

Луи де Броиль

---

ПО ТРОПАМ

НАУКИ

ЛУИ ДЕ БРОЙЛЬ

ПО ТРОПАМ  
НАУКИ

*Перевод с французского*  
кандидата физико-математических наук  
С. Ф. ШУШУРИНА

*Послесловие и общая редакция*  
доктора философских наук, профессора  
И. В. КУЗНЕЦОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1962

## ЖИЗНЬ И ТВОРЧЕСТВО ЭМЕ КОТТОНА<sup>1</sup>

Господа!

В 1845 году Фарадей открыл явление вращения плоскости поляризации света в прозрачном теле, помещенном в магнитное поле. Это была великая дата в истории физики, потому что с открытием Фарадея впервые была надежно установлена связь между световыми и электрическими явлениями. Это открытие ознаменовало рождение совершенно новой отрасли физической науки, явившейся в некотором роде пограничной между оптикой и электромагнетизмом и охватившей целый ряд новых явлений, которые вскоре были названы электрооптическими или магнитооптическими явлениями. Что касается области идей, открытие Фарадея дало основание предполагать о существовании глубокого родства между светом и электромагнитными явлениями; оно подготовило гениальный синтез, осуществленный несколько лет спустя Джемсом Кларком Максвеллом, который рассматривал световую волну Френеля как электромагнитное по своей природе колебание; таким образом, вся оптика вошла в качестве отдельной главы в общее учение об электромагнетизме.

Но открытие Фарадея имело гораздо большее значение, которое постепенно выявляется. Оно не только позволило установить электромагнитную природу световой волны, но также и показало, что в веществе существуют наэлектризованные центры, на которые может воздействовать световая волна и которые воздействуют на нее. Открытие всей серии этих замечательных явлений: расщепление спектральных линий, испускаемых источником под действием магнитного поля, свойства двойного лучепреломления, приобретенные изотропными прозрачными телами под

---

<sup>1</sup> Доклад, прочитанный на открытом ежегодном заседании Академии наук 14 декабря 1953 года.

действием магнитного поля или электрического поля, вращение плоскости поляризации света при отражении от ферромагнитного тела и т. д.— раскрыло нам различные стороны взаимодействия световых волн с наэлектризованными частицами вещества. Г. А. Лорентц, следуя по стопам Максвелла, вскоре теоретически проанализировал взаимодействие света с веществом, предполагая, что последнее состоит из наэлектризованных частиц. Экспериментальное обнаружение ионов и электронов явилось прямым подтверждением существенной роли, которую играют в строении вещества наэлектризованные частицы различного рода; эта фундаментальная идея продолжает доминировать во всей современной физике.

В конце прошлого века, воодушевленные новыми перспективами, которые, таким образом, открывались перед наукой, молодые исследователи во многих странах занялись изучением электро- и магнитооптических явлений. В этой интернациональной работе французская школа была призвана сыграть важную роль. Действительно, некоторые фундаментальные открытия в области волновой оптики были сделаны учеными нашей страны: открытие поляризации света Малюсом в 1807 году, открытие вращающей способности у некоторых тел Араго в 1811 году, продолженное работами Био по вращательной поляризации. Разве не Огюстену Френелю мы обязаны построением того замечательного монументального сооружения, каким является волновая теория света? Многие французские геометры и физики внесли в него затем важный и разнообразный вклад. После Френеля вехами в истории оптики XIX века являются известные имена французских ученых Физо, Фуко, Бабине, Жамена, Маскара, Липпмана и других. Менее известны во Франции были те, кто вслед за Фарадеем занялся электро- и магнитооптикой; говоря о них, следует назвать, однако, скромного физика, добросовестного издателя трудов Френеля,— Марселя Эмиля Верде. Хотя он и не являлся членом нашей академии, но ему принадлежит заслуга в деле окончательного установления количественного закона, которому подчиняются явления Фарадея, и с его именем связана фигурирующая в этом законе константа. Следует также упомянуть имена Эдмона и Анри Беккерелей, которые относятся ко второму и третьему поколениям династии Беккерелей-физиков; и тот, и другой внесли важный вклад в изучение вращательной поляризации и ряда смежных вопросов.

сов. Известно, что их работы в этой области нашли блестящее продолжение в трудах недавно скончавшегося члена нашей академии Жана Беккереля, четвертого представителя этой блестящей плеяды физиков.

К поколению физиков, родившихся примерно в 1870 году, принадлежал также выдающийся ученый, известный как своими важными научными работами, так и возвышенностью своей души, который сделал в электро- и магнитооптике открытия фундаментальной важности и по праву приобрел мировую известность. Я хочу сказать о члене нашей академии Эме Коттоне, который еще два года назад вызывал наше восхищение и любовь и память о котором навсегда сохранится в наших сердцах. В одном из моих последних докладов я говорил о жизни и творчестве Шарля Фабри. Судьбы Коттона и Фабри были во многом схожими: почти в одном возрасте, связанные узами дружбы, они одновременно заняли две большие кафедры общей физики в Сорбонне и бок о бок сотрудничали в нашей академии. Но в то время как блестящие и обширные работы Фабри были в основном посвящены изучению явлений собственно волновой оптики, работы Эме Коттона, по сути дела, относились к той большой отрасли, в которой оптика смыкается с электромагнетизмом, и были посвящены выяснению вопросов строения вещества, молекул и атомов. Поскольку несколько лет назад с этой трибуны произносились слова, посвященные крупному ученому Шарлю Фабри, было бы несправедливым сегодня обойти молчанием такого крупного, не похожего на Фабри, но не менее привлекательного ученого, как Эме Коттон.

\* \* \*

Эме Коттон родился в г. Буре (департамент Эн) 9 октября 1869 года. Он был сыном преподавателя университета Эжена Коттона, деятельность которого протекала большей частью в том же департаменте. Сыну крестьянина, Эжену Коттону удалось поступить на учебу в начальное педагогическое училище в Буре, и после его окончания он начал свою карьеру преподавателем колледжа в Нантуа. Получив степень бакалавра, он преподавал затем в течение девяти лет в колледже г. Бура и, продолжая наряду с преподаванием свое образование, в конце концов смог получить должность преподавателя математики в Бурском лицее.

В молодости его постигло большое несчастье: после рождения его сына Эмиля Коттона, который также был членом (членом-корреспондентом) нашей академии, он остался вдовцом с тремя детьми на руках.

Эме Коттон начал свою учебу в Бурском лицее. Это учреждение еще жило славными воспоминаниями о великом Ампере, так как оно являлось переименованным училищем департамента Эн, в котором в дни своей молодости начал свою преподавательскую деятельность Ампер. Но в Бурском лицее не было специального класса математики; поэтому молодой Коттон не мог (вопреки своему желанию) подготовиться к вступительному экзамену в какой-нибудь из крупных институтов. Его отец, желая облегчить учебу двух своих сыновей и дочери, решил покинуть родной департамент и получил должность преподавателя в Клермон-Ферране, в лицее имени Блеза Паскаля.

Эме Коттон любил вспоминать о своих годах, проведенных в старших классах Клермон-Ферранского лицея. Он охотно отдавал должное заслугам своего преподавателя специального курса математики Константина и своего преподавателя физики Изарна; он говорил об их вкладе в свое научное образование. Но он также любил говорить о том, с каким интересом слушал курс лекций молодого профессора философии, позднее ставшего одним из наиболее известных представителей французской мысли, Анри Бергсона.

В августе 1889 года Эме Коттон поступил в Эколь нормаль суперьёр, но до фактического начала учебы он должен был отбыть год военной службы как солдат второго класса; эту ступень (если можно так сказать) военной иерархии он никогда не мог преодолеть. В Эколь нормаль, научным директором которой являлся Жюль Таннери, его товарищами были Эли Картан, Эмиль Борель, Шарль Морен; все они впоследствии стали членами нашей академии, а его учителями были покойные члены нашей академии Робер Лепё и Марсель Бриллюэн. Там он познакомился с Анри Мутоном, с которым у него позднее установилось плодотворное сотрудничество, и с Пьером Кюри, блистательный ум которого и глубокие представления о роли симметрии в физических явлениях оказали на него большое и длительное влияние. Кроме того, он слушал в то время курсы уже известных молодых математиков Эмиля Пикара и Анри Пуанкаре.

Получив после года подготовки, о котором он сохранил тягостные воспоминания, звание кандидата наук, он начал в лаборатории физики Эколь нормаль работу над докторской диссертацией.

Эта работа связала его узами дружбы с Жаном Перреном, в то время только что получившим экспериментальное доказательство того, что катодные лучи состоят из заряженных частиц, и с Полем Ланжевеном, тогда только еще начинавшим свою блестательную карьеру.

Еще до защиты диссертации в 1895 году Коттон был назначен лектором Факультета естественных наук в г. Тулузе; там он проработал пять лет. Но уже слава о его первых работах давала основания полагать, что Коттону суждено более высокое назначение. Когда Факультет естественных наук в Тулузе предложил ему должность ассистента профессора, его пригласили заменить Виолля на должности преподавателя Эколь нормаль суперьёр. И с этого времени в течение более двадцати лет, будучи преподавателем, затем профессором Сорбонны, он никогда не порывал с Эколь нормаль; он энергично направлял лабораторные работы в этом крупном учреждении и своими лекциями и личным примером подготовил большое число учеников, многие из которых ныне являются членами нашей академии. Далее нам представится случай вернуться к выполненным им работам как в области чистой науки, так и в области применения физики для целей национальной обороны; ему пришлось этим заняться в связи с войной 1914—1918 годов.

После окончания первой мировой войны Эме Коттон, которому тогда только что исполнилось пятьдесят лет, был уже известным ученым. Расставшись с Эколь нормаль, он в 1920 году становится штатным профессором Факультета естественных наук в Париже, где возглавляет в течение двух лет кафедру теоретической физики и физики небесных тел, а затем в 1922 году сменяет Габриеля Липпмана на кафедре общей физики; он с блеском занимал эту кафедру в течение почти двадцати лет, до своей отставки.

Он был удостоен премии Пирсона — Перрена в 1907 году и премии Ла Каза в 1918 году, учрежденных Институтом Франции, а 26 ноября 1923 года был избран членом секции Общей физики нашей академии.

Эти признания увенчали ряд замечательных работ, основные черты которых мы хотим сейчас кратко изложить.

Когда Коттон в 1895 году начал свои первые самостоятельные исследования, то его внимание привлекло прежде всего изучение условий распространения поляризованного света в средах из поглощающего вещества.

С XVII века известно о существовании двойного лучепреломления исландского шпата. Волновой теории света 150 лет спустя удалось благодаря Френелю объяснить, как происходит распространение света в двоякпреломляющих кристаллах. Она показала, что обыкновенный луч и необыкновенный луч, наблюдаемые в этих кристаллах, соответствуют световым волнам, поляризованным линейно и взаимно перпендикулярно, распространяющимся в кристалле с различными скоростями. Было замечено, что для некоторых окрашенных двоякпреломляющих кристаллов, поглощающих свет, обыкновенный луч и необыкновенный луч поглощаются в различной степени. Это явление, получившее название «дихроизм», иногда бывает столь ярко выражено, что одному из лучей удается пройти через кристалл, а другой полностью поглощается. Таким свойством отличается турмалин; поэтому пластинка турмалина может служить в качестве плоского поляризатора.

С другой стороны, в 1811 году Араго открыл явление вращательной поляризации; когда линейно поляризованный свет проходит через некоторые кристаллы, называемые «оптически активными», его плоскость поляризации поворачивается постепенно, по мере распространения света. Волновая теория объясняет это, говоря, что оптически активное тело распространяет с различными скоростями световые колебания, поляризованные по кругу в противоположных направлениях; поскольку прямолинейное колебание можно разложить на два круговых колебания с одинаковыми амплитудами и противоположными направлениями, то из этого сразу следует вращение плоскости поляризации. Молодой Эме Коттон был хорошо знаком с этими классическими явлениями, но, размышляя над ними, он смело поставил вопрос, который привел его к важному открытию. «Если у некоторых двоякпреломляющих тел,— говорил он,— существует различие поглощений, что приводит к дихроизму для двух линейно поляризованных волн, распространяющихся в этих телах с различными скоростями, то почему бы не существовать у некоторых опти-

чески активных тел различного поглощения двух волн, поляризованных по кругу в противоположных направлениях, которые также распространяются в этих средах с различными скоростями?»

Этот «круговой дихроизм», к представлению о котором пришел молодой физик и который, как ему казалось, возможно было объяснить на основе теоретических соображений, никогда не наблюдался. Но Коттон был экспериментатором столь же изобретательным, сколь и кропотливым; ему удалось обнаружить это явление при исследовании некоторых растворов окрашенных солей винно-каменной кислоты. Действительно, он установил, что линейно-поляризованные световые колебания, проходящие через такой раствор, не просто вращаются, но и превращаются в эллиптически поляризованные колебания, что сразу же объясняет существование кругового дихроизма.

Итак, в возрасте 25 лет будущий член нашей академии открыл новое явление, которое до тех пор ускользало от физиков. Он проявил в этом исследовании очень большие экспериментальные способности, которые позволили ему сразу же не только легко доказать наличие кругового дихроизма весьма простым путем, но и с помощью изящного фотометрического метода измерить по отдельности поглощение лучей, поляризованных вправо и влево, и уточнить, что простая смесь активного вещества и поглащающего вещества не имеет дихроизма, о котором идет речь.

Продолжая дальше свои исследования, Коттон поставил следующий вопрос: не сопровождается ли поглощение колебаний, поляризованных по кругу, в активном веществе аномалиями вращающей способности вблизи частот поглощения. Действительно, известно, что когда в спектре тела имеется полоса поглощения, то для излучений, частота которых близка к частоте полосы поглощения, имеют место аномалии показателя преломления. Эта аномальная дисперсия в тех частях спектра, в которых тело поглощает, наблюдалась уже издавна и нашла удовлетворительное объяснение в различных механических и электромагнитных теориях света. В случае оптически активных поглащающих тел существование кругового дихроизма также должно, как легко видеть, вызывать аномалии в изменении (в зависимости от частоты) вращательной способности тел. Коттон обнаружил эти аномалии для растворов двойных солей винно-каменной кислоты и для целого ряда других окрашенных

растворов. Сравнивая наблюдаемые явления с классическим ходом кривых аномальной дисперсии, которые имеют максимум и минимум вблизи области поглощения и точку отклонения в центре этой области, он показал, что это сравнение полностью объясняет наблюдаемые аномалии вращательной способности и учитывает эмпирическое правило, согласно которому «чем ближе к красному краю полосы поглощения, тем быстрее распространяется менее поглощающийся луч, а у фиолетового края наблюдается обратная картина».

Работы Коттона по вращательной аномальной дисперсии, связанной с круговым дихроизмом, положили начало целому ряду исследований. В частности, двое из его учеников — член нашей академии Эжен Дармуй и покойный Жорж Брюа — нашли позднее в этой области темы для своих докторских диссертаций.

После этой первой и блестящей серии открытий, касающихся кругового дихроизма оптически активных тел, Эме Коттон поставил вопрос, нельзя ли встретить аналогичные явления при изучении распространения света в оптически неактивных телах, помещенных в однородное магнитное поле и обнаруживающих магнитную вращательную способность, открытую Фарадеем. Не может ли вращательная способность, вызванная наличием магнитного поля, иногда также сопровождаться, как и естественная вращательная способность, круговым дихроизмом и аномалиями, соответствующими магнитной вращательной дисперсии?

Несмотря на свое экспериментальное мастерство, член нашей академии сначала не смог обнаружить круговой дихроизм у использованных им окрашенных растворов. Лишь позднее, когда он исследовал совместно с Мутоном коллоидные растворы, ему удалось обнаружить круговой дихроизм у некоторых коллоидных растворов гидроокиси железа. Однако ему удалось ясно продемонстрировать наличие аномальной магнитной вращательной дисперсии, имеющей такие же характерные черты, как и дисперсия растворов с естественной оптической активностью, и ясно свидетельствующей о существовании поглощения лучей, поляризованных по кругу. Наблюдаемые явления, впрочем, могут быть сильно осложнены благодаря эффекту Зеемана, то есть благодаря действию, которое оказывает магнитное поле на поглощающую способность изучаемого вещества. Именно в это время (1896) Зееман только что открыл явление

действия магнитного поля на линии, испускаемые источником; вполне естественно, что внимание Коттона было сразу же привлечено к этому замечательному открытию.

Как известно, эффект Зеемана совершенно отличен от эффекта Фарадея. Он заключается не в изменении условий распространения света в прозрачном теле за счет действия магнитного поля, а в изменении процесса испускания света источником, помещенным в магнитное поле. Он состоит в расщеплении, иногда простом, чаще весьма сложном, линий, испускаемых источником в нормальных условиях, на линии с близкими частотами и вполне определенной поляризацией; это расщепление вызывается действием магнитного поля.

Открытие эффекта Зеемана явилось важным этапом развития современной физики; оно показало, что испускание света источником связано с движением электрически заряженных частиц, составных частей внутренней структуры молекулярных или атомных кирпичиков. Лорентц с помощью своей электронной теории смог предсказать существование этого явления и описать его с помощью формулы, оказавшейся верной в простом частном случае, в случае так называемого «нормального» эффекта Зеемана.

Впрочем, в формулу Лорентца входит отношение  $\frac{e}{m}$  электрического заряда к массе электрически заряженной частицы, ответственной за испускание света, поэтому точное наблюдение нормального эффекта Зеемана должно позволить определить величину этого отношения  $\frac{e}{m}$ . Действительно, вскоре оказалось возможным установить, что величина  $\frac{e}{m}$ , входящая в формулу для эффекта Зеемана, является величиной, характерной для элементарной частицы отрицательного электричества — электрона. Таким образом, оказался установленным тот важный факт, что электрон является одной из существеннейших составных частей вещества и что испускание света связано с движением электронов в атомах источника.

Приступая к исследованию эффекта Зеемана, Коттон сразу нашел новый и оригинальный метод его обнаружения на основе использования тесной связи, которая всегда существует между испускателной и поглощательной способностями одного и того же тела. Путем термодинамических

рассуждений, ставших классическими, Кирхгоф показал, что если тело способно испускать свет определенной длины волны, то оно также должно быть способно и поглощать его; этот вывод позволил истолковать часто наблюдаемое явление «обращения линий». Коттон много размышлял об условиях применимости закона Кирхгофа и позднее уточнил их в статье, опубликованной в «Ревю женераль де съанс», следующим образом: «Если тело испускает в определенном направлении пучок лучей, распространяющий колебания с определенным периодом и состоянием поляризации, то оно и поглощает пучок лучей, распространяющий те же колебания в обратном направлении»; далее он аналогичным путем уточнил утверждения Кирхгофа об отношении испускательной способности к поглощающей способности. Ясно сознавая, что, применяя правила Кирхгофа, существенно учитывать состояние поляризации световых колебаний, наш коллега по академии заметил важность этого замечания в применении к эффекту Зеемана. Если при отсутствии какого бы то ни было магнитного поля наблюдают излучение пламени, содержащего натрий, причем излучение проходит через другое пламя, также содержащее натрий, то второе пламя поглощает лучи, испускаемые первым; второе пламя также испускает линии натрия, но при благоприятных обстоятельствах оно сможет испускать их в целом не больше, чем их поглощает, и в излучении первого пламени, наблюданном через второе, линии натрия будут выделяться на черном фоне. Тогда оригинальную идею Коттона можно сформулировать следующим образом: если первое пламя поместить в магнитное поле, его линии испускания будут расщеплены за счет эффекта Зеемана на линии с вполне определенной поляризацией, и поглощение этих линий вторым пламенем, расположенным вне магнитного поля, будет несколько иным. Строгое применение правила Кирхгофа позволяет предсказать явления, которые будут при этом наблюдаться. Не входя в подробности очень искусных экспериментов, поставленных нашим коллегой по академии, скажем лишь, что полученные им результаты оказались в полном согласии с его теоретическими предсказаниями. Таким образом, вместо непосредственного наблюдения изменения линий испускания под действием магнитного поля на источник это изменение оказалось возможным наблюдать благодаря обусловленному им обращению линий. Впрочем, можно было бы поступить иначе, поместив в магнитное поле

не первое пламя, а второе. Тогда можно утверждать, что включение магнитного поля привело бы к исчезновению или по крайней мере к частичному обращению линий, наблюдавшихся при отсутствии магнитного поля, а это хорошо согласуется с теоретическими предсказаниями. Наблюдение явлений, впрочем, зачастую осложняется тем, что магнитное поле, вызывающее расщепление спектральных линий, порождает также магнитное двойное лучепреломление в используемых пламенах. Но Коттон умел с очень большой точностью анализировать самые сложные экспериментальные явления и четко распутывать сложный клубок взаимно накладывающихся явлений.

Это умение анализировать сложные факты обнаруживается в небольшой статье, которую он в то время (1899) посвятил эффекту Зеемана и которая опубликована в сборнике «Scientia». В ней содержится наряду со скрупулезным разбором всех экспериментальных средств для изучения этих явлений, которыми тогда располагали, глубокое изложение всех очень сложных результатов, полученных различными физиками о различных сторонах явлений Зеемана, которое, как мы сказали, редко имеет простой вид, предсказываемый теорией Лоренца и соответствующий так называемому «нормальному» эффекту Зеемана. Эффект Зеемана, вообще говоря, является аномальным, то есть не объясняемым теорией Лоренца, и очень сложным. Лишь после долгих лет «нащупывания», эмпирического открытия правил Рунге и Престона, затем известной формулы Ланде, наконец, развития теории «спина» электрона физики выяснили проблему, долгое время считавшуюся неразрешимой загадкой. В ту эпоху, когда Коттон писал свою статью, можно было лишь констатировать трудности, ждущие своего решения. Тем не менее, отметив, что сложные явления эффекта Зеемана зависят от спектральной серии, к которой принадлежит наблюдаемая линия, он добавил с присущей ему глубиной: «Мы видим, что изучение этого нового действия магнетизма в будущем, конечно, будет связано с классификацией линий. Без сомнения, оно во многом поможет попыткам разобраться в хаосе, созданном спектрами, состоящими из большого числа линий». И это предчувствие полностью оправдалось при дальнейшем развитии спектроскопии и атомной физики.

Как мы сказали, точное измерение положения расщепленных линий в нормальном эффекте Зеемана (или даже

в некоторых аномальных эффектах, в которых расщепление просто кратно совокупности нормальных расщеплений) позволяет получить значение важной электронной константы  $\frac{e}{m}$ . В сотрудничестве с Пьером Вейссом, используя большой электромагнит, который только что был изготовлен тогда в Цюрихском политехническом институте, Коттон измерил ширину зеемановского триплета, образованного тремя голубыми линиями цинка. В этом триплете расстояния между линиями в 2 раза больше расстояний, наблюдающихся в нормальном триплете, так что из их значений с помощью формулы Лоренца можно легко получить значение  $\frac{e}{m}$  и одновременно проверить, изменяя напряженность магнитного поля, пропорциональность этих расстояний величине поля. Значение, найденное Коттоном и Вейссом в 1907 году, было:  $\frac{e}{m} = 1,767 \cdot 10^7$  СГСМ. Параллельные работы Кауфманна, Симона и Зейтца дали заметно более высокое значение:  $\frac{e}{m} = 1,878 \cdot 10^7$ . Но позднее было доказано, что все эти три работы имели один и тот же источник ошибок и что значение, полученное Коттоном и Вейссом, является наилучшим. Современное значение  $\frac{e}{m}$  очень близко к значению, полученному ими.

\* \* \*

Когда Эме Коттон уже считался одним из виднейших специалистов по магнитооптике, он начиная с 1903 года в сотрудничестве со своим другом Анри Мутоном занялся глубоким изучением коллоидных растворов. У Коттона, который пережил Анри Мутона, остались о нем наилучшие воспоминания. «Универсальный ум,— писал он,— Анри Мутон мог бы быть с таким же успехом математиком или физиком, как и естествоиспытателем, которым он являлся. Он был для меня самым дорогим сотрудником, и оба наших имени часто встречаются вместе в публикациях совместных работ».

Коллоидные растворы представляют собой суспензию частиц в жидкости. Их изучение осложняется тем, что частицы так малы, что их, вообще говоря, нельзя наблюдать в обычный микроскоп.

Для преодоления этой трудности следовало использовать ультрамикроскопы, аналогичные приборам, разработанным Зидентопфом и Жигмонди. Для этого рассматриваемый под микроскопом препарат освещается пучком света, направленным снизу под очень малым углом. Этот пучок, испытывая полное внутреннее отражение на внешней поверхности покровного стекла, не проходит в микроскоп. Поле микроскопа остается, таким образом, темным, но если в препарате содержатся небольшие частички, способные рассеивать в направлении микроскопа небольшое количество падающего света, то частицы будут видны на темном поле микроскопа как звездочки, вообще говоря, движущиеся и имеющие незначительные размеры.

Используя ряд очень искусных приспособлений, Коттон и Мутон разработали усовершенствованную модель ультрамикроскопа и вместе выполнили ряд работ на ультрамикроскопической установке. Они сразу использовали свой прибор для решения некоторых проблем, например для изучения некоторых полос при явлениях интерференции или дифракции, обнаружения расходящихся волн при полном внутреннем отражении, исследования состояния поверхностей и т. д. Но в особенности он сослужил им службу при изучении коллоидных растворов. Изучая гидрозоль серебра, они смогли наблюдать броуновское движение коллоидных частиц и проследить шаг за шагом во всех подробностях и механизмы коагуляции. Они также проследили перенос электричества коллоидными частицами, а также сложные явления, возникающие зачастую вблизи стенок, где можно наблюдать движения, направления которых противоположны общему направлению движения. Они сильно расширили наши знания о структуре коллоидных растворов. Они первые предложили называть «мицеллой» электрически нейтральную совокупность, состоящую из коллоидных частиц, имеющих электрический заряд одного знака, и частиц, имеющих заряд другого знака по отношению к окружающему их невидимому носителю. Следует отметить также высказанную ими остроумную идею о прослеживании изменения переменного электрического напряжения путем наблюдения с помощью ультрамикроскопа движения расположенных между электродами заряженных коллоидных частиц.

Но занявшихся, таким образом, изучением коллоидных растворов, Коттон не упускал из виду магнитооптику, так

как он знал, что различные коллоидные растворы под действием магнитного поля обладают двойным лучепреломлением, или дихроизмом.

Поэтому явления двойного лучепреломления, или дихроизма, он изучал на коллоидном растворе, известном в фармацевтике под названием «соль Браве». Он полностью отделил явление двойного лучепреломления в этом растворе от побочных явлений и показал, таким образом, ошибочность некоторых иных истолкований. Он точно определил отрицательную вращательную способность коллоидных растворов окиси железа и их круговой магнитный дихроизм. Он смог показать, что их значение существенно зависит от ориентации коллоидных частиц относительно магнитного поля.

В ходе своих исследований Коттону удалось сделать интересное открытие. Он добавил в изучавшиеся жидкости тепловатый раствор желатина и дал ему возможность превратиться путем охлаждения в желе в поле электромагнита. Полученное таким образом желе оказалось намагниченным. Оно вело себя как прозрачный магнит, который заметно сохранил вращательную магнитную способность вдоль силовых линий поля. Наиболее замечательным свойством этого прозрачного магнита было то, что он обладал более стабильным намагничением, чем стальной магнит.

Наш коллега по академии провел также ряд различных исследований «гетерогенных жидкостей», в которых были взвешены небольшие кристаллики. Ему удалось наблюдать и измерить их двойное лучепреломление, их магнитный дихроизм и полностью теоретически истолковать эти факты.

\* \* \*

В процессе своих исследований, выполнявшихся совместно с Анри Мутоном, Эме Коттон в 1907 году обнаружил магнитное двойное лучепреломление абсолютно прозрачных чистых жидкостей. Он открыл новое явление, совершенно отличное от предыдущих, поскольку изучавшиеся жидкости были однородными и совершенно непоглощающими. Таким образом, это явление аналогично явлению электрического двойного лучепреломления, обнаруженному Керром.

Это явление было открыто у нитробензола, который обладает также большим электрическим двойным лучепреломле-

нием. Коттону удалось установить, что магнитное двойное лучепреломление нитробензола является положительным, то есть жидкость, помещенная в поле, ведет себя, как тонкая пластиинка кварца, вырезанная параллельно его оптической оси. Далее ему удалось показать с помощью очень сильных магнитных полей, что магнитным двойным лучепреломлением, положительным или отрицательным, обладают и другие чистые жидкости.

Магнитное двойное лучепреломление чистых жидкостей возникает вследствие ориентации молекул в магнитном поле, ориентации, которая стала бы полной, если бы ей не препятствовало тепловое возбуждение. Теория этого явления вполне аналогична теории для объяснения парамагнетизма, как раз в тот же период развитой Ланжевеном; Коттону удалось уточнить некоторые важные моменты этой теории.

Исследования Коттона и Мутона по магнитному двойному лучепреломлению чистых жидкостей, длившиеся шесть лет, были весьма обширными. Сначала они подтвердили, что это явление подчиняется тому же закону, что и двойное лучепреломление Керра, то есть разность хода, выраженная в длинах волн, пропорциональна толщине слоя жидкости, через которую проходит свет, и квадрату напряженности магнитного поля; они даже провели в случае нитробензола измерение абсолютной величины магнитного двойного лучепреломления. Они исследовали зависимость этого явления от длины волны, его дисперсию и нашли, что в данном случае справедлива известная формула Хэвлока. Они доказали также, что магнитное двойное лучепреломление явно уменьшается с возрастанием температуры; в результате изучения температурного поведения, а также изучения дисперсии им удалось констатировать большую аналогию между ходом магнитного двойного лучепреломления и ходом электрического двойного лучепреломления. Большинство этих результатов находится в очень хорошем согласии с теорией двух видов двойного лучепреломления, выдвинутой в то время Полем Ланжевеном.

Коттон и Мутон также исследовали характер изменения магнитного двойного лучепреломления жидкостей в зависимости от их химического состава. Они изучали изменение этого двойного лучепреломления на смесях жидкостей и обнаружили большие отклонения от простого закона аддитивности. По всем этим вопросам они получили много

интересных результатов, в подробности которых здесь не место входить.

Эти работы по двойному лучепреломлению чистых жидкостей привели нашего коллегу по академии к глубоким размышлениям по вопросам симметрии молекул. В ходе своих предшествующих исследований он часто обдумывал глубокие идеи Пьера Кюри о симметрии, идеи, которые сейчас находят широкое поле применения во всех вопросах, касающихся вращательной поляризации. По вопросу симметрии он опубликовал интересные статьи, в которых рассматривал возможность определения элементов симметрии молекул жидкости путем изучения двойного лучепреломления, происходящего в различных направлениях, когда жидкость подвергается одновременному воздействию магнитного и электрического полей. Применяя этот метод в сотрудничестве с Мутоном и Драпье, он получил некоторые результаты, впрочем довольно замысловатые.

\* \* \*

Вскоре после того, как Коттон окончил свои работы по коллоидным растворам и по двойному лучепреломлению чистых жидкостей, разразилась война 1914—1918 годов. Как и многие другие физики, он был вынужден направить свои исследования в практически полезном для национальной обороны направлении. Мы кратко расскажем здесь об этой важной, но довольно частной главе его творчества.

В 1915 году после приглашения, содержавшегося в письме Жолибуа, командовавшего тогда батареей на фронте, Коттон принял за изучение влияния на стрельбу температуры и давления воздуха, а также некоторых атмосферных условий, например ветра. Совместно с Бессио он составил таблицы и графики для корректировки и вместе с отделением артиллерийской техники военной школы имени святого Фомы Аквинского издал инструкции «для поправок при стрельбе из орудий 75-миллиметрового калибра», которыми пользовались артиллеристы.

Далее ему пришлось заняться важным вопросом определения местонахождения батарей по звуку выстрела. Для их обнаружения прежде всего требовалось измерять короткие интервалы времени. Коттон использовал свое большое умение физика для усовершенствования этого рода измерений, пользуясь хорошо известным прибором — флюксмет-

ром Грассо. На основе сведений, полученных им из армии от наших коллег по академии Данжона, Рибо и Дармуа, он усовершенствовал различные типы использовавшегося флюксметра, а в лаборатории Эколь нормаль с помощью Олливье, Каримея и Диссо он провел их длительную и тщательную градуировку. В ходе этих исследований он осуществлял тесный контакт с Центральной артиллерийской комиссией, с известной Гаврской комиссией и со Службой опытных стрельб Камп де Майи.

Что касается общего вопроса определения местонахождения по звуку, то для решения этой проблемы Коттон объединил свои усилия с усилиями Экланжона, Нордманна, Бореля, Адамара, Брюа, Фортра и т. д., работавших в системе Службы научных исследований для национальной обороны, которая была создана в разгар войны под руководством Поля Пенлеве. Известно, что решение проблемы установления местонахождения орудий по звуку в те времена было сопряжено и с трудностью различения ударной волны и волны, исходящей от дула, которые возникают одновременно при вылете снаряда с большой начальной скоростью. Коттону с помощью соответствующего прерывателя предстояло решить проблему регистрации прихода той или другой из этих двух волн. И здесь еще раз наш коллега по академии при решении тонких проблем проявил умение и изобретательность, приобретенные им в течение длительной практики работы с измерительными приборами и лабораторным оборудованием. Таким образом, во время этого драматического периода он оказал большие услуги национальной обороне.

\* \* \*

Мы только что привели новое доказательство мастерства, с которым Коттон владел техникой эксперимента и измерения. Он отдавал много времени кропотливой работе по созданию экспериментальных установок и приборов для новых и весьма важных измерений. Он сам изготовил из слюды большое количество «четвертьвольновых» и «половинковых» пластинок, которые задавали для двух световых колебаний определенную разность фаз, необходимую для создания колебаний данного типа, поляризованных по кругу или эллиптически. В этих исследованиях ему были нужны установки, позволяющие точно анализировать эллиптически поляризованный свет, и он глубоко изучил эти

устройства и внес в них усовершенствования, для того чтобы они соответствовали поставленной цели. Он изучил полутеневые интерферометры и создал в сотрудничестве с Дюфуром два новых типа таких интерферометров.

Развивая идею Корню, он первым применил оптические растры при фотографировании интерференционных полос. Он изучил эти растры, их свойства, способ их изготовления и в связи с этими исследованиями занялся фотографической регистрацией стоячих волн. Поскольку для получения хороших фотографических растров необходимо точное исследование поверхностей оптическими методами, он также посвятил несколько работ этому исследованию, столь важному для решения оптических и других проблем.

Но наиболее известным из всех его изобретений в инструментальной области осталось усовершенствование им весов для измерения магнитных полей. Он всегда использовал этот прибор для точных измерений магнитных полей, ставший известным под названием «весы Коттона», которые затем были использованы многими другими физиками, и прежде всего Пьером Вейссом, Севом и Пикаром. В этом устройстве измеряется непосредственно, путем уравновешивания грузами, действие, оказываемое магнитным полем на часть прямолинейного и подвижного провода, по которому течет ток и который соединен с коромыслом весов. Если чувствительность весов составляет сотые доли грамма, то можно легко измерить поле с точностью до одной тысячной.

\* \* \*

В течение всей своей долгой деятельности физика Коттон постоянно испытывал трудность в получении электромагнитов, с помощью которых он мог бы создавать достаточно интенсивные магнитные поля. Действительно, с тех пор как возросло значение этих полей, увеличилось число явлений, которые стало возможно с их помощью наблюдать: наблюдение расщепления линий и появляющихся при этом новых явлений уточнило массу важных подробностей. Коттон в Эколе нормаль располагал довольно скромными электромагнитами, и иногда ему приходилось ездить в Цюрих, для того чтобы иметь возможность пользоваться более мощной установкой, созданной там его другом Пьером Вейссом. Но наш коллега по академии давно мечтал построить в Париже или в окрестностях Парижа очень мощный

электромагнит, который позволил бы французским исследователям проводить с помощью сильного магнитного поля дотоле неосуществимые эксперименты. Он много думал по этому поводу, опираясь на свой богатый лабораторный опыт. Он был убежден, что для осуществления плодотворных исследований недостаточно очень сильного поля в вполне определенной напряженности; необходимо, чтобы поле было создано в значительном объеме не только для того, чтобы в этот объем можно было вводить установки, которые желательно подвергнуть действию магнитного поля, но также и потому, что величина наблюдаемого явления очень часто существенно зависит от объема зазора между полюсами. Можно привести простой пример: отклонение, которое испытывает заряженная частица в магнитном поле, возрастает пропорционально длине траектории, которую последняя в этом поле проходит.

Наш коллега по академии не переставал настаивать на необходимости создания в Париже большого электромагнита. В своих многочисленных статьях, выступлениях и докладах он с оправданной настойчивостью неоднократно возвращался к этой идеи. В 1912 году он добился от Факультета естественных наук и Парижского университета решения о выделении на строительство электромагнита 50 000 франков, преимущественно из фондов, завещанных Коммерси. Наша академия пришла к выводу, что она не может остаться в стороне от этого мероприятия, столь полезного для науки, а ее тогдашний президент Поль Аппель создал из наиболее компетентных членов академии комиссию «для исследования условий, при которых мог бы быть создан электромагнит исключительной мощности». Эта комиссия в марте 1914 года провела ряд заседаний и сопоставила различные проекты, представленные на ее рассмотрение.

Некоторые физики вслед за Жаном Перреном думали, что во избежание огромных размеров и удорожания железного сердечника проще всего было бы создать магнитное поле с помощью катушек без железных сердечников; это оказалось неудобным вследствие того, что через катушки нужно было бы пропускать очень большие токи, что влекло за собой выделение большого количества тепла в соответствии с законом Джоуля. Не будучи в состоянии воспользоваться идеей устранения сопротивления путем перевода проводников в сверхпроводящее состояние, что можно было строго осуществить лишь в больших криогенных лаборатор-

риях, например в Лейденской лаборатории, и предполагая уменьшить сопротивление путем охлаждения, Шарль Фабри произвел расчет возможности использования этих катушек без железного сердечника в случае необходимости охлажденных. Расчеты показали, что создание такой установки было бы связано с очень большими трудностями, и от этой идеи быстро отказались.

Академическая комиссия фактически обсуждала два проекта. Первый проект исходил от Пьера Вейсса, который обладал опытом в этом вопросе: ему удалось создать в Цюрихе, где он тогда преподавал, достаточно мощный электромагнит. Вейсс, работая вместе с Коттоном и в сотрудничестве с Огюстом Пикаром, предложил построить электромагнит больших размеров, но классического типа, с железным сердечником и ярмом. Проект предусматривал, что полюсы будут иметь в диаметре около 1 м, а в объеме зазора между полюсами, изменяющимся от 1200 см<sup>3</sup> до 6 см<sup>3</sup>, может быть создано поле примерно от 17 000 до 60 000 гс. В зазор можно было бы ввести добавочные катушки, что позволило бы достичь 80 000 гс.

Другой проект был разработан в Медонской обсерватории Делаандром и Перо. Предложенный ими электромагнит относился к новому типу. Он состоял из катушек, расположенных в самом зазоре и охлаждаемых с помощью холодильной установки. Авторы проекта надеялись получить с его помощью поле в 100 000 гс. Видимо, этот проект был разработан слишком быстро и имел недостатки, а его осуществление было связано с риском.

В ходе очень интересной дискуссии, развернувшейся на заседаниях комиссии, протокол которой хранится в наших архивах, Коттон высказался за проект Вейсса; он рассмотрел вопрос в целом, с весьма общей точки зрения, по привычке настаивая на необходимости создания как можно больших зазоров.

В связи с этим обсуждением строительство установки типа Вейсса было почти предрешено, и благодаря щедрому вспомоществованию нашего коллеги по академии принца Ролана Бонапарта необходимый фонд легко был собран. К сожалению, разразилась война 1914 года, и это предприятие было отложено до лучших времен.

Но Коттон был настойчив и по окончании войны начал «крестовый поход» за создание большой установки. В 1924 году Академия наук, членом которой он стал, взяла

дело ее создания в свои руки и организовала в связи с этим новую комиссию. В принципе было принято решение о строительстве большого электромагнита типа Вейсса; оставалось лишь достать необходимые кредиты и помещение. Принц Бонапарт незадолго до того умер, но организация Пастеровского дня позволила создать довольно существенные фонды, которые должны были быть выделены для поддержки научных исследований. Во главе специальной комиссии, уполномоченной распределять фонды Пастеровского дня, стоял Эмиль Пикар, бывший в то время непременным секретарем нашей академии. Он решил выделить часть средств, находившихся в его распоряжении, для осуществления вышеупомянутого проекта. Что касается вопроса о помещении, то он был решен благодаря любезной инициативе Службы исследований и изобретений, во главе которой стоял в то время наш коллега по академии Ж. Л. Бретон. Эта служба предоставила в распоряжение Академии наук для строительства электромагнита часть обширных помещений, принадлежавших ей в Бельвю. Оставалось приступить к осуществлению проекта, и Эме Коттон благодаря своему упорству начал осуществлять одну из своих самых дорогих идей. Естественно, он был назначен руководителем работ. Ценным сотрудником его в этом деле был Маббу, инженер, направленный физической секцией Национального управления изобретений.

Постановка проблемы создания интенсивных магнитных полей изменилась с тех пор, как П. Л. Капица получил в Кембридже очень сильные магнитные поля (несколько сот тысяч гаусс!) путем пропускания через катушку коротких импульсов очень сильного тока; но такие поля были созданы в весьма небольшом объеме и в течение малой доли секунды. Не к этому стремился в Париже Коттон, который хотел иметь постоянные поля в значительном объеме. Но если работа П. Л. Капицы ничего не давала для решения поставленной проблемы, то другие исследования, а именно исследования Боа и Педерсони, а также Олливье, дали новые сведения, например о преимуществе изготовления наконечников полюсов в форме усеченных конусов, в форме, от которой отказались в первоначальном проекте Вейсса, и сведения о почти полной непригодности оснащения электромагнита ярмом. Коттон и Маббу должны были при создании установки учесть эти новые данные и во избежание неожиданностей тщательно изучили свойства макета разме-

ром в четверть натурального, который был изготовлен в мастерских Управления изобретений. Изучение уменьшенной модели, затем создание самого большого электромагнита, естественно, потребовало значительных усилий и преодоления большого количества трудностей. Одним из препятствий, которое отняло много времени у нашего коллеги по Академии, была трудность получения от промышленности в достаточном количестве и по доступным ценам феррокобальта, из которого он хотел изготовить наконечники полюсов, имевших форму усеченного конуса. Наконец, его усилия и упорство увенчались успехом, и он с радостью доложил Академии наук на заседании 9 июля 1928 года о завершении этой большой работы. Благодаря ему, благодаря его умению предвидеть и его настойчивости Франция получила в свое распоряжение одну из самых мощных физических установок во всем мире.

Об этом электромагните много писали, в частности сам Коттон в сообщении Академии 9 июля 1928 года, в статье, написанной вместе с его сотрудником Маббу, и в важном докладе, сделанном на Сольвеевском конгрессе по физике в 1930 году, посвященном постоянным магнитным полям. Я ограничусь лишь упоминанием о том, что эксплуатационные данные установки оказались очень близки к данным, предусмотренным проектом Вейсса в 1914 году. Полный вес электромагнита составил 100 т, его проводники имели полное сопротивление 0,6 ома и представляли собой трубочки, по которым текла охлажденная вода; в нормальных условиях электромагнит потреблял 400 а при напряжении 240 в, то есть он потреблял мощность 100 квт. Число ампер-витков составляло примерно 500 000. Для получения очень большого промежутка использовались плоские полюса диаметром 75 см. Для создания еще более сильных полей в промежутке меньшего объема вводились конические полюса. Порядок интенсивности полученных полей совпал с ожидавшимся: благодаря использованию дополнительных катушек оказалось возможным превзойти 70 000 гс. Конструкция электромагнита должна была быть очень прочной, так как во время работы сила взаимного притяжения составляла 130 000 кг.

Сразу же по окончании отладки новая установка была использована для многочисленных исследований, руководство которыми взял на себя Коттон, пользовавшийся авторитетом, основанным на его опыте и научной известно-

сти. Сразу же, как он и предвидел, были получены весьма важные результаты, обусловленные наличием очень сильных магнитных полей и величиной объема, в котором их удалось создавать. Одним из наиболее сенсационных открытий, осуществленных с помощью этого электромагнита, явилось открытие Саломоном Розенблюомом тонкой структуры альфа-частиц, испускаемых торием С<sup>1</sup> и другими радиоактивными элементами.

Сам Коттон, установив вместе с нашим коллегой по академии Гастоном Дюпюи точное значение полей, создаваемых большим электромагнитом, использовал его сам и в сотрудничестве с Дюпюи или с Шерером для углубленного изучения магнитного двойного лучепреломления, магнитной вращательной способности различных тел или их кругового дихроизма. Он вдохновлял, направлял и комментировал исследования многих своих сотрудников, работавших на этой замечательной установке: Ж. П. Матьё, Лэне, Мохаммеда Ака, Салчяну, Ни Цзы-це, Задок Кан... Итак, он увидел осуществление своих надежд, которые издавна связывал со строительством этого мощного экспериментального средства исследований.

Мы не располагаем ни достаточной компетентностью, ни временем, для того чтобы изложить сейчас историю большого электромагнита в Бельвю за истекшие двадцать пять лет и сделать обзор всех работ, выполненных на нем непрерывно сменявшими друг друга отдельными исследователями и коллективами исследователей, имевшими возможность работать на нем в течение не более нескольких недель. Большой электромагнит, двойник которого был вскоре создан в лаборатории низких температур, вместе с Управлением изобретений в Бельвю перешел под начало Национального центра научных исследований. И по сей день на нем выполняются многочисленные работы большого научного значения, и академия может вполне законно гордиться своим электромагнитом, которым она обязана нашему коллеге по академии Эме Коттону.

В заключение добавим, что для пополнения этого единственного в мире центра Национальный центр научных исследований построил в том же помещении постоянный магнит весом 60 т, позволяющий проводить исследования строения ядра путем наблюдения спектров альфа-частиц.

---

<sup>1</sup> По современной терминологии висмут 212.—Прим. перев.

\* \* \*

С тех пор как Коттон заменил Габриэля Липпмана в должности профессора общей физики, ему пришлось выполнять обременительные преподавательские обязанности в Сорбонне. Он обеспечил частично преподавание общей физики и согласился руководить Лабораторией физических исследований Факультета естественных наук. Он руководил строительством большого электромагнита в Бельвю, а затем стоял во главе использовавшего эту установку коллектива молодых физиков.

Кроме того, что Коттон как профессор очень ценился студентами за ясность и точность в изложении материала, он был вдохновителем и руководителем весьма замечательных исследований. И в Тулузе, и в Эколь нормаль, наконец, в Сорбонне и в Бельвю он не переставал быть вдохновителем работ и руководителем исследований молодежи. Под его руководством было подготовлено очень много диссертаций; многие диссертации были защищены молодыми физиками, которые впоследствии стали преподавателями и многие из которых находятся сегодня среди нас.

Будучи изумительно искусственным и необыкновенно изобретательным экспериментатором, наш коллега по академии был для всех своих учеников замечательным инициатором лабораторных исследований. Все, кому посчастливилось работать под его руководством, сохранили самые яркие воспоминания о его таланте экспериментатора. «Вам,— писал Дюпуи,— мы обязаны вкусом к красивым экспериментам, в которых стремление к наблюдению явления во всем его великолепии требует крайнего старания в самых незначительных исследованиях. Мы с изумлением вспоминаем о вашем искусстве экспериментатора. Нужно было наблюдать за вашей работой, для того чтобы узнать обо всем, что можно сделать с пластинками слюды и какую пользу можно извлечь из колпачка авторучки для регулировки зеркал Френеля». Мадемуазель Шено, вспоминая о Севрской школе, писала также: «Я сохранила яркое воспоминание об опытах по поляризации света, которые производили на наблюдателя впечатление совершенства», и далее она добавляет следующую интересную подробность: «Ученики иногда потешались над свойственными Вам жестами; в частности, содержание карманов Вашего сюртука приводило их в изумление. В тот момент, когда на столе не хватало какой-нибудь существенной детали, Вы вынимали

ли из карманов призму, николь, пластинку поляроида, то, что требовалось для завершения эксперимента и что не удавалось достать из-за материальных затруднений».

Поскольку мне уже пришлось упомянуть Севрскую Эколь нормаль сюперьёр, я должен сейчас сказать несколько слов о месте, которое занимало в жизни Эме Коттона это известное учреждение. С этой школой его соединяли родственные узы. Его сестра Мари Коттон, которая была преподавателем в лицее имени Фенелона, окончила Севрскую школу в 1886 году. Другая выпускница школы, мадемуазель Фейтис, была уже известным физиком, когда на ней женился Коттон. Позднее мадам Эжени Коттон блестяще осуществляла руководство Севрской школой. Сам Коттон долго учился в Севре; затем он заменял в чтении курса Жака Перрена во время его путешествий и в то время, когда тот был мобилизован. Он в течение многих лет руководил подготовкой кандидатов наук, и его до сего времени хорошо помнят все выпускники Севрской школы, которым посчастливилось быть учениками этого великого ученого. Связи, которые у него были с Севром, способствовали тому, что он обосновался в этой прекрасной местности Иль де-Франса. Он там жил несколько лет и там окончил свой жизненный путь, все время оставаясь вблизи Бельвю, где находился большой электромагнит, который был ему столь дорог.

Наш коллега по академии достиг возраста, дающего право на отставку, в начале печального периода немецкой оккупации. Он испытал на себе ее жестокие последствия, поскольку в октябре 1941 года был арестован немцами и посажен на месяц в тюрьму Френ, а затем еще раз арестован на несколько дней в 1943 году. Эти гнусные меры вызвали возмущение в научных кругах, поскольку все ученые единодушно испытывали величайшее уважение к его труду и чувства самой живой симпатии к нему как человеку. Наш коллега по академии Кабанн, который принял после Коттона его кафедру в Сорbonне, сохранил воспоминание о возмущении, которое вызвал среди студентов арест их высокочтимого учителя. После освобождения из тюрьмы Коттону пришлось еще неоднократно изведать горестные дни в конце периода оккупации, когда он испытывал беспокойство (увы, вполне оправданное) за себя и за свою семью. В конце 1944 года освобождение страны рассеяло этот кошмар, и Коттон смог в тиши и в обретенной вновь безопасности продолжать свою работу и свои заня-

тия. Он аккуратно присутствовал на еженедельных заседаниях нашей академии и не переставал быть нашим добросовестным и верным сотрудником. Он внимательно следил за всеми новыми результатами в области физики; в частности, в последние годы он очень интересовался работами, посвященными уточнению наших знаний о таких сложных явлениях, которые объединены названиями фотофореза и электрофореза.

В 1946 году он сменил Шарля Фабри на посту представителя Академии наук в Бюро долгот и исполнял свои новые обязанности со столь же скрупулезной аккуратностью, как и другие, обязавшись, в частности, контролировать редактирование части «Ежегодника Бюро», посвященной физике.

С годами научная деятельность Коттона постепенно сокращалась, а 15 апреля 1951 года он тихо угас.

Все, кто знал Коттона, знают, что черты его характера соответствовали его большому таланту физика. Его простота, его доброта, его благожелательное дружелюбие не могли не внушать самой живой симпатии. Он со скрупулезным вниманием относился к выполнению всех своих обязанностей; не было никого, кто был бы добросовестнее, скрупулезнее и беспристрастнее его. Он любил благородные идеи, повышенные стремления; он страстно желал, чтобы среди людей установились согласие и мир. Конечно, это глубокое желание увидеть осуществление полного взаимопонимания между людьми, в частности между учеными, заставляло его всю жизнь интересоваться развитием и распространением эсперанто.

Эту щедрость сердца Коттона можно было наблюдать и в области его личных взаимоотношений; он всегда проявлял заботу об улучшении условий существования тех, кто его окружал и кого он считал достойными интереса.

Как вспоминал недавно один из его учеников (Жакино), он никогда не жалел своих личных усилий «для устранения несправедливости или облегчения нужды».

Его моральные качества, его естественная прямота заставляли его всю жизнь следовать совершенно прямой дорогой; вся его жизнь была посвящена труду и человеческой солидарности. Таким образом, он оставил нам не только замечательные научные труды, идеи которых еще долго будут разрабатываться, но также и воспоминание о прекрасной и благородной деятельности верного служителя науки.