции крепость Мец с огромными военными запасами. Война была проиграна, но Франция сопротивлялась. В Париже была провозглашена республика и образовано правительство национальной обороны. Оно стало организовывать сопротивление в провинции. Было сформировано шестисоттысячное ополчение и почти триста новых артиллерийских батарей. Но офицеры были неопытны, солдаты не обучены и недисциплинированы. Такое ополчение, несмотря на его патриотический порыв, было не в состоянии противостоять хорошо обученной, дисциплинированной, закаленной в боях немецкой армии. Хотя ополчению и удавалось одерживать победы над отдельными частями прусской армии, исход кампании был ясен. Немцы блокировали Париж.

В декабре начался голод. В конце января было заключено перемирие на условиях сдачи парижских фортов и гарнизона немцам и созыва Учредительного собрания. Окончательно мир был подписан 10 мая

1871 г. во Франкфурте. Франция обязалась уплатить 5 миллиардов франков контрибуции. Кроме того, от нее были отторгнуты богатые области Эльзас и Лотарингия.

2

В 50—70-е годы Нейман опубликовал мало работ, хотя продолжал по-прежнему много трудиться. Главное внимание в эти годы он уделял семинару и лекциям. Однако в это время им были выполнены великолепные работы в области чистой математики. Речь идет об исследовании специальных функций, так называемых сферических функций. Этим вопросом Нейман начал заниматься уже давно.

Сферические функции являются решениями дифференциального уравнения Лапласа в частных производных в сферических координатах, которыми являются радиус r , азимутальный φ и полярный θ углы. Такие уравнения очень часто используются в механике, электростатике и особенно при описании земного магнетизма. В последнем случае роль сферических координат играют географическая широта и долгота.

Общий вид решения имеет вид

$$\begin{aligned} \mathcal{U}_n(\theta, \varphi) = & a_0 P_n(\cos \theta) + \\ & + \sum_{m=1}^n (a_m \cos m\varphi + b_m \sin m\varphi) P_n^{(m)}(\cos \theta). \end{aligned}$$

Еще в 1838 г. Нейман опубликовал работу по сферическим функциям под названием «Об одном новом свойстве функции Лапласа и ее применении к феноменам, являющимся функциями географической долготы и широты». В этой работе Нейман рассмотрел задачу нахождения такого способа определения коэффициентов конечного рода сферических функций, чтобы конечное число значений независимых переменных величин ряда (географическая долгота и широта) имело заданную величину. С такой задачей столкнулся Гаусс при анализе некоторых проблем земного магнетизма. Он использовал четыре первых члена тригонометрического ряда, и для определения 25 необходимых численных постоянных ему пришлось решать систему 25 уравнений с 25 неизвестными.

Нейман разработал общий метод, с помощью которого можно легко рассчитать числовые постоянные для любой сферической функции, предполагая, правда, при этом, что точки, где заданы сферические координаты, распределены по поверхности сферы по определенному закону.

Через десять лет Нейман опубликовал еще одну работу о сферических функциях. Теперь он решил задачу о нахождении расстояний между двумя точками, заданными сферическими координатами.

В этой работе Нейман получил результат первостепенного значения. Он доказал, что сферическую функцию второго рода Q_n можно представить в виде замкнутого логарифмического выражения

$$Q_n(x) = \int_{-1}^{+1} \frac{P_n(z) dz}{x-z} = R_{n-1} - P_n \lg \left(\frac{x-1}{x+1} \right),$$

где P_n — сферические функции первого рода, R_{n-1} — целочисленная функция степени $n-1$.

Нейман вычислил большое количество значений этих функций для некоторых специальных значений аргументов. Кроме того, он рассмотрел с помощью сферических функций задачу о потенциале эллипсоида вращения.

В последующие годы Нейман продолжал работать над сферическими функциями. Он провел детальное исследование дифференциального уравнения Лапласа в сферических координатах и нашел условия общего его решения, а также некоторых частных случаев. Эти частные случаи особенно важны при исследовании различных физических задач. Нейман составил таблицы таких функций и показал при каких условиях ими можно пользоваться.

Рукопись этой последней работы долгое время не была опубликована. Однако, когда в 70-е годы в печати стали появляться статьи, посвященные тем или иным аспектам проблемы сферических функций, ученики Неймана стали настаивать на публикации его результатов. Тогда Нейман поручил своему сыну Карлу подготовить к печати эти материалы. Они были опубликованы в 1879 г. отдельной брошюрой с предисловием Карла Неймана.

В эти годы наряду с работами по математике Нейман занимался и физикой кристаллов. По-видимому, именно в это время в связи с подготовкой и чтением лекций по теории упругости (1857—1874 гг.) он пришел к ясному пониманию связи физических свойств кристаллов с их симметрией, которая выражается ставшим теперь классическим принципом Неймана.

К этому времени кристаллография, делавшая в годы молодости Неймана первые шаги, окончательно оформилась как наука. Труды И. Гесселя, О. Браве и А. Гадолина было показано, что по своей внешней форме все кристаллы могут принадлежать только к 32 классам. Каждый класс характеризуется определенным набором элементов симметрии — воображаемых геометрических образов: точки (центра симметрии), плоскости симметрии и осей симметрии. С помощью этих элементов симметрии проявляется способность кристалла как идеального геометрического многогранника совмещаться самого с собой. Существование конечного числа кристаллографических классов обусловлено тем простым фактом, что расположение частиц (атомов, ионов или молекул) в кристалле строго закономерно — оно образует пространственную решетку. Поэтому в кристаллах не могут существовать оси симметрии пятого и более высокого порядков.

Все это привело в 60—70-е годы к формированию общего понятия о симметрии кристаллов как способности к закономерному, правильному расположению его частей. Эта способность описывается 32 кристаллографическими классами, зная которые, можно точно изучить внешнюю форму любого кристалла.

Нейман в первый, «минералогический» период своего творчества стоял у истоков кристаллографии. Своей пионерской работой «Вклад в кристаллономию» он существенно продвинул вперед изучение внешней формы кристаллов и подготовил почву для формирования понятия о симметрии. Изучая далее физические свойства кристаллов, Нейман постоянно акцентировал внимание на связи их с симметрией. Здесь у него были выдающиеся предшественники.

Известный шотландский физик Давид Брюстер в результате систематических исследований, выполненных им в 1812—1820 гг., пришел к важному выводу о связи оптических свойств с кристаллографической формой. Он показал, что кубические кристаллы, наиболее симмет-

ричные по своей внешней форме, наиболее симметричная индикатриса — сфера. Они не обладают оптически и по своим оптическим свойствам: их оптической анизотропией, которая проявляется в наличии двойного лучепреломления. Тетрагональные и гексагональные кристаллы уже асимметричны по своей внешней форме. У них есть одно выделенное направление, совпадающее с осями симметрии высших порядков. И в отношении оптических свойств это направление выделено тоже. Вдоль него проходит оптическая ось, распространяясь по которой свет не испытывает двойного лучепреломления. Но двойное лучепреломление наблюдается по любым другим направлениям в этих кристаллах. Их оптическая индикатриса — эллипсоид вращения.

И, наконец, ромбические, моноклинные и триклинные кристаллы, обладающие наибольшей асимметрией внешней формы, асимметричны и в отношении их оптических свойств. Их оптическая индикатриса — эллипсоид общего вида с двумя расположенными под углом друг к другу оптическими осями.

Эти опытные факты были очень важны, но они ничего не говорили о причине такой зависимости оптических свойств от симметрии кристаллов. Нейман вскрыл причину, показав в своей теории двойного лучепреломления, что все опытные факты легко объясняются, если принять, что между частицами эфира в кристаллах в различных направлениях действуют силы разной величины, или, что то же самое, упругость эфира зависит от направления. Более того, Нейман впервые в этих работах связал физические свойства на микроскопическом уровне с симметрией.

В главе VIII мы уже говорили, что Нейман вслед за Навье принял основное допущение о пропорциональности взаимодействия между частицами эфира в твердых телах расстоянию между ними. Если $f(\rho)$ — функция, описывающая распределение силового поля частиц эфира в зависимости от расстояния ρ , а $\Delta\rho$ — изменение расстояния между двумя частицами, то сила их взаимодействия будет описываться как $f(\rho)\Delta\rho$. Однако это все справедливо только для некристаллических тел. «Для кристаллических сред, — писал Нейман, — необходимо ввести еще одну гипотезу, а именно считать, что взаимодействие двух частиц является еще и функцией углов, образованных прямой, соединяющей эти

частицы, и определенными заданными в кристаллической структуре линиями» [43, II, с. 164]. Для описания этой угловой зависимости Нейман ввел функцию F , и тогда взаимодействие двух частиц в кристалле будет описываться как $Ff(\rho) \Delta\rho$.

Далее последовал очень важный новый шаг: Нейман показал, что вид функции F зависит от симметрии кристаллической среды. Ход его рассуждений был следующий. Он полагал, что «все кристаллические структуры, за исключением гемиедрических, характеризуются тем, что среда тремя взаимно перпендикулярными плоскостями в каждой точке делится на восемь равных и симметричных относительно каждой плоскости частей» [43, II, с. 166]. Поэтому функция F должна не изменяться при изменении ее углов на 180° , т. е. должна быть четной функцией синуса или косинуса этих углов.

Далее свойство симметрии кристаллической среды используется для нахождения соотношений между коэффициентами A , A_I , A_{II} , B , C и D основной системы уравнений, описывающей волновое движение частиц эфира (см. с. 120). Для кубических кристаллов, считал Нейман, F одинаковым образом зависит от всех углов: α , β и γ , т. е. расположение частиц вдоль трех взаимно перпендикулярных осей совершенно одинаково. Для тетрагональных и гексагональных кристаллов $F(\alpha) = F(\beta) \neq F(\gamma)$. Эти условия симметрии и приводят к определенным для каждой системы соотношениям между коэффициентами (см. с. 121) и далее к определенным для каждой системы виду оптической индикатрисы.

Эта работа Неймана была издана в 1832 г. В 1847—1848 гг. французский ученый Сенармон показал, что теплопроводность кристаллов также зависит от симметрии, как и преломляющие свойства. «Является ли это сходство,— писал Сенармон,— только кажущимся, обязанным своим происхождением лишь симметрии форм, без всякой иной первоначальной связи между явлениями или же оно является следствием одного и того же закона, в котором варьируются лишь постоянные? Вот вопросы, на которые нельзя ответить в настоящее время» [78, с. 500].

Нейман твердо придерживался мнения об определяющем влиянии симметрии на вид анизотропии физических свойств кристаллов. И он убедительно показал это на примере упругих свойств кристаллов.

Нейман строил теорию упругости кристаллов, опираясь на общую теорию упругости твердых тел, разработанную Навье, Пуассоном и Коши, но исходя из самых общих соображений. «Мы выводим общие формулы,— писал он,— причем в качестве единственной основы мы использовали только заданные формой кристалла условия симметрии» [37, с. 164]. Он записал систему уравнений, связывающих напряжения с деформациями, полагая, что под действием приложенной силы частицы кристалла смещаются в произвольном направлении. Таким образом он рассматривал полностью асимметричный кристалл (симметрия 1). Упругие свойства такого кристалла описывались 36 константами. Но их число сокращается до 21, если считать упругие силы симметричными относительно центра тяжести частицы. Далее, как и в своей теории двойного лучепреломления, Нейман исследовал влияние симметрии на вид полученной системы уравнений. При этом он констатировал, что число упругих констант «значительно сокращается, если кристалл симметричен относительно одной или нескольких плоскостей» [37, с. 165].

Вначале Нейман строго доказал, что если в кристалле присутствует одна плоскость симметрии, то число упругих констант понижается до 15¹². Это происходит потому, что теперь под действием силы частицы смещаются не в произвольном направлении, а только в таких, которые разрешены плоскостью зеркального отражения. Далее Нейман показал, что если в кристалле присутствуют две и три взаимно перпендикулярные плоскости симметрии, то число констант упругости сокращается до 12¹².

Затем исследуется влияние оси симметрии четвертого порядка. Действуя тем же методом, Нейман получил, что в этом случае 7 констант. Для кубических кристаллов Нейман получил 3 константы, для гексагональных кристаллов — 6 констант.

Используя разработанную им теорию упругости, Нейман рассмотрел и тепловое расширение кристаллов. Для этого в уравнения равновесия он добавил члены, линейно зависящие от температуры. И здесь использование условий симметрии позволило ему найти по-

¹² Эти числа получены без предположения о симметрии упругих сил.

верхности теплового расширения для кристаллов разных систем.

Таким образом, Нейман показал, что, как и преломляющие свойства кристаллов, их упругие свойства и тепловое расширение определяются симметрией расположения частиц, а следовательно, и симметрией внешней формы.

В работах Неймана мы не нашли четкой формулировки принципа, носящего сейчас его имя. Впервые этот принцип был сформулирован его учеником Фойгтом в фундаментальном «Учебнике кристаллофизики», вышедшем в 1910 г. [79]. В начале этой книги, говоря об истории изучения физических свойств кристаллов, Фойгт писал: «В истории кристаллофизики он (Нейман.— А. С.) занимает видное место благодаря ряду отдельных исследований в области оптики, упругости и теплового расширения, но в большей степени благодаря открытию и плодотворному применению фундаментального для всей этой дисциплины принципа использования свойств симметрии формы кристаллов для суждения о симметрии физических свойств кристаллов» [79, с. 3]. Разъяснению принципа Неймана Фойгт посвятил специальный параграф своей книги, который так и называется: «Роль формы кристалла в кристаллофизике. Принцип Фр. Неймана».

Здесь Фойгт говорит о том, что формы кристаллов, являющиеся предметом изучения кристаллографов, «для физиков представляют очень ограниченный и специальный интерес» [79, с. 19]. Этот интерес состоит в том, что формы кристаллов «представляют собой самое простое и самое наглядное выражение физического влияния строения вещества» [79, с. 19]. Но о строении кристаллов судят по их физическим свойствам. Поэтому изучение формы кристаллов «дает самые точные основы для важнейшей фундаментальной части этой задачи, т. е. для нахождения *законов симметрии физических явлений*» (курсив мой.— А. С.) [79, с. 20].

«Опыт показывает,— писал далее Фойгт,— что если принимать во внимание все свойства кристаллов, то только небольшая их часть сходна между собой, в основном же эти свойства образуют различные группы, связанные с формой кристаллов.

Отсюда можно сделать вывод, что в форме кристалла находят полное выражение особенности и различия

строения; при этом можно прямо судить о симметрии свойств» [79, с. 20].

Таким образом, Фойгт вслед за Нейманом утверждал, что форма кристаллов связана с его физическими свойствами. Зная симметрию кристаллографической формы, можно найти и симметрию физических свойств. При этом под симметрией физических свойств Нейман и Фойгт понимали совокупность симметрических преобразований, оставляющих данное физическое свойство неизменным.

Эта мысль четко выражена Фойгтом в его книге: «Все элементы симметрии определены таким образом, что (нормальный) кристаллический многогранник с помощью определенных инверсионных поворотов удаётся совместить с самим собой. Основная гипотеза (Неймана) исходит из того, что с помощью таких же поворотов многогранник удаётся совместить с самим собой не только по отношению к его форме, но и по отношению ко всем его физическим свойствам, которыми он обладал в первоначальном положении.

Эта физическая эквивалентность выражается в том, что все системы операций, в результате которых форма кристалла совмещается сама с собой, должны определять систему эффектов, которые эта система операций сама порождает» [79, с. 103].

По сути дела это и есть формулировка принципа Неймана: *симметрия кристалла, которая определяет его форму, определяет и его физические свойства.*

Дальнейшее развитие принципа Неймана связано с именем его ученика Людвиг Миннигероде. В 80-е годы он показал, что между симметрией кристалла и физического явления существует однозначное соответствие, а именно: элементы симметрии любого физического свойства должны включать элементы симметрии кристалла. Если сформулировать это положение более строго, то можно сказать, что группа симметрии кристалла должна быть подгруппой группы симметрии физического явления.

Хорошим примером, иллюстрирующим принцип Неймана в такой формулировке, является пьезоэлектрический эффект. В конце XVIII в. трудами российского академика Франца Эпинуса было твердо установлено, что некоторые кристаллы, например турмалин, электри-



Франц Нейман, 1882 г.

зуются при нагревании. Это явление получило название пироэлектричество.

Электризация кристалла означает, что единица его объема приобретает дипольный момент — поляризуется. Поляризация математически описывается полярным вектором. Как известно, симметрия полярного вектора — стрелки — включает ось бесконечного порядка, проходящую вдоль вектора, и бесконечное количество плоскостей, пересекающихся вдоль нее. Ее точечная группа ∞m . Это и есть симметрия пироэлектрического эффекта.

Теперь в соответствии с принципом Неймана кристаллы, в которых может проявляться пироэлектрический эффект, должны принадлежать к кристаллографиче-

ческим классам, элементы симметрии которых образуют группы, являющиеся подгруппами группы ∞m . Таких классов всего десять: 1, 2, 3, 4, 6, m , $mm2$, $3m$, $4mm$, $6mm$. Кристаллы других классов, например обладающих центром симметрии, не могут электризоваться при нагревании, так как среди элементов симметрии вектора нет этого элемента симметрии.

Возможно ли, не зная принципа Неймана, заранее предсказать, в каких кристаллах будет наблюдаться пирозлектрический эффект? Конечно, нет. Только принцип Неймана дает здесь совершенно однозначный ответ. Однако он не утверждает, что кристалл, принадлежащий, например, к классу $mm2$, обязательно будет пирозлектриком.

Принцип Неймана утверждает только возможность этого. Иными словами, принцип Неймана является достаточным, но не необходимым.

Дальнейшее развитие принципа Неймана шло по пути обобщения его с учетом возможно большего числа физических свойств кристаллов. Здесь большой вклад внесли как Миннигероде и Фойгт, так и Пьер Кюри. Сейчас принято формулировать принцип Неймана следующим образом:

Если рассматривать достаточно обширный набор свойств, то единственными общими элементами симметрии всех без исключения свойств, входящих в этот набор, окажутся элементы симметрии точечной группы кристалла, т. е. точечная группа кристалла есть пересечение (общая часть) группы симметрии всевозможных свойств этого кристалла [80].

Или иными словами:

Группа симметрии кристалла есть подгруппа симметрии всех возможных в этом кристалле физических явлений.

Принцип Неймана лег в основу нового раздела кристаллографии, изучающего физические свойства кристаллов — кристаллофизики. Его основателем следует считать Франца Неймана. До его работ имелось лишь огромное множество самых разнообразных фактов о физических свойствах кристаллов. Однако не было руководящей теоретической идеи, приводящей все факты в единую стройную систему и объясняющей их особенности. Нейман первый увидел эту идею. Ему, много сделавшему в области геометрии внешней формы кристаллов, а затем в изучении конкретных их физических

свойств, она, по-видимому, представлялась достаточно очевидной.

Эта идея — симметрия. Только она обладает такой общностью, которая позволяет применить ее и к описанию внешней формы кристаллов, и к описанию их физических свойств. Принцип Неймана явился прочным фундаментом, на котором началось строительство здания кристаллофизики. Трудями его учеников, Фойгта и Миннигероде, были воздвигнуты трудные первые этажи. Современный же облик кристаллофизика обрела благодаря трудам Пьера Кюри и академика А. В. Шубникова. Сейчас кристаллофизика — это бурно развивающаяся наука, тесно связанная со многими областями современной техники.

3

Заслуги Неймана перед наукой получили широкое признание. В 1856 г. он был избран членом-корреспондентом Венской академии наук и членом Геттингенского научного общества. Через два года он стал действительным членом Берлинской академии наук. В 1860 г. Венская Академия наук избрала его своим почетным членом. В 1862 г. Нейман избран членом Лондонского королевского общества, а через год — членом-корреспондентом Парижской академии наук. В 1865 г. он стал членом-корреспондентом Римской академии наук, в 1872 г. — членом Баварской академии наук, а в 1873 г. — членом-корреспондентом Болонской академии.

На родине его наградили рядом высших орденов, он получил чин тайного советника. Но ни его характер, ни интересы не изменились. Он по-прежнему тщательно готовится к лекциям, так, как будто впервые собирается читать свой курс, по-прежнему заботится об учениках, по-прежнему хлопочет о лаборатории, ведет семинар. Дома — это добрый, заботливый муж и отец. Взрослые сыновья уже жили своими семьями. Нейман мог гордиться ими. Старший сын Карл, его ученик, занимает кафедру математики в Лейпцигском университете, Эрнст стал профессором патологической анатомии в Кенигсбергском университете, Юлиус — профессором экономики в Тюбингене, младший, Густав, занимал должность государственного архитектора в Познани.

Уклад жизни Неймана на протяжении многих лет оставался одним и тем же. Он отличался простотой,



Франц Нейман, 1884 г.

спокойствием и однообразием. Вставал Нейман рано, в одно и то же время. Ел самую простую пищу. Почти все его время было занято работой. Отдыхом ему служили длительные, до двух часов, прогулки в окрестностях Кенигсберга. Если предоставлялась возможность, то Нейман занимался греблей или плавал. Плавал он с детства отлично и при каждом удобном случае уже в преклонном возрасте старался не упустить возможность искупаться.

В юности, как мы говорили, Нейман был большим поклонником физической системы Яна и усиленно занимался гимнастикой. В шестидесятилетнем возрасте, почувствовав, что физические силы стали убывать, Нейман возобновил занятия гимнастикой и занимался ею в течение еще десяти лет. Его образ в зрелые годы легко представить по фотографии, датированной 1865 г., помещенной на обложке нашей книги.

Летние каникулы были целиком посвящены отдыху. Когда Нейман был помоложе и дети были еще ма-

ленькие, он каждое лето уезжал с семьей на побережье, в местечко Раушене. Это было излюбленное место отдыха кенигсбергской профессуры, где каждый год собиралось одно и то же общество. Начиная с 50-х годов Нейман стал проводить каникулы в путешествиях. Они длились от четырех до шести недель и были довольно тяжелыми даже для молодых людей. Достаточно сказать, что во время этих путешествий Нейман ежедневно шел 10—12 часов с тяжелым рюкзаком за плечами. Путешествовал он как в окрестностях Кенигсберга, по реке Преголя, так и в горах.

Сохранились воспоминания дочери Неймана Луизы о нескольких таких путешествиях в Исполиновы горы. В 1860 г. Нейман представлял Альбертину на праздновании 400-летия Базельского университета. После окончания торжеств Нейман с дочерью совершил большое путешествие в горы. С рюкзаками за плечами, с палками в руках они шли более четырех недель без проводников, ориентируясь только по карте.

Луиза Нейман позже вспоминала: «На дождь и непогоду он не обращал внимания. „Это только ложится роса“, — любил он говорить, даже когда он настолько промокал, что по прибытии на ночлег вынужден был выжимать свои вещи, прежде чем лечь в постель. Еду и питье, „необходимые средства для жизни“, он ограничивал в наибольшей степени. Если во время путешествия в лесу настигала темнота, то на шляпы прикреплялись зажженные свечки, чтобы отец и дочь могли найти друг друга» [47, с. 403].

Во время этого своего путешествия, проезжая через Берлин, Нейман разыскал дом Бальдеманов. В сильном волнении входил тайный советник и академик в этот скромный домик, в котором он, юноша, почти сирота, нашел так необходимые ему ласку, заботу и семейный уют. Здесь он нашел друзей, которые в тяжелые годы сделали все, чтобы он мог учиться, мог стать тем, кем он мог стать и кем он стал.

Отец Бальдеман и его жена давно уже умерли. Неймана и его дочь трогательно встретили сестры, Джетхен и Альбертина. Рассказам и вопросам не было конца. Вспомнили всех старых друзей. Минна Распе, которую любил молодой Нейман, умерла в 1835 г. Ее муж, Карл Распе, несмотря на большую материальную помощь Неймана, так и не смог поправить свои торговые дела и навсегда покинул Берлин. Следы других затерялись

на дорогах жизни. До поздней ночи Нейман и Бальдема-ны предавались воспоминаниям. Ожили в памяти юношеские шутки и проказы. Давно уже Нейман не смеялся так, до слез.

Второе путешествие в горы Нейман с дочерью совершили уже в 1873 г. Этому путешествию предшествовали следующие обстоятельства. С 1870 г. Неймана стал мучить радикулит. Врачи прописали лечение минеральными источниками, и в 1873 г. Нейман поехал лечиться в Шварцвальд. Однако он не почувствовал облегчения и решил лечиться своим способом — путешествием. Он с дочерью пошел пешком в Йену, город, где он некоторое время учился. В результате этого путешествия радикулит был побежден. Напомним, что Нейману в это время было семьдесят пять лет.

В марте 1876 г. в Альбертине торжественно отмечался пятидесятилетний докторский юбилей Неймана. Это был праздник всей немецкой физики. Со всех концов Германии и из-за границы съехались ученики Неймана, чтобы выразить глубокое уважение и благодарность учителю. Поступили многочисленные приветственные адреса и письма.

Пришел адрес от Берлинской академии наук, в котором давалась высокая оценка научной деятельности Неймана:

Еще и сегодня минералогия движется в лабиринте царства кристаллов по путям, указанным и разведанным Вами много лет назад. Вы положили начало выводу законов Френеля для интенсивности света, испытывающего отражение и преломление, исходя из принципов механики. Эти законы Вы впервые распространили на случай двупреломляющих сред, победоносно преодолев при этом большие вычислительные трудности... Вами была построена теория удивительных явлений, которые наблюдаются в поляризованном свете, происходящих в неравномерно нагретых или сжатых стеклах. Ваши исследования в области теплоемкости и теплопроводности тел навсегда обеспечили Вам почетное место среди тех, кто сделал важные открытия в учении о теплоте. Учение об электричестве благодарно Вам за Ваш фундаментальный закон, закон, который управляет током, индуцируемым в замкнутом проводнике.

Уважение, с которым смотрит на Вас Академия, имеет своей причиной не только блестящие результаты опубликованных Вами трудов, но и Вашу долговременную деятельность преподавателя университета... Вы первый начали читать в немецком университете цикл лекций по математической физике. Эта дисциплина имеет громадное значение не только для математики и физики, но и для всего здания человеческого знания. Теперь эта дисциплина читается во многих высших учебных заведениях нашего отечества. Это — исключительно Ваша заслуга... [47, с. 393].

Шумные торжества окончились. Когда уставший Нейман готовился отдохнуть, под окнами его дома раздался сильный шум, слышались крики. Это студенты Альбертины приветствовали своего профессора факельным шествием.

Среди многочисленных подарков к юбилею Неймана его особенно порадовал один. Общественность города собрала солидную сумму денег и преподнесла ее Нейману с просьбой основать стипендии его имени для изучающих физику. «Среди многих доказательств участия и доброжелательности, которые поступили в день моего юбилея отовсюду, ничто так и не взволновало, и внутренне не тронуло меня, как признание моей научной деятельности, которое высказали мои высокоуважаемые коллеги и слушатели, создав эти стипендии,— писал Нейман куратору университета.— Пусть эти стипендии помогут математической физике обрести постоянную родину в здешнем университете. Но особенно надо принять во внимание, что вся деятельность упирается в необходимость создания физической лаборатории и попытаться привести это в исполнение» [47, с. 395].

Даже среди шумного юбилея Нейман не забывал о необходимости лаборатории. Он пользовался любым случаем, чтобы напомнить чиновникам о ней. Но дело так и не двигалось. Впрочем, стипендии на общественные средства для изучающих физику куратор милостиво разрешил.

Сразу после юбилея Нейман обратился к министру с просьбой об освобождении его от чтения регулярных лекций и руководства физико-математическим семинаром. «При заметном уменьшении моих сил,— писал Нейман,— и учитывая то короткое время, на которое я еще могу рассчитывать, исполнение моих намерений может быть возможным только в том случае, если я смогу расходовать мое время преимущественно на собственные научные исследования и на мою деятельность в качестве преподавателя, которую я ни в коем случае не хочу бросать, но хочу ограничить в соответствии с моими возможностями» [47, с. 395]. Основную нагрузку по чтению лекций студентам согласился взять на себя ученик Неймана профессор Фойгт.

Просьба Неймана была удовлетворена. Зимой 1876/77 г. Нейман начал читать курс лекций по теории потенциала, но заболел и вынужден был совсем оставить педагогическую деятельность. Болезнь Неймана была

вызвана потерями двух близких ему людей. В январе 1876 г. умер в Познани его младший сын Густав. В результате сильной простуды он получил хронический плеврит и умер от пневмонии. В 1877 г. умерла жена Неймана. Он остался с дочерью Луизой, которая до конца его жизни заботилась о нем и помогала ему. Благодаря ей Нейман долгие годы сохранял бодрость духа и работоспособность.

Именно к этому времени относится характеристика, данная Нейману его ближайшим учеником Фойгтом:

«Нейман всегда производил впечатление внутренней уверенной уравновешенности и светлого спокойствия... При внешней простоте жизни в поведении Нейман был импонирующей личностью. Высокая фигура с прекрасной осанкой вплоть до глубокой старости, мыслящий, оживленный и светлый взгляд, личность, полная достоинства и сердечности...» [47, с. 401].

С 1874 г. Нейман часто приезжал и подолгу жил в Больших горах в местечке Шпиндербауде. Здесь в 1878 г. вместе с тремя сыновьями и дочерью он отметил свое восьмидесятилетие. В 1884 г., когда ему было уже семьдесят шесть лет, он тяжело заболел и пробыл в Шпиндербауде вместо планируемого месяца четырнадцать. Его жизнь долгое время находилась в опасности, и лишь в апреле он смог на несколько часов встать с постели.

Силы очень медленно возвращались к нему. Однако могучий организм и огромная сила воли победили болезнь. Как только Нейман стал в состоянии шевелить руками, он велел принести и положить на пол у его кровати много разных камней. С ними он начал делать физические упражнения: опускал руки, брал небольшие камешки и клал их себе на одеяло. Затем перекладывал их с одеяла обратно на пол. С каждым днем камешки выбирались все тяжелее и их становилось все больше. Когда пытались остановить больного, Нейман отвечал: «Если я не буду развивать силу, то откуда же она возьмется?». Поэтому же, едва встав с постели, Нейман не разрешал помогать ему одеваться и покинул комнату, где болел, только тогда, когда смог сам, без посторонней помощи, спуститься с лестницы.

После этой тяжелой болезни Нейман прожил еще десять лет, пять из которых он еще путешествовал в горах.

В горах он отметил свое девяностолетие и девяностодвухлетие (1890 г.). В это время Нейман жил в местечке Шрайберхау. Свой день рождения он отметил многочасовым путешествием, а когда после него, уже вечером, был вынужден надеть пальто, то недовольно проворчал: «Вот теперь я стал стариком». Но когда один из его спутников предложил ему руку, чтобы он мог перейти через широкую канаву, Нейман возмущился: «Благодарю, — сказал он, — но вы мне поможете лет через десять».

В горах среди местных крестьян Нейман пользовался таким же уважением, как среди профессоров и студентов Альбертины. Но здесь он был просто «старым Нейманом».

Как и прежде, он большую часть дня посвящал научной работе. Если по состоянию здоровья он не мог ею заниматься, то он что-либо мастерил. Здесь он тоже был большой мастер. При этом он часто ворчал: «Я знаю, что делаю ненужное дело, но это все же лучше, чем ничего не делать».

Вечерами Нейман просил дочь почитать ему. Он любил историческую литературу, особенно мемуары. Часто он прерывал дочь и обсуждал с ней только что прочитанное. Вплоть до своего девяностолетия Нейман был достаточно бодр.

В 1894 году проходило празднование 350-летия Кенигсбергского университета. Приехавшие на празднование делегации других университетов сочли своим долгом посетить Неймана и выразить ему свое уважение. После ухода всех делегаций Нейман грустно сказал дочери: «Это начало конца».

Приближалось девяностосемилетие Неймана. В газетах по этому поводу появились сообщения, что Нейман один из пяти оставшихся в живых участников освободительной войны против Наполеона. Это сообщение произвело на Неймана тяжелое впечатление. Как пишет в своих воспоминаниях его дочь, Нейману впервые изменила сила духа.

Говорят, что очень старые люди предчувствуют свою смерть. Никто не знает, насколько это верно, но что касается Неймана, то по-видимому так оно и было. В последние дни он часто мысленно возвращался в свое детство, как бы прощаясь с самой лучшей порой своей жизни. Он вспоминал горячо любимую бабушку, вос-

питавшую его. Он вспоминал свою мать. «Она была очень несчастна, я должен был для нее сделать гораздо больше», — говорил он дочери.

За три дня до смерти он перебрал все свои рукописи и привел их в порядок. Собрал все свои книги и упаковал их, как будто собрался с ними в дальнюю дорогу. Так он простился с самыми верными своими друзьями.

23 мая 1895 г. Нейман тихо скончался. Его имя навсегда осталось в истории науки. Можно ли придумать более высокую оценку жизни ученого?

Основные даты жизни и деятельности Франца Неймана

- 1798, 11 сентября — в местечке Шмельце вблизи г. Иоахимсталея, Пруссия, родился Франц Эрнст Нейман
- 1807 — переезд в Берлин и поступление в Вердерскую гимназию
- 1813 — поселился у отца Бальдемана
- 1815 — вступил добровольцем в Кольбергский полк I бригады III армейского корпуса Нижнерейнской армии
- 1815, 15 июня — тяжело ранен в голову в битве при Линьби
- 1816, 8 февраля — возвращение в Берлин
- 1817, октябрь — окончание Вердерской гимназии и поступление в Берлинский университет на факультет теологии
- 1818, апрель — переход в Йенский университет
- 1819, август — выслан из Йены за участие в студенческих беспорядках в Берлин; снова приступил к занятиям в Берлинском университете
- 1820 — начало занятия минералогией у Х. Вейса
- 1820, август—декабрь — путешествие в Рудных горах
- 1821 — назначен заведующим минералогическим кабинетом Берлинского университета
- 1821, 13 мая — скончался отец Франца Неймана
- 1821, июнь — уход из университета и переезд в имение матери
- 1821, октябрь — отъезд из имения и возобновление занятий в Берлинском университете
- 1823, октябрь — вышла в свет первая научная работа Неймана брошюра «Вклад в кристаллономию»
- 1825, август — представил на философский факультет Берлинского университета диссертацию «О касании и пересечении окружностей»
- 1825, сентябрь — представил вторую диссертацию «О законе зон»
- 1826, 16 марта — защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора философии
- 1826, осень — занял должность приват-доцента минералогии Кенигсбергского университета
- 1828, март — получили должность экстраординарного профессора
- 1829, май — получил должность ординарного профессора
- 1830, 16 марта — скончалась мать Неймана
- 1830, 22 апреля — женился на Флорентине Хаген
- 1831 — вышли две статьи Неймана, посвященные определению удельной теплоемкости минералов

- 1832 — вышли статьи «Теория двойного лучепреломления, построенная из уравнений механики» и «Теория эллиптической поляризации света, возникающей при отражении от металлических поверхностей»
- 1833 — избрание членом-корреспондентом Прусской академии наук в Берлине
- 1834, 6 мая — защитил диссертацию на тему «О формулах расчета удельной теплоемкости и методах эксперимента»
- 1834, июнь—ноябрь — путешествие в Рудных горах
- 1834, ноябрь — начал работу физико-математический семинар
- 1835 — вышла статья «Теоретическое исследование законов отражения и преломления света на границе идеально прозрачных сред»
- 1838, декабрь — избрание членом-корреспондентом Петербургской академии наук
- 1841 — вышла статья «Законы двойного преломления света в некристаллических телах, подвергшихся сжатию или неравномерному нагреву»
- 1843 — избран проректором Кенигсбергского университета
- 1843 — женился на Вильгельмине Хаген
- 1845 — вышла статья «Математические законы индуцированных электрических токов»
- 1847 — вышла статья «Об общем принципе математической теории индуцированных электрических токов»
- 1856 — избран членом-корреспондентом Венской академии наук и членом Геттингенского научного общества
- 1857 — формулировка основного принципа кристаллофизики
- 1858 — избран действительным членом Прусской академии наук в Берлине
- 1860 — избран почетным членом Венской академии наук
- 1862 — вышла статья «Опыты по теплопроводности твердых тел»
- 1862 — избран членом Лондонского королевского общества
- 1863 — избран членом-корреспондентом Парижской академии наук
- 1865 — вышла статья «Наблюдения по вопросу об удельной теплоемкости различных, в частности сложных тел», подготовленная Карлом Папе
- 1865 — избран членом-корреспондентом Римской академии наук
- 1872 — избран членом Баварской академии наук
- 1873 — избран членом-корреспондентом Болонской академии наук
- 1877, зима — последний курс лекций
- 1878 — вышла статья «К теории сферических функций», подготовленная Карлом Нейманом
- 1881 — вышла книга «Лекции по теории магнетизма, в частности по теории индукции», написанная на основе лекций, прочитанных в 1857 г.

- 1883 — вышла книга «Введение в теоретическую физику», написанная на основе лекций, прочитанных в 1858/59 г.
- 1884 — вышла книга «Лекции по электрическому току», написанная на основе лекций, прочитанных в 1864/65 г.
- 1885 — вышла книга «Лекции по теоретической оптике», написанная на основе лекций, прочитанных в 1866/67 г.
- 1885 — вышла книга «Лекции по теории упругости твердых тел и светового эфира», написанная на основе лекций, прочитанных в 1857—1860, 1869/70 гг.
- 1887 — вышла книга «Лекции по теории потенциала и сферических функций», написанная на основе лекций, прочитанных в 1852/53, 1856/57 гг.
- 1894 — вышла книга «Лекции по теории капиллярности», написанная на основе лекций, прочитанных в 1857, 1861—1864, 1872/73 гг.
- 1895, 23 мая — скончался Франц Нейман

Литература

Основные труды Франца Неймана

1. Beiträge zur Krystallonomie: Mit 12 Tafeln in Steindruck. Berlin; Posen: Bei Ernst Siegfried Mittler. 1823. H. 1. XVI, 152 S.
2. Wegen Haidinger's Aufsatz über axotomen Bleybaryt.— Isis von Oken. 1825, S. 424—428.
3. Über das Krystallsystem des Axinit's.— Pogg. Ann., 1825, Bd. 4, S. 63—78.
4. De tactionibus atque intersectionibus circulorum et in plano et in sphaera sitorum, sphaerarum atque conorum ex eodem vertice porgentrium / Commentatio geometrica auctore F. E. Neumann. Berolini mens. Sept. 1825.— Idem. Isis von Oken, 1826, S. 349—367, 466—489.
5. De lege zonarum principio evolutionis systematum crystallinorum. Pars prior. Dissertatio inauguralis scripsit atque amplissimi philosophorum ordinis auctoritate pro summis in philosophia honoribus in universitate litteraria Berolinensi rite adipiscendie publice defendit d. XVI. M. Martii 1826 Franciscus Ernestus Neumann Ukero-Marchicus. Opponentibus Carol Reuter, Stud. Thl. Herm. Franke, Cand. Philos. Berolini: Typis Academie regine scientiarum, 1826. 24 S.
6. Das Krystall-System des Albites und der ihm verwandten Gattungen.— Abh. Kngl. Akad. Wiss. Berlin, 1830, S. 189—230.
7. Untersuchung über die specifische Wärme der Mineralien.— Pogg. Ann., 1831, Bd. 23, S. 1—39.
8. Bestimmung der specifischen Wärme des Wassers in der Nähe der Siedpunkts gegen Wasser von niedriger Temperatur.— Pogg. Ann., 1831, Bd. 23, S. 40—53.
9. Auszug eines Schreibens des Hrn. Prof. Neumann an Prof. Weiss.— Pogg. Ann., 1832, Bd. 24, S. 390—392.
10. Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik.— Pogg. Ann., 1832, Bd. 25, S. 418—454.
11. Theorie der elliptischen Polarisation der Lichtes, welche durch Reflexion von Metallflächen erzeugt wird.— Pogg. Ann., 1832, Bd. 26, S. 89—122.
12. Die thermischen, optischen und krystallographischen Axen des Krystallsystems des Gypses.— Pogg. Ann., 1833, Bd. 27, S. 240—274.
13. Über das Elasticitätsmaass krystallinischer Substanzen der hoemodrischen Abtheilung.— Pogg. Ann., 1834, Bd. 31, S. 177—192.

14. Über die optischen Axen und die Farben zweiaxiger Krystalle im polarisirten Licht.— Pogg. Ann., 1834, Bd. 33, S. 257—284.
15. Commentatio de emendanda formula, per quam calores corporum specifi ex experimentis methodo mixtionis institutis computantur. Quam auctoritate a. ordinis philosophorum pro loco in eo rite obtinendo die VI Maji 1834 H.L.Q.C. publice defendet F. E. Neumann, Ph. Dr., Mineralogiae et physices P.P.O., Academiae Berolinensis Sodalis. Assumpto ad respondendum socio Julio Eduardo Czwalina, Tolkensí. Opponentibus Hermanno Henrico Haidenkamp, Guestphalo et Carolo Guilhelmo Bessel, Regiomontano. Regimonti: Typis academicis Hartungianis, 1834. 265 S.
16. Theoretische Untersuchung der Gesetze, nach welchen das Licht an der Grenze zweier vollkommen durchsichtigen Medien reflectiert und gebrochen wird.— Abh. Kngl. Akad. Wiss. Berlin, 1835, S. 1—160.
17. Über die optischen Eigenschaften der hemiprismatischen oder zwei- und eingliedrigen Krystalle.— Pogg. Ann., 1835, Bd. 35, S. 84—95.
18. Nachträgliche Beobachtungen in Betreff der optischen Eigenschaften hemiprismatischer Krystalle.— Pogg. Ann., 1835, Bd. 35, S. 203—205.
19. Über die optischen Eigenschaften hemi- und tetartoprismatischer Krystalle.— Pogg. Ann., 1835, Bd. 35, S. 381—383.
20. Photometrisches Verfahren der Intensität der ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen, sowie die des reflectierten Lichtes zu bestimmen; Bemerkungen zu Hrn. Cauchy's Vervielfältigung des Lichtes in der totalen Reflexion; Reproduction der Fresnel'schen Formeln über totale Reflexion u.s.w.— Pogg. Ann., 1837, Bd. 40, S. 497—514.
21. Beobachtungen über den Einfluss der Krystallflächen auf das reflectierte Licht, und über die Intensität des ordentlichen und ausserordentlichen Strahls.— Pogg. Ann., 1837, Bd. 42, S. 1—30.
22. Über eine neue Eigenschaft der Laplace'schen $Y^{(n)}$ und ihre Anwendung zur analytischen Darstellung derjenigen Phänomene, welche Functionen der geographischen Länge und Breite sind.— Schumacher's Astron. Nachr., 1838, Bd. 15, S. 313 u. f.
23. Laws of crystalline reflexion: Question of priority.— Proc. Roy. Irish Acad., 1838, Nov. 30.
24. Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes in comprimierten oder ungleichförmig erwärmten unkrystallinischen Körpern.— Abh. Kngl. Akad. Wiss. Berlin, 1841, Bd. II, S. 1—254.
25. Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes in comprimierten oder ungleichförmig erwärmten unkrystallinischen Körpern.— Pogg. Ann., 1841, Bd. 54, S. 449—476.
26. Die mathematischen Gesetze der induzierten elektrischen Ströme.— Abh. Kngl. Akad. Wiss. Berlin, 1845, S. 1—87.
27. Allgemeine Gesetze der induzierten elektrischen Ströme.— Pogg. Ann., 1846, Bd. 67, S. 31—44.
28. Über ein allgemeines Prinzip der mathematischen Theorie induzierter elektrischer Ströme.— Abh. Kngl. Akad. Wiss. Berlin, 1847, S. 1—71.

29. Entwicklung der in elliptischen Koordinaten ausgedrückten reziproken Entfernung zweier Punkte in Reihen, welche nach den Laplace'schen $Y^{(n)}$ fortschreiten; und Anwendung dieser Reihen zur Bestimmung des magnetischen Zustandes eines Rotationsellipsoides, welcher durch vertheilende Kräfte erregt ist.— J. reine und angew. Math., 1848, Bd. 37, S. 21—50.
30. Expériences sur la conductibilité calorifique des solides.— Ann. chim. et phys., 1862, vol. 66, N 3, p. 183—187.
31. Beobachtungen über die spezifische Wärme verschiedener, namentlich zusammengesetzter Körper.— Pogg. Ann., 1865, Bd. 126, S. 123—142.
32. Beiträge zur Theorie der Kugelfunktionen. Erste und zweite Abt. Leipzig, 1878. 156 S.
33. Vorlesungen über die Theorie des Magnetismus, namentlich über die Theorie der magnetischen Induction. Leipzig, 1881. 116 S.
34. Einleitung in die theoretische Physik. Leipzig, 1883. 291 S.
35. Vorlesungen über elektrische Ströme. Leipzig, 1884. 308 S.
36. Vorlesungen über theoretische Optik. Leipzig, 1885. 310 S.
37. Vorlesungen über die Theorie der Elastizität der festen Körper und des Lichtäthers. Leipzig, 1885. 374 S.
38. Vorlesungen über die Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen. Leipzig, 1887. 364 S.
39. Die mathematischen Gesetze der induzierten elektrischen Ströme. Leipzig, 1889. 96 S.
40. Über ein allgemeines Prinzip der mathematischen Theorie induzierter elektrischer Ströme. Leipzig, 1892. 96 S.
41. Vorlesungen über die Theorie der Capillarität. Leipzig, 1894. 234 S.
42. Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik. Leipzig, 1896. 86 S.
43. Gesammelte Werke. Leipzig. Bd. 1. 1928. 428 S.; Bd. 2. 1906. 620 S.; Bd. 3. 1912. 500 S.
44. Ein Kapitel aus der Vorlesung von Franz Neumann über mechanische Wärmetheorie. Königsberg, 1854/1855; München, 1950. 27 S.

Литература о Франце Неймане

45. *Voigt W.* Erinnerung an F. E. Neumann, gestorben am 23. Mai 1895 zu Königsberg.—Nachr. Kngl. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-phys. Kl., 1895, S. 248—256.
46. *Volkman P.* Franz Neumann: Ein Beiträge zur Geschichte deutscher Wissenschaft. Leipzig, 1896. 68 S.
47. *Neumann L.* Franz Neumann: Erinnerungsblätter von seiner Tochter. Tübingen; Leipzig, 1904. 463 S.
48. *Wangerin A.* Franz Neumann und sein Wirken als Forscher und Lehrer. Braunschweig, 1907. 185 S.
49. *Neumann C.* Franz Neumann Beiträge zur Krystallonomie aus Jahren 1823 und 1826.—Abh. Math.-phys. Kl. Kngl. Sächsi-

- schen Ges. Wiss., 1916, Bd. 33, N 3, S. 205—249, 351—394, 397—454.
50. *Neumann C.* Über die Franz Neumann gegebene Begründung des Hauyschen Gesetzes.— Ber. Verh. Sächsischen Akad. Wiss. Leipzig. Math.-phys. Kl., 1919, Bd. 71, S. 35—80.
 51. *Neumann C.* Über die von Franz Neumann im Jahre 1826 gegebene Projektionsmethode.— Ber. Verh. Sächsischen Akad. Wiss. Leipzig. Math.-phys. Kl., 1919, Bd. 71, S. 313—345.
 52. *Wangerin A. F. E.* Neumann.— Jahresber. Dt. Math.-Verein. Berlin, 1897, Bd. 4, S. 54—56.
 53. *Biermann K.* Aus den Anfängen der wissenschaftlichen Laufbahn Franz Neumanns, des Begründers der mathematischen Physik in Deutschland.— Forschung. und Fortschr., 1960, Bd. 34, H. 4, S. 97—101.

Цитируемая литература

54. *Ленин В. И.* Полное собрание сочинений.
55. *Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения. 2-е изд.
56. *Шафрановский И. И. А. Г.* Вернер, знаменитый минералог и геолог. Л.: Наука, 1963. 197 с.
57. *Ромэ-Деллиль Ж. Б.* Предисловие и введение в «Кристаллографию» Ромэ-Деллиля.— В кн.: Стенон Н. О твердом, естественно содержащемся в твердом. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 92—143.
58. *Паскольская М. П., Шафрановский И. И.* Рене Жюст Гаюи. М.: Наука, 1981. 152 с.
59. *Белый Ю. А.* Иоганн Кеплер. М.: Наука, 1971. 295 с.
60. *Кеплер И. О.* О шестиугольных снежинках. М.: Наука, 1982. 192 с.
61. *Ломоносов М. В.* Полное собрание сочинений. М.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 2. 727 с.
62. *Weiss C. S.* Dynamische Ansicht der Krystallisation.— In: Nauy R. I. Lehrbuch der Mineralogie. Paris; Leipzig, 1804, Bd. 1, S. 365—389.
63. *Вернадский В. И.* Основы кристаллографии. М., 1904. Вып. 1. Ч. 1. 345 с.
64. *Шафрановский И. И.* История кристаллографии, XIX век. Л.: Наука, 1980. 324 с.
65. *Фабиян Э.* Творчество Христиана Самуила Вейса и вопрос о роли традиций в развитии науки.— Вopr. истории естествознания и техники, 1981, вып. 3, с. 10—21.
66. *Fischer F.* Christian Samuel Weiss und seine Bedeutung für die Entwicklung der Kristallographie.— Wiss. Ztschr. Humboldt-Univ. Berlin. Math.-naturwiss. R., 1962, Bd. 11, S. 249—255.
67. *Groth P.* Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften. Wiesbaden, 1926. 80 S.
68. *Grassman J. G.* Zur physischen Kristallonomie und geometrischen Combinationslehre. Stettin, 1829. H. 1. 184 S.

69. *Крицман В. А., Быков Г. В.* Герман Копп. М.: Наука, 1978. 160 с.
70. *Френель О.* Избранные труды по оптике. М.: Гостехтеориздат, 1955. 603 с.
71. *Brewster D.* On the communication of the structure of doubly refracting crystals to glass, muriate of soda, fluor spar, and other substances by mechanical compression and dilatation.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, 1816, pt 1, p. 156—178.
72. *Амензаде Ю. А.* Теория упругости. М.: Высш. шк., 1976. 272 с.
73. Развитие физики в России. М.: Просвещение, 1970. Т. 1, 415 с.
74. *Дуков В. М.* Электродинамика: (История и методология макроскопической электродинамики). М.: Высш. шк., 1975. 248 с.
75. *Кудрявцев П. С.* История физики. М.: Учпедгиз, 1956. Т. 1. 564 с.
76. *Sohncke L.* Entwicklung einer Theorie der Kristallphysik, Leipzig, 1879. 248 S.
77. *Конюков А. Ф.* История физики в Московском университете с его основания до 60-х годов XIX столетия, 1755—1859. М.: Изд-во МГУ, 1955. 300 с.
78. *De Senarmont H. N.* Ueber die Wärme-Leitungsfähigkeit der krystallisirten Substanzen.— *Pogg. Ann.*, 1848, Bd. 75, S. 482—501.
79. *Voigt W.* Lehrbuch der Kristallphysik. Leipzig, 1910. 964 S.
80. *Сиротин Ю. И., Шаскольская М. П.* Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1975. 680 с.

Оглавление

Предисловие	5
Глава 1	
Детство	7
Глава 2	
Военные годы	17
Глава 3	
Аттестат зрелости	31
Глава 4	
Студенческие годы	37
Глава 5	
Управляющий имением	53
Глава 6	
«Вклад в кристаллономию»	58
Глава 7	
Докторская степень	80
Глава 8	
Первые годы в Кенигсберге	94
Глава 9	
Пора расцвета	135
Глава 10	
Учитель	164
Глава 11	
Патриарх немецкой физики	192
Основные даты жизни и деятельности Франца Неймана	213
Литература	216

Анатолий Степанович Сонин

Франц Нейман

1798—1895

Утверждено к печати
Редколлегией серии
научно-биографическая литература
Академии наук СССР

Редактор издательства **Н. М. Дудолодов**
Художественный редактор **Л. В. Кабатова**
Технический редактор **М. Л. Анучина**
Корректоры **А. Б. Васильев, Р. Э. Землянская**

ИБ № 31234

Сдано в набор 07.08.85.

Подписано к печати 04.12.85

Т-14978. Формат 84×108¹/₃₂

Бумага книжно-журнальная. Импортная

Гарнитура обыкновенная

Печать высокая

Усл. печ. л. 11,76. Усл. кр. отт. 11,97. Уч.-изд. л. 12,3

Тираж 5150 экз. Тип. зак. 1821

Цена 85 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»

117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90.

2-я типография издательства «Наука»

121099, Москва. Г-99, Шубинский пер., 6.



В издательстве «Наука»
готовится к печати:
В серии «Научные биографии»

Кочина П. Я. Гёсте Миттаг-Леффлер. 1846—1927. 12 л. 80 к.

Первая на русском языке научная биография одного из крупнейших математиков Швеции, исследователя в области теории функций комплексного переменного. В книге рассматриваются математические работы Г. Миттаг-Леффлера. Рассказывается об основанном им в Стокгольме журнале «Acta mathematica», получившим международное признание еще в XIX в., о выдающихся математиках XIX—XX вв. (К. Вейерштрассе, Г. Канторе, С. В. Ковалевской, А. Пуанкаре и др.), с которыми Г. Миттаг-Леффлера связывали общие научные интересы. Автор книги — академик П. Я. Кочина.

Издание рассчитано на читателей, интересующихся историей математики.

Воронков Ю. С., Константинов М. С., Салахутдинов Г. М. Фридрих Артурович Цандер. 1887—1933. 15 л. 1 р. 10 к.

Первая научная биография Ф. А. Цандера, выдающегося советского ученого в области космонавтики. Ф. А. Цандер разработал оригинальные конструкции воздушных реактивных двигателей, ракетных двигателей на жидком топливе, ракет и ракетопланов, выдвинул и развил идею использования в качестве топлива для ракетного двигателя металлических частей ракеты, становящихся ненужными в полете. В книге проведен анализ трудов и изобретений ученого, использованы архивные материалы и воспоминания учеников Ф. А. Цандера.

Издание рассчитано на читателей, интересующихся развитием отечественной науки и техники.

Цыкало А. Л. Александр Михайлович Ляпунов. 1857—1918. 14 л. 1 р.

В книге всесторонне освещается жизнь и научная деятельность выдающегося русского ученого академика Петербургской Академии наук Александра Михайловича Ляпунова, основоположника ряда научных направлений в области математики и механики. Результаты его исследований в области теории ус-

тойчивости были использованы впоследствии при разработке и создании точных механических систем, а также в астрономии и космологии.

Издание рассчитано на читателей, интересующихся историей отечественной математики и механики.

Книги можно предварительно заказать в магазинах Центральной конторы «Академкнига», в местных магазинах книготоргов или потребительской кооперации без ограничения.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу:

117192 Москва, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой»
Центральной конторы «Академкнига»;
197345 Ленинград, Петрозаводская ул. 7, магазин «Книга — почтой»
Северо-Западной конторы «Академкнига»
или в ближайший магазин «Академкнига»

А.С.Сонин
Франц НЕЙМАН



А.С.Сонин

**Франц
НЕЙМАН**



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ

Г. П. Матвиевская

Альбрехт Дюрер — ученый

1471—1528

Книга воссоздает образ выдающегося немецкого художника Альбрехта Дюрера. В ней живо и увлекательно рассказывается о деятельности этого типичного представителя эпохи Возрождения, сочетавшего в себе черты художника и ученого, теоретика и практика; освещается его вклад в развитие науки и искусства на фоне общей характеристики эпохи. Приводится биография Дюрера, дается анализ его научного творчества, подробно комментируются вопросы истории науки, связанные с художественным творчеством Дюрера.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся развитием мировой науки и культуры.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 Днепропетровск, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 252030 Киев, ул. Пирогова, 4; 277012 Кишинев, проспект Ленина, 148; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7; 220012 Минск. Ленинский проспект, 72; 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6; 450059 Уфа, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87