



MARC JAYÉ
(1879—1960)

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA**МАКС фон ЛАУЭ**

24 апреля этого года автомобильная катастрофа прервала жизнь Макса фон Лауэ, замечательного ученого, заложившего основы одного из могущественных средств исследования вещества — атомно-структурного анализа. М. Лауэ как ученый выступил на сцену научной деятельности в эпоху развития идей новейшей физики — физики XX столетия. Как известно, наступление началось впервые в области теории излучения. Лауэ, ученик Планка, внес существенный вклад в эту теорию. В своих работах 1906—1907 гг. Лауэ ставит вопрос о том, подчиняется ли излучение законам термодинамики. Действительно, ведь можно говорить как о температуре, так и об энтропии излучения, а этого как раз достаточно, чтобы ввести излучение в круг представлений термодинамики. Однако тут же Лауэ показывает, что явление интерференции двух пучков, приводящее к уменьшению энтропии вместо ее возрастания, несовместимо с термодинамической трактовкой и требует обращения к статистическим методам. Нарушение второго закона происходит здесь вследствие когерентности пучков подобно тому, как броуновское движение в системе материальных частиц приводит к кажущемуся отступлению от термодинамического закона возрастания энтропии. Стоит нарушить когерентность пучков, как они начинают вести себя согласно законам термодинамики.

Эти идеи и последующее их развитие Джиномсом в классических работах по распределению энергии в спектре черного тела составили, как известно, основу созданных Планком квантовых законов излучения.

В последующие годы Лауэ был тесно связан с группой передовых ученых, сконцентрировавшихся вокруг блестящего теоретика, замечательного немецкого ученого А. Зоммерфельда. Основные интересы этой группы лежали в области теоретической оптики и вопросов, связанных с тогда еще таинственной природой лучей, открытых в 1895 г. К. Рентгеном. Хага и Винд, а позднее Вальтер и Поль пытались экспериментально показать волновую природу рентгеновских лучей в опытах по дифракции на тонких щелях. Эффект был незначительным, что указывало на малую длину волны этих лучей. Зоммерфельд, исходя из предположения о том, что рентгеновские лучи являются электромагнитными импульсами, возникающими при торможении электронов в рентгеновской трубке, теоретически подсчитал возможную длину волны: его оценка давала 10^{-9} см.

В то же время ученик Зоммерфельда сильный теоретик П. Н. Эвальд разработал остроумную теорию прохождения света через кристалл, взяв в качестве его модели правильную решетку излучающих диполей, конструирующих волновые поля внутри кристалла. Период этой решетки диполей, исходя из известных к тому времени оценок атомных величин, был принят также по порядку величины равным 10^{-8} см.

Блестящая идея соединить вместе эти два масштаба — длину волны рентгеновских лучей и межатомное расстояние, как сообщает М. Лауэ в своей автобиографии, пришла ему в голову в беседе с Эвальдом, и тут же родилась идея эксперимента: интерференции рентгеновских лучей кристаллом, которую Лауэ немедленно предложил осуществить двум молодым ученым В. Фридриху и П. Книппингу. Теория, быстро набросанная Лауэ, предсказывала, что узкий пучок рентгеновских лучей, пройдя через кристаллическую пластинку (одним из первых объектов явилась «цинковая обманка» ZnS), должен дать начало нескольким дифракционным пучкам.

Экспериментальная задача оказалась нелегкой для выполнения. Как мы теперь знаем, коэффициент атомного рассеяния рентгеновских лучей вообще мал, рентгеновские трубки в то время были маломощными, а стремление Фридриха и Книппинга как можно лучше диафрагмировать пучок еще более приводило к ослаблению его интенсивности. Долгое время не удавалось обнаружить эффект, однако настойчивость молодых физиков в конечном счете привела их к успеху. На фотопластинке, кроме

следа от прошедшего пучка лучей, загорелась поразительная картина правильной системы пятнышек, отвечающих симметрии кристалла. Это была победа.

Опыт Лауэ, Фридриха и Книппинга (1912 г.) одновременно разрешил два важнейших вопроса: о природе рентгеновских лучей и о строении кристаллов. Для первых была не только установлена их электромагнитная сущность, но и найдено их место на шкале длин волн между ультракороткими световыми и мягкими γ -лучами, для второго — отныне исчезли всякие сомнения (а их до этого было немало) о дискретной и правильно-периодической атомной структуре кристаллов.

Дальнейшее уточнение касалось только получения более детальных сведений о спектре испускаемых трубкой лучей и о реальном расположении атомов в разнообразных кристаллах. Хотя я сказал «только», однако эти области оказались почти неисчерпаемыми, и вот уже скоро 50 лет, как они служат предметом тщательного исследования в сотнях лабораторий всего мира многим тысячам исследователей.

Вслед за открытием Лауэ во многих странах началась активная разработка проблем дифракции рентгеновских лучей в кристаллах. Первое место среди этих работ безусловно занимают исследования У. Л. и У. Г. Брэггов, разработавших в Англии замечательные методы по определению структуры кристаллов. Работы эти общеизвестны, и здесь я не могу остановиться на них подробно, как они этого заслуживают. Рентгеновская спектроскопия получила мощное развитие — сперва в работах англичанина Мозели, затем в работах школы Зигбана в Швеции.

Большую роль в интерпретации опыта Лауэ как явления отражения рентгеновских лучей на внутренних гранях кристалла сыграла теоретическая работа известного русского кристаллографа Ю. В. Вульфа. Вслед за открытием Лауэ Ю. В. Вульф вместе с Н. Е. Успенским выполнили несколько экспериментальных исследований, из которых особенно интересным является опыт «по двойной дифракции», который можно считать предшественником употребительного в настоящее время метода двойного кристалл-спектрографа.

Основополагающим для кристаллофизики явился и опыт А. Ф. Иоффе, крупнейшего советского ученого, ученика Рентгена, которого советская и мировая наука потеряла на днях.

Как показал А. Ф. Иоффе, при прохождении рентгеновских лучей через кристалл, находящийся под действием растягивающей его нагрузки, возникает своеобразное растяжение пятен лауэграммы, свидетельствующее о происходящем в кристалле скольжении с поворотом отдельных пачек, на которые разбивается кристалл. Этим было доказано, что и при значительном изменении формы кристалл сохраняет свое правильное строение.

М. Лауэ в течение всей своей долгой жизни не переставал разрабатывать важнейшие вопросы теории дифракции рентгеновских лучей в кристаллах.

В 1931 г. вышла интересная работа Лауэ по динамической теории интерференции.

Первоначальная теория Лауэ предсказывала в основном геометрическую картину распределения дифракционных пучков и мало могла сказать об интенсивности этих пучков в идеально-правильной решетке. Это было связано с тем упрощением, что рассматривалось лишь однократное рассеяние первичного луча атомами. Правильная теория должна была бы учитывать и многократное рассеяние всего множества отраженных лучей.

В теории Эвальда эта идея приобрела законченную форму. Основное положение теории состоит в том, что волновые поля внутри кристалла должны быть самосогласованы. Волны, возбуждающие колебания диполей, которыми в модели Эвальда заменяются атомы кристалла, вновь конструируются за счет сложения шаровых волн, испускаемых диполями. Это приводит к тому, что всевозможные интерференционные лучи возникают сразу с соответствующими интенсивностями.

Блестящее математическое развитие этой теории привело не только к лучшему пониманию явления дифракции и более точному учету интенсивностей дифракционных пучков, но и предсказало ряд новых удивительных фактов: полного отражения в узком интервале углов, экстинкции.

Динамическая теория Эвальда довольно сложна. Она, кроме того, слишком преувеличивает дискретность строения вещества, считая, что все источники вторичных волн сосредоточены в точках, изображающих центры атомов.

Лауэ в своей работе 1931 г. удачно соединил идею периодичности кристалла с необходимым представлением кристалла как электронного континуума. Теория Лауэ использует также модель, но эта модель уже гораздо ближе к действительному строению кристалла, чем модель Эвальда. Лауэ исходит из того, что положительные заряды — ядра атомов — участвуют в колебаниях, создающих волновые поля. А следовательно, положительный заряд можно распределить в решетке произвольным образом, не нарушая существенных оптических свойств кристалла. Однако, если распределить их так, чтобы они в невозбужденном кристалле компенсировали отрицательный заряд электронов, то при прохождении волны диполи будут распределены непрерывно, образуя континуум. Лауэ показал, что в этом случае каждая точка пространства

кристалла обладает некоторой фиктивной диэлектрической постоянной, коэффициенты разложения которой в ряд Фурье по решетке определенным образом связаны с коэффициентами ряда Фурье электронной плотности.

Таким образом, кристалл заменяется средой с трехмерно периодическим распределением диэлектрической постоянной, и, решая обычными методами электродинамики задачу распространения электромагнитных волн в среде, можно прийти к полному описанию явления дифракции рентгеновских лучей в кристаллах. Лауэ получил те же результаты, что и Эвальд, но его заслуга в том, что динамическая теория интерференции после его работ приобрела законченность и ту простоту, которая отличает всякую зрелую физическую теорию.

В течение всей своей жизни М. Лауэ неоднократно возвращался к работам по интерференции в кристаллах. Им была написана и много раз переиздавалась книга «Рентгеновские лучи и явления интерференции» (*Röntgenstrahl-Interferenzen*), написано много статей и сделано немало докладов на эту тему. За открытие дифракции рентгеновских лучей М. Лауэ в 1915 г. был удостоен Нобелевской премии.

Наряду с указанным кругом исследований в области оптики и кристаллофизики М. Лауэ много работал и в других важнейших разделах современной физики: в области теории относительности и вопросах сверхпроводимости. Вместе с Лондоном, который является учеником Лауэ, он около 1947 г. создал на основе представления о сверхпроводящем веществе как особой фазе в термодинамическом смысле феноменологическую теорию сверхпроводимости, которая вместе с термодинамикой двухфазной системы в существенных чертах описывает все наблюдаемые явления в сверхпроводящих веществах. При появлении в 1905 г. теории относительности Эйнштейна Лауэ отнесся к ней достаточно осторожно, однако впоследствии стал ее самым горячим приверженцем. Его роль здесь, как участника многих работ, особенно по теории тяготения (1916—1921 гг.), а также как неутомимого популяризатора этой теории — огромна. С Эйнштейном его связывала глубокая многолетняя дружба.

Лауэ как ученого и как человека всегда отличала большая принципиальность и смелость в суждениях. Во времена нацизма в Германии придерживаться этих принципов было не всегда легко. Ф. Бек в недавно опубликованной статье (*Physikalische Blätter*, 1959/10) рассказывает, что Лауэ имел мужество в ответ на выговор, полученный им от гитлеровского Министерства культуры в 1943 г. за упоминание о теории относительности, тотчас же опубликовать статью под названием «Релятивистское доказательство виновного закона смещения». Последние годы (с 1951 по 1955 г.) М. Лауэ принял на себя руководство Институтом физической химии в Берлин-Далеме. Этот институт, когда-то носивший имя кайзера Вильгельма, теперь переименован в институт имени Фрица Габера. М. Лауэ — один из 18 геттингенских физиков, подписавших около двух лет назад декларацию-протест против атомного вооружения Западной Германии и отказавшихся каким-либо образом содействовать этому.

В лице Лауэ наука потеряла одного из лучших представителей классической науки, изложивших основы современной физики. Созданные им идеи навсегда останутся лучшим памятником этому замечательному ученому*).

С. Т. Конобеевский

*) Ниже приводится извлечение из автобиографии М. Лауэ, рисующее творческий путь этого замечательного ученого. (Ред.)

