

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

Основана в 1961 году

**РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:**

*А.Т. Григорьян, В.И. Кузнецов, 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. Янин (председатель), М.Г. Ярошевский*

Т.Е.Гнедина

**Поль
ЛАНЖЕВЕН**



1872 - 1946

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
В.Ф. ДОРФМАН



МОСКВА

”НАУКА”

1991

ББК 22.3г

Г56

УДК 092 Ланжевен П.

Рецензенты

кандидат физико-математических наук В. П. ВИЗГИН,
член-корреспондент АН СССР Ю. В. ГУЛЯЕВ,
доктор технических наук Л. И. КОНСТАНТИНОВ

Гнедина Т. Е.

Г 56 Поль Ланжевен: 1872-1946. — М.: Наука, 1991. —
288 с.: ил. — (Научно-биографическая серия).
ISBN 5-02-000174-0

Биография французского физика и общественного деятеля Поля Ланжевена неразрывно связана с историей научной революции XX в. — от открытия электрона и теории относительности до создания первого атомного реактора.

Ланжевен более всего известен как создатель электронной теории магнетизма, но мало кто знает, что он независимо от Эйнштейна открыл закон эквивалентности массы и энергии. Дружба этих двух ученых отражена в их переписке, впервые опубликованной в этой книге. Открытия Ланжевена в теории относительности рассматриваются в контексте современных представлений. Читатель также узнает о совместной политической борьбе Ланжевена и Эйнштейна и крупнейших ученых, участвовавших в Сольвеевских конгрессах.

Для широкого круга читателей, интересующихся историей науки.

The biography of the great french physicist and politician Paul Langevin is inseparably linked with the history of the scientific revolution of the 20th century — from the discovery of the electron and the theory of relativity to the building of the first nuclear reactor.

Langevin is known most of all as one of the originators of the electronic theory of magnetism, but few people know that independently of Einstein he discovered the principle of equivalence of mass and energy. The friendship between these two men was reflected in their correspondence which is published for the first time in this book. Langevin's discoveries in the theory of relative equivalence are examined taking contemporary polemics into account.

The reader will also learn from this book about the joint political struggle conducted by Langevin, Einstein and other major researchers taking part in the Solvay congresses.

Г I 604050000-472
054(02) - 91 60-90 Н П

ББК 22.3г

ISBN 5-02-000174-0



Издательство "Наука", 1991

Предисловие автора

Судьбы физики оказались решающими в ту эпоху, когда началась научная деятельность Ланжевена: физика переживала научную революцию. Судьбы общества также были критичными в те годы, когда Ланжевен стал одним из лидеров французского антифашизма.

Поль Ланжевен обладал необычайной духовной силой познания истины, и это поставило его в ряд классиков современной науки. Все труды Ланжевена отмечены редкой чертой фундаментализма, свойственной только избранным.

Фундаментальность мышления в науке вела Ланжевена к поискам справедливости в обществе. Он не разделял истину в науке от социальной справедливости, и эта убежденность придала ему силы выдержать испытания, сохраняя гармоничность и гуманность мышления. Он обладал редкой нравственной силой, чтобы жертвовать творческой работой в науке ради социальной борьбы. Поля Ланжевена называли совестью Франции, и это дает право напомнить о другом великом ученом, которого называют совестью России: Андрее Дмитриевиче Сахарове. Оба ученых подошли к грозной разгадке высвобождения атомной энергии. Оба поняли опасность этого открытия и бесстрашно выступили против бесчеловечных возможностей его осуществления. Поль Ланжевен умер до начала ядерного противостояния супердержав, но понимал атомную опасность еще в том далеком 1943 году, когда во французском городе Труа, находясь под надзором гестапо, тайно от них делал расчеты для первого французского атомного котла. Так же, как Андрей Сахаров, Поль Ланжевен был замечательным инженером-изобретателем, и его теоретические идеи часто сопровождались оригинальными изобретениями.

Оба мыслителя были подлинными просветителями и считали, что в наш век борьба за права человека имеет международное значение. Пути к этому у них были несколько различны: Поль Ланжевен был вос-

питан на Декарте, и его картезианство оказалось неразрывно связано и с его рационализмом, и с гуманистическими идеями в преподавании, в политике. Андрей Дмитриевич Сахаров встал на свой беспримерный героический путь не опираясь на прогрессивное научное сообщество с многовековыми революционными традициями, как Ланжевен. Его не поддерживал Союз рационалистов, Народный фронт, лучшие университеты и Высшие школы. Он был лучшим представителем русской культуры и интеллигенции с ее беззаветной, жертвенной готовностью бороться за счастье своего народа. Поддержка пришла к нему гораздо позднее. Значит ли это, что Ланжевену было "легче"? Конечно, нет. Он претерпел унижительное заточение в тюрьме "Санте" и в длительной ссылке.

За тридцать лет, которые прошли после издания единственной научной русской монографии о Ланжевене, во французской печати появлялись интереснейшие статьи и книги, освещающие деятельность ученого в новых областях. Брошенные им когда-то идеи и изобретения оказались прогнозами для сегодняшнего дня. Внимательно следя за литературой, я нашла неизвестную русскому читателю переписку Эйнштейна и Ланжевена (см. Приложение I) и многочисленные воспоминания людей, переживших с Ланжевенем Сопротивление и оккупацию; я узнала, что после парижского "студенческого бунта" 1968 года в 70-х годах состоялся симпозиум, на котором пытались использовать работы Комиссии Ланжевена по перестройке системы образования Франции. Выступали и сторонники его просветительских идей, и противники.

Хорошо помнят Ланжевена и в метеорологии: эстонские и русские физики совершенствуют его анализатор ионов. Нашлись и такие, которые выступают сегодня против научного рационализма в обществе, предпочитая обскурантизм, подкрепленный мракобесием. Эти поборники интуитивизма в общественных процессах выступают непосредственно против идей Ланжевена. Значит, его идеи и сегодня обладают актуальностью. Их надо знать. Их надо защищать. Все эти новые статьи и книги убедили автора в том, что работа о Ланжевене после 30 лет молчания найдет своего читателя. Разумеется, автор понимает несовершенство своего исследования и надеется, что

энтузиасты идей Ланжевена продолжают ее. К счастью, автору удалось ознакомиться с архивом О. А. Старосельской-Никитиной, выпустившей в 1962 г. первую монографию о Ланжевене. Удалось также заручиться любезной поддержкой Мемориального музея академика П. Л. Капицы, который был многолетним другом Ланжевена. Автору были подарены копии переписки Ланжевена и Капицы, а также некоторые редкие книги. Директор музея, Павел Евгеньевич Рубинин, помог автору своими консультациями. Поддержку оказали и письма французского академика Пьера Бикара, ученика Ланжевена. Многие материалы почерпнуты автором из ежемесячного журнала "La Pensée", первым редактором которого был Поль Ланжевен.

Портрет Поля Ланжевена

Образ великого классика современной науки хранится в воспоминаниях многих людей.

Его портрет висит в Кавендишской лаборатории, где был открыт электрон, рядом с портретом Джозефа Томсона. Английские ученые справедливо считают Ланжевена одним из основателей электронной физики. Ланжевен основал теорию электрического разряда в газах. Упорядоченное движение частиц под действием электрического поля — превращение беспорядка — в порядок, хаоса — в направленное движение — оказалось связанным с тремя процессами: столкновениями частиц, их рекомбинацией и диффузией. Три классических закона, облеченные в математическую форму и подтвержденные замечательными экспериментами Ланжевена, стали наукой об электрическом разряде в газах. Это было первой областью электронной физики, которая заложена Ланжевенем.

Портрет Ланжевена украшает зал Французской академии наук. Однако звание академика ему было присвоено тогда, когда во всем мире уже много лет он был известен как создатель электронной теории магнетизма, объяснившей природу диа- и парамагнетизма, а также магнитное и электрическое двойное лучепреломление. Популярный журнал "Вю" в 1934 г. поместил портрет Ланжевена с таким заголовком: "Великий французский ученый Поль Ланжевен — исследователь мира атома. — Как? Разве он не академик?"

Корреспондента журнала "Вю" интересовал вопрос, почему великий французский ученый только в 62 года стал академиком. Ответ на это знала и французская, и европейская общественность: Ланжевен всю свою жизнь боролся за социальную и международную справедливость. Он был человеком действия и это беспокоило "бессмертных" французских академиков.

В 20-е годы он выступал в защиту французских моряков, осужденных трибуналом за то, что они отказались участвовать в блокаде Советской республики.

В 1923 году, по просьбе Эйнштейна, Ланжевен выехал в Берлин, чтобы прочесть на городском митинге антивоенное воззвание, с которым запретили выступить самому Эйнштейну. Остался снимок, запечатлевший этот день: оба великих физика стоят, взявшись за руки, на берлинской площади, но выступать не пришлось им обоим: полицай-президиум выдвинул протест и против Ланжевена.

К 1934 году, когда Институт Франции принял в число академиков ученого, который был президентом Международных Сольевеевских физических конгрессов, членом академий наук практически всех цивилизованных стран, имя Ланжевена было знакомо и тем, кто, выйдя на парижские улицы 6 февраля 1934 года, дал отпор фашистскому путчу.

На снимках 1935 года Ланжевен на демонстрациях и митингах Народного фронта: с поднятым кулаком под национальным знаменем Франции. Лицо Ланжевена знали все.

Его портрет есть и в мемориальном кабинете Петра Леонидовича Капицы, создателя сверхсильных магнитных полей и друга Ланжевена.

В воспоминаниях друзей и учеников Ланжевена часто описывается обаятельность и изящество этого неповторимого человека. Но наша задача прежде всего воспроизвести ход научной мысли и творчества великого ученого. Сам он не отделял мысль от действия и развивал этот тезис во многих докладах и статьях. И хотя, быть может, в жизнеописании Ланжевена существуют две биографии — научная и политическая — мы будем следовать завету ученого: не разъединять мысль и действие.

Г л а в а 1

Традиции семьи Поля Ланжевена. Годы юности

Об отрочестве Поля Ланжевена известно очень немного. Все авторы книг о нем ссылаются на скромные воспоминания самого ученого, воспроизводящие скорее дух времени и традиции его семьи, чем непосредственные биографические подробности [1-4].

Сын ученого, Андрэ Ланжевен, издавший биографию отца позднее всех, сообщает наиболее интересные и малоизвестные сведения [4].

Поль Ланжевен родился 23 января 1872 года в семье парижского рабочего, род которого происходил из Анжу. Отсюда, по-видимому, и фамилия: (d'Anjou) — "анжуец" — Ланжевен. Апостроф перед фамилией стерло время. Прадеда ученого звали Жан Жозеф Ланжевен и занимался он шерстобитным делом. Ланжеvenes издавна были солдатами и ремесленниками. Жан Жозеф странствовал по Франции в поисках работы и обосновался в городе Фалез. (Там жил и некий аббат Ланжевен, написавший в 1914 году историю этого города.)

Дед Поля Ланжевена, тоже Жозеф, был в 1914 году мобилизован в наполеоновскую армию после ее разгрома в России. Мобилизация дала вместо 300 тысяч только 63 тысячи новобранцев — остальные не явились. Юношей, досрочно призванных в армию, прозвали "Марии-Луизы", иронически сравнивая безусых подростков с восемнадцатилетней Марией Луизой, на которой Наполеон женился в 1810 году.

Крестьянские сыновья, еще не расставшиеся с революционными иллюзиями, которые они связывали с Наполеоном, сражались превосходно. Но они не могли заменить те армии, которые император погубил в Испании, России, под Дрезденом и Лейпцигом. Жозеф Ланжевен участвовал в последних битвах — под Лютценом, когда французы снова заняли Дрезден, и под Бауценом, когда противники Наполеона в последний

раз отступили под его натиском. Но французская армия не могла преследовать своих противников. Началась агония наполеоновской империи. Дед не скрывал своего сочувствия идеям Великой революции 1789 года и заложил в семье стойкие революционные традиции. Он пел запрещенные тогда Наполеоном гимны: "Марсельезу" и "Песнь выступления в поход". Этот марш добровольцев называли "второй Марсельезой". Любовь к походной песне революционной армии передалась Полю Ланжевону от его отца, тоже солдата.

Слышишь, Республика нас зовет?
Выйдем сегодня в последний поход.
Иль победим, или умрем,
Но за нее, за нее, в бой идем!

Отслужив солдатскую службу, дед Ланжевона вернулся к своему ремеслу слесаря и переселился в Версаль. У него родился сын Виктор. Он успешно окончил местный лицей, однако природная склонность к приключениям привела его в алжирские войска, где он служил в полку зуавов, и вернулся во Францию сержантом.

Виктор Ланжевен не был коммунаром, но его родственник — Пьер-Камиль Ланжевен¹, токарь по металлу, стал членом Федерального совета парижских секций I Интернационала, участником восстаний 31 октября 1870 года и 22 января 1871 года. Он был избран членом Коммуны от 15 округа, а после подавления Коммуны эмигрировал, заочно был приговорен к смертной казни и возвратился во Францию только после амнистии 1880 года.

Во время последних уличных боев защитники Коммуны оказали ожесточенное сопротивление карателям на Монмартре, где после демобилизации поселился Виктор Ланжевен. По семейным воспоминаниям, он, в меру своих возможностей, помогал спасению коммунаров. Враги революции потопили Коммуну в море крови. На камнях Монмартра остались царапины от пуль, которыми расстреливали ее последних защитников.

¹В БСЭ ошибочно указано, что Поль Ланжевен сын П. К. Ланжевона.

Виктор Ланжевен начал работать сметчиком на городских стройках Парижа. К этому времени на Монмартре был заложен собор Сакре-Кёр, символизовавший победу над атеистическим мировоззрением подавленной революции. В том году, когда родился будущий ученый, строители собора забили сорок свай для церковной громады, построенной только к 1919 году.

Виктор Ланжевен женился на образованной молодой девушке Мари Адель Пинель. Она окончила частную школу и два года провела в Англии. Двоюродный дед Марии Пинель — Филипп — был знаменитым врачом XVIII в., вошедшим в историю медицины как гуманист. Он первым перестал применять цепи, которыми сковывали душевнобольных, и установил для них нормальный больничный режим. Эти правила вскоре были приняты всеми психиатрами Европы. Ф.Пинелю было присвоено звание академика.

В семье часто вспоминали судьбу брата матери Ланжевена Луи Пинеля, ставшего одно время предметом оживленного интереса репортеров парижских газет. История этого "китайского дядюшки", сопровождаемая газетными вырезками, началась в 1860 г., когда французский экспедиционный корпус был направлен в Китай для карательных действий против освободительного движения. Луи служил в этом корпусе простым барабанщиком, однако по прибытии в Китай добился аудиенции у Ли-Хунг-Ганга, возглавлявшего китайскую армию и заявил, что желает сражаться на стороне восставших. Французские газеты осыпали барабанщика Пинеля насмешками и унижительными оскорблениями. Но Луи Пинель храбро сражался в рядах китайских войск. Он оказался талантливым военачальником и дослужился до чина генерала от артиллерии. Впоследствии некий французский миссионер по просьбе правительства имел с ним беседу во время перемирия между Францией и Китаем и спросил, на чьей стороне он стал бы воевать, если снова начнется война. Генерал Пинель отверг попытку вернуть его в страну колонизаторов и остался в Китае.

В 1931 г. Поль Ланжевен вошел в состав миссии, которую по просьбе китайского правительства Лига Наций направила в страну для изучения на месте

проблемы реорганизации народного образования. Во время пребывания в Китае Ланжевен глубоко переживал вместе с китайским народом японскую агрессию в Маньчжурии. Китайский ученый Кую Ю-шу, вспоминая об этой поездке Ланжевена в Китай, отмечал, что "Поль Ланжевен был по преимуществу деятелем межнационального характера. В области науки, как и в области преподавания, он посвятил всю свою жизнь укреплению добрых отношений между всеми странами мира".

В 1935 г. Поль Ланжевен написал предисловие к книге Фелисьена Шаллея о колонизаторской политике Франции [5].

В такой свободолобивой семье, у скромного парижского рабочего, в маленьком старинном домике с низкой одностворчатой дверью, над которой тускло поблескивало выпуклое зеленое стекло, родился будущий великий физик. Дом стоял на перекрестке переулка Шевалье де ла Барр и улицы Равиньян. Имя Шевалье де ла Барр известно французам: этот 16-летний юноша был казнен католическим судом за то, что отказался снять шляпу перед проходившей по мосту церковной процессией. А на улице Равиньян, по мрачной иронии истории, стоял иезуитский монастырь, рядом с которым кипело строительство собора Сакре-Кёр. Неподалеку от этого перекрестка, запечатлевшего политические страсти Франции, стояло нескладное здание, прозванное поэтом Максом Жакобом "Бато Лавуар" ("Плавучая прачечная"). Этот дом стал воплощением эпохи нового французского искусства: здесь жили и работали Пикассо, Модильяни, Анри Руссо. Друзья Ланжевена иногда называли ученого "Пикассо в физике".

Поль Ланжевен учился в школе первой ступени и затем в высшей начальной школе имени Лавуазье. Необычайные способности мальчика и его удивительная память сразу сделали его первым учеником школы и стипендиатом Парижского муниципалитета. Он неизменно носил прозвище "касик", которое французские школьники и студенты присваивают "первейшему", шутливо заимствуя обращение индейцев к своему вождю. Касик — это не только лучший, но и староста курса, которым всегда был Ланжевен при его прохождении через все учебные заведения: две на-

чальные школы, Школа промышленной физики и химии, Высшая Нормальная школа.

Директор начальной школы имени Лавуазье заявил родителям Ланжевена, что он никогда не имел и не надеется когда-либо встретить подобного ученика. Это и повлияло на отца мальчика. Он не стал принуждать сына работать помощником архитектора на строительстве, хотя полагал, что каллиграфический почерк мальчика откроет большие возможности в составлении проектных смет. Парижский муниципалитет предложил Полю Ланжевену стипендию для обучения в Школе промышленной физики и химии.

Теперь этот исторический Политехникум, где работали Пьер и Мария Кюри, стал привлекать туристов. Около керамической площади на месте сарая, где был открыт радий, стоят люди и вспоминают то время, когда здесь в маленькой комнатке под лестницей, был кабинет преподавателя Пьера Кюри. В 1888 г. Школа промышленной физики и химии считалась новаторским, экспериментальным учебным заведением, которое впервые приступило к программам образования инженеров-исследователей для французской промышленности. В Эльзасе, перешедшем к Германии, уже существовал свой центр образования инженеров-химиков в городе Мюлуз.

Первым директором французской Школы промышленной физики и химии был эльзасец Поль Шютценбергер - "папаша Шютц", как его называл Поль Ланжевен, обязанный директору отеческой заботой и покровительством. Ланжевен, всегда испытывавший материальные трудности, был увлечен своей первой частной практикой преподавания, полученной благодаря хлопотам "папаши Шютца". Педагогический талант Ланжевена проявился сразу, как и необычайно быстрая реакция при решении задач из незнакомых ему областей знания. Ланжевен говорил впоследствии, что величайшим наслаждением для него является процесс понимания другого человека. Поэтому он считал приятной обязанностью педагога объяснять учащимся непонятное. Он уверял даже, что менее способные ученики представляют для него особый интерес. Его неподкупная честность преподавателя противилась занятиям с теми, кто проявлял высокомерное равнодушие к науке. Сохранилось воспо-

минание поэта Шарля Ульмона, с которым Ланжевен отказался заниматься, несмотря на острую нужду в заработке: "Математика всегда была для меня закрытой книгой и, хотя отец пригласил для меня в качестве учителя Поля Ланжевена, сделавшегося впоследствии знаменитым ученым, попытки были тщетны. Я вспоминаю своего учителя с его пристыженной манишкой и муаровым галстуком а ля Ростан и его серьезный взгляд. Но молодой репетитор после нескольких занятий заявил моему отцу: "Сударь, у меня создается впечатление, что я краду Ваши деньги. Ваш сын, не знаю уж почему, плохо следит за тем, что я ему объясняю, хотя, мне кажется, все это излагается достаточно ясно". Конечно, Ланжевен был прав, но для меня его блестящие объяснения были окутаны дымкой поэзии" [4].

Костюм молодого Ланжевена, иронически описанный поэтом, включая черную высокую шляпу, в которой он являлся на экзамен, был единственной парадной формой для посещения "шикарных учеников". В жилетном кармане он всю жизнь носил часы-луковицу на цепочке, которые он купил себе в 14 лет, когда начальная школа Лавуазье наградила его бесплатной поездкой в Бретань. С тех же пор Ланжевен запомнил множество монмартрских песенок, которые охотно распевал в компании друзей:

Хотя беднее нет меня,
Я сын последний бедняка,
Монмартр, родина моя!
Без крова часто я бывал
И хлеб не часто я едал —
Монмартр, родина моя!
Но с давних пор и до сих пор
Мне дарит радостный простор —
Монмартр, родина моя! (перевод Т. Гнединой)

Ближайшим другом Ланжевена в Школе промышленной физики и химии стал Жорж Урбен, молодой химик и талантливый скульптор. Их жизненные пути в науке пересекались не раз. Жорж Урбен стал крупнейшим в мире специалистом по редкоземельным элементам. А эти вещества обладают чрезвычайно интересными свойствами. В атомах редкоземельных элементов внутренние электронные оболочки экранированы от воздействий внешнего магнитного поля, и поэтому их растворы представляют удобный материал для экспериментальной проверки теории диа- и парамагнетизма

Ланжевена². Жорж Урбен занимался приготовлением растворов редкоземельных соединений и через много лет между ним и Нильсом Бором возникла интересная дискуссия по поводу нового химического элемента, открытого Урбеном. Ланжевен был привязан к своему другу и часто вспоминал о том, как Жорж Урбен ввел его в мир искусства. Они бывали вместе на концертах, часто гуляли по городу. На протяжении всей жизни они встречались на ежегодных собраниях учеников Школы промышленной физики и химии. В 1934 году, когда Ланжевен стал академиком, Жорж Урбен собственноручно выбил юбилейную медаль — миниатюрный барельеф с профилем Ланжевена. Однако главной судьбоносной встречей, определившей путь Ланжевена, как ученого, было его ученичество у Пьера Кюри.

Пьер Кюри

Пьер Кюри, создатель теории симметрии и основоположник идей, связывающих в единое целое современную науку, оказал глубочайшее влияние на творчество Поля Ланжевена. Онтологическое содержание принципов, сформулированных Пьером Кюри, несравненно шире области кристаллографии, в которой известны открытые им явления. Поль Ланжевен, ученый, стремившийся к всеобщности научных законов, несомненно, может считаться гениальным продолжателем Пьера Кюри. Мы убедимся в этом на примере теории магнетизма, в которой Ланжевен не только развил, но и опроверг некоторые предположения Кюри, а также в его логике вывода закона эквивалентности энергии и массы в теории относительности, которая опирается на принципы всеобщности законов природы. Наконец, последовательная философия детерминизма, которую Поль Ланжевен отстаивал в позднейших дискуссиях с поборниками индетерминизма, также несет в себе духовное наследие Пьера Кюри в начале 90-х годов, когда его учитель был очень молод, но его научное мировоззрение и метод достигли уже совершенства.

² Об этом подробнее см. в главе об электронной теории магнетизма и ее обсуждении на Шестом Сольвеевском конгрессе физиков.

Характеры ученых были столь несходны, что кажется удивительной их долголетняя дружба и сотрудничество.

Пьер Кюри с братом Жаком очень рано приступили к исследовательской работе над кристаллами. Ими было обнаружено явление пьезоэлектричества, заключающееся в возникновении электрической полярности при сжатии или растяжении кристаллов, лишенных центра симметрии. Открытие не было случайным; оно было вызвано размышлениями о симметрии кристаллического вещества. Братья Кюри установили условия симметрии, необходимые для кристаллов. Вторая часть той же работы, значительно более трудная по выполнению с экспериментальной точки зрения, посвящена явлению деформации, которое испытывают пьезоэлектрические кристаллы, подвергаясь действию электрического поля.

Заметим, что через много лет, в 1915 году Поль Ланжевен использовал эти отшлифованные пьезоэлектрические кристаллы братьев Кюри, когда впервые добился ультразвуковой пеленгации вражеских подводных лодок.

Пьер Кюри сконструировал на основе пьезоэлектрического кварца прибор, который стал впоследствии измерителем небольших количеств электричества и был применен в исследованиях радиоактивности.

В статьях Пьера Кюри, опубликованных в течение 1893-1895 годов была обоснована классическая формулировка принципа симметрии: "Когда определенные причины порождают известные следствия, элементы симметрии причин должны вновь появиться в порожденных следствиях". "Когда известные следствия имеют в себе известную дисимметрию, эта последняя должна находиться и в породивших явление причинах". "Положения, обратные двум предыдущим, не правильны, по крайней мере на практике, т. е. следствия могут быть симметричнее вызвавших их причин".

Большое значение этого закона, совершенного по своей простоте, заключается в том, что в нем трактуются физические явления. Ланжевен, ставший свидетелем кризиса классической электронной физики, одним из создателей которой он был, раньше других понял значение принципа симметрии в новой квантовой

физике. Он использовал его и в своем оригинальном выводе релятивистских уравнений, на котором мы более подробно остановимся в другом месте, и в обосновании сохранения причинности, оставаясь на позициях детерминизма.

В современной теории элементарных частиц принцип симметрии является основополагающим. Мария Кюри писала: "Принцип симметрии, так живо интересовавший Пьера Кюри, является одним из тех немногочисленных великих принципов, которые господствуют в физических явлениях; исходя из понятий, вытекающих из опыта, они мало-помалу приобретают все более и более совершенную форму. Таким путем, например, понятие эквивалентности теплоты и работы вместе с существовавшим уже ранее представлением о соотношении кинетической и потенциальной энергии позволило установить очень широкий принцип сохранения энергии. Точно так же принцип сохранения материи был выведен на основании опытов Лавуазье³, являющихся основными для химии. Недавно удивительный синтез позволил достичь еще более высокой степени обобщения — соединением этих двух принципов в один, так как доказано, что масса тела пропорциональна его внутренней энергии" [6]. Говоря об "удивительном синтезе" Мария Кюри подразумевает вывод Полем Ланжевром "теоремы инерции энергии"⁴. Наконец, нельзя не упомянуть о провидческой интуиции Пьера Кюри, который, размышляя об отношениях между причинами и следствиями, предложил возможность расширить понятие симметрии, рассматривая ее как состояние пространства. Для определения этого состояния надо не только дать себе отчет о строении среды, но и о состоянии движения изучаемого объекта.

Когда юный Поль Ланжевен поступил в Школу промышленной физики и химии, его ученичество у Пьера Кюри состояло в скромной экспериментальной работе по проверке уравнения Ван-дер-Ваальса. Пьера Кюри интересовали фазовые переходы в связи с его рабо-

³ Напомним, что этот закон был открыт Ломоносовым.

⁴ Так называл Ланжевен выведенный им в 1904-1905 гг. закон эквивалентности массы и энергии.

тами в области магнетизма. Принято считать, что Поль Ланжевен явился продолжателем идей Пьера Кюри. Но такое упрощенное представление может привести к глубокому заблуждению. Пьер Кюри пытался представить себе магнитные тела с различными физическими свойствами, как своеобразные "фазовые переходы", позволяющие осуществить непрерывный переход от диамагнетиков к парамагнетикам. Это было заблуждением. Ланжевен доказал, что в основе диамагнетизма и парамагнетизма лежат различные физические явления и описал структуру этих процессов, аналогичную физике диэлектриков.

Впоследствии Пьер Кюри отошел от убежденности в непрерывности единых связей между магнитными веществами, но продолжал размышлять о физической сущности фазовых переходов. Он писал: "По своим магнитным свойствам тела разделяются на три различные группы: 1) тела диамагнитные, включающие наибольшее число простых и сложных тел; 2) тела слабомагнитные, в число которых входят кислород, двуокись азота, палладий, платина, марганец, а также соли марганца, железа, никеля, кобальта, меди; 3) тела ферромагнитные, куда входят железо, никель, кобальт, магнетит (Fe_3O_4), а также сталь, чугун и различные сплавы.

С первого взгляда эти три группы резко отличаются, но сохранится ли это различие после глубокого их изучения? Существуют ли переходы между этими группами? Идет ли здесь речь о совершенно различных явлениях, или же мы имеем дело с различными видоизменениями одного и того же явления? Эти вопросы сильно занимали Фарадея, который часто к ним возвращается в своих мемуарах. Ему мы обязаны весьма важным опытом по этому предмету: давно было известно, что железо теряет свои магнитные свойства при красном калении; Фарадей показал, что и при более высоких температурах железо остается магнитным, хотя и в слабой степени, следовательно, одно и то же тело можно причислить и к третьей, и второй группам.

Независимо от всякой теории считают, что некоторое явление понятно в общих чертах, если наши знания о нем образуют связанное целое, если между двумя заданными случаями мы можем вообразить весь

ряд промежуточных случаев, сколь угодно близких друг другу. Иначе пока еще обстоит дело с магнитными явлениями. Здесь необходимо провести дальнейшие опыты. Я полагаю, что для разрешения этой проблемы надо изучить магнитные свойства различных тел при сколь возможно разных значениях температуры, давлениях и интенсивности магнитного поля. В этой работе я предполагаю изменять температуру в очень широких пределах..." [7].

Выводы, сделанные Пьером Кюри после завершения намеченных исследований, сформулированы им следующим образом: "Сравнение магнитных свойств изученных тел. Удельный коэффициент намагничения диамагнитных тел не зависит от силы поля. Он, вообще говоря, не зависит также и от температуры: это имеет место у воды, каменной соли, хлористого калия, сернокислого калия, кварца, серы, селена, теллура, йода, ртути, фосфора, расплавленного висмута. Сурьма и висмут представляют собой исключение из этого правила..."

Слабромагнитные тела также имеют независимый от силы поля коэффициент намагничения; однако эти тела ведут себя совершенно иначе с точки зрения изменений, производимых температурой.

Закон изменения коэффициента намагничения имеет гиперболический ход и чаще всего удельный коэффициент намагничения изменяется просто обратно пропорционально абсолютной температуре. Это имеет место, по крайней мере в первом приближении, у кислорода, у палладия, у растворенных и сухих магнитных солей.

Различие влияния температуры на коэффициент намагничения магнитных и диамагнитных тел очень значительно, и эти результаты говорят в пользу теорий, приписывающих магнетизм и диамагнетизм причинам разной природы" [7].

Изучая ферромагнитные тела, Пьер Кюри открыл критическую температуру, при которой они теряют свои свойства и становятся парамагнитными. Это оказалось единственным "фазовым" переходом из одного класса магнитных веществ в другие при изменении температуры. Впоследствии критическая температура была названа "точкой Кюри".

Поль Ланжевен, который испытывал восхищение

перед талантом и благородством своего учителя, не мог не почувствовать остроту прямо поставленных природе вопросов о сущности диа- и парамагнитных явлений. Логика вопроса иногда становится началом логики ответа в физической теории. Но для этого Ланжевену "понадобился" электрон: только открытие первой универсальной частицы вещества и построение теории позволило "вливать свежее вино в старые меха" — наполнить живительными соками незавершенную теорию магнетизма Пьера Кюри. Как мы увидим дальше, "озарение" пришло к Ланжевену внезапно, и он в течение нескольких дней построил свою электронную теорию диа- и парамагнетизма. Но внутренний процесс творчества, безусловно, начался в его научном воображении еще в годы юности, когда на его глазах формировались незавершенные законы магнетизма Пьера Кюри.

Пьер Кюри был очень доступен студентам. Мария Кюри рассказывает, что однажды студент Ланжевен и преподаватель Кюри допоздна работали в лаборатории и, когда оказалось, что дверь училища заперта, они спустились во двор по водосточной трубе. Это было весной и на столе в лаборатории остался букет лютиков, принесенный Пьером с прогулки, и его записи, которые читателю сегодня могут показаться сентиментальными:

"Если бы у меня было время, я бы описал тот день, который я провел вчера в долине близ Бьевра. Там, над глубоким рвом, наполненным водой, высится причудливый дворец фей из вьющихся растений с колоннадами из хмеля. Каменистые холмы, покрытые красным вереском, похожи на старинные гобелены, на которых скачут всадники в доспехах, направляя мечи на дракона, извергающего огонь из разверстой пасти. У воды душистые цветы источают аромат, и, кажется, под листьями снуют маленькие лесные гномы, шаги которых заглушает журчанье лесных ручьев. Я был счастлив в этом сладостном уединении, где рождаются прекрасные новые идеи, вдали от городской суеты..."

Внутренняя хрупкость душевного мира Пьера Кюри соответствовала и его убежденности в том, что социальную несправедливость исправить нельзя. Ученому остается жить в замкнутом пространстве своих науч-

ных идей. Этим он отличался от Марии Кюри, которая со школьных лет была готова к борьбе за свободу польского народа. Отец Пьера Кюри, прекрасный врач и друг коммунаров, также проявлял широкие политические интересы. Мягкость и доброта Пьера, его терпимость к близким, давали в его доме полную свободу выражения мнений и дискуссий. Но подлинной мечтой этого замечательного ученого была гармония научных идей и любви к единственной женщине, которую он считал своим идеалом — Марии Кюри.

Научная деятельность Пьера Кюри была чрезвычайно плодотворна. На Первом международном конгрессе по физике 1890 г. он демонстрировал явления радиоактивности. Это был новый, знаменитый этап его научной деятельности, более широко известный, чем предшествующий период, ознаменовавшийся открытием пьезоэлектричества, теории симметрии физических явлений, и, наконец, созданием "дозлектронных" законов магнетизма. Между тем, именно эти законы составили предмет его докторской диссертации 1895 г. После серии замечательных работ в 1886 г. Пьера Кюри можно было с полным правом считать физиком очень высокого класса.

Г л а в а 2

Географическая карта европейской физики накануне научной революции

Высшая Нормальная школа

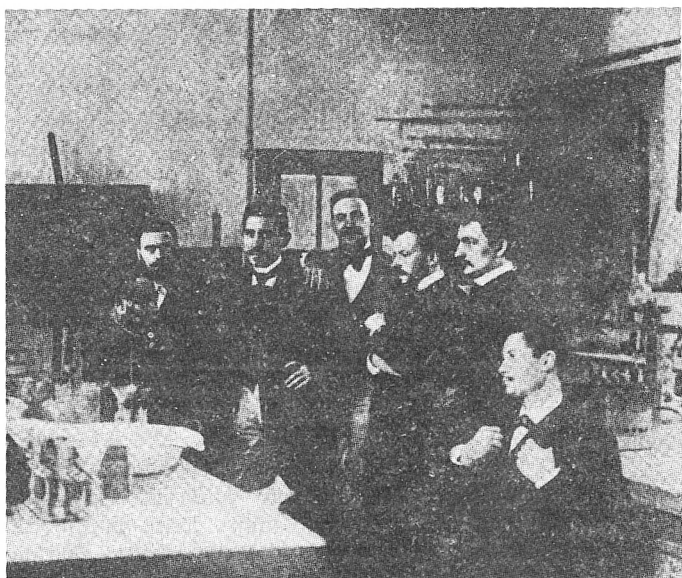
В 1891 г. Ланжевен окончил Школу промышленной физики и химии. Он получил звание инженера. Впоследствии он утверждал, что политехническое образование придает мысли свободу и завершенность. Он напоминал, что Эйнштейн, так же как и он, учился в Политехникуме и не был скован предрассудками научных школ. Однако во Франции существовали особые традиции, открывавшие дорогу в лаборатории и институты преимущественно тем, кто окончил не политехникумы, а так называемые "Большие школы"

Парижа: Нормальную и Политехническую¹. Политехническая школа давала фундаментальное образование инженерам широкого профиля, а также исследователям "чистой" и промышленной науки. Парижская Высшая Нормальная школа считалась лучшим педагогическим институтом Франции. Кроме нее в стране существовали другие педагогические заведения, среди них, например, Нормальная школа в Севре, впервые выпустившая женщин-преподавателей. В этом училище, считавшемся новаторским в конце XIX в., читали лекции Мария Кюри, Поль Ланжевен, Эме Коттон, Эжени Коттон, Жан Перрен.

Значение Парижской Нормальной школы в истории французской культуры несравненно шире, чем обычного педагогического института. Традиции и авторитет этого заведения открывали его выпускникам путь и в политику, и в науку, и в философию, и в литературу. Нормальную школу окончили разнообразные люди, прославившие Францию: Дени Дидро, Ромен Роллан, Эдуард Эррио, Шарль Пеге, Эмиль Борель, Гастон Дарбу... Созвездие имен можно продолжить, и оно составит длинный перечень философов, писателей, политических деятелей, поэтов, математиков, физиков. "Я узнал тогда, что "Эколь нормаль" — это не только путь к знаниям, но и подготовка к теоретическим исследованиям...", — писал математик и политический деятель Эмиль Борель [9]. Писатель Ромен Роллан, который учился в Высшей Нормальной школе, вел дневник: "Какое облегчение! Его не понять тому, кто, подобно мне и моим бедным товарищам, не прошел через эти смертные муки! Кого не преследовал кошмар экзаменов, навязчивая идея тесной дверцы, едва приоткрытой для нас, — единственного пути в тот мир, где мы сможем, не поступаясь духовными интересами, обеспечить себе кусок хлеба..."

И вот наконец-то эта узкая дверь распахнулась, я перешагнул порог. Я не спрашивал себя, что ждет меня там, по ту его сторону: жесткий механизм экзаменов, звание филолога, защита диссертации, леденящая преподавательская карьера, для которой я не был создан... Я видел перед собой только бли-

¹ "Эколь нормаль" и "Эколь политехник".



Поль Ланжевен со своими товарищами по курсу
в Высшей Нормальной школе

жайшее, непосредственное будущее: возможность жить в кругу умственных интересов, стать служителем разума, пусть даже пока не выходя из его подземелий... Я, конечно, найду выход из них, но позже, позже...

Преподаватели Нормальной школы представляли собой силу, авторитетную даже в высших университетских сферах; они это знали и отдавали нам лучшую часть своего интеллекта, откровенно и смело, бескомпромиссно делясь с нами своими знаниями... Сейчас, спустя полвека, я с чувством благодарности и восхищения думаю о том великолепном даре, который демократическая система обучения преподносит избранным молодым людям, восхищаясь могучими умами, которые просвещают и направляют молодежь..." [10].

И Ромен Роллан и Поль Ланжевен оба участвовали в деятельности Лиги защиты прав человека, Комитета бдительности интеллигенции, Общества дружбы с Советским Союзом, подписывали общие воззвания в

борьбе с фашизмом, но им ни разу не пришлось встретиться. Ромен Роллан из-за состояния здоровья жил в Швейцарии, и хотя он поддерживал со своими французскими друзьями непрерывную связь, встреча двух замечательных мыслителей не состоялась. Ланжевен не раз упоминал о том, какое глубокое впечатление на него произвел роман "Жан Кристоф", о сходстве взглядов на музыку Бетховена между ним и писателем.

Возвращаясь к той поре, когда юный Ромен Роллан писал о "страшных" экзаменах в Нормальной школе, нельзя не вспомнить, что величайший французский математик Анри Пуанкаре по курьезному стечению обстоятельств не выдержал вступительных экзаменов в Нормальную школу. Он решил экзаменационную задачу слишком сложным способом и не удовлетворил требованию Высшего педагогического института: преподаватель обязан находить самые простые и наглядные формы решения задачи!

Пьер Кюри, 22 года проработавший преподавателем в Школе промышленной физики и химии на жалованьи, которое помещало его в разряд так называемых немущих по иерархии французского общества, даже после присуждения ему Нобелевской премии с трудом получил кафедру: он не учился в "Больших школах".

Ланжевен, прошедший демократическую цепочку начальных школ и Школы промышленной физики и химии, не изучал ни высшей математики, ни латыни. Тем не менее он решился самостоятельно изучить оба предмета и, занимаясь каждый день по восемь часов математикой и по два часа латынью, через четыре месяца явился на приемный экзамен, о котором оставил воспоминание его друг Эме Коттон.

Председателем приемной комиссии был Марсель Бриллюэн, который также окончил Нормальную школу и в течение многих лет занимал кафедру теоретической физики в Коллеж де Франс — этом самоуправляемом научно-преподавательском учреждении Франции, основанном во время революции указом Конвента. Поль Ланжевен 30 лет занимал кафедру в Коллеж де Франс. Его слушателями были Луи де Бройль, Эдмон Бауэр, Пьер Бикар, Франсис Перрен, Леон Бриллюэн и многие другие блестящие физики. Одним из своих учителей он считал Марселя Бриллюэна и в 1935 г. на его

юбилейном торжестве сказал: "Начало Вашей научной деятельности совпало с началом развития электромагнитной теории и электротехники. Максвелл опубликовал свой бессмертный Трактат, началась подготовка Конгресса по электричеству 1881 года, посвященного системам мер и весов. Наш общий учитель Маскар² увлек Вас этими новыми идеями, которые он излагал в своих лекциях. Тогда же Вы стали преподавателем на его кафедре в Коллеж де Франс по окончании нашей Нормальной школы. В Ваших первых работах изучалась циркуляция токов и методы их измерения. Они стали предметом Ваших двух диссертаций. Начиная с 1893 г. под влиянием прекрасных лекций лорда Кельвина в Балтиморе Вы обратили свое внимание на решение сложных задач, связанных с вибрацией жидкой среды вблизи атома, который тогда представляли в виде абсолютно жесткого шарика. Решение этой задачи было получено в результате анализа спектров атома, учитывая возможные деформации вблизи него во время движения.

Вы выступали сторонником атомистической теории на протяжении сорока лет. И я вспоминаю, что в те времена, когда я сам был студентом Нормальной школы, я имел удовольствие читать Ваш ответ на статью Вильгельма Оствальда, напечатанную в "Revue general de sciences" под названием: "Крах современной атомистики", в которой излагались принципы позитивизма в его самой метафизической и антиматериалистической форме.

Ваш ответ на эту статью возвращал физику его право верить в то, что окружающий его мир постепенно проникает в мышление, позволяя постигать реальность, воздействовать на нее и формировать таким образом свое физическое и интеллектуальное развитие. Ваше мировоззрение неотрывно от Ваших научных трудов и Вашей позиции как физика: "За свободу и материализм!" [11].

В тот апрельский день 1893 года, когда в экзаменационный зал вошел молодой абитуриент в высокой черной шляпе и длинном сюртуке, профессор М. Бриллюэн усомнился, не попал ли этот юноша на

²О французском ученом Жюле Маскаре, забытом исследователе первых идей теории относительности, см. в главе, посвященной этим проблемам.

экзамен по ошибке, поскольку он не занимался в подготовительной группе. Узнав, что этот юнец не проходил курса высшей математики, Бриллюэн заинтересовался его экзаменационным листом. Просмотрев работу Ланжевена, он обратился к другому члену комиссии с просьбой задать экзаменуемому вопрос, поскольку сам он совершенно удовлетворен письменной работой. Услышав устный ответ Ланжевена, Марсель Бриллюэн заметил: "Этого юнца не собьешь". Также блестяще Ланжевен сдал латынь и физику.

Отслужив положенный срок в армии, он приступил к занятиям в Нормальной школе в 1894 году. Его мечта сбылась: он оказался в "обители Разума" на улице Ульм.

Географическая карта европейской физики накануне научной революции

Это были годы, когда кризис физики, начавшийся с теоретической расшифровки электромагнитной картины мира в уравнениях Максвелла, синтеза теории поля и физики прерывности, превращался в подлинную научную революцию. Смена теоретических концепций — от механицизма к электромагнитному синтезу — подтверждалась экспериментальными исследованиями. Генрих Герц получил электромагнитные волны, ставшие экспериментальным доказательством справедливости уравнений Максвелла. Гипотезы становились научными принципами. Началась серия экспериментов Дж. Дж. Томсона, превратившаяся в стратегию открытия электрона.

Появились дискуссионные статьи о природе катодных лучей. Но главным импульсом лавины открытий стало появление в лабораториях "ИКС-лучей" Рентгена.

"Лучи ИКС" обладали способностью ионизировать окружающую среду. Волшебная палочка, превращающая газ в проводник электрического тока, была тотчас же использована во всех научных центрах, где занялись поисками загадочных электрических корпускул в катодных лучах и газоразрядных трубках. "Кризис механицизма, из которого мы еще не вышли, — писал Ланжевен, — начался более 100 лет тому назад, когда на основании опыта, открывшего Эрс-

теду действие электрического тока на магнитную стрелку, была установлена связь между двумя областями, до того времени совершенно независимыми друг от друга — электричеством и магнетизмом. Волнение, которое охватило научный мир под влиянием этого открытия, я могу сравнить только с тем энтузиазмом, с которым физики приняли осенью 1895 года открытие лучей Рентгена. У меня сохранилось очень живое воспоминание об этом времени, благодаря тому, что мне посчастливилось поступить в лабораторию Нормальной школы, которую вдохновлял руководивший ею Перрен, как раз в тот момент, когда днем и ночью гудели индукционные катушки и блестели стеклянные трубки, через которые осуществлялось проникновение в тайну нового излучения. В ту минуту, как и в 1820 году, у всех было впечатление, что открылось нечто существенное, что нам предстоит перейти на новый этап. И в том и в другом случае инстинкт физиков их не обманул" [11].

Ланжевен, классик электронной теории, прошел через все этапы "обольщения" электромагнитным синтезом, занявшим на некоторое время господствующее положение в физике. И как теоретик, и как экспериментатор, он сочетал в себе отвагу новатора с той уравновешенностью фундаменталиста, которая оставляла в его построениях свободу перестройки и дополнительности. Для того чтобы понять ход его мысли и место в свершениях физики того времени, следует вернуться к истокам научной революции XIX в.

Если говорить о "европейской карте физики", то начинать надо с Англии. Здесь была заложена механика Ньютона. Здесь следует искать и корни научной революции, заложенные в электромагнитной теории Максвелла. Основные принципы Ньютона казались физикам столь удовлетворительными, что существовали несколько сот лет.

Система классической механики, или, как ее часто называли французские физики, рациональной механики, базировалась на следующих основных принципах: 1. Физические явления происходят при условии абсолютного времени. 2. В законы Ньютона вводятся, мгновенно действующие на расстоянии силы. 3. Ньютон отождествлял вес и инерцию тела в одной и той же величине (массе), но не давал этому объяснения.

4. Предполагалось, что в отношении своего положения и движения телесный объект может быть с достаточной точностью описан материальной точкой с тремя координатами.

Основные законы классической механики были сформулированы Эйнштейном следующим образом. Закон инерции: исчезновение компонент ускорения для материальной точки, достаточно удаленной от всех остальных точек. Закон движения (для материальной точки): сила = масса \times ускорение. Закон силы: (действие и противодействие между материальными точками).

Эти фундаментальные законы, вместе с законом Ньютона для силы тяготения образуют основу механики небесных тел. Однако система Ньютона оказалась недостаточной для того, чтобы осуществились попытки основать на ней всю физику, хотя грандиозность и широта заложенных в ней принципов надолго сделала ее господствующим направлением и в формальной механике (уравнение Лагранжа, канонические уравнения), и в физике сплошных сред (гидродинамика, теория упругости), и в механике небесных тел. Даже предпосылка о функциональной роли материальных точек привела к атомистическим и кинетическим теориям, в которых взаимодействие частиц подчиняется законам Ньютона, а статистические расчеты возводят их к усредненным значениям. Так обстояло дело в кинетической теории газов до появления физики газового разряда. "В объяснении оптических и электрических явлений механика Ньютона была намного менее удачлива, чем в вышеуказанных областях", — писал Эйнштейн [12]. Позже, когда явления поляризации, дифракции и интерференции предписывали теории Ньютона все более искусственные видоизменения, восторжествовала волновая теория Гюйгенса. Но и она была основана на классической механике. Нельзя было дать ясную картину ни внутренних сил, управляющих эфиром, ни сил, действующих между эфиром и "весомой" материей.

Основы этой волновой теории стали еще более неясными, когда в нее пришлось ввести объяснение электродинамических явлений. С точки зрения опытной проверки включение волновой оптики в механическую картину мира должно было вызывать серьезные

сомнения. Если считать, что свет должен распространяться как волновое движение в упругом теле (в эфире), то это тело должно быть всепроникающей средой. В силу поперечности световых волн среда эта должна быть в основном подобна твердому телу, при этом она должна быть несжимаемой, чтобы продольные волны не существовали. Этот эфир должен был вести рядом с обычной материей призрачное существование. Чтобы объяснить показатели преломления призрачных тел, а также процессы испускания и поглощения света, пришлось бы принять путанные взаимодействия между двумя родами материи. Наконец, электромагнитные силы заставили ввести электрические массы, которые, хотя и не обладали заметной инертностью, но оказывали друг на друга воздействие; в отличие от силы тяготения это взаимодействие имело полярный характер.

Честь построения электромагнитной картины мира принадлежит английскому ученому Джеймсу Клерку Максвеллу. Однако для того, чтобы начать созидание теории электромагнетизма, Максвеллу пришлось вернуть эволюцию мысли к представлению о непрерывной среде, заполняющей окружающий нас мир, и сосредоточить познавательный интерес именно на свойствах этой среды, которой пренебрегал Ньютон при выводе своих законов. Точнее говоря, Ньютон, вопреки своему девизу: "Гипотез не измышляю", предположил существование некоторой мировой среды — эфира, но, ограничившись изобретением этого понятия, столь чуждого классической механике, не наградил эфир какими-либо конкретными свойствами.

Максвелл не только допустил существование электромагнитного эфира, но описал взаимодействие электрического и магнитного полей, количественно предсказал распространение электромагнитных волн, наконец, объединил оптику и электромагнетизм, выдвинув предположение, что свет представляет собой не механические колебания, а частный случай электромагнитных волн. Каждое из этих предположений входило в противоречие с классической механикой. Построение картины мира, основанной на существовании непрерывного электромагнитного поля, происходило в работах Максвелла мучительно и торжественно, вынужденными уступками механическим моде-

лям, от которых автор постепенно отказывался. Его труд "Трактат об электричестве и магнетизме" слагался, как архитектура Тринити-колледжа, где воспитывался сам Максвелл, из многих тяжелых плит — фундаментальных допущений. Тысячи страниц этого трактата слагают мощную и разветвленную композицию, непохожую ни на одно классическое произведение науки. Это, скорее, сказочная страна, в которую со временем врываются метеориты фактов, гениально предвосхищенных Максвеллом. Уравнения электромагнитного поля, которые сегодня знает каждый студент, были вкраплены в разнообразные фрагменты этого расплывшегося под тяжестью идей произведения "стиля барокко" в физике. Оно напоминает размытые очертания кариатид в итальянских фонтанах периода мощного барокко, когда архитектура изнемогала под тяжестью могучих форм.

Прорываясь сквозь джунгли моделей и математических выкладок, континентальные физики конца века не всегда решались включать теорию Максвелла в учебный курс для студентов. Во Франции это впервые сделал Анри Пуанкаре. Он "прочел" Максвелла, хотя французский переводчик "Трактата" заметил, что там, кроме математических выкладок, нет никакого физического содержания. В Англии электромагнитная картина мира, заложенная в величественном труде Максвелла, была расшифрована сравнительно рано, хотя даже Джозефа Джона Томсона в юности упрекали за чрезмерное увлечение математическими тайнами этой теории.

Первой теоретической задачей молодого "Джи-Джи" явилась проблема устойчивости вихрей в электромагнитном поле. Тайнственное электромагнитное поле Максвелла оказалось, как безбрежная пустыня, охвачено вихрями. Вихри принимали устойчивую форму, выраженную в терминах математического аппарата. Изменениям магнитного поля соответствовали изменения электрического поля, но поскольку никаких проводников и зарядов в этой электромагнитной пустыне не существовало, то Максвеллу пришлось допустить существование электрического тока в пустоте, вернее, в электрическом поле. Допустив возникновение при определенных условиях этого небывалого тока, Максвелл назвал его током смещения.

Впоследствии оказалось, что при распространении электромагнитных волн ток смещения является непременным условием их существования. Но то, с чем легко примирились через полвека радиотехники, создавшие современную систему связи, нелегко было понять до экспериментального получения электромагнитных волн немецким физиком Генрихом Герцем. Существует укоренившееся мнение, что Герц сумел упростить и придать изящную форму уравнениям Максвелла. Его вклад несравненно больше: он внес в "Трактат"... векторный анализ. Именно Герц завершил строгую математизацию труда Клерка Максвелла.

Ходы мысли Максвелла разнообразны и редко повторяют друг друга. Так, объединение электромагнетизма с оптикой было совершено им сначала формально: он заметил, что уравнения Френеля, описывающие граничные условия при распространении световых волн в различных средах, могут "поместиться" в его, максвелловских, уравнениях магнетизма, если их немного "подправить". Иначе говоря, Максвелл сначала разглядел формальную аналогию между своими уравнениями и уравнениями французского ученого Френеля, который считался творцом оптики, но полагал, что свет представляет собой механические колебания.

Таким образом, "приладив" граничные условия для распространения световых волн к своим уравнениям и убедившись в непротиворечивости полученного математического аппарата, Максвелл сделал дерзкое допущение: световые волны представляют собой не механические, а электромагнитные колебания!

Далее началась цепочка экспериментальных подтверждений единства электромагнитных волн, имеющих различные частоты, начиная от радиоволн и кончая световыми. О том, что открытые в 1895 году рентгеновские лучи тоже принадлежат к этой шкале электромагнитных волн, физики узнали только через 15 лет.

Электромагнитная модель мира, созданная Максвеллом, подтверждалась экспериментальными фактами медленно, и влияние максвелловской теории на развитие науки и философии было противоречиво.

Новый мир описывался уравнениями непрерывной среды, и это повернуло философскую мысль к идейным

течениям, враждебным образным моделям и атомистике.

Физический смысл теории Максвелла означал разрыв с механическим представлением о физической реальности и содержал некоторые возможности, из которых можно было прийти к теории относительности.

Джозеф Джон Томсон однажды сказал: "Теория относительности следует еще из уравнений Максвелла". Тем не менее "Трактат" английского ученого в течение долгих лет казался изощренной игрой гениального математического ума. И даже полвека спустя Эйнштейн продолжал описывать труд Максвелла, как "...шаг в направлении конструктивной спекуляции, который увеличил расстояние между фундаментом теории и тем, что мы можем узнать нашими пятью чувствами...".

А молодой Лоренц писал так: "Дифференциальные уравнения Максвелла связывают пространственные и временные дифференциальные коэффициенты электрического и магнитного поля. Электрические массы становятся лишь местами, где дивергенция электрического поля не равна нулю" [43]. Это выражение: "лишь местами, где дивергенция электрического поля не равна нулю", — отражает историческую эволюцию великого голландского теоретика Гендрика Антона Лоренца, который первый вложил в максвелловы точки, "где дивергенция электрического поля не равна нулю", вещественное содержание, поместил в эти особые точки реальные электрические заряды.

Впрочем, в библиотеке Лейдена в 1872 г. кроме Лоренца никто не читал приходящие из Англии статьи Максвелла. Пакеты подчас не распечатывались. Тем не менее Лоренц был убежден в существовании электромагнитных волн и пытался узнать о них что-либо, изучая разряды лейденской банки. Эти юношеские опыты Лоренца превосходили эксперименты Генриха Герца 1888 г. Лоренц говорил: "Трактат об электричестве и магнетизме" произвел на меня, пожалуй, одно из самых сильных впечатлений в жизни; толкование света как электромагнитного явления по своей смелости превзошло все, что я до сих пор знал".

Лоренц, опираясь на теорию Максвелла, объяснил

явления отражения и преломления света на границе двух прозрачных сред. Далее, пытаясь решить загадку происхождения электромагнитного поля, Лоренц пришел к выводу, что теория Максвелла нуждается в дополнении, поскольку в ней основное внимание перенесено с зарядов на пространство между ними и вовсе не учитывается структура вещества. Лоренц предложил считать, что молекулы всякого тела состоят из электрически заряженных частиц. Заряды эти равны по величине и противоположны по знаку. Они создают вокруг себя магнитные поля, а при ускорении или замедлении их движения излучают электромагнитные волны, которые распространяются в пространстве со скоростью света.

Началось возведение здания электродинамики электрона, в которую вложил неоценимый вклад и Поль Ланжевен. Но в те годы, когда Лоренц, будучи на 19 лет старше Ланжевена, создавал синтез электромагнитной и электронной теории, сам электрон, как материальная частица, корпускула, "не существовал" для науки. Открытие электрически заряженной, универсальной частицы было сделано наследником Максвелла, Джозефом Джоном Томсоном.

Как известно, 26-летний английский физик наследовал после лорда Рэлея в 1884 году Кавендишскую лабораторию, которая была открыта в 1874 г. Молодой теоретик, утвержденный средневековым уставом Тринити-колледжа на столь почетную должность, вполне это заслужил. Еще 14-летним мальчиком он поступил в Манчестерский университет и, глядя на него, ректор заметил, что "скоро к ним будут привозить младенцев в колясках". Томсон быстро зарекомендовал себя, как теоретик с прозрачным, жестким умом. Уже упоминалась его первая теоретическая задача о поведении вихрей в структуре электромагнитного поля Максвелла. Затем он сформулировал изящное теоретическое обобщение — так называемую теорему обращения. Она состоит в следующем утверждении: "Если намагниченность железа спадает с возрастанием температуры, то теорема устанавливает, что железо будет нагреваться, если уменьшится его намагниченность". По-видимому, интерес Томсона к этой теореме можно приписать его пристрастиям к фундаментальным задачам. В физике и

химии можно назвать бесконечно много явлений такого типа. Самым перспективным исследованием Томсона была задача о движении в поле заряженной сферы. В этом теоретическом исследовании, еще задолго до открытия электрона, Томсон описал распределение поля вблизи движущегося электрического заряда и подсчитал изменение его массы в зависимости от скорости. Ланжевэн не раз ссылаясь на эту работу в своих трудах.

В 1894 г. Томсон начал замечательные экспериментальные исследования, которые привели его к открытию электрона. На начальном этапе исследований соперником и союзником Томсона был Жан Перрен. Он так же, как и "Джи-Джи" исследовал природу катодных лучей и полагал, что имеет дело с потоком неизвестных заряженных частиц. Между тем немецкие физики пытались доказать, что катодные лучи — волны эфира. Опыты Жана Перрена проводились в его лаборатории Нормальной школы в присутствии Поля Ланжевэна и Эме Коттона.

История катодных лучей началась с 1879 г., когда сэр Вильям Крукс на Бэкерманской лекции показал изумленной публике, что лучи, исходящие из катода стеклянной трубки, отбрасывают тень от предметов, оказывающихся на их пути. Ученые стали строить догадки о природе катодных лучей. Что это за лучи? Можно ли на них повлиять каким-либо способом? Отклоняются ли они магнитом или электрическим полем?

Прибор, изготовленный Жаном Перреном, изыскан и прост [14]: в трубке с катодными лучами напротив катода расположены два тонких, надетых друг на друга, цилиндра. Лучи могут проходить в них из катода через два отверстия. Электрический заряд, сообщаемый цилиндру катодными лучами, измеряется электроскопом. В отсутствие магнитного или электрического поля катодные лучи проникают в отверстия цилиндра, и листочки электроскопа расходятся. Магнит, поднесенный к лучам, отклоняет их, и на цилиндре не оказывается никакого заряда. Опыт поставлен, чтобы опровергнуть представление немецких физиков о том, что катодные лучи представляют собой волны эфира. Однако одного только отклонения в магнитном поле недостаточно для опровержения.

Необходимо доказать, что возможно отклонение и в электрическом поле. Катодные лучи помещают между обкладками плоского конденсатора, но, к сожалению, при напряжениях, меньших двух вольт, лучи не отклоняются. Между тем противники корпускулярной природы катодных лучей, отказались от "волн эфира", но продолжали настаивать на том, что это — световые лучи. Томсон в 1894 г. измерил скорость катодных лучей с помощью вращающегося зеркала и нашел, что она составляет $1/2000$ часть скорости света. Этот результат чрезвычайно затруднил возможность трактовать их в качестве световых лучей.

С другой стороны, Ланжевен помог Перрену повысить вакуум в приборе, и им удалось получить отклонения катодных лучей и при малых напряжениях, меньших двух вольт. Нижний предел напряжения, равный именно двум вольтам, в опытах Жана Перрена и Дж. Дж. Томсона, по-видимому, обязан своим происхождением следующим историческим обстоятельствам.

В опытах Герца³ отрицательные заряды испускались при облучении поверхности металлов ультрафиолетовым светом. Наблюдения над "корпускулами", вылетающими под действием облучения, привели к феноменологической количественной оценке нижнего порога напряжения, при котором эти "корпускулы" не создают в газе ионизации. Этот нижний порог предполагался равным двум вольтам: "... корпускулы, вылетающие при эффекте Герца со скоростью, соответствующей падению потенциала в 2 В, не создают в газе новых центров и сами представляют собой отрицательные ионы, идентичные тем, которые создаются рентгеновскими лучами" [П, с. 85].

Между тем перенесение порогового значения напряжения из фотоэффекта (опыты Герца) на исследования потока электронов в катодных трубках (опыты Перрена и Томсона) оказалось ошибкой. По-видимому, исследователи стремились привести к единству все условие появления загадочной и, возможно, "универсальной" корпускулы. Впрочем, и Жан Перрен, и Дж. Дж. Томсон добились отклонения "корпускул" при напряжениях, меньших двух вольт.

³Опыты Герца были известны Ланжевену более подробно, чем опыты Столетова.

Работая вместе с Перреном над изучением природы катодных лучей, молодой Ланжевен очень рано заинтересовался механизмом ионизации газа под действием катодных и рентгеновских лучей. Это вело его к главной цели будущих исследований — к физике газового разряда. Но, занимаясь сравнительным анализом ионизации газа катодными и рентгеновскими лучами, он заинтересовался физическим механизмом возникновения самих рентгеновских лучей. Еще в Нормальной школе у него возникло предположение о существовании вторичных рентгеновских лучей, но экспериментальное подтверждение своего открытия было им сделано в 1897 г. в Кавендишской лаборатории, где он в течение года работал у Дж. Дж. Томсона. В это же время французский исследователь Жорж Саньяк, с которым Ланжевен, как мы увидим, не раз дискутировал, пришел независимо к тем же выводам. В статье [П, с. 186] Ланжевен останавливается только на тех особенностях своего исследования, которые отличают его от Саньяка. Поскольку заметка о вторичных рентгеновских лучах включена им в состав докторской диссертации, где выведены три основных закона будущей науки о газовом разряде, мы еще вернемся к анализу этого вопроса в главе 4.

На "географической карте" европейской физики в эпоху научной революции Франция занимала важное место. Но в свободных дискуссиях студентов Нормальной школы обсуждались не только физические проблемы. Выступали Жан Перрен, Поль Ланжевен, Эме Коттон и их друг Нозль Бернар. Биолог Нозль Бернар рано ушел из жизни, но оставил после себя интересное исследование: он показал, что наравне с борьбой за существование, в природе важное место занимает биологическое сожительство организмов — симбиоз. В экспериментальном саду Нормальной школы он создал симбиоз цветка — орхидеи и гриба-шампиньона. Этот пример был использован Ланжевеном во время его дискуссий с поборниками насилия в обществе, утверждавшими, что вечный закон борьбы за выживание в природе действует и в общественных условиях. Эти французские "сочувствующие" гитлеризму оказались в 30-е годы и среди профессоров Нормальной школы.

В те первые годы научной революции, о которых

идет речь, Ланжевен писал: "Однако мы теперь умеем формировать атомные колонии и при их помощи научились считать атомы; мы научились твердо стоять на зыбкой почве молекулярных величин, используя явления конденсации пересыщенных паров в газах — проводниках электричества. Пар, приведенный внезапным охлаждением в состояние пересыщения, не образует тумана в газе, лишенном пыли, вследствие отсутствия зародышей, необходимых для образования капель; в то же время обильное облако образуется в том случае, если газ превращен в проводник при помощи какого-либо процесса, например рентгеновских лучей или лучей радия. Опыт позволяет подтвердить при помощи электризации капелек, что эти капельки образуются в соответствии с предвидениями термодинамики на заряженных центрах, которые всегда имеются в конечном числе и присутствие которых в газе-проводнике предусматривается атомистической гипотезой.

Образовавшиеся таким образом капли, видимые простым глазом (так как наблюдение их скорости дает их величину, а следовательно, и их число), являются колониями, которые подтверждают существование прерывности электрических зарядов, находящихся в газе, и позволяют из их числа вычислить заряд каждого из этих центров при помощи прямого измерения" [I].

Таким образом, развитие научной революции, одним из деятелей которой был Ланжевен, вело к созданию электронной физики. Одновременно назревал релятивистский кризис, в предыстории которого главнейшую роль сыграли исследования Анри Пуанкаре. Значительно менее известны работы Жюль Маскара.

Опыт Майкельсона, приведший к необходимости допустить постоянство скорости света, считается основным подтверждением принципов частной теории относительности. Между тем Жюль Маскар, заместителем, а затем преемником которого по кафедре физики был Ланжевен, еще в 1870 г. начал исследование, которое должно было ответить на вопрос, поставленный Французской академией наук: "Каким изменениям подвергается свет в результате движения источника или наблюдателя?"

Ланжевен напоминал, что этот вопрос был постав-

лен еще Араго, когда шел спор о корпускулярной и волновой теории света. Араго утверждал, что если вести наблюдение за двумя звездами, расположенными таким образом, что Земля приближается к одной из них и удаляется от другой, то свет, поступающий в призму наблюдателя от обеих звезд, преломляется одинаково [4, с. 36].

Маскар критически пересмотрел эксперименты Араго с поправкой на эффект Доплера и предпринял собственные исследования. Ланжевен писал: "Труды Маскара существенным образом способствовали установлению экспериментальных основ, на которые опирается формулировка самого принципа относительности, а именно: полная эквивалентность всех галилеевых систем координат для всей совокупности законов физики и невозможность обнаружить путем какого бы то ни было опыта внутри одной материальной системы равномерное перемещение этой системы по отношению к нашей туманности в целом. Прежде чем Майкельсон установил эти основные данные для изотропного распространения света с точностью второго порядка, т.е. больше одной десятиллиардной, эти основные данные уже были установлены Маскаром с точностью первого порядка, т.е. порядка одной миллионной для всей совокупности законов оптики: отражения, двойного преломления, дифракции, явлений интерференции вообще. Итак, нужно признать в лице Маскара одного из основателей теории относительности" [П, с. 680]. Говоря о предыстории создания теории относительности, вернее об истоках релятивистского кризиса физики, необходимо начать с Анри Пуанкаре. Так же, как впоследствии и Эйнштейн, Пуанкаре полагал, что система уравнений Максвелла легко допускает переход к релятивистским преобразованиям, и в этом заключается одно из гениальных предвидений автора "Трактата". Его интуиция вела к такому построению математического аппарата, которое легко позволяло выразить ковариантность законов электромагнетизма относительно преобразований Лоренца. А это означало инвариантность законов электромагнетизма в любой инерциальной системе. Таким образом, электромагнитный синтез вел к релятивистскому синтезу.

Пуанкаре первый во Франции разобрался в сложном

изложении Максвеллом его гениальных идей — в "бесформенных глыбах, поднятых гигантом для сооружения монумента, стройностью которого мы теперь восхищаемся" (цит. по: [15, 16]).

Участие Анри Пуанкаре в создании релятивистской физики электрона составляет не только предысторию, но непосредственно историю теории относительности. Он был величайшим математиком своего времени и более, чем кто-либо другой был близок к представлению о том, что объективная реальность всегда покоится на одном общем принципе — согласованности общих законов физики и геометрии. Теория относительности была близка его духу, как наука о строгих законах пространственных свойств предметов внешнего мира. Эмпирические основы геометрии, столь выпуклые в трудах Декарта и величественные в механике Ньютона, нашли свое воплощение и в свершениях Анри Пуанкаре. Может быть, именно поэтому Пуанкаре "смотрел с некоторым беспокойством на то, как колебалось... старое здание ньютоновой динамики, которое он еще недавно увенчал своими замечательными работами о проблеме трех тел и форме равновесия небесных тел".

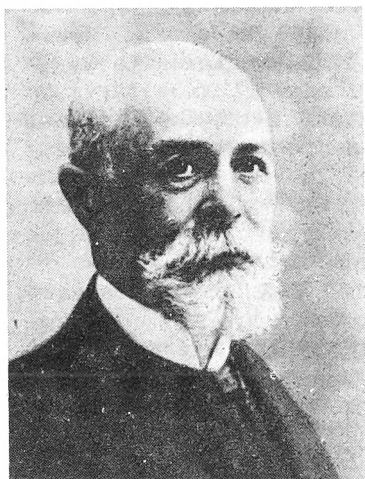
Между Пуанкаре и молодым Ланжевеном в начале XX века наметилось некоторое расхождение в отношении к электромагнитному синтезу. Ланжевен выступал как убежденный новатор: в его ранних работах мы найдем попытки обосновать электромагнитную природу инерции тел. Однако, как он сам впоследствии писал, электромагнитный синтез был лишь этапом развития физики, и Пуанкаре, по-видимому, это предчувствовал. К сожалению, пониманию научной мысли великого французского физика часто препятствовала его философская позиция, которую привыкли называть "коммодизмом". Пуанкаре иной раз ссылаясь на "удобство" сохранения того или иного подхода, руководствуясь формальными гносеологическими соображениями, и этот аргумент в духе махизма закрывал от историков науки глубокие, часто провидческие ходы мысли Пуанкаре. В те последние годы XIX в., когда Ланжевен учился в Нормальной школе, Пуанкаре опубликовал свой курс математической физики. Этот труд оказал большое влияние на молодых физиков, потому что Пуанкаре впервые облек в методическую форму

лекций идеи Максвелла. Другой вклад Пуанкаре состоял в развитии статистической механики. Максвелл, который был последователем Больцмана в кинетике заряженных частиц, придавал огромное значение интерпретации законов статистической механики Пуанкаре. Пуанкаре оставил после себя огромное наследие. За период 1887-1896 гг. им были опубликованы серии заметок и докладов об уравнениях с частными производными математической физики. К тому же он — создатель топологии.

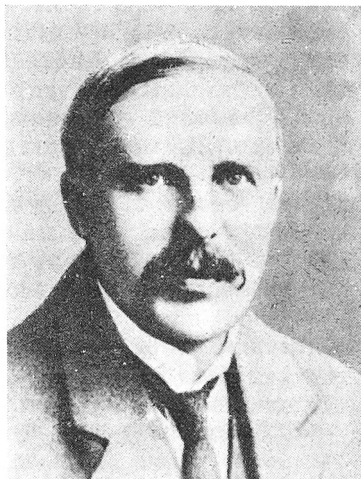
Наконец, революция физики XIX в. ознаменовалась событием, положившим начало новой технической цивилизации. Анри Беккерель в 1896 г. сделал открытие радиоактивности, вошедшее в историю науки под шутливым названием "ошибка Анри Пуанкаре".

20 января 1896 г. Пуанкаре сделал сообщение об открытии Рентгеном невидимых всепроникающих лучей. В статье Рентгена он обратил внимание на следующую подробность: "... наиболее сильно флуоресцирующее место стенки разрядной трубки является также и главным исходным пунктом расходящихся во все стороны X-лучей". На основании этого наблюдения, сделанного Рентгеном, Анри Пуанкаре предположил, что незримые лучи являются компонентой, сопровождающей флуоресценцию или фосфоресценцию лучей.

На заседании Академии наук оказался крупнейший специалист в области флуоресценции Анри Беккерель. Пуанкаре предложил ему экспериментально проверить его гипотезу. Беккерель много работал с таким фосфоресцирующим объектом, как урановые соли. Он решил проверить, не входят ли лучи Рентгена в состав фосфоресцирующего излучения, испускаемого химическими соединениями урана. На фотопластинку, обернутую слоем плотной черной бумаги, Беккерель насыпал порошок из кристаллов уранокалиевой соли и в течение нескольких часов облучал их солнечным светом. Когда после этого он проявил фотопластинку, на ней проступило слабое почернение, воспроизводящее контуры насыпанного порошка. Беккереля охватило волнение. Он был убежден в том, что имеет дело с механизмом испускания "ИКС-лучей". Далее действие "детектива" разворачивалось следующим образом.



Анри Беккерель



Эрнест Резерфорд

В понедельник 24 февраля Анри Беккерель сообщает членам Академии наук об удивительном свойстве флуоресцирующей соли урана излучать рентгеновские лучи.

В среду 26 февраля Беккерель prepares несколько фотопластинок с уранокалиевой солью. Однако в этот день солнце не выходит из-за туч, и Беккерелю не удается осветить уранокалиевую соль солнечным светом. Он аккуратно убирает приготовленные пластинки с насыпанной на них урановой солью в ящик стола.

Солнце скрывается за тучами 27, 28 и 29 февраля.

В воскресенье 1 марта выглянуло солнце. Беккерель решил махнуть рукой на воскресный отдых и продолжить эксперименты. Он приходит в лабораторию, открывает окно, чтобы выложить приготовленные фотопластинки с урановой солью на освещенный солнечными лучами подоконник. Но тут его охватывает сомнение: не произошло ли чего-либо с фотопластинками, пока они лежали в ящике стола?

Беккерель идет в затемненную комнату и проявляет фотопластинки. Он не верит своим глазам: на влажной поверхности фотопластинок проступили знакомые очертания рассыпанного порошка. Но ведь урановая

соль не подвергалась облучению! Значит, испускаемое излучение не имеет никакой связи с флюоресценцией?

История науки ответила на этот вопрос: Анри Беккерель открыл радиоактивность — самопроизвольный распад некоторых элементов, сопровождающийся излучением. Появилось еще одно излучение, выбрасываемое глубочайшими недрами вещества.

* * *

На географической карте немецкой и австрийской науки отчетливо выделяется трагическая фигура атомиста и создателя кинетической теории газов Людвиг Больцмана. Судьба этого великого ученого была трагичной с самого начала: он находился в непрерывной оппозиции к господствующему философскому течению махизма, возникшему в Вене и занявшему ключевые позиции во многих европейских университетах. Будучи незащищенным и страстным человеком, Больцман поддавался натиску душевной усталости после многих лет непрерывных теоретических битв со своими противниками и покончил с собой. А между тем он был гениальным предвестником атомной теории, статистической теории, когда наука от атома отошла, а к электрону не пришла. Именно теоретический аппарат Больцмана был использован Ланжевеном в теории магнетизма и газового разряда. Именно незаконченную задачу Больцмана о динамическом взаимодействии между частицами Ланжевен решил, восстановив этим против себя его противников. С одной стороны, как мы видели, появление трактата Максвелла, порывавшего с механическим и моделями классической физики, выдвигало на первый план уравнения, превосходно описывающие и предсказывающие физические явления без необходимости пользоваться какими-либо образными и наглядными представлениями. Казалось, можно было надеяться на то, что для науки окажется достаточной некоторая система символов, описывающая результаты опытов и теоретических представлений. С другой стороны, в течение XIX в. шла гигантская работа, завершающая аппарат дифференциальных уравнений, позволяющих распространить законы механики на самые далекие области физики. Были построены дифференциальные уравнения теплопроводности, гид-

родинамики. Гибкость дифференциальных уравнений, содержащих в качестве ядра понятие "быстроты" процесса, т.е. скорости в виде производной, способствовало быстрым успехам и распространению механики одновременно с неуклонным наступлением противоположной ей электромагнитной картины мира. В обоих случаях с помощью дифференциальных уравнений возводился математический аппарат, как будто освобожденный от образных, наглядных моделей. Поэтому в те далекие 70-е годы атомист Людвиг Больцман, занявший после Эрнста Маха кафедру философии в Вене, считался "устаревшим физиком" с его атомистическим мировоззрением.

Наконец, приверженцы новых течений в науке, таких, как эмпириокритицизм, махизм, символизм, энергетизм, возлагали большие надежды на успехи термодинамики. Первое и второе начала термодинамики были сформулированы в терминах энергии и энтропии и, казалось, превосходно обходились без каких-либо конкретных образных моделей. Как известно, первое начало содержит утверждение о сохранении или эквивалентности энергии, Ланжевен писал: "Можно утверждать, что если какая-либо трансформация, например падение какого-либо весомого тела, сопровождается, скажем, только таянием определенного количества льда, то окажется невозможным — как бы мы за это ни брались, и каковы бы ни были механизмы, использованные для этого, — соединить эту же трансформацию с таянием другого куска льда. Обратная трансформация сопровождается затвердеванием такого же количества воды..." [1, с. 47]. Этот принцип говорит, что результат получается ценой усилия — чудес не бывает. Энергия не является чем-то, что остается постоянным.

Второе начало термодинамики утверждает, что из двух противоположных превращений, не сопровождающихся никакими внешними эффектами, возможно только одно: например, из двух явлений — взаимной диффузии двух газов в их постоянном объеме и спонтанного разделения этих газов — возможно только первое. Эволюция имеет место в определенном порядке. История не повторяется.

Направление, в котором протекает термодинамичес-

кий процесс, определяется, согласно второму закону термодинамики, классической функцией — энтропией. Энтропия — мера беспорядка в системе. Процесс развития в сторону увеличения энтропии, в сторону большей степени хаотичности.

Гуманистическое значение этих двух принципов бесспорно: первое начало утверждает, что результат получается ценой усилия — чудес не существует. Второе начало учит тому, что действия непоправимы — течение жизни не может быть вновь начато. Такова оценка этих принципов, данная Полем Ланжевенем.

Однако иначе подошли к термодинамическим принципам Эрнст Мах и его сторонники. Их привлек к себе аппарат термодинамики, в котором, казалось, нет ничего кроме энергии и энтропии. Нельзя ли возвести энергию в ранг главной субстанции науки и, пользуясь символикой математического аппарата, описать все явления с позиции чистого энергетизма? Еще задолго до того, как Вильгельм Оствальд окончательно написал на своем знамени принцип энергетизма, махисты стали поспешно освобождаться от конкретных представлений в науке. С одной стороны, физике предписывалось воспроизводить ощущения экспериментатора, наблюдающего явления, с другой, — теоретику возбранялось измышлять какие-либо представления, которые нельзя проверить экспериментально. За этим, как будто призывом к скромности и добросовестности исследователя, стояло двойное ограничение мощи науки: копирование ощущений наблюдателя вместо описания подлинных явлений физического объекта, и запрещение теоретических гипотез, сознательно направляющих ход эксперимента. Символика, не содержащая творческих созданий разума ученых, выдавалась за новое слово науки. Вильгельм Оствальд писал, что энергетика изобретает символы, но в отличие от науки предшествующих времен, она заботится особенно о том, чтобы эти символы не содержали ничего больше и ничего меньше, как только факты, подлежащие изображению.

Заметим, что позитивизм охватил не только некоторые научные течения, но и литературные школы, и диктовал прежде всего фиксацию наблюдаемого явления, будь то научный факт или социальный процесс. Научной теории уделяется мало места в этих непо-

следовательных учениях, поскольку материя, общество, внутренние законы объекта признавались явно или неявно — непознаваемыми. Разнообразные оттенки этих идей размывали границы между точными знаниями и дилетантскими размышлениями.

Трагическая фигура Людвиг Больцмана воплощает в себе и атомистическую гипотезу кинетической теории газов, созданную этим замечательным ученым, и одновременно применение в этой теории законов классической механики, реализованных Больцманом на уровне взаимодействий между молекулами. Законы механики применяли к столкновениям частиц, исходя из предпосылки о том, что каждая частица индивидуальна, т.е. может быть различима, и путь ее удастся проследить после взаимодействия с другими частицами. Этот принцип индивидуальности, различимости микрочастиц лежал в основе статистического рассмотрения молекулярной теории газов и был впоследствии перенесен Ланжевеном в физику электрического разряда. Статистические законы Больцмана, управляющие поведением молекулярных систем, объяснили газовые законы Мариотта—Гей-Люссака, явления диффузии. Наконец, на основании теории вероятностей Людвиг Больцмана, удалось разгадать смысл "загадочной" энтропии, входящей во второе начало термодинамики. Энтропия, как выяснилось, измеряется вероятностью данного состояния системы. Второе начало термодинамики утверждает, что любой процесс направлен в сторону увеличения вероятности нахождения системы в данном состоянии. Таким образом, кинетическая теория Больцмана проникла на "вражескую" территорию термодинамики и, к конфузу энергетиков, наполнила их абстрактные понятия живым физическим содержанием, основанным на молекулярной теории. Системы, которые рассматривал Больцман, описывались им в виде множества частиц, движущихся беспорядочно при некоторой температуре. Тепловое движение частиц хаотично, однако подчиняется вероятностным статистическим законам. Дальнейшее развитие идей Больцмана для условий, когда на беспорядочное тепловое движение частиц накладывается ориентирующее действие внешнего поля, получило развитие в теории подвижности ионов Поля Ланжевена.

Ланжевен в лаборатории Джозефа Джона Томсона

В статье "Ланжевен и Англия" Джон Бернал писал: "Он имел счастье родиться достаточно рано, чтобы войти в научную жизнь в тот самый момент (1896 г.), когда зарождалось огромное движение, ставшее современной физикой. Наконец, в тех городах — Париже и Кембридже, — где он работал, делались наиболее важные открытия".

Окончив в 1897 г. Нормальную школу с дипломом преподавателя физических наук, Ланжевен, по ходатайству Пьера Кюри, получил стипендию от Парижского муниципалитета для подготовки к научной деятельности в Кавендишской лаборатории Кембриджа.

Первый колледж города Кембриджа был основан в 1284 году. Примерно в то же время был сооружен "Математический мостик" через реку Кем. Далее следует длинная и величественная история необыкновенного университетского городка, все 17 колледжей которого входят и по сей день в самоуправляющуюся корпорацию, "не получающую от правительства никаких пособий и не подлежащую никакому надзору". Наука издавна была "верховой правительницей" этого маленького царства. Однако с существенной оговоркой: она (наука) — должна подчиняться монастырскому уставу и терпеть религию в качестве своей неразлучной наперсницы. Отсюда возникли противоречивые и своеобразные традиции. До 1882 г. профессора не имели права вступать в брак. Ученые могли посещать только те клубы, которые были в Кембридже. Они занимались традиционными видами спорта: играли в гольф, участвовали в лодочных гонках на реке Кем.

Однако наступили времена, когда 600-летний университет отступил от своего монастырского устава. В начале века Кембридж стал открытым городом. Для молодых ученых, выпускников других университетов, была учреждена своеобразная аспирантура. Будущий соискатель, "рисерч-студент", присылал сначала свои работы, и если они представляли интерес, то он получал приглашение в лабораторию Кембриджа. Так попал в Кавендишскую лабораторию Резерфорд, приехавший из Новой Зеландии, Дж.Сили Таунсенд из

Ирландии. Оба они работали в лаборатории Дж. Дж. Томсона, когда там появился Поль Ланжевен.

В 1897 г. была напечатана статья Томсона, в которой он сообщал, что ему удалось повторить опыт Перрена при малых напряжениях, меньших двух вольт. Затем, несколько игнорируя факт отклонения лучей в приборе Перрена при поднесении магнита, Томсон описывает собственные эксперименты с отклонением катодных лучей в магнитном поле. А дальше — Томсон совершает качественный скачок в методологии исследований: он изобретает способ измерения параметров неизвестных частиц. В качестве характеристики корпускул, существование которых еще не доказано, он выбирает отношение их массы к заряду — параметр необычный тогда для физиков. Однако сам выбор этого критерия уже был открытием Томсона, потому что, поверив в реальность частиц, он "приготовил" для их характеристик ставший историческим критерий.

Стеклодув Эверетт, выполнявший замыслы Томсона, впаял в трубку с катодными лучами термопару, куда был введен магнит. Зная тепло, получаемое термопарой при падении на нее катодных лучей, и радиусы их кривизны при отклонении в магнитном поле, можно из системы четырех простых уравнений определить величину отношения массы к заряду неизвестных частиц. Это отношение оказалось так мало, что заставило предположить: обнаруженные частицы не сравнимы ни с одним из известных атомов или молекул. Томсон составил стратегию экспериментов, направленных к единой цели: отождествление электрических корпускул в различных экспериментальных условиях с помощью отношения m/e . Такие условия были обнаружены в заряженном облачке над накалившимся катодом (угольная нить). Отношение m/e совпало с измерениями в катодных лучах. Затем Томсон разработал свой метод одновременного воздействия на частицы взаимоперпендикулярными электрическими и магнитными полями. В этих полях частицы описывали циклоиду — кривую, диаметр которой зависит от отношения массы к заряду и от напряженности полей. Современные инженеры хорошо знакомы с разнообразными применениями этого метода, включая разделение изотопов.

Первое заявление Дж. Дж. Томсона о существовании универсальной электрически заряженной корпскуллы (масса и заряд которой были косвенно измерены отношением e/m) было сделано в 1897 г. на заседании Лондонского королевского общества. Термин "электрон" в то время существовал только в системе единиц измерения, предложенной Стоуном для минимального количества электрического заряда.

К 1898 г. Томсон поставил новую задачу: определить непосредственно электрический заряд корпскуллы. Эта задача была решена Томсоном совместно с Вильсоном и Таунсендом. Как мы теперь хорошо знаем, для этого была использована камера с подвижным поршнем, в которой происходило быстрое расширение и охлаждение газа, и капельки воды конденсировались не только на частицах пыли, но и на "ядрах", которыми оказались электрически заряженные частицы, получившие в этих условиях название ионов. Отношение массы к заряду этих ионов оказалось таким же, как в катодных лучах и в облачке над накалившимся катодом.

Затем Томсон перенес место действия в газы. Поток ионов падал на заряженную пластинку, соединенную с конденсатором. Количество электричества, падающее на эту пластинку, измерялось электрометром. Приравнивая эту величину количеству ионов, падающих на пластинку, можно было рассчитать заряд иона. Он оказался равным заряду корпскулл во всех упомянутых выше условиях. Снова было получено подтверждение существования универсальной электрической частицы с зарядом, равным заряду иона водорода при электролизе, но с массой в 1000 раз меньше.

В более поздних сообщениях Томсон ссылаясь на то, что Беккерель нашел для лучей радия, отклоняемых в электрическом и магнитном полях, то же значение e/m , что и для открытых им "корпскулл".

Когда Ланжевэн начал работать в Кавендишской лаборатории, то в одной комнате с ним проводил эксперименты с солью урана Резерфорд. В те годы его исследования были близки к работам супругов Кюри, и он говорил впоследствии, что "слышал скрип уключин весел", как на лодочных гонках.

"Поиск" электрона завершился к 1897-1898 гг. Постепенно исследования Кавендишской лаборатории

переходили в область ионизированных газов. Физики газового разряда, как науки, не существовало. Ее фундаментом стало открытие электрона, а методом исследования — катодные, рентгеновские, ультрафиолетовые лучи, а также радиоактивное излучение. Особое место в экспериментальной технике занимала камера Вильсона. В последние годы XIX в. Кавендишская лаборатория необычайно быстрыми темпами накапливала открытия и индуктивные феноменологические работы в области ионизационных процессов, вошедшие в науку о газовом разряде. Рождение физики газового разряда ознаменовалось, с одной стороны, публикацией монографии Дж. Дж. Томсона 1903 г. [17], а с другой, — серией статей молодого Ланжевена, которые совместно с его докторской диссертацией могут рассматриваться как генезис науки об электрическом разряде в газах [18-20].

Сегодня, когда Ланжевен справедливо считается классиком науки о газовом разряде, историки с некоторым удивлением обнаружат, что признание Ланжевена исходило не от его учителя Дж. Дж. Томсона. Разбор трудов Ланжевена по ионизационным процессам в газах Томсон сделал только к 1928 г., когда вышло третье издание монографии, написанной совместно с сыном Джорджем Пейджетом [21]. В 1901 году, когда Ланжевен прислал Дж. Дж. Томсону докторскую диссертацию, составившую "ядро" науки о газовом разряде, он ограничился светским письмом (цит. по: [4, с. 44]):

Холенлей

Вест Род
Кембридж

Дорогой Ланжевен,

С огромным удовольствием я получил сегодня 31 декабря 1902 года Ваш превосходный труд по ионизационным явлениям в газе; это чудесный образец единства науки и искусства. Я прочел Вашу работу с живым интересом и поздравляю Вас с такими прекрасными результатами.

Я часто вспоминаю тот год, который Вы провели в Кембридже, и надеюсь иметь возможность чаще встречаться с Вами...

Прежде чем перейти к анализу докторской диссертации Ланжевена и сопутствующих ей статей, составивших синтез новой науки, необходимо изложить ход исследований ионизационных процессов в самой Кавендишской лаборатории. Почти все работы, прове-

денные тогда научной школой Дж.Дж.Томсона, вошли в историю науки. Они превосходно описаны Ланжевром в его докторской диссертации [П, с.1-196]. Следуя исторической хронологии, надо прежде всего указать на совместные работы Резерфорда и Дж.Дж.Томсона, представляющие собой экспериментальные исследования ионизирующего воздействия на газ рентгеновых, ультрафиолетовых и радиоактивных лучей. Главная цель этих опытов состояла в том, чтобы подтвердить ионную гипотезу. На первом этапе физики газового разряда необходимо было провести четкое различие между распадом атомов на заряженные радикалы в электролитах и возникновением в ионизированных газах отрицательных "корпускул", а также ионов — носителей противоположного заряда.

Мало кто знает, что еще в 1882 г. немецкий ученый Гизе, изучавший проводимость пламени, а в 1884 г. — Шустер, пытавшийся объяснить явление искрового разряда, предполагали, что в газах происходят процессы, аналогичные электролизу. Однако эта гипотеза столкнулась с серьезными затруднениями: прохождение тока через газ должно было бы сопровождаться химическим разложением газа, между тем как опыт указывал, что химические изменения в газе несравненно меньше, чем в электролитах. Первые исследования Кавендишской лаборатории в физике газового разряда должны были доказать, что независимо от числа атомов, содержащихся в молекуле газа, диссоциацию ее на заряженные центры следует рассматривать, как явление иной природы, совершенно непохожей на электрическую диссоциацию. Этот новый процесс под действием ионизирующего облучения в Кавендишской лаборатории называли "корпускулярной" диссоциацией и представляли его себе так.

Под действием сильного электромагнитного возмущения (ионизация рентгеновскими лучами) или удара очень быстро движущейся "корпускулы" (ионизация радиоактивной радиацией или катодными лучами) атом, входящий или не входящий в состав молекулы, может потерять одну "корпускулу". Таким образом, создаются два заряженных центра, причем положительный центр состоит после отрыва одной "корпускулы" из остатка атома или молекулы. Механизмы этой "корпускулярной диссоциации" могут быть раз-

личными, но все они рассматривались Томсоном, Резерфордом, Таунсендом, Вильсоном и Зелены, как неустойчивые и зависящие от внешних причин, в то время как при электролизе распад молекулы происходит вследствие высокой диэлектрической постоянной среды, уменьшающей притяжение, существующее между электрическими зарядами противоположных знаков.

Методы исследователей были разными. Томсон и Резерфорд измерили количество электричества, освобождаемого в ионизированном газе под действием облучения, и показали, что поле может извлечь из него только ограниченное количество электричества. Зелены разработал метод измерения скоростей зарядов в электрическом поле с некоторой заданной напряженностью поля. Скорости положительных и отрицательных зарядов K_1X и K_2X учитывали новое понятие — подвижность заряженных центров.

История появления этого понятия имеет принципиальное значение для развития физики газового разряда. Подвижность можно определить, как среднюю скорость направленного движения электронов или ионов при единичной напряженности электрического поля — или как отношение средней скорости направленного движения заряженных центров к напряженности этого поля. Введение подвижности позволило, прежде всего, количественно оценить соотношение между направленным и хаотическим движением частиц в ионизированном газе.

В книге⁴ "Поля Ланжевена" О. А. Старосельская-Никитина [2] выдвигает предположение, что именно Ланжеvenu принадлежит право считаться автором этого фундаментального понятия и ссылается на его раннюю статью [22], в которой он пишет: "Коэффициенты K_1 и K_2 , которые мы назовем подвижностями..."

Но это не так. Указанная фраза в заметке Ланжевена является просто вводной к дальнейшему ходу рассуждений. Понятие подвижности электронов и ионов родилось в Кавендишской лаборатории, и сам Ланжевен свидетельствует об этом в своей докторской

⁴ Эта первая научная биография Поля Ланжевена на русском языке является замечательным историческим исследованием. Автор часто цитирует ее здесь.

Поль Ланжевен в Кембридже

диссертации. Мы убедимся, что вклад Ланжевена в физику газового разряда несравненно выше права на приоритет использования понятия подвижности в исследованиях физических процессов.

Еще в своей первой совместной работе [23] Джозеф Джон Томсон и Эрнест Резерфорд четко поставили проблему о подвижности зарядов, освобожденных в электрическом поле, и описали первый, очень косвенный метод измерения суммы подвижностей положительных и отрицательных ионов. Разница в подвижностях ионов обоих знаков впервые была показана Я. Зелены [24], который сравнивал скорость, приобретенную ионами в поле, со скоростью струи газа, параллельной полю.

На том начальном этапе результаты Дж. Дж. Томсона, Резерфорда и Я. Зелены были использованы только как приблизительное количественное подтверждение идентичности ионов различного происхождения и правильности закона пропорциональности между скоростью ионов и электрическим полем. Подвижности K_1 и K_2 предполагались фундаментальными величинами в теории ионов, но их точное определение приобрело принципиальное значение.

Резерфорд добился определения суммы подвижностей K_1 и K_2 с помощью косвенного метода для частного случая. В расчете Резерфорда были допущены довольно грубые приближения.

Следующий метод измерения подвижностей был разработан Резерфордом [25] для другого частного случая: ионизация газа производится радиоактивным веществом, нанесенным на пластинку, создающим интенсивную ионизацию в непосредственной близости от нее. Облучая свой прибор дополнительно рентгенов-



скими лучами, Резерфорд добился простой количественной зависимости: полученный ток не зависит от интенсивности ионизации, прямо пропорционален квадрату электродвижущей силы и обратно пропорционален кубу расстояния между пластинками.

Простой расчет позволил измерить подвижности из соотношения $K_1/K_2 = i_1/i_2$, где K_1 и K_2 - подвижности носителей заряда, i_1 и i_2 - токи, получаемые при инверсии напряженности поля. Резерфорд предложил также методы прямого измерения подвижностей ионов. Их оценку целесообразно сделать в связи с подходом Ланжевена. Сопоставление этих двух исследований позволит выявить особенности творчества ученых.

В работах Кавендишской лаборатории особое теоретическое значение имеют опыты с конденсацией. Выше было указано, что Дж. Дж. Томсон, используя камеру Вильсона, измерил абсолютную величину заряда, несомого в различных газах одним ионом. Но Вильсон преобразовал конструкцию камеры, разделив ее непроницаемой перегородкой, и показал, что отрицательные ионы легче вызывают конденсацию, чем положительные.

Наконец, в историю Кавендишской лаборатории следует включить опыты Таунсенда [26], которому удалось впервые непосредственно измерить коэффициенты диффузии ионов в газах.

Остроумная методика Таунсенда основана на следующих соображениях. Если проводящая поверхность находится в соприкосновении с ионизированным газом, то ионы, находящиеся в непосредственном соседстве с поверхностью, притягиваются к ней так, как они притягивались бы к своему электрическому изображению на поверхности, и отдают ей свой заряд: в результате в единице объема газа, находящегося в непосредственном контакте с поверхностью, число ионов обоих знаков равно нулю.

Следствием этого будет диффузия ионов из массы газа к проводнику, и число ионов, исчезающих за определенное время, отдавая проводнику свои заряды, будет прямо зависеть от коэффициентов D_1 и D_2 .

Поэтому, если пропускать ток ионизированного газа через металлическую трубку с таким малым диа-

метром, что потеря ионов из-за диффузии к стенкам трубки велика по сравнению с потерей их из-за рекомбинации, можно, изменяя отношение R числа зарядов данного знака, имеющих в газе при входе в трубку и при выходе из нее, рассчитать коэффициент диффузии для ионов этого знака.

Краткий обзор ранних исследований ионизационных явлений в газах, предшествующих трудам Ланжевена, позволяет сделать предварительные выводы.

1. Исследования научной школы Дж.Дж.Томсона на раннем этапе сохраняли дискретно-детерминистическую концепцию⁵, типичную для стратегии открытия электрона самим Томсоном.

В трудах Ланжевена, объединивших в единую структуру три закона газового разряда: закон подвижности, закон рекомбинации и закон диффузии, сочетаются непрерывно-детерминистическая концепция, основанная на дифференциальных уравнениях, и вышеупомянутый дискретно-детерминистический подход.

2. В ранних работах Кавендишской лаборатории отсутствовал статистический анализ явлений в ионизированных газах.

3. Все исследования Резерфорда, Вильсона, Таунсенда, Зелены, относящиеся к измерению заряда ионов и их подвижности, ограничены частными случаями.

4. Необходимо напомнить, что во всех случаях речь идет о несамостоятельном разряде в газах.

В следующей главе мы попытаемся проследить, как в работах Ланжевена происходило постепенное обобщение полученных результатов и развитие фундаментальных положений будущей науки о газовом разряде.

Поль Ланжевен провел в Кавендишской лаборатории год. Он присутствовал на юбилейном банкете в честь открытия электрона. В маленьком ресторанчике Кембриджа молодые ученые распевали шуточные куплеты на мотив английской песенки "Клементина":

⁵ Дискретный и непрерывный подходы в философской и физической методологии выражают не только различные представления о явлениях, но и различные математические аппараты.

Средь катушек и спиралей,
Среди воска в клубах пыли,
Здесь ионы погибали,
Те, что атомами были.
О, голубчики ионы!
Как же вас жалею я!
Вы исчезнете бесследно,
Все рекомбинируя!
И почти без электродов,
В трубке с газовым разрядом
Создаете вы свечение,
Двигаясь за рядом ряд...

[Перевод Т. Гнединой]

Сохранилось воспоминание о том, как молодой Ланжевен во время юбилейной пирушки вскочил на стул и спел "Марсельезу". Мы помним, как бережно передавались революционные традиции в семье родителей Ланжевена. Но в тот вечер повод для революционного гимна был серьезный: Ланжевен получил из Франции от своего друга по Нормальной школе поэта Шарля Пеги петицию Лиги прав человека в защиту невинно осужденного офицера Дрейфуса. Ланжевен подписал ее. Это было началом движения дрейфусаров.

Весть об организации Лиги прав человека, о борьбе за восстановление законных прав личности, провозглашенных Великой Французской революцией, сделала этот день навсегда памятным для Ланжевена. В ресторанчике Кембриджа тогда оказался еще один француз: это был старый официант. Он подошел к Ланжевену и обнял его.

Вскоре Ланжевен вернулся во Францию и приступил к подготовке докторской диссертации, вобравшей в себя серию его замечательных статей.

Г л а в а 3

Общественное движение во Франции и французская наука

В 1897 г. внимание французской общественности было привлечено к имевшему уже трехлетнюю давность делу бывшего капитана французской армии Альфреда Дрейфуса.

Все началось в 1894 г., когда мелкий агент французской полиции нашел в корзине для бумаг Генерального штаба обрывки письма, автор которого состоял в переписке с сотрудниками германского посольства. Письмо было без подписи, но не оставляло сомнения, что неизвестный продавал Германии военные тайны французской армии. Незнакомец бесспорно был предателем, но установить его личность оказалось нелегко. Впрочем, действительно ли так трудно установить почерк крупного военного — графа Эстергази — или просто не хотели его опознать? Разоблачение Эстергази могло привести по опасной цепочке далеко вверх. Поэтому полиция, по согласованию с генеральным штабом, решила свалить вину на молодого офицера без связей, родом из Эльзаса, еврея. Капитан Дрейфус был обвинен в выдаче военных тайн врагу. Письмо Эстергази было приписано ему. А далее... далее была пущена в ход военно-судейская машина, и ложное обвинение было подкреплено фальшивыми документами. Капитана Дрейфуса вывели во двор Военной школы, сорвали с него погоны. Толпа, окружавшая плац, осыпала его камнями. Осужденный был отправлен на каторгу.

Первые улики против истинных преступников появились неожиданно. В 1896 г. полковник Пикар обнаружил документы, свидетельствующие о том, что виновником является не Дрейфус, а Эстергази. Материалы дела заинтересовали писателя Золя. Под нажимом общественного мнения состоялся суд над Эстергази. Но суд оправдывает преступника. Это служит толчком к развязыванию травли против Золя. Он публикует "письмо к юным", призывая молодежь выступить в защиту справедливости.

Дальнейшее развитие дела Дрейфуса происходило следующим образом. Золя пишет письмо президенту республики под названием: "Я обвиняю". Военный министр требует суда над самим Золя за оскорбление трибунала. Суд департамента Сены признает Золя виновным и приговаривает к году тюремного заключения. Друзья уговаривают писателя временно эмигрировать из Франции, и Золя, не заезжая домой после суда, ночью уезжает в Англию. Через полтора месяца общественное мнение потрясено новым событием: главный свидетель обвинения против Дрейфуса пол-

ковник Анри уличен в подлоге. Он кончает жизнь самоубийством. Суд вынужден пересмотреть дело Дрейфуса. Допущены журналисты и адвокаты. Приговор 1894 года отменяется. Дрейфус освобожден. Золя возвращается на родину. "Истина шествует и ничто ее не остановит..." — писал Золя. Шарль Пеги образно выразил нравственную атмосферу интеллигенции:

От нас зависит,
Чтобы великое не нуждалось в малом,
Чтобы целое не нуждалось в части,
Чтобы бесконечность не нуждалась в конечном,
Чтобы вечность не нуждалась в прошлом...
От нас зависит,
Чтобы нас не обманула надежда.
От нас зависит,
Чтобы большинству хватило меньшинства.
От нас зависит,
Чтобы целому хватило части...

(Перевод Т. Гнединой)

В символических и абстрактных образах поэт хотел выразить философскую категоричность в соотношении единичного и общего; личности и общества; меньшинства и большинства. Он выражал философию активного "бродила" Франции — ее интеллигенции. Шарль Пеги был другом Ромена Роллана, сохранился огромный том, содержащий их не только деловые, но и мистические письма. Пеги был издателем "Двухнедельных тетрадей", где были впервые напечатаны пьесы Ромена Роллана. В литературу Шарль Пеги вошел как патриот и автор народных мистерий о Жанне д'Арк. И хотя он был не чужд мистике, она странным образом сочеталась в нем с социалистическими убеждениями. Впрочем, к концу жизни он был ближе к консервативным, даже шовинистическим взглядам, особенно в начале мировой войны, и бессмысленно погиб во время перестрелки в 1914 г.

Во время борьбы за пересмотр дела Дрейфуса Шарль Пеги был в дружеских отношениях с Ланжевенем, и в Нормальной школе считали именно Пеги лидером студенческого движения. Чрезвычайно важно помнить о том, что на защиту Дрейфуса встали истинные патриоты Франции.

Ланжевен, как и его друзья — ученые Эмиль Борель, Эме Коттон, Жан Перрен — называли себя "дрейфусарами" до конца своей жизни. Это означало

для них, что защита прав человека, начавшаяся со спасения невинно осужденного Дрейфуса, стала фундаментальным явлением французского общественного движения.

Заметим, что Анри Пуанкаре долгое время придерживался нейтральной позиции в отношении дела Дрейфуса, но когда надо было разоблачить фальшивый документ, фигурировавший во время процесса, он незамедлительно занялся разработкой математического метода его дешифровки и активно помог справедливому следствию.

Французская наука

Медлительность эволюции общественного сознания, по сравнению с научной мыслью, занимала Ланжевена всю жизнь. В девизе, которому он следовал: "Истина и справедливость", справедливость, как он говорил шутя, "прихрамывала". Тем не менее он верил не только в эволюцию мысли, но и в эволюцию самого Разума, который, как биологическое существо, совершенствуется, приспособляясь к новым условиям реальности. Разум, как фундаментальное понятие, неотъемлемо от развития французской науки, сохранившей многие явные и скрытые традиции, восходящие к Декарту.

В мировоззрении Декарта есть много противоречий, которые по-разному осмысливаются и будут не раз отрицаться и снова возвращаться в современность. Говоря о Декарте, обычно начинают с его хрестоматийного высказывания: "Я мыслю, следовательно, я существую", другой известный девиз Декарта: "сомнение — главный движитель познания". Роллан записал это в своем дневнике так: "Когда в душе исчезает сила, необходимая для познания истины, надо начинать, как говорил Декарт: отбросить все объяснения явлений внешнего мира, как будто они не существуют: сомневаться во всем, все подвергать сомнению".

Последователи Декарта обосновывали свое активное отношение к ходу событий, с которыми сталкивается человек, также особой формой витальности великого философа. Мы уже ссылались на замечательную философскую статью Поля Ланжевена "Мысль и дейст-

вие". Она, конечно, создавалась не без влияния идей Декарта. "Прежде чем решать, как жить, надо познать, как управлять своей жизнью. Свободен ли ты?" — так писал друг и единомышленник Ланжевена Р. Роллан. Единство мысли и действия глубоко заложены в картезианском мировоззрении, с которым любой мыслящий человек в явной или неявной форме полемизирует в процессе формирования своего взгляда на жизнь. Это как бы диалог современного человека со своим картезианским "я". В 50-е годы во Франции вышла книга под названием: "Порядок и беспорядок во Франции (1939-1940)". Со статьями выступили ученые, социологи, писатели, историки. Духовность общества переживала глубочайший кризис. Оглядываясь назад, французы пытались найти причины девальвации нравственных ценностей: авторам книги казалось, что современный человек теряет веру в рациональные принципы картезианской философии: сама рациональность, доведенная до бесчеловечности, представляет угрозу культуре. Не следует ли изгнать из общественной мысли научную логику? Оппоненты уже ушедшего тогда из жизни Поля Ланжевена пытались критически подойти к строгому мышлению ученого, открывшего закономерности в хаосе физических процессов. Авторы сборника пересматривали демократическую политику интеллигенции 30-х годов, обвиняя ее в потворстве беспорядку. Сила науки, ее логика и созидательная мощь навели страх на поборников "порядка" без интеллекта. Разум стал опасен. И еще раз возникла необходимость вернуться к мудрому свидетельству Ланжевена: истина и справедливость нерасторжимы, но эволюция общественной мысли отстает от стремительного хода научного прогресса.

Противопоставляя интуицию разуму, противники Декарта вырывают из его философии важнейшее звено: интуиция может быть научным методом, не менее строгим и гораздо более плодотворным, чем сухая дедукция и медлительная индукция.

Под интуицией Декарт подразумевал не веру в шаткое свидетельство чувств и не обманчивое суждение беспорядочного воображения, но понятие ясного и внимательного ума, настолько простое и отчетливое, что оно не оставляет никакого сомнения в том, что мы мыслим, или, что одно и то же, прочное

понятие ясного и внимательного ума, порождаемое лишь естественным светом разума и, благодаря своей простоте, более достоверное, чем сама дедукция.

Говоря о воздействии философии Декарта непосредственно на физику, особенно во Франции, уместно привести замечательный отрывок из книги Луи де Бройля: "Рене Декарт, мыслитель с могучим и догматическим умом, заявил, что представление физических явлений должно осуществляться "посредством фигур и движений". Впрочем, эту формулу, столь четко подводящую итог развитию физики, которое было долгим и плодотворным, можно понимать в узком и широком смысле. Узкое истолкование декартовой программы состоит в следующем допущении: весь физический мир нужно представить как состоящий из тел, которые изменяют свое положение под влиянием их взаимодействия согласно законам механики...

Механика довольно естественно приводила к рассмотрению вещества в целом как совокупности бесконечного числа движущихся и взаимодействующих друг с другом частиц. Вместо этого строгого истолкования формулы Декарта, которое в течение длительного времени принималось большинством теоретиков, можно выдвинуть более широкое и абстрактное истолкование, согласно которому физическая реальность может быть описана величинами, вполне определенными в любой точке пространства и изменяющимися с течением времени по математическим законам, не предполагая, что это описание должно сводиться к образам частиц или что оно должно использовать только строго механические законы. Однако это истолкование, более далекое, чем предыдущее, от первоначальной идеи Декарта, точно так же допускает представление посредством фигур и движений, если только понимать, что оно ограничивается точной картиной физического мира *априори* заданных рамках пространства и времени.

Это описание посредством фигур и движений, — продолжает Луи де Бройль, — независимо от того, понимается ли оно в узком или широком смысле, видимо, соответствует естественной склонности физика, поскольку оно представляет собой спонтанную реакцию нашего ума, когда, исходя из чувственных данных, неизбежным следствием которых являются по-

нятия пространства и времени, он пытается описать и истолковать то, что он наблюдает. Это описание дополняется идеей существенной непрерывности хода естественных событий..." [28, с. 165].

Мы увидим далее, как эта особенность картезианской физики замечательно сочетается с физикой прерывности в генезисе науки об электрическом заряде в газах, заложенной Полем Ланжевеном. При этом мы имеем в виду толкование Декарта в более широком смысле, то есть как формирование представлений с помощью вполне локализованных величин, непрерывно изменяющихся в рамках пространства и времени. Если рассматривать картезианскую физику в свете современной науки и искать в мировоззрении Декарта вопросы, адресованные будущему, то можно прийти к некоторому новому представлению о фундаментальной физической идее французского мыслителя [29].

Стало почти трюизмом представление о геометризации физики, об отождествлении пространства и вещества, места и тела, как об исходной идее физики Декарта. Он писал: "Вся моя физика — это только геометрия". Каким же образом можно отличить тело от занятого им места? Декарт отвечал на этот вопрос вполне определенным образом. Тело и его место неотличимы. В физике Декарта тело индивидуализируется движением. Понятия, с помощью которых Декарт, стремясь геометризовать физику, физикализировал геометрию, выражают взаимодействие тел.

О традициях французской теоретической физики, воспитанных "в колыбели картезианской философии", упоминает и советский физик Д. Д. Иваненко, посетивший Францию, когда Луи де Бройль был непременным секретарем Парижской академии точных наук [30].

В своем очерке он называет крупнейшими теоретиками XX в. Пуанкаре, Ланжевена, Л. де Бройля. Вклад французской науки в развитие физики, экспериментальной и теоретической, огромен. Имена Декарта, Паскаля, Даламбера, Кулона, Лагранжа, Лапласа, Лавауэзе определили собой этапы развития науки XVII — XIX вв. И хотя спор картезианцев и ньютонианцев в XVII в. окончился победой последних, все же картезианские идеи контактного взаимодействия и роли вихревых движений в основной структуре материи в значительной степени взяли реванш в XIX и XX вв. в

связи с построением теории электромагнитного поля Фарадеем и Максвеллом.

Хорошо известен также фундаментальный вклад Кулона в конце XVIII в. в развитие электростатики. Как единодушно отмечают современные историки французской точной науки, особого блеска достигла физика, как и математика, в период 1815-1835 гг., связанный с расцветом деятельности Ампера, Френеля, Сади Карно, Фурье, а также Коши и Галуа.

Луи де Бройль объяснял столь яркий рывок французской науки проявлением высокого морального уровня народа после краха наполеоновской империи. Аналогичным образом объясняется и расцвет научно-технической деятельности во Франции после поражения в войне 1870 года. Нам кажутся не совсем убедительными эти объяснения расцвета французской науки в обоих случаях.

В начале XIX в. порыв научной мысли можно, скорее, объяснить раскрепощением личности после Великой французской революции и насаждением в стране фундаментальных учебно-исследовательских институтов, таких, как, упомянутые уже "Большие школы".

В конце XIX в. французская наука оказалась вовлеченной в фарватер идей и свершений научной революции, о которой шла речь в предыдущих главах. Подъем французской науки в 90-х годах был одним из гребней волны революции в физике XIX-XX вв. Разумеется, экономические и промышленные запросы страны, потерпевшей поражение из-за отсталой военной техники, играли немалую роль.

Французский историк Александр Кайре различал экстерналистский и интерналистский подходы к развитию науки. "Экстерналисты" рассматривают историю науки с точки зрения воздействующих на нее внешних факторов: требования промышленности, армии, культурные и социальные запросы общества. "Интерналисты" полагают, что наука развивается по имманентным, внутренним, присущим ей законам. Поль Ланжевен неоднократно обращался к истории науки и считал связь любого исследования с его историей непременным условием естественного развития научной мысли. Историзм для Ланжевена был формой развития любой науки. Однако в его исторических подходах к эволюции физики нет крайних позиций; скорее, он

выделяет наиболее характерные типы ученых, выражающих либо стремление к прикладной (экстерналистской) деятельности, либо к замкнутой "незаинтересованной"¹ теоретической работе.

В своем историческом очерке о Коллеж де Франс Ланжевен противопоставляет Реньо и Ампера. К последнему Ланжевен испытывал особую любовь: "Эта быстрота видения, эта способность гениальной интуиции, которые мы находим и в других областях творческой деятельности Ампера, например в том, каким образом им открыто, независимо от Авогадро, равенство числа молекул в равных объемах различных газов, — все это оправдывает выражение, которое употребляет Максвелл, говоря об Ампере: "Ньютон электродинамики" [П, с. 674].

О самом Ланжевене можно было бы сказать, что он — "Больцман в электронной физике". Статистический подход, внесенный Ланжевром и в физику газового разряда, и в пара- и диамагнитные явления, и в стохастические уравнения, вошедшие сегодня в кинетику плазмы, создали области электронной физики, до этого не существовавшие.

Крупнейший вклад в математический аппарат теории вероятностей и различных статистических подходов внес Эмиль Борель. Но он был ближе к математике, чем к физике, хотя его мощный ум и поразительная энергия оказали французской науке и военной технике бесценные услуги, поскольку он совмещал свои научные исследования с широкой политической деятельностью. Судьбы Бореля и Ланжевена не раз пересекались, о чем будет сказано в последующих главах.

Первым французским теоретиком остается Анри Пуанкаре. Как уже отмечалось, Пуанкаре следил с пристальным вниманием за ломкой физики конца XIX и начала XX в. и часто первым регистрировал наиболее острые моменты происходящих событий (обнаружение кажущегося несохранения энергии при радиоактивном распаде). Пуанкаре подчеркнул фундаментальный характер радиоактивных явлений. Ему принадлежит меткая фраза о "радии — великом революционере нашего времени". Позднее Ланжевен сравнил это эпохальное открытие с обнаружением свойств огня на заре цивили-

¹ То есть бескорыстной.

лизации. Независимо от Эйнштейна Пуанкаре в большей степени, чем Лоренцу стала ясна необходимость отыскания преобразования координат и времени, переводящих их от покоящейся системы к движущейся, которые оставляли бы максвелловские уравнения электродинамики инвариантными, т.е. неизменными по форме.

Еще на Международном конгрессе в Сент-Луисе (США) в 1904 г. Пуанкаре довольно отчетливо сформулировал общий закон, который был им назван позднее "постулатом относительности". Наконец, фундаментальное, развернутое изложение основ всей теории относительности дается в статье, опубликованной им в 1906 г. в итальянском журнале "Математический кружок в Палермо". Здесь Пуанкаре, непосредственно ссылаясь на Лоренца и скромно заявляя, что он производит лишь некоторые уточнения его работ, находит окончательную форму искомых преобразований координат и времени от покоящейся системы к другой системе, движущейся равномерно и прямолинейно. Пуанкаре присвоил этим фундаментальным преобразованиям наименование "лоренцовых", незамедлительно и прочно укоренившихся в науке. Им доказана инвариантность максвелловских уравнений и соответствующего вариационного принципа; установлена теорема сложения скоростей, из которой видно, что никаким добавлением скорости нельзя перейти рубеж предельной скорости света. Пуанкаре доказал, что лоренцовы преобразования образуют группу. Он сделал первый шаг, столь успешно развитый позднее Минковским, на пути геометрической интерпретации лоренцовых преобразований как вращений в четырехмерном мире, составленном из взаимосвязанных пространства и времени.

Пуанкаре исследовал сокращение электрона и излучение электромагнитных волн движущимся электроном. Эти волны справедливо именуются волнами Ланжевена, потому что глубокое исследование этой модели принадлежит именно ему. Пуанкаре делает справедливые замечания о несовместимости гипотез Абрагама (сферический недеформируемый электрон) и Поля Ланжевена (электрон, превращающийся при движении в эллипсоид, но сохраняющий постоянный

объем) с теорией относительности. Эти пограничные проблемы, возникшие между электродинамикой электрона и теорией относительности, сохраняют гносеологический интерес. Как известно, в теории относительности была принята первоначальная гипотеза Лоренца, согласно которой электрон становится эллипсоидом без сохранения своего объема. Д. Д. Иваненко [30], сравнивая статью Эйнштейна "К электродинамике движущихся тел" (*Annalen der Physik*, 1905) с упомянутой выше работой Пуанкаре, замечает, что хотя Эйнштейн дает вывод тех же лоренцовых преобразований, доказывая инвариантность уравнений Максвелла и теорему сложения скоростей, в его знаменитой статье нет речи об инвариантности вариационного принципа, групповых свойствах лоренцовых преобразований. Д. Д. Иваненко утверждает также, что Пуанкаре делает первый шаг на пути к обобщению ньютоновой теории гравитации.

Анри Пуанкаре оставил после себя как бы "собственную малую науку" в большой науке Франции. Духовный космос его гениальной мысли существовал по своим собственным законам и причудам.

В то время французских ученых занимала проблема случайности, вероятности в человеческой жизни. Основателем математической статистики был Эмиль Борель, автор десятков книг, но психологическая проблема, связанная с понятием случайности в жизни человека, обсуждалась не раз на страницах журнала "Revue du Mois", основанного на средствах Бореля. Это был печатный орган французских ученых, в котором сотрудничал Поль Ланжевен, Жан Перрен, Мария и Пьер Кюри, Жак Дюкло, Поль Аппель, Поль Монтель, Эмиль Борель, систематически печатался журналист Фелисьен Шаллейе, поэт Сюлли Прюдом. О научном сообществе, образовавшемся вокруг этого журнала, пойдет речь в главе 9.

Для Франции больше, чем для других стран Европы, характерно то, что можно было бы назвать воинствующим рационализмом, который иногда несколько неточно определяют, как материализм. Французский союз рационалистов, членами которого были Ланжевен, Перрен, Коттон, тесно примыкал к журналу "La Pensée" (Ла Пансе), главным редактором которого с первого номера (май 1939 г.) и до конца жизни был

Поль Ланжевен. Проблемы рационализма неоднократно обсуждались и на страницах этого журнала, и в научной полемике. Так, например, Жан Росмордюк в статье об Эме Коттоне "Рационализм и опыт" [31], следующим образом связывает его деятельность с принципами рационализма: "По существу, в процессе глубокого преобразования науки, рационализм Эме Коттона был тесно связан с экспериментальной проверкой принципов, о которых Макс Планк писал: "Было время, когда можно было думать, что классическая физика потерпела полное поражение: но постепенно всем тем, кто верил в непрерывный прогресс науки, становилось ясно, что они присутствуют не при катастрофе, а при глубоких изменениях, которые приобретают смысл широких фундаментальных обобщений".

Эме Коттон, как ученый, удивительно современен, и если в рамках этой статьи невозможно упомянуть все его связи с различными аспектами науки, то, может быть, удастся остановиться на его методе все более глубокого внедрения в свойства материи, а также на его организации научной работы. Это приводит нас к представлению о рационализме Коттона.

В Нормальной школе он преклонялся перед Пастером; учителями Коттона были Марсель Бриллюэн, Жан Виоль, Габриель Липпман, а соучениками — Эмиль Борель, Эли Картан, Анри Мутон, С. Морэн, Жорж Саньяк. Большая часть его друзей составляет славу французской науки: Поль Ланжевен, Жан Перрен, Мари Кюри, Шарль Фабри, Пьер Вейс. Я хотела бы здесь подчеркнуть, какое влияние оказал на Эме Коттона, как на многих других ученых его поколения, на пример на Поля Ланжевена — Пьер Кюри.

Как известно, начиная с эпохи Ренессанса, математика начала все более активно проникать в область физики. Еще Леонардо да Винчи писал: "Ни одно исследование, проведенное человеком, не может называться подлинной наукой, если оно не выражено на языке математики". Применение математики стало одной из фундаментальных основ современной науки, и влияние самой личности исследователя отодвигалось на второй план. Однако возврат интереса к творческому характеру ученого возродился вновь в начале XX в., и это позволило Гастону Бахеляру так оп-

ределить "новое научное мышление": "Абстрактное мышление, или сознание человека, воспринимает произвольно информацию из окружающей его среды, пользуясь для этого интуицией и чувственным опытом". Ф. Ле Лионнэ придерживался совершенно иной точки зрения: "Прежде всего должна быть поставлена проблема математизации метода. Решение этой проблемы связано с двумя требованиями: аксиоматизация и формализация... Можно ли выдвигать при этом собственную гипотезу? Эта гипотеза, если она существует, должна удовлетворять структуре современной математики и найти свое место в этой двойственной методологии аксиоматизации и формализации".

...Многие ученые в настоящее время обеспокоены этой возросшей математизацией физики, которая у некоторых исследователей заслоняет представление о реальных фактах. ...Эме Коттон опирался на экспериментальный подход к физике. Это был, прежде всего, экспериментальный физик. И он был убежден в том, что именно введение математики в экспериментальный метод привело к генезису современной науки.

Двойственность методологии, состоящая в непрерывном развитии экспериментального метода и совершенствовании приборов, а также техники проведения самого опыта, наиболее ярко характеризует наследие Эме Коттона. Он писал: "Развитие физики достигается в ходе внесения в науку руководящих новых идей и непрерывного совершенствования техники эксперимента".

...Экспериментальная аппаратура издавна создавалась либо искусными ремесленниками, либо самими учеными. Декарт, Гюйгенс и некоторые другие своими руками изготавливали инструменты научного исследования. Сегодня сложность научного исследования и аппаратуры требует промышленного производства приборов.

... Эме Коттон занимался чрезвычайно глубокими и актуальными проблемами, связанными с изучением внутренней структуры материи. Одним из аспектов его методологии было использование света не только в качестве объекта изучения, но как средства исследования, а руководящие принципы всегда были связаны с атомной физикой. Открытие эффекта Зеемана стало эпохой в трудах Коттона.

Наиболее важным вкладом Эме Коттона в развитие французской науки является проведение им серии экспериментальных доказательств электронной теории магнетизма Поля Ланжевена. Поль Ланжевен был первым, кто выдвинул гипотезу магнетона, согласно которой атомы и молекулы обладают магнитным моментом, т.е. их можно рассматривать как элементарные магниты. Это квантованное представление оказалось чрезвычайно плодотворным и может считаться генезисом современного магнетизма...

Работы, проведенные Коттоном по исследованию двойного лучепреломления в магнитных полях, эффекта Фарадея, явления Зеемана и молекулярной симметрии, потребовали предварительного сооружения огромного электромагнита, оснащенного хорошо оборудованной лабораторией (магнит в Бельвю)...

Метод, которому следовал Эме Коттон в своих работах, значение, которое он придавал экспериментальной проверке гипотез и теорий, разработанных им и другими, его пронизательное научное предвидение, очерчивает принципы рационализма, базирующегося на уровне науки своей эпохи...

Жорж Полицер писал в 1939 г.: "Совершенно ясно, что рационализм можно считать современным, если он основан на научных идеях; и, конечно, современный рационализм должен развиваться в авангарде и научного прогресса, и философии".

В те времена, когда некоторые ученые занимались измышлениями по поводу "исчезновения материи" и "дематериализации атома", можно было убедиться в том, как последовательно придерживался материалистических убеждений Коттон, который всю жизнь боролся против лженауки и иррационализма...

Эме Коттон был членом Союза рационалистов, он входил в почетный комитет. Здесь он не был ни физиком, ни университетским преподавателем, а человеком, — что гораздо труднее.

Жорж Тейсслер писал: "Как и Ваш друг Ланжевен, Вы должны были распределять свои силы между служением науке и справедливости. К сожалению, очень часто приходилось делать выбор. Так же, как Ланжевен, Вы были и с Альфредом Дрейфусом, и Сакко и Ванцетти. Вы были с республиканской Испанией и преданной Чехословакией. Нация помнит о Ваших за-

слугах в черные годы и в День освобождения. Вы награждены орденом за участие в Сопротивлении. Именно в октябре 1941 года Вы удостоились чести вместе с тремя Вашими коллегами, представить опасность для врагов нашей родины. Вас арестовали. И, конечно, фашисты не заблуждались на Ваш счет: они видели в Вас стойкого патриота и Республиканца.

Ваши убеждения тесно связаны с Союзом рационалистов, председателем которого был Поль Ланжевен. В 1945 году он сказал: "Догмам, ослепляющим враждебностью людей, рационализм противопоставляет факты и законы, которые наука открывает в материальном мире и которые создадут духовный мир человека.

Носитель свободы, братства, интеллектуальной отваги, рационализм открывает перед человечеством высокие идеалы жизни и любви" [31].

Г л а в а 4

Генезис физики газового разряда как науки

Согласно принципам системологии, науку можно рассматривать как сложную систему, находящуюся во взаимодействии с внешней средой и характеризующуюся активной, целенаправленной деятельностью [32]. Развитие любой автономной области науки, включая физику газового разряда, отличается от физических процессов, составляющих ее содержание, тем, что "поведение" самой науки оказывается целенаправленным в результате ее информационного обмена со средой: она как бы "выбирает цель", обладая свойством "предпочтения", введенным еще Аристотелем в качестве фундаментальной категории. Придерживаясь терминов системологии, можно сказать, что самостоятельная область науки ведет себя, как эмергентная система, которая отличается от физических систем тем, что элементы ее помимо вещественных и энергетических, входящих в физические процессы, включают и информационные компоненты.

Это же можно выразить в понятиях истории науки, разработанных французским историком Александром

Ко́йре. Как уже упоминалось, принципы истории науки, выдвинутые еще в 30-х годах, разделили философов на экстерналистов и интерналистов. Александр Койре был лидером интерналистского направления в истории науки и стремился объяснить ее развитие исключительно внутренними ее закономерностями, игнорируя социальные, экономические и другие факторы, по крайней мере, не придавая им существенного значения. Это объясняется отчасти выбором предмета исторического исследования. Так, например, изучая начальный этап генезиса физики газового разряда, мы сталкиваемся прежде всего с имманентными закономерностями этой науки, а экстраполируя эту науку в 80-е гг. XX в., нам придется столкнуться не только с преобладающим влиянием технологии, общественных запросов и экономики на развитие отдельных видов газового разряда (искровой, тлеющий, коронный, дуговой), но также с категоричными требованиями практики.

Ланжевен, которому, по свидетельству Луи де Бройля, был присущ интерес к обобщенным законам и постепенному восхождению к синтезу, в своих фундаментальных исследованиях доказал наличие инвариантных связей между тремя новыми законами: подвижности, рекомбинации и диффузии. Пользуясь на первом этапе типичной картезианской непрерывно-детерминистической концепцией и дифференциальными уравнениями, он заложил теоретический фундамент новой науки. Ниже будет показано, как в его работах происходило восхождение от локального закона к интегрирующему. Ланжевен обосновал существование нового инварианта в физике: подвижности электронов и ионов. Теория инвариантов, заложенная еще в аналитической геометрии Декарта, представляет собой систему принципов, используемых при построении науки. Наконец, Ланжевен последовательно создавал два наброска теории подвижности заряженных частиц. Первый вариант, вошедший в его докторскую диссертацию, в течение многих десятилетий использовался как рабочий планшет для инженеров, поскольку уравнение Ланжевена давало хорошее соответствие с опытом. Однако дальнейшие исследования самого Ланжевена убедили его в необходимости отказаться от представления о поляризованных частицах и перейти

к теории центров сил. В этой теории Ланжевен пересматривал незавершенную работу Максвелла-Больцмана и решил поставленную ими задачу о динамическом взаимодействии заряженных частиц [П, с. 296]. Именно в этом теоретическом труде Ланжевена заложена основа статистического метода физики газового разряда. Открытие это было сделано в 1905 г., но в силу ряда обстоятельств, подробно изложенных историком О. А. Старосельской-Никитиной [2], вторая теория подвижности Ланжевена была подхвачена европейскими теоретиками только в 20-е гг. Эта часть работ Ланжевена отличается от начального этапа создания трех фундаментальных законов физики газового разряда тем, что построение кинетической теории заряженных частиц базируется не на картезианской непрерывно-детерминистической концепции, а на дискретно-стохастическом подходе. Перенесение кинетической теории газов в новую материальную среду потребовало изменений; но философский подход Больцмана, принципиально отличавшийся от картезианских непрерывно-детерминистических представлений, потребовал нового синтеза — и Ланжевен осуществил его.

Таким образом, генезис физики газового разряда связан с двумя теоретическими парадигмами: непрерывно-детерминистической и дискретно-стохастической. И если Максвелл назвал Ампера "Ньютоном электродинамики", то Ланжевена, как уже было замечено, можно сравнить с "Больцманом электронной теории". Физика газового разряда зарождалась как часть электронной теории. Движителем ее было открытие электрона. Физика электрона и первые шаги к электромагнитному синтезу вошли в исследование ионизированных газов. Постепенное включение в структуру физики газового разряда трудов Ланжевена происходило в процессе сложного генезиса, не всегда совпадавшего с исторической хронологией его работ. Поэтому следует сначала проследить за исторической композицией исследований Ланжевена, а потом выстроить полную структуру его трудов в данной области.

Первую свою заметку [18], предшествующую статьям, вошедшим в докторскую диссертацию, Ланжевен начал так: "Я выдвигаю несколько теоретических положений, которые были положены мной в основу новых

экспериментальных доказательств теории ионизации газов.

Важнейшие работы физиков научной школы Дж.Дж.Томсона превосходно доказали, что все факты, связанные с электропроводностью газа под действием новых радиаций могут быть интерпретированы возникновением под действием радиации в газе равных количеств заряженных центров: положительных и отрицательных. Эти центры обладают зарядом, равным по абсолютному значению заряду атома водорода при электролизе, но они окружены свитой электрически нейтральных молекул, которые притянуты к заряженному центру электростатическими силами. Эти агломераты называются ионами...

Ланжевен ввел коэффициенты K_1 и K_2 , называемые подвижностями¹.

В этой же заметке он пишет: "естественно допустить вместе с Дж.Дж.Томсоном, что акт рекомбинации ионов происходит в соответствии с законом, аналогичным взаимодействию масс Гульдберга и Вааге: количество электричества, рекомбинированное в единице объема и в единицу времени, пропорционально произведению плотностей противоположно заряженных ионов p и n :

$$dn/dt = dp/dt = -\alpha pn,$$

где α — коэффициент рекомбинации. Я уточню далее значение этого закона".

Здесь важно уяснить различие между гипотетическим допущением закономерности, аналогичной действию масс в химии, и последующему доказательству Ланжевром справедливости этого закона, как всеобщего, интегрирующего, в ионизированном газе. Закон действия масс, установленный Гульдбергом и Вааге, воплощает в себе статистический подход к столкновениям групп молекул и позволяет получать микроскопические свойства, например зависимость скорости реакции от физических условий. Типологическая форма этой закономерности основана на определенном статистическом методе: определении скорос-

¹ Как уже указывалось, это понятие появилось до этого в работах Дж.Дж.Томсона и Резерфорда; поэтому утверждение О. А. Старосельской-Никитиной [33] о том, что Ланжевен первый ввел понятие подвижности, неправильно.

тей протекающих элементарных процессов, ведущих к состоянию равновесия. Такой метод требует понимания действующих физических механизмов. Они могут быть различными. Уравнение этого же закона описывает одноатомную реакцию в ядерной физике, когда средняя скорость распада пропорциональна имеющемуся общему числу ядер. Таким образом, типология и структура данного интегрирующего закона позволяют использовать его для физических явлений совершенно различной природы. Допущение адекватности закона Гульдберга и Вааге процессам физики газового разряда вовсе не означало превращение этой гипотезы в ряд принципов.

Существуют две точки зрения на вывод фундаментальных законов: физикалистская и системологическая. В первой предполагается абстрагирование от побочного физического явления, и в качестве примера указывают на закон инерции Галилея, при выводе которого он пренебрег силой трения.

Системологический подход подразумевает абстрагирование от физического содержания вообще, и в качестве примера иногда ссылаются на знаменитую теорему потенциальной помехоустойчивости В. А. Котельникова [34], в которой автор абстрагируется от физического содержания явлений и выводит как бы "обобщенную силу трения" — шум.

Системологический аспект применим и к закону Гульдберга и Вааге, если, абстрагируясь от физического содержания процессов, считать его обобщенной, типологической формой, пригодной и для взаимодействия масс в химии, и для ядерной физики, и для рекомбинации ионов. Но Ланжевен, естественно, шел первым путем, исследуя неизвестные до этого элементарные механизмы перемещения ионов в направлении поля при наличии беспорядочного теплового движения и процессы рекомбинации. Он направляет свою теоретическую мысль на поиск инвариантов, которые могут быть подтверждены опытом.

"Коэффициенты K_1 , K_2 и α , — продолжает он, — должны быть константами для данного газа в конкретных условиях температуры и давления. Инвариантным должно быть и отношение

$$\varepsilon = \alpha / [4\pi(K_1 + K_2)].$$

Мне удалось разработать экспериментальный метод, позволяющий непосредственно измерять это отношение ε , который подтвердил постоянство этих отношений в весьма разнообразных условиях".

Следует заметить, что на данном этапе Ланжевен доказал так называемый *локальный* закон, который в отличие от *интегрирующего* физического закона справедлив для местных, локальных условий [35]. Однако локальные и интегральные свойства явлений часто совпадают; например, первый закон Ньютона можно распространить на движение тел не только по гладкой, но по любой поверхности, и в этом проявляется дуализм "локальных" и "тотальных" физических законов. Отличие работ Ланжевена от перечисленных в предыдущей главе исследований Кавендишской лаборатории заключается именно в постепенном переходе от локального к интегрирующему (всеобщему) физическому закону.

В своей первой заметке Ланжевен описывает метод для измерения ε — это отношение числа рекомбинаций к числу столкновений ионов противоположных знаков, т. е. вероятность рекомбинации в данных условиях.

Экспериментальная установка Ланжевена проста: к двум металлическим пластинам прикладывается электрическое поле, достаточное для того, чтобы в газе вблизи пластин создавалась некоторая поверхностная плотность заряда. Рентгеновские лучи от трубки Кругса в течение одного разряда электромагнитной катушки проникают сквозь одну из металлических пластин и в течение весьма короткого интервала времени высвобождают из газа равные количества отрицательного и положительного электричества Q_0 . В результате взаимной "фильтрации" слоев отрицательных и положительных ионов происходит рекомбинация, и на пластинах остается заряд Q , меньший того полного количества электричества, который был освобожден из газа во время короткого облучения рентгеновскими лучами.

Ланжевен вывел уравнение, связывающее эти два количества электричества: Q_0 — без рекомбинации; Q — с учетом рекомбинации:

$$Q/Q_0 = (\sigma/\varepsilon Q_0) \log(1 + \varepsilon Q_0/\sigma),$$

где σ — поверхностная плотность заряда на пластинках.

Предшественникам Ланжевена не удалось вывести закон рекомбинации, потому что огромные погрешности измерения были связаны с неоднородностью распределения объемного электрического заряда вблизи металлических пластин. Дж. Дж. Томсон посвятил большое исследование структуре и механизму образования объемного заряда. Ланжевен занялся прежде всего оценкой тех условий, при которых можно пренебречь влиянием объемного заряда на измерение коэффициента диффузии. Он пошел путем абстрагирования от "лишних" физических явлений, чтобы доказать всеобщность физического закона. Это ему удалось. Из приведенного уравнения он получил минимальные значения напряженности электрического поля, когда неоднородностью в распределении объемного заряда можно пренебречь. Но в приведенной нами первой заметке он ограничился только уравнением и указал на вероятностный смысл отношения ϵ .

Во второй статье [П, с. 364], которая так и началась: "О рекомбинации ионов и газа", Ланжевен доказывает, что неоднородность объемного заряда в газе не оказывает существенного влияния на действие напряженности электрического поля, если плотность заряда на пластинках не превышает $\sigma/4$. Погрешность в определении ϵ , вероятности рекомбинации, не превышает $Q_0/24\sigma$. Проблема точности измерения в фундаментальных исследованиях становится принципиальной: от порядка погрешности зависит доказательство справедливости нового физического закона.

В этой статье Ланжевен не описывает разработанный им графический метод обработки экспериментальных данных, который подробно изложен в докторской диссертации. Он ограничивается рассмотрением эксперимента. Вместо абсолютной оценки Q_0 он измерял количества электричества Q и Q' , оседающие на пластинках при некоторых плотностях заряда σ и σ' . Отношение ϵ получено им из уравнений

$$\epsilon Q/\sigma = \log(1+x) \quad \text{и} \quad \epsilon Q'/\sigma' = \log(1+x/m).$$

Заменяя абсолютное измерение расчетом отношений двух величин, Ланжевен снизил ожидаемую погрешность и упростил принцип эксперимента. Свой метод он назвал дифференциальным, поскольку производилось измерение разности ($Q-Q'$), которое позволило еще раз оценить возможную погрешность, обязанную влиянию объемного заряда в газе. Дифференциальный метод Ланжевена был осуществлен с помощью двух совершенно одинаковых конденсаторов, наполненных газом, облучавшимся рентгеновскими лучами одного и того же единичного разряда катушки, питающей трубку Крукса. Измерение заряда на обкладках обоих конденсаторов производилось квадрантным электрометром, который попеременно подключался к каждой газоразрядной установке с помощью системы дистанционных рычагов. В заключение Ланжевен приводит свои результаты:

"Хотя я работал в условиях широких пределов слоя газа, напряженности поля, распределения интенсивности ионизации, полученные для α в сухом воздухе при атмосферном давлении, оставались в границах 0,26-0,28. Это соответствует среднему значению коэффициента рекомбинации α , полученному Таунсендом совершенно иным методом.

Таким образом, можно считать, что в воздухе при нормальном давлении происходит примерно одна рекомбинация на четыре столкновения между ионами противоположных знаков. Отношение стремится к единице при повышении давления".

В третьей статье, предшествующей его докторской диссертации, "К вопросу о подвижности ионов в газе" Ланжевен подчеркивает уникальность предложенного им экспериментального метода для измерения процессов в несамостоятельном газовом разряде.

Действительно, пропуская единичный разряд через газ независимо от того, какая именно величина подлежит измерению, исследователь создает экстремальные условия, позволяющие выявить режимы минимакса, когда по критическим точкам удастся непосредственно оценить параметры физического процесса. Таким образом, метод "минимакса", который приобрел решающее значение в новейшей физике [36], был на раннем этапе разработан Ланжевеном. "Рент-

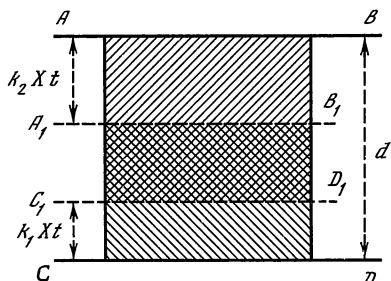


Рис. 1. Схема установки для наблюдения ионизации газа под действием рентгеновских лучей

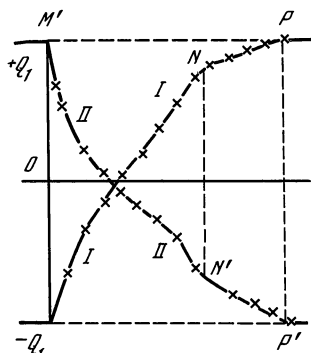


Рис. 2. Кривые зависимости количества электричества на пластине от времени между пропусканием излучения и переменной направления поля

геновские лучи, получаемые в результате одного разряда электромагнитной катушки, питающей трубку Крукса, имеют исключительно малую длительность (около 10^{-4} с), ионизируют газ и таким образом удастся измерить подвижности ионов более прямым способом, чем это удавалось до сих пор".

Воспользуемся кратким описанием этого эксперимента в книге О. А. Старосельской-Никитиной.

При наличии между пластинами AB и CD электрического поля E положительные ионы после облучения газа между пластинами перемещаются по полю, например, к AB со скоростью $K_1 E$, а отрицательные в обратном направлении со скоростью $K_2 E$ (рис.1). Метод Ланжевена в принципе состоит в следующем: через весьма малый промежуток времени Δt после прохождения рентгеновского излучения направление поля меняется. При этом Ланжевен учитывает, что количество электричества q , собранное пластиной AB, соединенной с электрометром, составляется из зарядов: положительных ионов, освобожденных до обращения поля в слое газа толщиной $K_1 E \Delta t$ вблизи ab, отрицательных ионов, которые в момент обращения поля еще остаются в слое $A_1 B_1 CD$, а затем поворачивают обратно к AB. Для определения подвижности опыт повторяется несколько раз при все возрастающих значениях промежутка времени между моментом пропускания лучей и моментом перемены направления поля.

Промежутки времени увеличиваются до тех пор, пока сначала все отрицательные ионы, обладающие большей скоростью, не успеют осесть на пластине CD до обращения поля, а затем все положительные — на пластине AB. Ланжевен строит теоретическую кривую I зависимости количества электричества, осаждающегося на пластине AB, от промежутка времени между пропусканием

излучения и переменной направления поля (в случае однородной ионизации) (рис. 2). Излом получается в точке N , в которой все отрицательные ионы уже собрались на CD до обращения поля. Затем, начиная с точки P , заряд остается постоянным и равным Q_0 , т. е. общему количеству электричества, освобожденного в газе, так как обращение поля происходит тогда, когда все ионы уже собрались, и не производит никакого эффекта.

Имеющая место рекомбинация меняет значение Q_0 на меньшее и дает искривление в нижней части экспериментальной кривой II .

Подвижности K_1 и K_2 определяются измерением промежутков времени Δt_1 и Δt_2 , соответствующих прибытию последних отрицательных ионов и последних положительных ионов [2, с. 33-34].

Три статьи Ланжевена [18, 19, 11], опубликованные до оформления докторской диссертации, стали ее ядром, и инвариантные соотношения между тремя законами: подвижности, рекомбинации и диффузии — были доказаны в этом целостном произведении.

Однако логика генезиса физики газового разряда в трудах Ланжевена требует отклонения от строгой исторической хронологии его публикаций. Наметим этапы развития двух теорий подвижности Ланжевена, которые изложены в его докторской диссертации, а также в большом математическом исследовании, получившем скромное название "Об одной фундаментальной формуле кинетической энергии" [II, с. 296], и опубликованной в журнале "Annales de Chimie et Physique" [1905, т. 5, с. 245]. Название журнала приведено нами полностью, в связи с тем, что английские математики, "открывшие" эту замечательную работу Ланжевена в конце 20-х годов [2, с. 47], ссылались на то, что журнал, в котором опубликована эта статья, "незамечный". Между тем именно в этой статье не только развивается современная теория подвижности ионов, но решается математическая задача, связанная со столкновениями молекул и ионов при обобщенном динамическом законе взаимодействия между ними. Задача была сформулирована Максвеллом и решена им только для частного случая. Ее пытался решить и Больцман, но оставил ее.

Изложим вкратце построение обеих теорий подвижности Ланжевена. При элементарном подходе к вопросу о подсчете подвижности заряженных частиц в газе делается ряд допущений, сильно упрощающих задачу. Первое упрощающее допущение заключается в том, что средняя длина свободного пути

заряженной частицы определяется исключительно диаметром заряженной частицы и диаметром нейтральной частицы газа или, другими словами, столкновения между данной заряженной частицей и всеми другими частицами газа происходят как соударение твердых шаров. Второе упрощающее допущение заключается в том, что заряженная частица при каждом столкновении теряет свою направленную скорость, сохраняя только скорость теплового беспорядочного движения, и, таким образом, начинает новый свободный пробег без начальной направленной скорости.

Третье допущение, относящееся специально к движению положительных и отрицательных ионов в газе, состоит в том, что направленная компонента скорости движения заряженной частицы мала по сравнению со скоростью беспорядочного движения.

Определяя подвижность K как отношение скорости поступательного движения к напряженности поля, можно получить уравнение

$$K = a(e/m)(\lambda/W),$$

где K — подвижность ионов, a — численный коэффициент величиной от 0,5 до 1, e , m — заряд и масса частицы, W — средняя скорость заряженной частицы.

Приведенное уравнение Ланжевена в его современном виде соответствует первому наброску теории подвижности. Однако электроны, благодаря их малой массе, претерпевают гораздо менее интенсивный обмен энергией с частицами газа, чем ионы. Поэтому поддерживаемая наличием поля средняя энергия беспорядочного движения электронов даже при сравнительно небольших значениях E/P много больше, чем средняя энергия нейтральных частиц газа, и зависит от напряженности поля E . Следовательно, от E зависит также и средняя, наиболее вероятная, скорость частиц. Рассчитывая долю энергии, передаваемой электроном нейтральной частице газа при каждом столкновении, и используя результаты предшествующей теории подвижности, получаем новое, уточненное выражение для подвижности

$$K = 0,815 (e\lambda_i / Mc_i) \sqrt{(m + M)/m}.$$

Здесь K — подвижность заряженных частиц; e — заряд электрона, m — масса нейтральной молекулы; M

— масса иона; c_i , c_m — соответственно средняя скорость ионов и молекул газа.

В приведенной уточненной формуле Ланжевена учитываются различные массы иона и нейтральной молекулы. Однако и в этом варианте наблюдались расхождения с опытом. Пришлось отказаться от предположения, что притяжение ионов и нейтральных молекул объясняется существованием поляризационных сил. При приближении частицы к иону под действием поля иона происходит смещение положительного и отрицательного зарядов (образуется диполь). Эта поляризационная сила притяжения обратно пропорциональна пятой степени расстояния между взаимодействующими частицами. Кстати говоря, именно эту зависимость ошибочно взял за основу Максвелл, когда пытался вывести динамический закон взаимодействия между ионами и нейтральными молекулами. Вывести обобщенный закон и решить поставленную Максвеллом задачу удалось Ланжевену:

$$K = \frac{3}{16J} \frac{0,462 \sqrt{(m+M)m}}{(\rho/\rho_0) \sqrt{(\epsilon-1)M_0}},$$

где K — подвижность, m и M — соответственно массы иона и частицы; ϵ — диэлектрическая проницаемость, J — сложная математическая функция (промежуточный параметр), ρ и ρ_0 — соответственно расчетные параметры².

Вторая формула подвижности Ланжевена получена из теории центров сил, согласно которой, независимо от решения вопроса о том, могут или нет в данных условиях образоваться комплексные ионы, поляризационные силы, действующие между ионом и нейтральными молекулами, должны укорачивать среднюю длину свободного пути иона в газе. Кроме этого допущения, теория центров сил Ланжевена имеет множество тонких математических находок, позволяющих развивать и корректировать ее.

Поскольку одна из существенных поправок в предыдущую теорию подвижности ионов состоит в учете влияния сил притяжения между частицами на длину свободного пробега, Ланжевен начал свой пересмотр

² Подробный ход расчета см. [II, с. 296].

решения задачи Максвелла—Больцмана с анализа простейшего статистического подхода Клаузиуса, известного как метод "средних длин пробега". Этот метод, оставляя в стороне самый механизм столкновений, вводит некоторую статистическую среднюю величину — расстояние, которое в среднем пролетает молекула без столкновений. Формула, выведенная Больцманом этим методом для коэффициента диффузии двух газов друг в друга, позволила Ланжевону вычислить примерные размеры ионов, представляющих собой агломераты небольшого числа нейтральных молекул, удерживающихся благодаря электростатическому притяжению около назлектризованного центра. Однако метод средних длин пробега не удовлетворял уже Максвелла, поскольку он игнорирует динамические условия соударения, сложное перераспределение скоростей молекул, зависящее от условий соударения. Динамический метод, предполагающий некоторый закон взаимодействия между частицами, был впервые введен Максвеллом и исследован Больцманом в его труде "Кинетическая теория газов". Но вычисления удавалось довести до конца только для частного случая, упомянутого выше, когда сила взаимодействия между поляризуемыми частицами обратно пропорциональна пятой степени расстояния между ними. Выбор этой закономерности исходя из простейшего электростатического допущения не может оправдать легкость решения частной задачи. Результаты не согласуются с опытом.

Ланжевон понимал, что задача, поставленная Максвеллом, должна быть решена для любого характера взаимодействия между молекулами газа, в частности и для случая упругих столкновений. Как известно, именно это условие является "классическим" в кинетической теории Больцмана. Ланжевон решил эту частную задачу. Затем он перешел к усложнению начальных условий и применил полученные результаты к вычислению подвижности назлектризованных центров конечных размеров. При этом он ввел в расчеты общую форму динамического взаимодействия между частицами. В отличие от Максвелла, он не только перешел от частного случая к общему закону, но ввел в расчеты конкретный закон распределения скоростей. Максвелл — создатель знаменитого закона

распределения скоростей — не учел это при решении данной задачи.

Ланжевен двигался в своем математическом исследовании путем последовательных приближений: сначала оценка метода средних пробегов Клаузиуса, потом расчет исходя из механизма упругих столкновений; затем введение обобщенного закона динамического взаимодействия между заряженными частицами с учетом распределения по скоростям; и, наконец, введение возможных упругих столкновений для уточнения результата. При больших размерах ионов упругие удары играют основную роль. Для электронных столкновений механизм оказывается другим. Проверкой решения фундаментальной задачи кинетической теории оказалось приведение ее к частному случаю, разобранным Максвеллом при законе взаимодействия обратно пропорциональном пятой степени расстояний.

В настоящее время подвижность ионов и электронов продолжают рассчитывать приближенно, вводя упрощающие допущения. Элементарные процессы, определяющие подвижность тех и других, различны. Для электронов существенно, что из-за малости их массы они при упругих столкновениях с тяжелыми частицами теряют лишь незначительную часть энергии. Современные поправки к теории подвижности вносятся в зависимость скорости электронов от напряженности поля. Между тем подвижность ионов удовлетворительно описывается классической теорией Ланжевена [37]. Таким образом, эволюция теории подвижности Ланжевена стала фундаментальным направлением физики газового разряда, как науки, начиная с ее генезиса в 1897-1905 годах.

В докторской диссертации Ланжевена можно различить несколько основных направлений:

1) развитие электродинамики электрона, как заряженной частицы, движущейся в электромагнитном поле;

2) анализ физических механизмов радиации (рентгеновские лучи, "катодная эмиссия", радиоактивное излучение), создающих ионизацию в газе (взаимодействие газа и ионизирующей среды);

3) критика методов измерения подвижности, коэффициентов рекомбинации и диффузии его предшественниками;

4) рассмотрение отдельных форм газового разряда (искровой, коронный);

5) доказательство локальных законов (для данного газа при некотором режиме — давление и температура), законов подвижности, рекомбинации, диффузии;

6) оценка количественных связей между коэффициентами диффузии, рекомбинации и подвижности;

7) разработка новой методики измерения с помощью квадрантного электрометра, рассчитанной на максимальную чувствительность прибора.

Краткий анализ поставленной историко-физической задачи позволяет сделать следующие выводы.

1. В начальный период своего развития теоретический фундамент физики газового разряда создавался на базе электромагнитного синтеза, электронной теории и фундаментальных трех законов зарождающейся науки: законов подвижности, рекомбинации, диффузии.

Выдвинутые Ланжевром в докторской диссертации электромагнитные представления о деформации поля движущимся зарядом и об электромагнитной природе его инерции были впоследствии широко развиты в его работах, посвященных электромагнитной теории инерции и связи массы с энергией. Это был один из путей, которым он пришел к независимому открытию релятивистского уравнения эквивалентности массы и энергии.

На стадии генезиса физики газового разряда он ввел понятие об электромагнитном следе корpusкулы и наличии у нее электромагнитной массы:

2. Анализ физических механизмов радиации, превращающей газ в проводник, включает и открытие Ланжевром вторичных рентгеновских лучей. До его открытия считали, что ИКС-лучи создают "эффект газа" (ионизацию в газе) и "эффект металла" (ионизация вблизи металлических пластин).

3. Критика методов измерения подвижности, коэффициентов рекомбинации и диффузии научной школы Дж. Дж. Томсона направлена на выявление источников и величины погрешностей. В отличие от своих предшественников, Ланжевен был убежден в инвариантности указанных величин и считал свои исследования фундаментальными, придавал точности измерения принципиальное значение.

4. При рассмотрении отдельных форм газового разряда Ланжевен указывает на свое теоретическое истолкование физического механизма искры: он доказывал, что главную роль в ионизационных процессах здесь играют положительные ионы.

5. Основная часть докторской диссертации Ланжевена посвящена экспериментальному подтверждению *локальной инвариантности законов подвижности, рекомбинации, диффузии* (газ при данных значениях давления и температуры).

6. Оценка инвариантных количественных связей между коэффициентами диффузии, рекомбинации и подвижности позволила впервые точно представить общую картину физических процессов в газовом разряде.

7. Усовершенствование квадрантного электрометра, изготовленного Пьером Кюри, было сделано Ланжевром на основе его теории оптимальной чувствительности прибора.

Г л а в а 5

Исследования ионизационных процессов в атмосфере.

Теория анализатора подвижности ионов

Нарушая историческую хронологию работ Ланжевена для того, чтобы приблизиться к логике развития его трудов в общей физике газового разряда, необходимо сделать несколько исторических отступлений.

Эволюция теории подвижности Ланжевена не ограничивалась фундаментальными теоретическими исследованиями; в физике газового разряда последовательно возникали новые проблемы, связанные с загадками подвижности заряженных частиц, и некоторые ответвления науки оказывались подчас неожиданными.

Естественно, перед Ланжевром встал вопрос: обладают ли ионы, возникшие в газе, одной и той же подвижностью, или существует множество структур типа "ион-молекула" с гаммой подвижностей? Для измерения возможного спектра подвижностей требовалась измерительная система, обладающая особыми свойствами, не вносящими практически никаких искажений в

измерение микроскопических величин. Принцип анализатора подвижностей газовых ионов, а по существу, теория системы, взаимодействующей с потоками ионов, была разработана Ланжевром в 1942 г., когда он находился в ссылке под надзором гестапо в городе Труа. Теория этого прибора, реализованного его ученицей Элианой Монтель [38] после кончины ученого, представляет интерес и сегодня, поскольку оказалось, что современные разработчики анализаторов подвижности, применяемых в метеорологии, не знают о существовании теоретического проекта Ланжевена. Решающим импульсом для создания анализатора подвижности ионов явилось более раннее открытие Ланжевром так называемых тяжелых ионов в атмосфере.

Физики немецкой школы, в частности Филипп Ленард, крайне враждебно относившийся к статистическим идеям Больцмана и к его преемнику в электронной теории — Ланжевену, обнаружили в атмосфере присутствие ионов обоих знаков. Эльстер и Гейтель, а также Эберт пользовались для измерений довольно грубыми методами. Ланжевен повторил их опыты, чтобы уточнить возникающие при этом погрешности. В мае 1905 г. он начал свои исследования атмосферных ионов на вершине Эйфелевой башни, которые длились два года. "Я принял решение продолжать исследования ионизированных газов в условиях самого чистого воздуха, насколько это возможно в Париже, и работал на вершине Эйфелевой башни днем и ночью, систематически наблюдая за изменениями свободных электрических зарядов в атмосфере...

Я совершенно неожиданно обнаружил, что атмосферные ионы весьма четко распределяются на две категории: обычные ионы, возникающие непосредственно под действием облучения, и ионы неизвестного происхождения, обладающие подвижностью во много тысяч раз более медленной. Эти ионы я назвал "большие ионы" [4, с. 52].

Убедившись в неточности измерительных приборов Эльстера и Гейтеля, Ланжевен разработал новый метод — использование газового потока. Он сконструировал электрометр, регистрирующий ионы атмосферы.

Если струя газа пропускается через цилиндрический конденсатор известной емкости, заряжаемый от

батарей аккумуляторов такой ЭДС, чтобы внутренний электрод собирал ионы рассматриваемого вида, то при насыщении ионами данной подвижности ток, поступающий на электрод представляет собой интегральную сумму ионов, определяемую некоторой функцией от подвижности. Простое интегрирование дает уравнение кривой, позволяющей графически определить наличие ионов с данной подвижностью. Повторив десятки раз свои исследования легких и тяжелых ионов, Ланжевэн опубликовал в бюллетене Французского физического общества "отчет об открытии тяжелых ионов "Объяснение различных явлений в атмосфере присутствием тяжелых ионов" [II, с. 292].

Его сообщение вызвало возражение Филиппа Ленарда, занимавшего тогда пост директора крупнейшего немецкого исследовательского института. Активность Ленарда простиралась не только на научные исследования — он приобрел печальную славу завистника и интригана. Так, например, известна его тяжба за премию, которую, по его мнению, он заслужил открытием "лучей ИКС" одновременно с Рентгеном. Между тем именно тогда опытный экспериментатор Ленард совершил любопытную ошибку: он выпустил из трубки Крукса через алюминиевую фольгу не рентгеновские лучи ("лучи ИКС"), а катодные лучи (поток электронов). По этому поводу Ланжевэн с проницательной шутливостью заметил, что если бы Ленард догадался после алюминиевой фольги поставить фотографическую пластинку, то на ней запечатлелись бы дифракционные полосы, обнаруживающие волновую природу электронов. Возможно, что открытие дифракции электронов, сделанное в 20-е годы, когда уже существовала квантовая механика и была выдвинута гипотеза ученика Ланжевэна Луи де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме частицы, могло бы "повернуть развитие физики" еще в конце XIX в. Воинствующий мракобес и будущий фашист Филипп Ленард был лишен галльского юмора; отвоёвав Нобелевскую премию за исследование катодных лучей, он стал лидером реакционных немецких ученых, которые впоследствии травили Эйнштейна. Не более любезен он был и с советскими учеными. Когда А. Ф. Иоффе, работавший много лет в Мюнхене под руководством Рентгена, отправился к Ленарду с поручением от своего учителя, то Ленард

выслал ему навстречу сторожа, который передал А. Ф. Иоффе, что "директор Института не может тратить время на общение с врагами отечества".

Наконец, Ленард опровергал утверждение Ланжевена, что "большие" или медленные, ионы фиксируются на заряженных пылинках и других частицах вещества, взвешенного в воздухе. При этом Ленард ошибочно предполагал, что ультрафиолетовые лучи непосредственно своим воздействием на атмосферный воздух порождают легкие отрицательные и тяжелые положительные ионы.

Однако в лабораторных условиях Ланжевен доказал, что в воздухе, лишенном пылинок и пропущенном через тампон ваты, медленные тяжелые ионы под действием ультрафиолетового света не образуются. При внесении в прибор маленького кусочка фосфора мгновенно происходит образование тяжелых ионов, на которых конденсируются пары воды.

В начале 1906 г. исследования "больших ионов" привлекли к себе внимание одного из самых знаменитых в то время ученых — лорда Кельвина, который посетил Ланжевена в Коллеж де Франс. Эдмон Бауэр, сотрудник и друг Ланжевена так описывает этот эпизод: "Ланжевен приготовил для демонстрации свои опыты, в частности один весьма эффектный: если кипятить воду в баллоне, заткнутом пробкой с маленьким отверстием, то струя пара, выходящего из баллона, будет слабой, и образование капелек происходит незаметно; если же поднести к этой струйке пара кусок фосфора или какого-либо другого вещества, способствующего формированию больших ионов, то можно тотчас заметить капельки воды, которые возникают у выхода из баллона, и струя пара становится весьма плотной.

Этот опыт очень заинтересовал лорда Кельвина, и он пожелал повторить его сам. Он взял кусок фосфора из рук Ланжевена и поднес его слишком близко к струе пара, фосфор воспламенился в его руке. Он получил довольно сильный ожог, но не произнес ни слова, когда ему сделали перевязку, и ушел улыбаясь" [3]. Ланжевен продолжал в течение многих месяцев свои исследования ионов атмосферы на третьем этаже Эйфелевой башни.

"Нам приходилось иной раз подниматься по лест-

нице до самой вершины Эйфелевой башни, — вспоминает Эдмон Бауэр, — потому что зимой лифт не работал" [39]. (К вершине Эйфелевой башни, где на площадке была расположена лаборатория Ланжевена ведут 1792 ступени.) Через некоторое время к наблюдениям Ланжевена присоединился и Мулен, блестящий физик, погибший на войне в 1914 г. Исследования ионизационных процессов в атмосфере, по существу, распространяли принцип камеры Вильсона в гигантские масштабы атмосферных явлений: потоки воздуха охлаждаются в результате расширения; пары воды становятся перенасыщенными, и на нейтральных частицах, как на "больших" ионах воздуха, происходит конденсация. Воздух, восходящий вверх после расширения, содержит только малые ионы, и поэтому только на значительно большей высоте, примерно 10 тыс. м, может произойти перенасыщение и конденсация на малых ионах. Ланжевену удалось установить в результате термодинамических соображений, что расстояние между слоями воздуха между облаками и над ними должно быть порядка 5 км.

Ланжевен придавал большое значение тяжелым ионам в таких процессах, как изменения электрического поля Земли, более сильного там, где электропроводность воздуха ниже благодаря преобладанию тяжелых ионов над легкими. Он ясно понимал причину различия между двумя основными типами облаков: облака "тяжелые" — кучевые, слоистые, на высоте 1-2 км образуются в основном тяжелыми ионами; облака "легкие" пористые, находящиеся на гораздо большей высоте, 10-12 км, для образования капелек путем конденсации на обычных ионах требуют значительного пересыщения, т.е. в 6-8 раз относительно большего давления водяного пара.

Теория анализатора подвижности ионов

Теоретический проект анализатора подвижности ионов, созданный в условиях ежедневной смертельной опасности, нависавшей над ученым-антифашистом в 1942 г., когда он находился в ссылке под надзором гестапо, является последним этапом его исследований подвижности ионов в газе. Работа была опубликова-

на посмертно, и, как уже указывалось, была реализована его учеником в 1951 г.

Логика исследований Ланжевена в физике газового разряда обычно исходила из последовательных ограничений рассматриваемого процесса от посторонних эффектов, создающих искажение в основной закономерности. Оценка величины погрешностей и ошибок становится принципиальной проблемой, поскольку экспериментальное доказательство обобщенного, фундаментального закона зависит именно от порядка ошибки измерения.

Таким образом, в работе "об анализаторе подвижности газовых ионов" [П, с. 215] логика остается "фундаментальной", хотя речь идет не об обобщенном законе физики, а о теоретическом проекте прибора. Принцип анализатора подвижности прост, но оценка вносимых погрешностей потребовала построения теории, ставшей серьезным вкладом в разнообразные области: теоретическую механику, кинетику газовых потоков, физику газового разряда, электростатику.

Прибор должен быть составлен из трех коаксиальных цилиндров с общей осью. Внутренний и внешний цилиндры закреплены, а средний, муфта, равномерно вращается вокруг вертикальной оси с небольшой угловой скоростью. Это движение увлекает за собой выпускаемый через небольшую узкую щель внутреннего цилиндра газ, подвергнувшийся ионизации при помощи каких-либо лучей. Между этим цилиндром и муфтой приложено электрическое радиальное поле, которое в выходящем через щель газе ускоряет ионы одного знака и отталкивает обратно в цилиндр ионы противоположного знака, производя своего рода отбор. В муфте на некоторой высоте имеются тонкие, горизонтально расположенные щели, пропускающие через муфту часть ионов, идущих из щели. Эти ионы встречают между муфтой и внешним цилиндром электрическое радиальное поле такого же направления, как и то, которое привело их сюда, и продолжают перемещаться к внешнему цилиндру; в нем на противоположной щелям стороне имеется узкий электродколлектор, предназначенный для измерения заряда прибывающих к нему ионов, или щель, через которую должны выходить те же ионы, если требуется изучать их дальнейшее поведение.

Соответствующая разность потенциалов между тремя цилиндрами служит для создания обоих полей. Узкая, вертикальная полоска ионов, выходящих через щель, должна оставаться тонкой, несмотря на то, что ее увлекает газ в случае, если все ионы имеют одинаковую подвижность; но если существуют устойчивые формы разных подвижностей, то полоска, наоборот, растянется, и прибытие ионов на внутреннюю поверхность внешнего цилиндра происходит тогда сообразно спектру подвижностей. Теория проекта анализатора подвижности ионов складывается из разнородных исследований.

1. Проводят расчет траекторий ионов, исходя из гидродинамических соображений: режим движения газа считается полностью ламинарным.

2. Проводится сравнительная оценка центробежной силы и силы Кориолиса в дифференциальном уравнении траектории ионов.

3. Проводится количественная оценка влияния диффузии ионов на спектральное распределение их по подвижностям.

4. Оценивается влияние взаимного отталкивания ионов на толщину слоя ионов, выходящего из щели муфты.

5. Получен вывод обобщенной формы разрешающей способности прибора.

6. Рассматривается влияние щелей муфты, как периодической структуры, которая описывается периодическими функциями, имеющими графические решения. Определяется деформация, или возмущение, вносимое в движение увлекаемого газа просветами сетки.

7. Исследование Ланжевена в основном построено на анализе влияния конечной толщины муфты. Влияние толщины муфты можно анализировать с двух точек зрения, так как оно одновременно проявляется и в изменении движения увлекаемого газа, и в изменении распределения электрического поля.

Ланжевен подчеркивает, что решение первой проблемы отличается от логики предыдущей задачи, связанной с влиянием щелей муфты, которая рассматривается как предельный случай бесконечно тонкой сетки. Решить задачу о влиянии толщины муфты Ланжевен не смог для всей рабочей области прибора, но, обойдя формальные трудности, он использовал

принципы симметрии, заложенные в приборе, и методом последовательных приближений пришел к групповым преобразованиям, позволяющим использовать полученную геометрическую структуру для оценки влияния муфты на распределение электрического поля в этой же области:

8. Задача о распределении электрического поля является продолжением предыдущей: уточняется структура поля вблизи сетки, обеспечивающая требуемое перемещение потока ионов. Эта же задача развивается Ланжевеном в более обобщенной форме, как приложение к изучению электростатического поля между сеткой и пластинами. Это классическая задача теоретической электромеханики, и ее приложение не является открытием Ланжевена, но последовательные приближения, выстроенные в обобщенные, инвариантные принципы конструирования анализатора подвижности, занимают особое место в физике газового разряда.

Г л а в а 6

Исследование броуновского движения и судьба уравнения Ланжевена в современной кинетике плазмы

"Физика все больше развивается в существенно статистическую науку", — писал Макс Борн [36]. Ланжевен придерживался статистического подхода и в физике газового разряда, и в теории магнетизма, и в исследовании броуновского движения. Уравнение Ланжевена, которое стало впоследствии типологическим в совершенно другой области — в кинетике плазмы [40], было выведено из другой формулы — уравнения Эйнштейна, также описывающего броуновское движение.

История разветвленных применений уравнения Ланжевена для броуновского движения в дальних областях знаний — в астрофизике и физике ионных процессов — доказывает инвариантность структуры закона, наполняемой различным физическим содержанием. Такова тенденция современной науки, стремящейся к единству. В данном случае она совпала с предвосхищаю-

щей логикой Ланжевена, приводящей к высшему уровню фундаментальности. Статья, посвященная броуновскому движению, опубликована в 1908 г. (C.r. Acad. Sci., т. 146) [11, с. 338], когда существовало объяснение этого явления в работах Эйнштейна [41] и Смолуховского [42].

На основании формул Эйнштейна и Смолуховского Жан Перрен провел экспериментальные исследования броуновского движения и получил значение числа Авогадро, оказавшееся в хорошем согласии с известными данными кинетической теории.

Между формулами Эйнштейна и Смолуховского, позволяющими предвидеть величину среднего квадратичного значения перемещения сферической частицы в заданном направлении имелось расхождение в величине коэффициента. Тем не менее оба физика были согласны в том, что гипотеза, выдвинутая еще в 1888 г. французским ученым Гуи, справедлива: броуновское движение представляет собой постоянное движение частиц, взвешенных в жидкости, и является отражением теплового движения молекул.

Исходя из теоремы о равномерном распределении кинетической энергии между различными степенями свободы системы, находящейся в термическом равновесии, Ланжевен выдвинул простое допущение, состоящее в том, что действие окружающей частицу среды можно разложить на две части: первая часть соответствует испытываемому частицей динамическому трению, которое определяется законом Стокса; вторая часть — иррегулярна; она носит флуктуационный характер и ее можно описать только статистически:

$$m(d^2x/dt^2) = -6\pi\eta a(dx/dt) + X.$$

"Относительно дополнительной силы X нам известно, что для нее положительное и отрицательное направление равновероятны, и что величина этой силы такова, что она поддерживает тепловое движение частицы, которая без этого в конце концов остановилась бы вследствие вязкого сопротивления" [11, с. 340].

Ланжевен получил из своего уравнения формулу Эйнштейна

$$\overline{\Delta x^2} = (RT/N) (1/4\pi\eta a) \tau,$$

где R — газовая постоянная для идеального газа, отнесенная к одной грамм-молекуле; N — число молекул в грамм-молекуле. При этом он доказывал, что формула Эйнштейна более точная, чем Смолуховского.

Жан Перрен и в своей книге "Атомы", переведенной в 20-е годы на русский язык, и в замечательной статье "Можно ли точно взвесить атом?", напечатанной в журнале "Revue du Mois" (1908, №35, с.10), издававшемся математиком Эмилем Борелем, выступает как лидер новой атомистики, выросшей из открытия электрона и броуновского движения. Луи де Бройль, описывая этот период, оценивает его как возврат к Декарту, ибо доказательство существования реальных частиц возрождает картезианское описание природных явлений с помощью фигур и движений.

Однако никто из крупнейших физиков не сумел тогда различить в уравнении Ланжевена "ядро будущего". Сегодня второй стохастический член этого уравнения чаще всего отождествляется с наличием "случайных источников Ланжевена", под которыми в некоторых случаях подразумеваются флуктуации массы, а в других — источники излучения. Типологическое уравнение Ланжевена, выведенное для броуновского движения, применяется сегодня в автоколебательных системах, в лазерах, в различных режимах плазмы. "Ланжевенский источник" (случайный источник) появляется также в уравнении Гинзбурга-Ландау [40, с.114], описывающем фазовый переход в распределенной системе.

Теория фазовых переходов представляет собой попытку объяснения критических точек в системах с распределенными постоянными несколькими математическими моделями, сущность которых состоит в том, что физические механизмы представляются как взаимодействие упругих сил среды и случайных тепловых источников. В некоторых моделях эти случайные источники имеют смысл флуктуаций энергии или излучения. Если столкновать фазовые переходы, которые играют огромную роль в излучательных системах, в виде таких ланжевенских составляющих, то весь математический аппарат теории Гинзбурга-Ландау опирается на историческое уравнение Ланжевена. Любопытно, что весьма спорная "Теория многих частиц" А. А. Власова, объяснившая некоторые эффекты дальности

действия в плазме ("коллектив частиц"), тоже восходит к структуре уравнения Ланжевена, поскольку новый член уравнения Больцмана, введенный профессором Власовым, напоминает о разделении на "действующие среды" и "случайные источники", введенном Ланжевром в физику.

До сих пор считалось, что непосредственным продолжателем этой идеи Ланжевена является индийский ученый С. Чандрасекар, который использует его классическое уравнение в астрофизике. Он начинает свою книгу главой об исследовании Ланжевром броуновского движения и трактует его результаты прежде всего как возможность расчленить явления на прерывные и непрерывные. Дискретно-непрерывная концепция Ланжевена, выдвинутая с такой смелостью и проницательностью в начале века, стала лидирующей идеей многих областей современной физики. Советский ученый Ю. Л. Климонтович [40] в большинстве случаев представляет уравнения для флуктуации в форме уравнений Ланжевена, определяя источник Ланжевена дельта-функцией. Так же, как и С. Чандрасекар, он показывает вывод уравнения Ланжевена из броуновского движения, но, в отличие от первого, в его книге само броуновское движение становится как бы моделью в анализе физических систем другого типа. Флуктуации рассматриваются в системах частиц с сильным взаимодействием, в квантовых автоколебательных системах, в фазовых переходах типа "атомы-поле".

Вопрос об экстраполяции уравнения Ланжевена в эти бурно развивающиеся области физики настолько интересен, что требует длительного и глубокого изучения. "Пожалуй, наиболее выдающимся и очевидным фактом во всей истории физики является стремление к единству, — писал Поль Ланжевен, — ко все более широкому обобщению, все более всеобъемлющему представлению, чтобы вся совокупность основных понятий, из которых должно исходить и развиваться объяснение существующего, была сведена к минимуму.

Между разделами физики, прежде далекими друг от друга, устанавливаются все более и более многочисленные связи, более тесное единство. По мере того как создается это единство, успехи, достигнутые в каждой отдельной области, все в большей мере отражаются на остальных; значительность результата

измеряется обширностью и интенсивностью этих влияний, качеством и количеством связей, которые он позволяет установить или закрепить. Работы на частные темы все больше подчиняются влияниям или определяются задачами, относительно которых можно сказать, что они представляют интерес для всей физики в целом, и их история имеет тенденцию организоваться вокруг великого движения к объединяющему синтезу" [П, с. 669].

Физика электрона и электронная теория.
"Электромагнитный синтез"
и предыстория теории относительности

Совершенство электронной теории Лоренца, которая явилась синтезом механики Ньютона и теории поля Максвелла, вызвало новый подъем физики, замечательный стремлением построить электромагнитную картину мира. Крушение механистических воззрений и победоносное возведение первых представлений об электроном, движущемся в электромагнитном поле, позволяло делать широкие, мировоззренческие обобщения. Теория эфира Лоренца не препятствовала смелым выводам об электромагнитной природе инерции, о зависимости массы частицы от скорости, о сокращении размеров движущихся тел. Метафизическое следствие этих гипотез вылилось в форму так называемого "электромагнитного синтеза". Период развития физики, относящийся к первому десятилетию XX в., был чреват рождением теории относительности, которая созревала в колыбели электронной теории до того момента, когда из нее пришлось выбросить представление об эфире. Именно отказ от эфира стал рубежом между предысторией и историей теории относительности. Роль Ланжевена в "эмбриональном" периоде, предшествующем теории относительности, огромна — и, как энтузиаста "электромагнитного синтеза", и как одного из создателей теории относительности.

Обычно вклад Ланжевена в электронную теорию анализируют, исходя из его доклада на Международном конгрессе в Сент-Луисе (США) в 1904 г. На этом конгрессе, где выступал и Анри Пуанкаре, Ланжевен оказался более увлеченным энтузиастом электронной теории, чем его старший по возрасту коллега. В док-

ладе "Физика электронов" [2] Ланжевен касался и проблемы электромагнитного эфира, и "атома электричества", и инерции движущейся излучающей заряженной частицы. Но прежде чем обсудить разнообразные аспекты подлинного отношения Ланжевена к "электромагнитному синтезу", необходимо вернуться к трудам Лоренца, Абрагама и Ланжевена, которые создали фундамент классической электронной теории.

Еще в своей ранней работе 1892 г. [43] "Электромагнитная теория Максвелла и ее применение к движущимся телам" Лоренц исходил из предположения, что все весомые тела состоят из множества положительно или отрицательно заряженных частиц. Электрические явления вызваны движением этих частиц. Электрический заряд образован избытком частиц с определенным знаком заряда. Электрический ток есть течение заряженных частиц. В "весомом изоляторе" возникает "диэлектрическое смещение" при смещении электрических частиц из положения равновесия. Веществом, в отличие от эфира, называется все то, что способно принимать участие в электрических токах, электрических смещениях и электромагнитных движениях. Эфир Лоренца, как и эфир Френеля, неподвижен. Весомая материя полностью проницаема для него. Заряженные частицы взаимодействуют с эфиром и вызывают в нем возмущение. Эти возмущения в свою очередь влияют на окружающие частицы. В простой форме Лоренц получил выражение для силы, с которой поле действует на заряженные частицы.

Важным событием, подтвердившим электронную теорию, было открытие голландским физиком Питером Зееманом в 1896 г. расщепления спектральных линий в магнитном поле. Ему удалось "намагнитить свет". Теоретически такая возможность была предсказана Лоренцом за 15 лет до опытов Зеемана. Затем Лармор внес в модель Лоренца-Зеемана некоторые усовершенствования, из которых стало ясно, что необходимо задуматься о структуре атома в целом, ибо открытие Зееманом внутри атома корпускул, обнаруженных в катодных лучах, еще не означало, что атом состоит только из таких корпускул. Лармор, как и Лоренц, придерживался в то время представления об эфире, но расходился с ним в отношении механизма связи между электроном и электромагнитным эфиром.

Ланжевен подвел итог своим представлениям в электронной теории не только в докладе 1904 г., но в фундаментальном труде "О происхождении излучений в электромагнитной инерции" [II, с. 342], который был опубликован в 1905 г. В этой работе заложены предпосылки открытия Ланжевенем релятивистского закона энергии. Гипотезы, выдвинутые здесь Ланжевенем, еще опираются на существование эфира и являются свидетельством яркого переходного развития науки.

"Я хочу показать здесь, как изучение электромагнитного возмущения, вызванного в эфире (предполагаемом неподвижным по Лоренцу) каким-либо движением электрических зарядов или электронов, позволяет проникнуть в подробности явлений излучения и инерции, произвести анализ механизма связи, осуществляемой электронами между материей, в которой они заключены, и электромагнитным эфиром... Приводимые ниже результаты были мною изложены в Коллеж де Франс два года тому назад... Я считаю необходимым заново рассмотреть их полностью ... " [там же].

"Инерция отрицательных электронов, катодных корпускул, — пишет Ланжевен далее, — как представляется на основании экспериментов Кауфмана, имеет полностью электромагнитное происхождение и обусловлена необходимостью создавать или уничтожать для изменения частицы магнитное поле, сопровождающее, как известно, это движение. Становится заманчивым, чтобы не искать двух различных объяснений одного и того же явления, распространить этот результат на всю материю, рассматривая инерцию последней как полную электромагнитную инерцию образующих вещество положительных и отрицательных электронов" [II, с. 343].

Опыты Кауфмана по отклонению катодных лучей в магнитном поле (1903 г.) могли обосновать гипотезу, что вся инерция (масса) электронов электромагнитного происхождения. Исходя из электромагнитной природы инерции движущегося электрона, Ланжевен представляет себе физическую картину взаимодействия излучающей частицы с электромагнитным полем следующим образом.

Излучение движущегося наэлектризованного тела на большом расстоянии от источника излучения может быть разложено на плоские волны, распространяющиеся

со скоростью света и состоящие из двух поперечных полей — электрического и магнитного, перпендикулярных друг другу и к направлению распространения волны. Вследствие излучаемой электроном энергии, прилегающая к нему область электромагнитного поля подвергается "деформации", и это создает как бы электромагнитный "след", или "борозду", сопровождающую движущуюся корпускулу. Именно это преобразование электромагнитного поля вблизи электрона и является его электромагнитной инерцией. Точнее говоря, не вся деформация электромагнитного поля, прилегающего к движущемуся электрону, определяет его инерцию. Ланжевен ввел понятие волны скорости, которая характерна для равномерного и прямолинейного движения, и волны ускорения, переносящую на большое расстояние энергию излучения. Иначе говоря, излучаемая энергия имеет своим источником внешнее поле, не может быть описана законами обычной динамики и связана с ускоренным движением электрона. При этом "электромагнитная борозда" претерпевает перестройку.

Волна скорости или "борозда" при равномерном и прямолинейном движении связана со структурой электрона и скоростью его движения. Она определяет его кинетическую энергию. Инерция электрона зависит от волны ускорения и, таким образом, зависит от изменения электромагнитного поля, возникающего в процессе движения электрона. Вместо закона Ньютона, связывающего силу, массу и ускорение, возникает иная причина возникновения инерции: само поле создает ее.

"Лоренц добился синтеза механики Ньютона и теории поля Максвелла. Слабость этой теории состоит в том, что она пытается постигнуть явления сочетанием уравнений в частных производных (уравнение Максвелла для поля в пустоте) и уравнений в полных производных (уравнения движения точки); этот прием противоестественный. Мало удовлетворяющая часть теории явно проявляется в необходимости допустить конечность размеров частиц и, кроме того, в необходимости уклоняться от того факта, что существующее на их поверхности электромагнитное поле становится бесконечно большим. Теория была совершенно неспособна объяснить огромные силы, которые удерживают

электрические заряды на отдельных частицах. Лоренц принял эти слабости теории, которые он прекрасно знал, чтобы наконец правильно объяснить явления хотя бы в их общих чертах.

Впрочем, у него было одно соображение, которое выходило за рамки его теории. Вблизи электрически заряженного тела имеется магнитное поле, которое вносит вклад (видимый) в его инерцию. Нельзя ли объяснить общую инерцию частиц электромагнитным путем? ... Все-таки эти попытки не увенчались успехом" [12, с. 46].

В другом месте Эйнштейн дополняет свою критику следующим замечанием: "Кинетическая энергия и энергия поля представляются как принципиально разные вещи. Это кажется тем более неудовлетворительным, что согласно теории Максвелла магнитное поле движущегося электрического заряда представляло инерцию. Почему же не всю инерцию? Тогда бы имела только энергия поля, и частица была бы лишь областью особенно большой плотности этой энергии поля... Но уравнения Максвелла не позволяли установить условия равновесия электричества, составляющего одну частицу" [12, с. 145].

В работе "О происхождении излучения и электромагнитная инерция" Ланжевен остается в рамках парадигмы электронной теории Лоренца, но его гипотеза о существовании в электромагнитном следе электрона волны скорости и волны ускорения дает простую модель, объясняющую зависимость инерции электрона от скорости и физический механизм его излучения. При этом следует заметить, что теоретические модели Ланжевена почти всегда находят своих последователей. На этот раз сошлемся на воспоминание его ученика Луи де Бройля [28, с. 353, 356]. В 1927 г. на Сольвеевском конгрессе Луи де Бройль развивал теорию "волны-лоцмана", связанной с частицей. Теория "волны-лоцмана" напоминает первые гипотезы Ланжевена о волнах скорости ("кормовое течение") и волнах ускорения, сопровождающих движущийся электрон. Разумеется, теория де Бройля построена в применении к уравнениям волновой механики, а американский ученый Дэвид Бом, опубликовавший статью о ней в 1952 г., оставался в рамках новейшей физики, включая введение "квантового потенциала". Но в мас-

штабах полувековой эволюции физики, структурные аналогии не могут не привлечь внимания историка науки.

В докладе 1904 г. на конгрессе в Сент-Луисе Ланжевен показал различия между механикой Ньютона и представлениями электронной теории, в частности он настаивал на том, что принцип эквивалентности различных форм энергии может быть истолкован независимо от классической механики. Философская позиция Ланжевена последовательно материалистична: "Только материя в обычном смысле этого слова содержит электрические заряды, вокруг которых создается электрическое поле, изменяющееся в зависимости от знаков зарядов ... Не только электрического заряда не может быть без материи, но, по-видимому, не может быть и материи без электричества: скопление наэлектризованных центров обоих знаков, аналогичных катодным корпускулам, обладает почти всеми свойствами материи, именно потому, что центры наэлектризованы" [2, с. 79].

Эфир представляется Ланжевену лишь местом локализации электрического и магнитного полей, которые способны превращаться друг в друга при посредстве вещества, т. е. содержащихся в нем наэлектризованных центров — второй формы материи. "Не следует забывать, — писал Пьер Бикар, — когда мы сегодня читаем труды Ланжевена по теории электромагнетизма и электронов, что они создавались еще тогда, когда не были известны модели атома Резерфорда и Бора; еще не "существовал" фотон, не было теории относительности, было неизвестно соотношение между массой и энергией. И если структура материи считалась дискретной, то излучение, напротив, подчинялось законам Максвелла, Герца и Лоренца, т. е. обладало непрерывной структурой.

Ланжевену пришлось решать две проблемы, для которых он предложил решения, оставшиеся классическими, несмотря на те глубокие исследования, которые внесла квантовая теория:

1) что представляет собой электромагнитное возмущение, сопровождающее любое заданное перемещение электрона?

2) каким образом двигаются свободные электроны, приведенные в движение во внешнем электромагнитном

поле и при наличии электромагнитного поля, которое они сами создают?

Для решения первой проблемы он исходил из исследований Дж. Дж. Томсона электромагнитной инерции, которые он провел в 1881 г.: электрически заряженная подвижная частица окружена электрическим и магнитным полем. Если скорость частицы постоянна, то ее сопровождает неизменное "кормовое течение" ("струя за кормой"). Энергия, локализованная в пространстве, соответствует тем электрическим и магнитным полям, которые окружают частицу. Эта энергия является функцией скорости частицы и она остается постоянной, пока какое-либо внешнее воздействие не изменит эту скорость. При этом мы остаемся в рамках фундаментального закона Галилея о сохранении приобретенной скорости.

Если скорость изменяется, то энергия полей также изменяется, возрастая пропорционально квадрату скорости. Изменение состояния движения потребует, таким образом, дополнительной энергии: электрически заряженная частица обладает "инерцией" электромагнитного происхождения. Но что происходит в тот момент, когда изменяется скорость электрона?

Применяя решение "запаздывающего потенциала Лоренца", Ланжевен показал, что в "кормовом течении" появятся новые составляющие, пропорциональные ускорению и обратно пропорциональные расстоянию от частицы. Напряженность полей, соответствующих постоянной скорости, уменьшается пропорционально квадрату этого расстояния. Если наблюдатель находится далеко от частицы, то практически он будет воспринимать только составляющую, обусловленную ускорением... Для решения второй задачи Ланжевен использовал метод Гамильтона, известный из законов механики... Электрон может быть представлен, как пузырек жидкости, поверхность которого электрически заряжена и находится в среде, подчиняющейся законам электромагнетизма. Ланжевен предположил, что законы движения этой модели учитывают увеличение массы от скорости, приближаясь к бесконечно большому значению, когда скорость движения становится равной скорости света" [3]. Эта вторая проблема динамики электрона решалась Ланжевеном в рамках обычного допущения теории Лоренца о неподвижном эфире. Он

является основой для осей координат, абсолютный характер которых признает классическая механика. Предположение о существовании неподвижного эфира давно уже требовало от экспериментаторов подтверждения перемещения относительно эфира. Как известно, эти знаменитые опыты были многократно проведены Майкельсоном, а также Траутом и Ноблем. Оптические опыты Майкельсона и Морли начиная с 1881 г. должны были обнаружить с помощью интерференционных полос влияние движения Земли на величину скорости света. (В интерферометре Майкельсона лучи света распространялись в направлении движения Земли и навстречу.) Однако сравнение скорости распространения света в разных направлениях по отношению к направлению движения Земли, а тем самым по отношению к эфиру, дало отрицательный результат: изменение не было обнаружено.

В опыте Траутона и Нобля требовалось обнаружить влияние движения Земли на ориентацию электрически заряженного плоского конденсатора, подвешенного на нити крутильного прибора. Отрицательный результат этого опыта был истолкован Ланжевром на основании гипотезы сокращения размеров тел, выдвинутой ранее Лоренцом. Создатель теории эфира в электронной теории прибегнул к гипотезе, высказанной Фицджеральдом в 1892 г.: "твердое тело, движущееся сквозь эфир, испытывает небольшое изменение своих размеров порядка v^2/c^2 " [2, с. 74]. И Лоренц, и Ланжевен, надеясь, что опыты не статического, а динамического характера позволяют установить абсолютное движение.

Идея сокращения размеров движущегося тела, которая объясняет отрицательные результаты попыток измерить эффект абсолютного движения тел относительно эфира, нашла свое выражение и в физике движущегося электрона. Лоренц, Абрагам и Ланжевен предложили различные модели деформации сферического электрона, движущегося в электромагнитном поле. При этом масса электрона предполагалась электромагнитной.

Итак, создатели электромагнитного синтеза укрепляли классические позиции электронной теории путем искусственных допущений. Тем не менее попытки построения единой электромагнитной картины мира, одним из ярких исторических примеров которых является доклад Ланжевена в Сент-Луисе, были неосуществимы.

Ланжевен и теория относительности

Предыстория теории относительности, когда в науке еще сохранялось представление о неподвижном эфире, как об абсолютной системе отсчета, интересна тем, что тогда фактически был создан весь формальный аппарат специальной теории относительности, но он не был наполнен новым физическим содержанием.

Статьи Лоренца по электродинамике движущихся тел (1892-1895) содержали знаменитые групповые преобразования, позволяющие доказать неизменность законов уравнений электромагнитного поля для равномерно и прямолинейно движущихся тел. Эта система уравнений требовала только формального введения понятий "локальных координат" и "локального времени".

Если система отсчета L' движется относительно L со скоростью V , то при надлежащем выборе осей координат и начал отсчета времени в L и L' (оси X и X' направлены по V , оси Y и Y' , Z и Z' соответственно параллельны; начала координат O и O' совпадают при $t = 0$, и часы в L' установлены так, что при $t = 0$ часы в O' показывают время $t' = 0$), преобразование координат и времени имеют вид

$$X' = (X - Vt) / \sqrt{1 - V^2/c^2}; \quad Y' = Y, \quad Z' = Z,$$

$$t' = [t - VX/c^2] / \sqrt{1 - V^2/c^2},$$

где C — параметр преобразования, имеющий смысл предельной скорости движения (равной скорости света в вакууме). Из преобразований Лоренца вытекает релятивистский закон сложения скоростей. Если частица или сигнал движется в L по оси X со скоростью V , то в момент $t/X = Vt$ и в системе L' скорость частицы $V' = X'/t'$ равна

$$V' = (v - V) / (1 - vV/c^2).$$

Таким образом, из преобразований Лоренца, выдвинутых им лишь как формальное доказательство инва-

риантности его уравнений электронной теории, можно вывести теорему сложения скоростей релятивистской кинематики. Сегодня трудно себе представить, что Лоренц еще долгое время оставался приверженцем понятия абсолютного времени: в его формулах время t в неподвижной системе отождествлялось с истинным, всеобщим временем, и сохранялась по-прежнему скорость движения системы отсчета относительно неподвижного эфира. Объяснение невозможности обнаружить эффекты движения Земли относительно эфира Лоренц пытался объяснить с помощью контракционной гипотезы (сокращение размеров тел). Анри Пуанкаре пошел дальше. Уже в 1899 г. он считал весьма вероятным, что абсолютное движение принципиально необнаруживаемо и что никакого эфира не существует [36, с. 319].

Характеристику периода "предыстории" теории относительности лучше всего дал сам Эйнштейн. "Нет никакого сомнения, что специальная теория относительности, если мы рассматривали ее развитие ретроспективно, созрела для открытия в 1905 г. Уже Лоренц заметил, что для анализа максвелловых уравнений существенны преобразования, которые позднее стали известны под его именем, а Пуанкаре еще более углубил это знание. Что касается меня, то я знал только замечательные работы Лоренца 1895 г. "La theorie electromagnetique de Maxwell" и "Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Korpern", но не знал ни более поздних его работ, ни относящегося к этой проблеме исследования Пуанкаре. В этом смысле моя работа 1905 г. была самостоятельной. Что при этом нового, так это признание того, что значение лоренцовых преобразований выходит за пределы связи с уравнениями Максвелла; они затрагивают сущность пространства и времени вообще. Новым был также и взгляд, что "Лоренц-инвариантность" есть общее условие для любой физической теории. Это представляло для меня особую важность, ибо уже ранее я осознал, что теория Максвелла не выражает микроструктуры излучения и поэтому не имеет общего значения" [36, с. 322].

Первые две статьи Эйнштейна о теории относительности создавали у современников впечатление чего-то совершенно нового в науке. Поражала дерзость, с ко-

торой создатель релятивистского мировоззрения бросил вызов Ньютону, а также та совершенная форма, в которую он облек свои идеи.

Красота первой работы Эйнштейна — в ее непротиворечивости. Он исходил из простых эмпирических фактов.

Обычная формулировка закона индукции содержит асимметрию, которая является искусственной и не соответствует фактам. Согласно наблюдению, индуцированный ток зависит только от относительного движения проводника и магнита, между тем обычная теория объясняет эффект по-разному, в соответствии с тем, находится ли проводник в покое, а магнит движется, или наоборот. Противоречие в хорошо известном законе физики приводит к необходимости пересмотреть основные гносеологические принципы науки. Далее Эйнштейн кратко констатирует факт несостоятельности установить экспериментально движение Земли сквозь эфир, и опыт Майкельсона оказывается в контексте его статьи не столь важным.

Макс Борн вспоминает, что это создало у него впечатление, что Эйнштейн пришел бы к своему принципу относительности при любых обстоятельствах [36, с. 323]. Этот принцип и постулат о постоянстве скорости света, не зависящий от системы отсчета, являются единственными предпосылками, из которых выводится вся теория. Далее следует доказательство того, что абсолютная одновременность двух событий в различных местах не имеет физического смысла. Определяется относительная одновременность путей установки часов в различных местах в системе отсчета таким образом, что световому сигналу требуется одно и то же время для прохождения пути в обе стороны между каждым из двух сигналов. "Время" событий — это одновременное с событием показание покоящихся часов, которые находятся в месте события и которые идут синхронно с некоторыми покоящимися часами при всех определениях времени.

Этот первый шаг в статье Эйнштейна означал ломку ньютоновой механики, хотя релятивистское физическое содержание было облечено в форму знакомых уже лоренцевых преобразований. Все дальнейшие соображения опирались на принцип относительности и на принцип постоянства скорости света. Кратко перечислим полу-

ченные результаты: сделаны выводы теоремы сложения скоростей, преобразований Лоренца, эффекта удлинения времени закона преобразования электромагнитного поля в вакууме, эффекта Допплера и, наконец, закона преобразования для энергии, который сделан в этой первой статье весьма бегло.

Поскольку предметом нашего исторического очерка является исследование пути, которым Ланжевэн в том же 1905 г. пришел к релятивистской теореме массы и энергии, остановимся на той форме, в которую Эйнштейн



Альберт Эйнштейн

облек свои соображения не только в первой статье, но и в следующей "Зависит ли инерция тела от содержащейся в ней энергии?" [44, с. 36].

В первой статье Эйнштейн анализирует кинетическую энергию электрона, движущегося медленно и не отдающего ее в виде излучения. При этом в отличие от результатов Ланжевэна, использовавшего до 1904 г. понятия продольной и поперечной масс электрона, Эйнштейн не придает им большого значения и полагает, что в дальнейших расчетах будут получены другие значения для массы. Следовательно, выведенный им закон кинетической энергии движущегося электрона предполагается всеобщим, для любых масс:

$$W = \mu v^2 \left\{ \left(1 / \sqrt{1 - v/V^2} \right) - 1 \right\},$$

где W - кинетическая масса электрона, μ - масса электрона, v - скорость движения электрона в электромагнитном поле, V - скорость света, предельная величина, которая не может быть превышена. Во второй упомянутой статье 1905 г. рассматривается произвольное покоящееся физическое тело, энергия которого, отнесенная к первой системе, равна E_0 , а в движущейся системе - H_0 . Рассматривается плоская световая волна с энергией $L/2$, посылаемая телом.

Поскольку для этого процесса должен выполняться закон сохранения энергии и притом (согласно принципу относительности) по отношению к обеим координатным системам, то Эйнштейн просто выводит значения энергии H и E одного и того же тела, отнесенные к двум координатным системам:

$$(H_0 - E_0) - (H_1 - E_1) = L \{ (1/\sqrt{1 - v/v^2}) - 1 \}.$$

Заметим, что он приходит к результату, аналогичному в своей первой статье. В ходе дальнейшего расчета Эйнштейн получает новую формулу

$$K_0 - K_1 = (L/v^2) (v^2/2),$$

где K_0 и K_1 - кинетическая энергия тела в указанных выше инерциальных системах с учетом предположения, что разность $(H - E)$ может отличаться от кинетической энергии тела, взятой относительно другой системы, только на некоторую аддитивную постоянную C . Эта константа при испускании света не изменяется.

Свой окончательный результат Эйнштейн объясняет так: из полученного уравнения непосредственно следует, что если тело отдает энергию L в виде излучения, то его масса уменьшается на L/v^2 : "Масса тела есть мера содержащейся в ней энергии: если энергия изменяется на величину L , то масса меняется соответственно на величину $(L/9 \cdot 10^{20})$, причем здесь энергия изменяется в эргах, а масса в граммах. Не исключена возможность того, что теорию удастся проверить для веществ, энергия которых меняется в большей степени (например, для солей радия)" [44, с. 38].

История открытия Ланжевеном этого же закона представляет интерес и как сюжет из биографии большого ученого, и как яркое свидетельство различия творческих индивидуальностей двух великих физиков. Если работы Эйнштейна можно сравнить с музыкальными композициями, то научное воображение Ланжевена гораздо ближе к изобразительному искусству.

Обстоятельства, связанные с открытием Ланжевеном закона пропорциональности или эквивалентности массы и энергии, подробно описаны в воспоминаниях друзей, учеников и биографов. Его ранние исследования "тео-

ремы инерции энергии" относятся к 1903-1904 годам, а первые выводы закона эквивалентности массы и энергии излагались Ланжевром на лекциях в Коллеж де Франс. Поскольку эти лекции не были опубликованы, а личный архив был похищен¹ при аресте фашистами в 1940 г., то основным доказательством независимого от Эйнштейна открытия Ланжевена, была дискуссия французских ученых о теории относительности под председательством Ланжевена в 1932 г., когда был воспроизведен ход его рассуждений по лекциям 1903-1904 гг., сохранившимся у Эдмона Бауэра и Франсиса Перрена.

Материалы дискуссии были опубликованы Международным центром синтеза [45]. Эта брошюра сохранилась в архиве О. А. Старосельской-Никитиной, на обложке ее рукой сделана надпись: "NB. Здесь изложено открытие Ланжевена, независимо от Эйнштейна". Она сделала и перевод некоторых докладов этой дискуссии, которыми мы здесь воспользуемся [46].

В 1956 г. сотрудник Ланжевена Эдмон Бауэр написал воспоминания об учителе [47]; в них есть и свидетельство обстоятельств, при которых Ланжеvenu стало известно, что Эйнштейн уже опубликовал открытый им закон. Воспоминания Э. Бауэра цитируются почти всеми биографами Ланжевена, но мы повторим их ввиду убедительности свидетеля.

Э. Бауэр рассказал, что он познакомился с Ланжевром в декабре 1902 г., когда тот начал читать в Коллеж де Франс первый курс лекций. Бауэр сохранил в своей библиотеке пять тетрадей записей этого курса, в котором Ланжевен знакомил слушателей с опытами и теориями, в течение нескольких лет опрокидывавшими и уточнявшими представления о материи и об электричестве. Это "революция, — поясняет Бауэр, — которая продолжается и сегодня и в которой Ланжевен уже тогда принимал активное участие то со своим другом Жаном Перреном в 1897 г., то самостоятельно, то как член коллектива профессора Дж. Дж. Томсона... коллектива удивительного, поскольку четверо из него стали в будущем нобелевскими

¹ В настоящее время архив Ланжевена возвращен. Эти сведения автору сообщил в письме французский ученый Пьер Бикар, ученик Ланжевена.

лауреатами; было бы справедливо присоединить к ним и Поля Ланжевена" (цит. по [2, с. 116]). "В течение 1905-1906 гг. его курс лекций в Коллеж де Франс привел его к глубокому рассмотрению свойств электронов, свойств света и связей между ними. Сделанные им вычисления вскоре показали, что свет обладает массой, что он инертен. Затем он нашел, что для данного количества света, как и для электрона, масса пропорциональна энергии, точнее, она равна энергии, деленной на квадрат скорости света.

Он держал меня в курсе своих исследований: он говорил мне: "Я уверен, что здесь дело идет о фундаментальном законе природы. Я надеюсь вскоре прийти к установлению его полной всеобщности". В этот период мне было поручено отбирать для журнала "Le Radium" статьи из немецкого журнала "Annalen der Physik", поступавшего ко мне с некоторым опозданием. Перелистывая несколько номеров за 1905-1906 годы, я вдруг остановился перед формулой, связывающей массу с энергией; это была формула, о которой мне говорил учитель за несколько месяцев до того. Я просмотрел статью. Еще не вполне понимая все ее значение, я был поражен простотой доказательства. Я побежал к Ланжевену и сказал ему, я это отчетливо помню: "В этом номере "Annalen..." какой-то немец по фамилии Эйнштейн, публикует вашу формулу и доказывает ее". Он ответил мне: "Дайте мне статью. Я сомневаюсь, чтобы его результаты были столь же всеобщи, как мои" (цит. по [2, с. 118]).

В приведенных воспоминаниях Эдмона Бауэра нет точного указания на то, какую именно из первых двух статей Эйнштейна за 1905 г. он принес Ланжевену. Но впечатление, произведенное этой работой на Ланжевена, было столь глубоким, что он в те годы отказался от публикации собственного открытия "теоремы инерции энергии". Тем не менее его путь к релятивистской форме закона эквивалентности энергии и массы представляет интерес не только с точки зрения психологии творчества, но и потому, что дефект масс был впервые объяснен именно Ланжевенем после вывода им этого закона.

В физическом мировоззрении французского ученого законы сохранения энергии, импульса, массы играли большую роль, чем у других классиков науки. В лек-

ции Ланжевена "Дух научного образования", прочитанной им в 1904 г. перед французскими преподавателями, он говорил: "Начнем с главных устоев, общих принципов, которые доминируют над всякой экспериментальной наукой и стоят выше всякой механики, а именно — с принципа эквивалентности и принципа Карно. Вопреки своему историческому происхождению, первый принцип, как это показал Перрен в своей книге, ни в коем случае не предполагает законов механики, и вмешательство последних может привести только к нелепостям. Этот принцип вытекает исключительно из мощной индукции, объединяющей часть векового опыта и завершающегося понятием цены, за которую покупается трансформация, понятием относительной стоимости изменений, которым подвергается материя. Можно утверждать, что если какая-либо трансформация, например падение какого-либо весомого тела, сопровождается, скажем, только таянием определенного количества льда, то окажется невозможным — как бы мы за это ни брались, и каковы бы ни были механизмы, использованные для этого, — соединить эту же трансформацию с таянием другого куска льда. Обратная трансформация должна сопровождаться затвердеванием такого же количества воды. Таким образом, можно определить ту цену, которой покупается данная трансформация, измерить ее неизменную стоимость посредством растаявшего льда и однозначно определить энергию, потерянную в ходе этой трансформации, как пропорциональную весу расплавленного льда.

Из самого принципа эквивалентности вытекает, что это измерение независимо от частного явления, взятого в качестве общей меры. Энергия не является больше "чем-то, что остается постоянным"; относительное значение трансформации одновременно дает нам точное о ней понятие и ее меру" [1, с. 47].

Отрывок, приведенный в несколько буквальном переводе, отражает тот аспект, который отличает рассмотрение закона сохранения энергии Ланжевром от использования его в первых статьях Эйнштейна. "Принцип эквивалентности" в терминологии французского физика означает оценку тех форм энергии, которые подчиняются закону сохранения. Это же под-

тверждается понятием "цены", "трансформации" (преобразования), введенной Ланжевром.

Эйнштейн рассматривал закон сохранения энергии в изолированной физической системе более формально, не уточняя промежуточные этапы происходящих процессов. В этом можно убедиться из анализа тех же первых статей 1905 г.

А теперь перейдем к доказательству "теоремы инерции энергии" Ланжевром, изложенному Франсисом Перреном в ходе дискуссии 1932 г. [45]. Стиль изложения напоминает конспект лекций, записанный слушателями Ланжевена в Коллеж де Франс. Собственно говоря, так и было: сохранившийся в пяти тетрадах курс лекций профессора Ланжевена за 1903-1904 гг. был воспроизведен его учениками с тщательностью, убеждающей в подлинности этого исторического документа.

Принцип эквивалентности. Кинетическая энергия. Изменения материальной системы определяются ее начальным и конечным состоянием. Изменения могут быть двух категорий:

1°. Изменения изолируемые, т.е. без вмешательства извне.

2°. Неизолируемые изменения, требующие одновременного изменения системы.

Если, например, тело находится в поле гравитации Земли, в то же время происходит и второе изменение: например, увеличивается скорость одного тела, т.е. одно тело поднимается, когда другое опускается. Можно наблюдать нагрев тела когда происходит таяние льда. Следовательно, изолируемое изменение всегда может быть компенсировано за счет изменения другого типа.

Допустим, что некоторое изменение A может произойти n раз, в то время, как изменение другого рода B произойдет m раз. Мы можем принять изменение B за единицу (например, калорию, изменение температуры одного грамма воды от $14,5^\circ$ до $15,5^\circ$), чтобы измерить A .

Если изменение изолируемо, оно может произойти без изменения B : измерение даст 0.

Совокупность n изменений A и m изменений B , поскольку они изолируемы, дадут

$$nA + mB = 0,$$

и можно сказать, что A измеряется через $(m/n)B$. (Обратное изменение B обозначается $-B$.)

Приобретение скорости телом есть изменение, мера которого зависит от приобретенной скорости. Поскольку величина изменения в изотропном пространстве не зависит ни от направления, ни от знака скорости, она является функцией v^2 ,

$$E = F(v^2).$$

Принцип инерции. Импульс. Мы видели, что изолируемое движение имеет нулевую меру энергии. Но обратное положение неверно. Если мы хотим отклонить тело, т.е. изменить направление его скорости, нам не потребуется изменять его кинетическую энергию, но это изменение, в сущности, не является изолируемым. Нам придется ввести, по крайней мере, второе тело, потому что принцип инерции требует, чтобы не было отклонения без применения силы к движущемуся телу и чтобы эта сила непременно имела "точку опоры". Определим импульс тела, движущегося с известной скоростью, через *усилие* (в том точном смысле, которое мы придали этому слову), которое надо сделать в точке опоры, чтобы полностью остановить движущееся тело. Принцип инерции позволяет доказать, что это полное усилие не зависит от способа остановки тела. Импульс — это векторная величина, зависящая от величины скорости и имеющая одинаковые с ней направление и знак; он имеет форму

$$\mathbf{J} = G(v^2)\mathbf{v}.$$

Всякое отклонение движущегося тела требует усилия, изменяющего его импульс по направлению, но не по величине.

Так мы пришли к рассмотрению, с одной стороны, кинетической энергии движущегося тела, с другой — его импульса (или количества движения). И так же как принцип эквивалентности количественно выражается через сохранение энергии, принцип инерции выражается через сохранение импульса.

Принцип относительности. Функция $F(v^2)$, измеряющая увеличение энергии тела, которому сообщена скорость V , могла бы зависеть от природы движущегося тела и не только через характеристический множитель тела, но и его форму: функция могла бы быть различной для различных тел. Принцип относительности (принятый в прежней механике, как и в новой) позволяет показать, что она имеет форму $m_0 g(v^2)$, где g зависит только от скорости и оказывается одной и той же функцией для всех тел, так как постоянный множитель m_0 является единственной характеристикой рассматриваемого тела.

Точно также этот принцип показывает, что функция $G(v^2)$, определяющая импульс имеет форму $m_0 g(v^2)$, где g универсальная функция, а коэффициент m_0 тот же, что определяет кинетическую энергию и может быть назван коэффициентом инерции. Можно даже показать, что принцип относительности в соединении с принципом эквивалентности принудительно связан с принципом инерции; отклонить движущееся тело в какой-либо системе отсчета действительно однозначно с остановкой его в какой-либо другой системе; следовательно, это не может быть изолируемым изменением.

С другой стороны, мера одного и того же изменения энергии необязательно одна и та же по отношению к двум различным системам отсчета. Рассмотрим, например, таяние кубического сантиметра льда, связанного с системой S' , причем система S имеет скорость V по отношению к S' . Изменение по отношению S имеет своей мерой q_0 , а по отношению к S' меру q и, очевидно, имеет

форму $q\varphi(v^2)$ по-прежнему в силу изотропности пространства; φ должна быть универсальной функцией, ибо изменения, меры которых в S' находятся в известном отношении, будут для S мерами в том же отношении между собой.

Рассматриваемое изменение может быть осуществлено различными способами и все они должны дать одну и ту же полную меру; мы рассмотрим следующие два процесса:

1°. Растапливают кусок льда, оставляя его неподвижным по отношению к S , что дает непосредственно меру энергии q_0 по отношению к S' .

2°. Начиная с того, что бросают кусок льда со скоростью v по отношению к системе S , так, чтобы он оказался неподвижным по отношению к системе S' , что соответствует энергии $-m_g f(V^2)$.

Затем его растапливают, что дает энергию q_0 , измеряемую по отношению к S , в которой лед покоится, а по отношению к S' — энергию $-m_g f(V^2)$, и наконец, останавливают полученную воду, что дает по отношению к тому же S' энергию $m_e f(V^2)$, коэффициент m_0 мог бы отличаться от коэффициента m_g , ибо коэффициент инерции полученной воды не будет необходимо равен коэффициенту льда.

Поскольку изменение в обоих случаях одно и то же (переход данного куска льда, остановленного по отношению к S' в состояние воды, также остановленной), получаем

$$q_0 = m_g \varphi(V^2) + q_0 \varphi(V^2) + m_e f(V^2),$$

откуда

$$(m_e - m_g)/q_0 = [1 - \varphi(V^2)]/f(V^2),$$

это отношение доказывает, что если $S(V^2) = 1$, то коэффициент инерции материальной системы $/m_e = m_g$, и что, наоборот, если $\varphi(V^2)$ не точно равно единице, всякое изменение внутренней энергии должно сопровождаться пропорциональным изменением коэффициента инерции, ибо поскольку первый член в приведенном уравнении не может зависеть от скорости V вспомогательной системы, отношение должно быть константой.

Теперь, используя вновь принцип эквивалентности, мы выведем из законов кинематики путем рассуждения, которое принадлежит Ланжевону, функции f и φ , определяющие кинетическую энергию и импульс движущегося тела.

Рассмотрим две системы отсчета (вагоны) w_1 и w_2 , движущиеся по отношению к одной и той же системе с противоположно направленными скоростями u и u_1 , и в каждой системе w_1 и w_2 по два тела, движущихся со скоростями $-v$ и $+v$; эти четыре движущихся тела обладают по отношению к S скоростями, которые можно вычислить по формуле сложения скоростей.

Предположим сперва, что скорости w параллельны скоростям u . В силу симметрии оба движущихся тела, скорости которых u , имеющие те же знаки, что и соответствующие вагоны, будут

иметь по отношению к S скорости одинаковой величины v' , а два других — равные по величине скорости v'' .

Вычислим энергию, соответствующую переходу из данного состояния к состоянию, когда все тела покоятся по отношению к S . Мы можем произвести это изменение двумя способами:

1. Остановив движущиеся тела по отношению к S , получим, что энергия равна $2f(V'^2) + 2f(V''^2)$. Впрочем, общее усилие, примененное в системе отсчета для остановки этих тел, равно 0 в силу симметрии.

2. Останавливая два первых тела, движущихся по отношению к w , и два других по отношению к w_2 , видим, что энергия $4f(V'^2)$ по отношению к обоим w и $4f(V'^2)\phi(u^2)$ по отношению к S . Затем останавливая все четыре тела по отношению к S , получаем $4f(u^2)$. Здесь снова усилия, приложенные в различных системах отсчета, равны 0 по симметрии.

Поскольку полное изменение является одинаковым в обоих случаях и отражается только на отмеченных изменениях энергии, получаем согласно принципу сохранения энергии

$$f(V'^2) + f(V''^2) = 2[f(V'^2)\phi(V'^2) + f(u^2)].$$

Предположим теперь, что скорости V перпендикулярны к скоростям u . Скорости четырех движущихся тел по отношению к S будут в силу симметрии все одинаково равны V'' . Рассуждая как прежде, видим, что $f(V'^2) = f(V'^2)\phi(u^2) + f(u^2)$. Заменяя в этих уравнениях V' , V'' , V''' их значениями в зависимости от u и V , которые дает закон сложения скоростей принятой кинематики, мы будем иметь два функциональных уравнения, дающих f и ϕ .

1. Если применить при вычислениях V' , V'' , V''' метод сложения скоростей классической кинематики, то получим

$$f(V'^2) = (1/2) v^2, \quad \phi(V'^2) = 1,$$

согласно законам ньютоновой механики.

II. Если применить, наоборот, релятивистский закон сложения скоростей, то найдем (при условии $\beta = v/c$)

$$f = c^2(1/\sqrt{1 - \beta^2} - 1), \quad \phi = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$$

и отличается тогда от единицы: имеется множитель изменения энергии. Это тот же множитель, что и для массы Мопертюи, и он соответствует, как мы видели, инерции энергии.

Аналогичным способом можно вывести из принципа эквивалентности и из уравнений преобразования Лоренца вычисление импульса и доказать непосредственно его преобразование. Найдем

$$g(v^2) = 1/\sqrt{1 - \beta^2}.$$

Эти результаты, позволяющие решать все вопросы механики, несомненные следствия принципа сохранения энергии и кинематики Лоренца.

Масса и энергия. Из формул и выражений, полученных для ϕ и

И выводим непосредственно, что если какая-либо система испытывает изменение энергии ΔU , его масса меняется на

$$\Delta m_0 = (\Delta U / c^2).$$

Это изменение устанавливается путем столь же общего рассуждения, как и то, которое привело нас к понятию массы.

На этом прервем вывод Ланжевена, не углубляясь в его дальнейшие рассуждения о возможности принять для массы понятие Мопертюи, хотя и это замечание отражает канонические принципы, лежащие в основе его логики. Яркий и образный, хотя, конечно, более громоздкий, чем у Эйнштейна, вывод "теоремы инерции энергии" Ланжевром, может показаться более всеобщим, поскольку рассмотрение физических процессов не ограничивается электромагнитными явлениями. Открытие знаменитого закона современной физики Ланжевром долгое время оставалось неизвестным широкому читателю.

"Поль Ланжевен первый заявил о законе пропорциональности энергии к массе. История несправедливо замалчивала роль Ланжевена в связи с первоисточками теории относительности", — сказал академик П. Л. Капица 22 октября 1962 г. в беседе с О. А. Старосельской-Никитиной [33].

В 1913 г. Ланжевен прочитал во французском физическом обществе доклад "Инертность энергии и вытекающие из нее следствия". Но содержание его в меньшей степени, чем приведенный выше более ранний вывод "теоремы инертности энергии", отражает всеобщность исходных посылок Ланжевена. Его доклад 1913 г. находится еще под влиянием "эпохи электромагнитного синтеза", когда представления Ланжевена находились во власти некоторых иллюзий возможности построения электромагнитной картины мира. Впрочем, и здесь обсуждается вопрос о возможности введения массы Мопертюи [П, с. 543].

В этом же докладе Ланжевен излагает свое объяснение дефекта массы. Он впервые заметил, что отклонения атомных весов от закона Прюта могут быть объяснены открытым им законом эквивалентности массы и энергии: "Мне кажется, что экспериментальным подтверждением инерции и весомости внутренней энергии является то, что в настоящее время уже вполне доказано, именно — отклонения от закона

Проута, т. е. тот факт, что атомные веса, хотя, очевидно, и являются целым кратным одного и того же количества, тем не менее показывают небольшие отклонения от этой кратности" [П, с. 562].

"Объяснение, которое я предлагаю, вытекает непосредственно из всего, что было изложено выше: отклонения могли бы произойти вследствие того, что образование атомов из первоначальных элементов (путем распада, как мы это видим в радиоактивности, или при помощи обратного процесса, еще не наблюдаемого до сих пор, который мог бы произвести тяжелые атомы) сопровождалось бы изменениями внутренней энергии путем испускания или поглощения излучения. Сумма весов образовавшихся атомов отличалась бы от суммы весов атомов превращенных на количество, равное частному от деления изменения энергии на квадрат скорости света" [с. 563]. И далее: "... каждой инерции соответствовало бы присутствие в системе, обладающей этой инерцией, количества энергии, равного произведению массы на квадрат скорости света, энергии, высвобождение которой должно бы соответствовать полному разрушению материальной структуры" [с. 564].

Объяснение Ланжевеном дефекта масс относится только к небольшим отклонениям, связанным с излучением энергии. Изотопия дает более значительный вклад в расхождение между действительными атомными весами и законом Проута. Открытия Ланжевена, связанные с энергетическим аспектом теории относительности претерпели значительную эволюцию. Годы 1903-1913 были как бы эвристическим периодом творчества Ланжевена, когда он продолжал углублять физическое содержание открытого им закона энергии и разрабатывал его частные случаи с количественной оценкой. Был проанализирован предполагаемый физический механизм происхождения солнечного тепла.

Лекция под названием "Строение атома и происхождение солнечного тепла" была напечатана в "Известиях Тифлисского университета". В ней Ланжевен излагает открытый им закон с позиций завершенной уже тогда специальной теории относительности. Ланжевен полагает, что "Солнце, в состав которого входят водород, гелий и другие элементы, испускает лучи в результате конденсации водорода; в нем доста-

точно энергии, чтобы поддержать его активное излучение в течение около 100 млн лет" [2, с. 103].

Если проследить за работами, опубликованными Ланжевром по проблемам, связанным с атомной энергией начиная с первого десятилетия XX в. и кончая 1945 г., то легко обнаружить на них отпечаток тех переворотов в физике и трагических событий в истории человечества, которые сделали открытй им закон в определенном смысле самым ужасающим в современной науке. Физическое и гуманистическое содержание этой проблемы Ланжевен излагал в докладе 1933 г. на открытии Международного съезда по физической химии ("Атомы и корпускулы") [II, с. 585]; в статье 1945 г. "Эра атомной энергии" [I, с. 399], в докладе 1946 г. на собрании Французского университетского союза [4, с. 422]. В этих работах Ланжевен выступает, как один из творцов атомной энергетики. Велика гуманистическая направленность его докладов, продолжающая традиции французских просветителей в наш жестокий век.

После 1930 г., когда руководство Сольвеевскими конгрессами физиков было передано Ланжевену, он подготовил конгресс по ядерной физике, не состоявшийся из-за второй мировой войны. (Подробнее об этом см. в главе 11.)

Лавина открытий в ядерной физике, достигшая высочайших достижений накануне войны, выдвинула на передовые позиции ученика Ланжевена — Фредерика Жолио-Кюри. Началом самых блестящих работ Фредерика и Ирен Жолио-Кюри явился 1932 г. Они видоизменили опыты Боте и Беккера по облучению легких элементов альфа-частицами и подтвердили независимым методом существование нового проникающего излучения, которое оказалось потоком нейтронов. Таким образом, эта частица была открыта дважды.

Открытие нейтрона было лишь первым из длинного ряда аналогичных открытий; за ним почти сразу последовало обнаружение в космических лучах другой новой частицы — положительного электрона, или позитрона. Способность позитрона и электрона аннигилировать была одновременно обнаружена Жаном Тибо и Ф. Жолио-Кюри. Подлинно международное признание супруги Жолио-Кюри получили после открытия искусственной радиоактивности (1934). Им была присуждена

Нобелевская премия по химии за то, что они расширили таблицу известных химических элементов.

С начала 1939 г. Жолио-Кюри сосредоточил свои интересы на реакции "деления" или расщепления на две части ядер урана и тория под действием нейтронов. Началась война. Это усугубило важность проведения исследований деления урана, так как начали смутно предвидеть возможность применения его в военных целях. Жолио-Кюри удалось получить весь мировой запас тяжелой воды, которая производилась в Норвегии. Но немецкое вторжение в мае-июне 1940 г. прервало ядерные исследования Жолио-Кюри, Франсиса Перрена и их сотрудников. Ф. Жолио-Кюри удалось переправить в Англию запас тяжелой воды. Во время оккупации он продолжал в замедленном темпе и до некоторой степени подпольно свои исследования в Коллеж де Франс. Поль Ланжевен, находившийся в городе Труа под надзором гестапо, продолжал теоретическую работу. Это были исследования процессов замедления быстрых нейтронов при ядерных реакциях. Оба ученых — Ланжевен и Жолио — находились в постоянном сотрудничестве. Помимо четырех теоретических работ, связанных с физикой нейтронов [46, с. 687], Ланжевен переслал в письме Жолио-Кюри решенную им задачу о принципе действия маятника, приводимого в движение альфа-излучением. Работа была поставлена с целью создать прибор для улавливания и показания радиоактивной радиации и была опубликована в журнале "La Pensée" в 1959 г.

Решение задач ядерной физики Ланжевен проводил до внедрения квантово-механического подхода, исходя из статистической теории. Современные монографии, в которых рассматривается физика нейтронов (например, "Физика нейтронов низких энергий"), основаны на таких понятиях, как размытые энергии возбужденного состояния нейтронов, время жизни этого состояния, ширина возбужденного уровня, вероятность прохождения частицы сквозь некоторый интервал энергии и т. д. В работах Ланжевена 1942 г., основанных на классической статистике, ставилась задача определить вероятность того, что кинетическая энергия быстрого нейтрона после произвольного числа столкновений с ядрами в однородном веществе, попадает в такой интервал своего значения, при котором может

еще иметь место резонансный захват. Этот тип решения был реализован в задачах о столкновении быстрых нейтронов с ядрами произвольной массы [46, с. 645, 657], нейтронов — и ядер [с. 651], а также — о замедлении нейтронов [с. 654]. "Для различных исследований в области ядерной физики важно получить ответ на следующий вопрос, — писал Ланжевэн. — В материальную среду, состоящую из совершенно идентичных атомов, пущен нейтрон с такой начальной кинетической энергией E_0 , чтобы в процессе ее уменьшения в результате последовательных столкновений нейтрона с атомными ядрами кинетическая энергия E нейтрона оставалась достаточно большой по сравнению со средней энергией теплового возбуждения или с энергиями связи между атомами, чтобы ядра последних могли рассматриваться как неподвижные и свободные до своей встречи с нейтронами. Поскольку энергия E проходит таким образом через ряд резких спадов в результате этих столкновений, условия которых меняются от одного столкновения к другому и рассматриваются как управляемые законами случайности, энергия проходит через прерывный и постоянно убывающий ряд значений $E_0, E_1, E_2 \dots$, различный для различных нейтронов. Спрашивается, какова вероятность того, что по крайней мере одно из этих значений окажется в интервале E или области E , состоящей из некоторого числа интервалов, что сделает возможным, например, резонансный захват нейтрона. При такой интерпретации искомая вероятность P есть вероятность резонансного захвата нейтрона после некоторого числа столкновений.

Я дам решение поставленной таким образом задачи для общего случая, когда масса M встречающихся на пути нейтрона ядер представляет собой произвольную величину по отношению к массе нейтрона, и когда область E — конечных размеров. Результат выражается просто, когда эта область состоит из одного бесконечно малого интервала dE и в этом случае искомая вероятность сама получает бесконечно малое значение dP . Мы увидим, что этот результат может быть вполне выражен еще более простой и уже известной нам формулой

$$dP = dE/E,$$

если встречные ядра являются протонами с массой, практически равной массе нейтрона.

Пусть P_1 — вероятность того, что кинетическая энергия E_1 после первого столкновения окажется в ΔE , P_2 — вероятность того, что E_2 окажется в ΔE , так как E_1 будет находится вне ΔE ; P_3 — вероятность того, что E_3 окажется вне ΔE , так как E_1 и E_2 будут находится вне ΔE , и т.д. В виду того, что рассмотренные нами случаи являются взаимно исключающими, мы, очевидно, получаем, применяя теорему сложения вероятностей

$$P = P_1 + P_2 + \dots$$

Чтобы определить эти вероятности, мы уподобим столкновения двух упругих шаров с массами m и M , встречающихся таким образом, что в момент столкновения линия центров образует угол 0 с направлением начальной скорости нейтронов, принимая скорость ядра, равной нулю" [46]².

Задолго до создания своей атомной установки 1947 г. во время оккупации Ф. Жолио-Кюри тайно без лаборатории вел теоретические исследования. Он придавал огромное значение открытию Ланжевеном закона "инерции энергии" и доказал, что помимо эвристического значения, методология Ланжевена оказала огромное влияние на развитие ядерной физики. При изучении ядерных превращений Ирен и Ф. Жолио-Кюри использовали разработанные Ланжевеном методы балансов энергии. В частности, в процессе экспериментов, имевших целью определить минимальную энергию лучей, способных вызвать превращение алюминия, сопровождающееся появлением позитрона, они заметили, что реакция начинается спустя некоторое время после облучения и сохраняется в течение некоторого срока после прекращения облучения. Таким образом, подход Ланжевена к "инерции энергии" в сочетании с анализом различных форм балансов энергии обосновал плодотворную методологию исследования новых энергетических процессов в ядерной физике.

² Мы привели отрывок из теоретических статей Ланжевена, как свидетельство его методологии.

Оба вывода закона эквивалентности массы и энергии — Эйнштейна и Ланжевена — являются всеобщими, но историкам науки больше известны знаменитые статьи Эйнштейна 1905 г., и, может быть, поэтому подход Эйнштейна подвергался более резкой критике, даже с выдвиганием обвинений в нарушении логики [48-52]. "Довольно любопытно, что столь важное соотношение было введено в физику таким способом. В действительности, это лишь один из примеров того, что в физической науке логике отводится далеко не первостепенная роль" [52, с. 76].

Однако долгая дискуссия позднейших критиков Эйнштейна показала, что в эйнштейновском выводе эквивалентности массы и энергии логической несостоятельности нет. Его вывод отличается лаконичностью без пояснительных промежуточных этапов, которыми так любил пользоваться Ланжевен в своих педагогических трудах. Критики Эйнштейна считали, что соотношение для разности между энергией плоской световой волны в первой и во второй инерциальной системе не кажутся им очевидными:

$$H_0 - E_0 = K_0 + C; \quad H_1 - E_1 = K_1 + C,$$

где E_0 , E_1 — начальная и конечная энергия в одной системе, H_0 , H_1 — начальная и конечная энергии во второй системе, K_0 , K_1 — начальная и конечная кинетическая энергия тела в инерциальной системе отсчета, относительно которой скорость света равна V .

В приведенном выше кратком выводе Эйнштейном закона инерции энергии мы не останавливались на этом отношении. Оно привлекло внимание критиков через много лет после появления статей 1905 г. Ценность возникшей дискуссии оказалась в том, что удалось углубить понятие кинетической энергии тела. Убедившись в абсолютной корректности вывода Эйнштейна, его оппоненты вернулись к следующему высказыванию Макса Планка: "Обычно принято полную энергию движущегося весомого тела считать состоящей из двух слагаемых. Первое слагаемое не зависит от внутреннего состояния тела и меняется при изменении скорости — это энергия поступательного движения. Второе слагаемое, независимое от скорости, обуслов-

лено только внутренним состоянием тела — это внутренняя энергия тела".

Далее Планк указывает на то, что энергия любого массивного тела содержит вклад от теплового излучения и что энергию теплового излучения нельзя отнести ни к одному из слагаемых. Следовательно, "деление энергии на внутреннюю и кинетическую" в общем случае невозможно. Планк считает нужным рассмотреть отдельно вывод эквивалентности массы и тепловой энергии. Тем не менее в отношении обобщенного вывода Эйнштейном теоремы инерции энергии он делает следующий вывод: "Действительно, то же самое следствие вывел уже Эйнштейн при применении принципа относительности к специальному процессу излучения, правда, с помощью предположения, допустимого только в первом приближении, что полная энергия движущегося тела складывается аддитивно из кинетической энергии и энергии в покоей системе отсчета.

Однако, как мы убедились, определение кинетической энергии, подразумевающейся в выводе Эйнштейна, вовсе не предполагает, что кинетическая энергия "не зависит от внутреннего состояния тела". В данном определении предполагается лишь то, что энергия, необходимая для приведения тела из начального состояния покоя и внутреннего состояния в конечное состояние движения со скоростью V , не должна зависеть от конкретного способа, которым осуществляется переход в это конечное состояние. Но это предположение является просто законом сохранения энергии.

Таким образом, мы можем сделать следующее заключение. В своем выводе Эйнштейн использует такие постулаты, как принцип относительности, закон сохранения энергии, существование ньютоновского предела для релятивистской динамики и релятивистский закон преобразования энергии электромагнитной волны. Этих посылок, разумеется, вполне достаточно, чтобы получить соотношение эквивалентности для массы и энергии, и в этом смысле, конечно, доказательство требует предположений, как и должно быть, в любой логически корректной аргументации. Если бы какое-то из этих предположений оказалось неверным, то это привело бы к ошибочным выводам. Однако ход рассуждений остался бы верным" [53, с. 489].

Следует отметить, что один из самых глубоких критиков Эйнштейна, французский ученый Арзелье пишет о методе Ланжевена следующее: "... его уравнения динамики получены путем комбинирования релятивистской кинематики и постулатов о сохранении энергии. Этот метод, примененный Ланжевром очень рано в его курсах лекций, был воспринят и развит Ф.Перреном, Ж.Алларом на заседаниях "недели синтеза" [2, с.119], а также в [54] и в [45]. Мы еще вернемся к удивительной способности Ланжевена воплощать новаторское открытие с гармоническим восхождением научной мысли от традиционных понятий, накопленных наукой. Это было заложено и в его выводе закона эквивалентности массы и энергии.

Мысленные эксперименты в теории относительности.

Переписка Эйнштейна и Ланжевена

Пунктирная наметка двух различных путей вхождения в теорию относительности позволяет приблизиться к тому контрапункту, в котором пересекаются две вариации общей темы. Контрапункт композиции теории относительности можно сравнить со сложной полифонией, в которой звучат несколько голосов. Но близость мысли Эйнштейна и Ланжевена, освещенная их нравственным сродством и взаимопониманием, окрашивает перекличку их идей в особо чистые и ясные тона.

В статье "Эволюция понятий пространства и времени" [П, с.451], Ланжевен образно комментирует и дополняет понятие одновременности, введенное Эйнштейном. Точно передавая смысл измерения времени с помощью светового сигнала, обладающего конечной скоростью, Ланжевен, как и Эйнштейн, разделяет события на сопряженные в пространстве (пары в пространстве) и сопряженные во времени (пары во времени). События первой категории никогда не совпадают в пространстве, но могут совпасть во времени. Вторая пара событий характеризуется "абсолютной последовательностью событий во времени", которая не зависит от системы отсчета. Эти события, "между которыми существует реальная возможность причинной связи, никогда не совпадут во времени" [П, с.467].

Как следствие этих мысленных экспериментов, вытекает следующее положение: "Интервал во времени, разделяющий два события, которые в данной системе отсчета совпадают в пространстве, т. е. происходят последовательно в одной и той же точке, будет меньше для этой системы, чем для любой другой, перемещающейся по отношению к первой равномерно поступательно".

В этой же статье 1911 г. Ланжевен придерживается мнения об абсолютном характере ускорения: "Если движение в эфире происходит с равномерной скоростью и не может быть установлено, то всякое изменение скорости, всякое ускорение имеет абсолютное значение... Теория предвидит возможность посредством электромагнитных или оптических опытов, проведенных внутри материальной системы, обнаружить любое изменение в скорости, с которой движется вся система в целом, хотя бы путем констатации испускания волн наэлектризованными телами, которые входят в систему и движутся вместе с ней".

Увлеченный идеей об абсолютном значении ускорения, Ланжевен создает мысленный эксперимент, который получил название "снаряда Ланжевена"³. "Итак, чтобы сохранить молодость, достаточно жить бурно и беспокойно, надо ускорять свое движение. Мы сейчас увидим, что этим можно выиграть ... Представим себе, что на Земле, движение которой можно рассматривать как равномерно поступательное, находится лаборатория с двумя совершенно одинаковыми образцами радия.

То, что нам известно о радиоактивных веществах позволяет утверждать следующее. Если оба образца останутся в лаборатории, они будут разрушаться одновременно, и активность их одинаково понизится. Но предположим, что один образец выброшен наружу с достаточно большой скоростью, а затем возвращен в лабораторию. Движение его вне лаборатории обязательно будет неравномерным, хотя бы на отдельных своих этапах. Благодаря этому его собственное время, истекшее между отправлением в путь и возвращением, окажется короче, чем интервал, разделяющий те же два события с точки зрения наблюдате-

³ Иногда этот же игровой прием называют "близнецами Эйнштейна-Ланжевена".

лей из лаборатории. Он не успевает подвергнуться такому же разрушению, как образец оставшийся на месте, и проявит более высокую активность. Бурное движение сохранит ему "молодость". Согласно подсчетам, блуждающий образец радия во время пути должен иметь скорость около 4000 км/с, чтобы получить превосходство в активности в одну десяти тысячную" [с. 470].

Далее Ланжевен предлагает обсудить возможность путешествия с релятивистской скоростью в течение двух лет, "чтобы узнать, какова будет Земля через двести лет, исследовать будущее Земли, проделав в ее жизни скачок вперед, продолжительность которого составит два столетия, а для него всего два года, но без надежды на возвращение, без возможности сообщить нам результаты своего путешествия, поскольку все попытки этого рода могли бы лишь перенести его все дальше и дальше вперед" [с. 471].

Особенно интересна в этом мысленном эксперименте та асимметрия, которая возникает в условиях наблюдения друг за другом наземного исследователя и путешественника, находящегося внутри "снаряда Ланжевена". Им придется применять для послышки сигналов волны различной длины, выбор которых должен определяться направлением движения путешественника — от Земли и обратно. Остроумные количественные оценки, проведенные Ланжевенем, иллюстрируют этот пример конкретными техническими подробностями, включая длину антенны, которой должны будут пользоваться "близнецы", разделенные релятивистскими барьерами. Ланжевен показывает также фантастический энергетический баланс, который делает предполагаемое путешествие невозможным. Обсуждается и возможность "исчезновения" снаряда: "мы имеем все основания полагать, что, если бы какой-нибудь снаряд приблизился к Земле с подобной скоростью, последняя даже не заметила бы его прохождения... Лишь вдоль его траектории через атмосферу возникло бы очень слабое усиление электропроводности воздуха" [с. 474].

Мысленный эксперимент Ланжевена нашел свое продолжение через несколько лет в другой модели — в "пушке Жюль Верна", где действуют законы не частной, а общей теории относительности. Переход к ее представлениям можно проследить в работе Ланжевена

"Историческое развитие принципа относительности" (1920) [55], содержащей полемику с Жоржем Саньяком, который поставил эксперимент, чтобы опровергнуть общий принцип относительности⁴. В опыте Саньяка интерферометр и вся оптическая система с интерферирующими лучами были установлены на вращающуюся платформу. Он заявил, что ему удалось обнаружить смещение интерференционных полос. В весьма тонком рассуждении Ланжевена, проведенном им в статье "*Sur la théorie de la relativité et l'expérience de M. Sagnac*", он доказывает ошибку Саньяка, состоящую в игнорировании влияния тяготения на условие измерения. Продолжая многолетнюю дискуссию с Саньяком, Ланжевен в 1937 г. в статье "*Sur l'expérience de M. Sagnac*" снова пересмотрел принцип его эксперимента. Он заметил, что некорректность метода Саньяка состоит главным образом в том, что в опыте не соблюдается условие изотропности распространения света и в качестве системы отсчета не выбран неподвижный центр вращающейся платформы. Ланжевен проводит расчет с предположительными рекомендациями для дальнейшей проверки эксперимента Саньяка. Заметим при этом, что терпимость Ланжевена к авторам рискованных экспериментов распространялась и на оппонентов, и на учеников.

Полемика с Саньяком, начатая с 1905 г., ввела Ланжевена в контекст идей общей теории относительности. И здесь снова тема контрапункта эйнштейновской теории света различные вариации воедино и столкнула судьбы в историческом 1919 г., когда общая теория относительности получила экспериментальное подтверждение во время солнечного затмения: была обнаружена кривизна светового луча вблизи Солнца, предсказанная Эйнштейном. Человечество узнало о "весомости света".

Свой подход к общей теории относительности Ланжевен изложил в статье "Историческое развитие принципа относительности" [II, с. 508]. Это был доклад,

⁴ Термин "общий принцип относительности" употреблялся в 1905-1920 годы, когда Ж. Саньяк повторял свои опыты, в смысле распространения принципа равноправия равномерно и прямолинейно движущихся систем координат на все вообще, а не только механические. Его не следует смешивать с "общей теорией относительности", разработанной позже.

представленный французскому физическому обществу в 1921 г., т.е. уже после обнаружения отклонения световых лучей полем тяготения Солнца. Для подготовки наблюдений были снаряжены две экспедиции: немецкие физики выехали в Россию, но были интернированы во время первой мировой войны. Английские астрономы сумели провести измерение в другой части света и объявили, что 29 мая 1919 г. ими обнаружено хорошее совпадение светового луча с формулой, выведенной Эйнштейном.

Эта весть была сообщена Дж.Дж.Томсоном на заседании Королевского общества. Фотография изогнутого светового луча обошла все газеты.

В упомянутом докладе Ланжевен указал, что принцип общей теории относительности и, в частности, "весомость света", вытекают прежде всего из закона инерции энергии: "Закон инерции энергии непосредственно объясняет давление излучения (инерции лучистой энергии), так же как и небольшие отклонения атомных масс элементов от целых кратных атомного веса водорода, в согласии с учением о единстве материи, к которому ныне вынуждает опыт.

Поскольку, таким образом, предугаданные изменения масс сопровождаются изменениями веса (вследствие постоянства ускорения силы тяжести для различных тел, экспериментально проверенного с очень большой точностью Этвелом), то мы приходим к предположению, что энергия весома, будучи в то же время инертной; это — первое указание на связь между явлениями тяготения и явлениями электромагнетизма" [с. 514].

Именно исходя из "теоремы инерции энергии", Ланжевен показал логическую необходимость создания общей теории относительности Эйнштейном. Выступая далее как точный популяризатор гениальных идей своего друга, Ланжевен изложил вывод принципов общей теории относительности на основании подхода Гаусса в геометрии поверхностей.

Ланжевен скромно прилагает собственные рассуждения, построенные на модели снаряда Жюль Верна, в которой движение происходит с некоторым ускорением, связанным со снарядами, как равномерное поле тяготения.

Переломный период от частной к общей теории относительности ознаменовался для обоих ученых нача-



П. Ланжевен и А. Эйнштейн перед пацифистским митингом в Берлине (1923)

лом их дружбы, которая оставила след в их многолетней переписке.

В 1922 г. Ланжевен начал активные хлопоты об организации выступления Эйнштейна с чтением курса лекций по теории относительности. Тогда это было актом немалого личного мужества, так как "битва за относительность" приняла остро политический характер: с одной стороны, Эйнштейн стал жупелом для шовинистических кругов Германии, а с другой — правая французская пресса травила Ланжевена, как поборника международной разрядки и как ученого-новатора, содействовавшего победе современной физики. Ланжевен добился успеха: пленум Коллеж де Франс принял его предложение. Однако Эйнштейн все еще колебался дать согласие. Он сознавал, какими опасностями чревато его выступление во французском научном институте, учитывая ожесточенную антифранцузскую кампанию в послевоенной Германии.

Между Ланжевром и Эйнштейном завязалась переписка (см. Приложение I). Не все их письма несут в себе историческую значимость. Было бы правильное рассматривать всю переписку в контексте не только великих свершений теории относительности, но и борьбы за гуманизм.

Электронная теория магнетизма Ланжевена

Этот труд, отмеченный гениальной удачливостью быстрого свершения и признания, считается главным вкладом Ланжевена в науку. Он восходит к тем же 1904-1905 гг., когда, подобно галактическим взрывам, рушились и создавались представления о природе. Однако электронная теория магнетизма имеет мощную генеалогию, выдержавшую тот напор новаторства, который сделал ее авангардом новейшей физики.

Образы токов (а может быть, и кольцевых токов?), их множественности, первоначальности, покоились еще в поэтических видениях античных мыслителей, к которым так любил возвращаться Ланжевен, например к поэме "О природе вещей", написанной Титом Лукрецием Каром 2000 лет назад. Очень долго человечество считало область магнетизма глубоко отличной от электричества. Ведь магнит можно разрезать на все более мелкие части, и все равно в каждом кусочке всегда получим лишь пару магнитов. Первое доказательство родства между магнетизмом и электричеством было дано в 1820 г. Эрстедом. Поместив магнитную стрелку вблизи провода с током, он обнаружил, что стрелка отклоняется. Прошло немного времени, и Ампер установил, что существуют силы, которые обусловлены только движением электрических зарядов и зависят от направления этого движения. Новые силы следовало бы назвать электродинамическими, т.е. зависящими от движения зарядов. Однако исторически сложилось так, что дополнительные силы, возникающие между движущимися зарядами, называли магнитными.

Ланжевен посвятил Амперу восторженные строки в очерке об истории физики в Коллеж де Франс: "Новое действие истолковывалось как магнитное по существу, как результат намагничивания особого рода, возникающего в проводе под действием тока. Именно здесь проявилась гениальная мысль Ампера, который в очень короткий срок, не более нескольких дней, придал гораздо более глубокий смысл новому явлению, в котором он усмотрел проявление нового свойства электричества, свойства скорее электрического тока, чем

магнитов; он искал интерпретацию, основу для объяснения открытой Эрстедом связи скорее со стороны электричества, чем со стороны магнетизма... Электродинамика была создана, а также и объяснение магнетизма элементарными токами.

Как раз 11 сентября 1820 г. Ампер познакомился с опытом Эрстеда, повторенным на заседании Парижской академии наук Арго, который сам видел его впервые в лаборатории де Рива, в Женеве, за месяц до того. Священный огонь, — пишет Ланжевен, — вспыхнул в мозгу Ампера, и на следующее заседание, 18 сентября, он уже принес свои основные идеи, как это видно из его заметок: "Я описал приборы, в том числе спирали и гальванические столбы. Я заявил, что они дадут во всех случаях те же результаты, что и магниты. Затем я изложил некоторые свои соображения относительно понимания природы магнитов, указав, что своими свойствами они обязаны исключительно электрическим токам, циркулирующим в плоскостях, перпендикулярных оси магнита, и затем сделал сообщение о допускаемых мною аналогичных токах в земном шаре; таким образом, я свел все магнитные явления к чисто электрическим действиям" [II, с. 672].

Эта быстрота видения, эта способность гениальной интуиции присущи Ланжевену. Электронная теория магнетизма создавался им в течение нескольких месяцев, а решающие предпосылки были сформулированы во время поездки на пароходе в США, когда ему удалось уединиться и в тишине завершить намеченные физические принципы.

По существу, предположение Ампера о круговых токах было сначала воспринято современниками как освобождение от мучительной загадки "неделимости магнита". Между тем гипотеза о возможности представить себе магнит в виде соленоида, обтекаемого током, сразу разрешала все сомнения: каждый элементарный магнит представлял собой круговой виток тока, одна сторона которого соответствует северному полюсу, другая — южному. Отделить одну сторону плоскости от другой невозможно.

Однако оставалось загадкой происхождение этих токов. Открытие электрона, казалось бы, облегчало возможность построения модели магнитных явлений на основе классической физики электрона. Но оказалось,

что и этого недостаточно. Попытки, предпринятые Дж. Дж. Томсоном и Фойгтом, зашли в тупик. Необходимо было ввести законы физической статистики, осуществляющие связь между электродинамикой и макроскопическими свойствами магнитных веществ. И снова можно повторить, что если Ампера называли "Ньютоном электродинамики", то Ланжевен осуществил в электронной теории идеи Больцмана.

Предшественники Ланжевена — Дж. Дж. Томсон и Фойгт — независимо один от другого, пришли к выводу, что гипотеза об электронах, движущихся без торможения, не может дать никакого представления о явлениях диамагнетизма. Их физические модели оказались противоречивыми и претендовали на то, чтобы объяснить одной и той же причиной диамагнитные и парамагнитные явления. В отличие от них Ланжевен исходил из экспериментальных фактов, положенных в основу законов Пьера Кюри: слабый магнетизм (парамагнетизм) изменяется обратно пропорционально абсолютной температуре, "тогда как диамагнетизм во всех наблюдавшихся случаях, за исключением висмута, обнаружил полную независимость от температуры. Эти два столь непохожих закона, по-видимому, устанавливают глубокое различие между двумя явлениями и требуют совершенно различных объяснений" [II, с. 366].

Ланжевен доказал, что явление диамагнетизма — всеобщее свойство материи — интегрирующий закон природы, в то время как парамагнетизм оказывается локальным явлением, зависящим от ориентации молекул, когда их результирующий магнитный момент не равен нулю. Это различие, проведенное между всеобщим и частным законами магнетизма, дало Ланжевону ключ к созданию своей теории. Диамагнетизм — свойство, "присущее атому материи, как таковому", может быть сформулировано следующим образом: "Это именно тот результат, которого можно достичь, просто применив к элементарному току основные законы индукции для обычных контуров, если предположить, что он имеет нулевое сопротивление и что ему присуща "самоиндукция", вызванная инерцией электронов. Направление индуцированного электрического поля определяется согласно правилу Ленца.

Орбиты, представляющие молекулярные токи Ампера, являются в то же время контурами "нулевого сопро-

тивления диамагнетизма Вебера". Можно составить оба точных и простых представления обо всех фактах магнетизма и диамагнетизма, — утверждал Ланжевен, — рассматривая элементарные токи, созданные электронами, как не подвергающиеся деформации, но подвижные контуры с нулевым сопротивлением и с огромной самоиндукцией, к которым применимы все обычные законы индукции". Однако путь, которым был доказан этот кажущийся очевидным результат, требовал разработки совершенно оригинального и фундаментального подхода, потому что гипотеза Вебера о возникновении магнитного момента электрона, направленного навстречу внешнему полю, не могла без дополнительного физического развития объяснить стационарность магнитных явлений. Электрон, движущийся без торможения по своей орбите, требовал в моделях Дж. Дж. Томсона и Фойгта противоречивых допущений, не дающих количественного описания переходным и стационарным процессам при установлении электродинамического и теплового равновесия.

Это удалось сделать Ланжевену, благодаря сочетанию модели ларморовской прецессии электрона со своей теоремой "адиабатического инварианта".

Лармор, как известно, доказал, что в магнитных полях, сравнительно малой интенсивности, которым обычно пользуются в лабораториях, движение электрически заряженной частицы или ансамбля заряженных частиц может быть отнесено к системе осей, вращающихся вокруг направления магнитного поля с постоянной угловой скоростью (ларморовская прецессия), так что вращение этой системы компенсирует действие на частицу магнитного поля в результате возникновения сил инерции.

Иначе говоря, движение заряженной частицы в магнитном поле инвариантно относительно вращающейся системы координат. Ланжевен обобщил этот результат, доказав другую теорему, совершенно независимую от модели Лармора. Он ввел представление об "адиабатическом" процессе установления стационарного магнитного поля, когда постепенное нарастание напряженности полагается настолько медленным по сравнению с длительностью характеристических процессов движущегося электрона, что его можно сравнить с адиабатическим тепловым процессом, проис-

ходящим без обмена с окружающей средой. В обоих случаях — и в адиабатическом тепловом процессе, и в "адиабатическом" магнитном, — ставится задача исследовать инвариантные свойства системы, изолированной от внешних факторов.

Исходя из этого, Ланжевен показал, что в "адиабатическом" магнитном процессе, независимо от того, вводится ли медленно само магнитное поле, воздействующее на систему зарядов, — или медленно вносится "ансамбль зарядов" в это поле, движение этой системы зарядов изменяется таким образом, что к моменту установления равновесного состояния оно эквивалентно наложению элементарного перемещения на вращательное движение Лармора.

Как следствие этой "адиабатической" теоремы Ланжевена следует, что "ансамбль электронов", вращающийся вокруг некоторого центра, при наложении внешнего однородного магнитного поля приобретает момент количества движения, а таким образом, и магнитный момент, ориентированный в направлении, обратном магнитному полю и пропорциональный его напряженности.

Поскольку атомы материальных тел представляют собой системы, содержащие электроны, то они должны обладать диамагнитными свойствами. К этому же выводу можно было прийти, исходя из размеров атомов и значений диамагнитных констант, известных в то время. Ланжевен привел расчеты, доказывающие, что в первом приближении диамагнитную восприимчивость молекулы можно считать равной сумме соответствующих значений для атомов.

Следует здесь же указать на важное обстоятельство, часто упускаемое из виду "квантовыми" критиками классической теории магнетизма Ланжевена. Теорема "адиабатической" инвариантности Ланжевена, выведенная им на основании общих соображений, чрезвычайно близка к идее "адиабатического инварианта" Эренфеста, разработанной в рамках квантовых представлений.

В работах Эренфеста 1913-1914 гг. [56] условие адиабатичности понимается как условие достаточной медленности процесса, и вводится адиабатический инвариант, равный отношению T/ν , где T — среднее за период значение кинетической энергии; ν — частота.

Эренфест хотел описать область, в пределах которой справедливы представления квантовой теории Планка. По Планку энергия E гармонического осциллятора квантуется: $E = nh\nu$ (n — целое число, а h — постоянная Планка). При адиабатическом сжатии излучения, заключенного в полость, происходит такое перераспределение энергии в его спектре, что выполняется соотношение $E/\nu = \text{const}$ — таков результат классической теории, значит, сохраняется и значение h . В более общем случае периодического движения адиабатическим инвариантом будет отношение T/ν).

Прием "адиабатических инвариантов" оказался плодотворным: Эренфест применил его для нескольких частных случаев, снова устанавливая переход от классических к квантовым представлениям. Общность адиабатической теоремы Ланжевена с частными случаями Эренфеста показывает онтологическую устойчивость его электронной теории магнетизма по отношению к ревизии с позиций квантовой механики. Это будет очевидно из дальнейшего.

"Элементарные токи, независимо от того, являются ли их инерция вся целиком электромагнитного происхождения или нет, изменяются под действием внешнего магнитного поля.

Характер этих изменений не зависит от способа наложения тока и поля. Такое изменение в сторону, соответствующую диамагнетизму, согласно закону Ленца, происходит во всех телах, и прежде всего проявляется только оно одно. Если результирующий момент молекул равен нулю, вещество является диамагнитным в обычном смысле слова, и порядок величины наблюдаемых диамагнитных констант находится в полном согласии с гипотезой токов, циркулирующих по внутримолекулярным орбитам.

Эта теория приводит нас к установленному Кюри общему закону независимости диамагнитных констант от температуры и от физического состояния" [П, с. 415].

Диамагнетизм, присущий всем телам, маскируется более значительным эффектом парамагнетизма, когда результирующий момент молекулы не равен нулю. Рассмотрение парамагнитных явлений потребовало статистического подхода. Парамагнитное вещество Ланжевен рассматривал, как "газ магнитных стрелок". Он рас-

пространил на процессы ориентации элементарных магнитов в молекулах важнейший закон статистической теории, полученный Больцманом, но примененный им только к распределению молекул газа в поле тяготения. Ланжевен дал обобщение распределения Больцмана, позволяющее использовать его для многих частных случаев. Ланжевен сравнивает "газ магнитных стрелок" с реальным газом, находящимся в закрытом сосуде, но при допущении, что на данную массу газа не оказывает действия сила тяготения. Молекулы распределяются таким образом, что плотность газа будет одинаковой во всех точках точно так же, как в случае отсутствия внешнего магнитного поля; оси молекул такого магнитного газа, как кислород, будут распределены равномерно по всем направлениям.

При включении гравитационного поля молекулы получают ускорение, направленное вниз, и при отсутствии взаимных соударений скорость каждой молекулы в нижней части сосуда будет больше, чем в его верхней части. Но эта неравномерность скоростей несовместима с тепловым равновесием, и в результате взаимных соударений устанавливается новое распределение согласно барометрической формуле: центр тяжести понижился, и, чтобы сохранить газ при первоначальной температуре, следует отнять у него количество тепла, эквивалентное произведению веса газа на понижение центра тяжести. Это понижение центра тяжести обратно пропорционально абсолютной температуре.

Однако термодинамическое рассуждение не дает возможности рассчитать магнитный момент единицы объема вещества. Поэтому Ланжевен использует статистический подход кинетической теории, чтобы определить распределение намагниченных молекул по различным направлениям, учитывая приведенную выше модель.

Кратко рассмотрим современную оценку классической электронной теории магнетизма Ланжевена. Согласно представлениям квантовой механики, диамагнетизм наблюдается во всех случаях, когда атомы или молекулы не имеют результирующего магнитного момента, т.е. находятся в S_0 - или Σ_0 -состоянии.

Однако если рассматривать вещества, построенные из таких частиц, по-прежнему в рамках классической теории, то электронная оболочка, приобретая добавочную угловую скорость ларморовской прецессии, со-

храняет неизменной свою потенциальную энергию. Магнитный момент, соответствующий ларморовской прецессии, направлен против поля и равен

$$\Delta\mu = (e^2 S / 8\pi m c^2) H.$$

Для атомной диамагнитной восприимчивости получаем формулу

$$\chi_A^{AM} = - (Ne^2 / 6mc^2) \sum_{k=1}^Z \langle r_k^2 \rangle = -2,832 \cdot 10^{10} \sum_{k=1}^Z \langle r_k^2 \rangle,$$

где N - число Авогадро. Из этого результата следует, что диамагнетизм зависит от радиусов электронных орбит, но поэтому не зависит от температуры.

Этот классический вывод применим к инертным газам и к ионам разведенных растворов, когда электронная оболочка ионов подобна оболочке инертных газов. Однако согласно теореме Ван-Леевен-Терлецкого, постоянство суммы $\sum_{k=1}^Z r_k^2$, входящей в классическую формулу диамагнитной восприимчивости, может быть доказано только, если сделать допущение о стабильности атомных орбит, что противоречит принципам классической теории. Между тем физический смысл формулы диамагнитной восприимчивости требует, чтобы сумма $\sum_{k=1}^Z r_k^2$ сохраняла устойчивое значение. Это формальное противоречие, тем не менее, не умаляет жизнестойкость теории Ланжевена, в которой стационарность электронных орбит была исходной предпосылкой.

Парамагнетизмом обладают все атомы, у которых в электронной оболочке нечетное число электронов, ибо при этом полный спин электронной системы всегда отличен от нуля: атомы щелочных металлов, молекула окиси азота, свободные радикалы органических соединений. Парамагнитны также все атомы и ионы с незаполненной внутренней d - или f -оболочкой (переходные элементы) и когда они свободны (в газах) и, как правило, в растворах и кристаллах.

В парамагнетиках намагниченность возрастает прямо пропорционально величине поля

$$J = \chi_{\text{ПМ}} H,$$

где парамагнитная восприимчивость χ не зависит от поля, но сильно зависит от температуры.

Учитывая больцмановское распределение в "газе

магнитных стрелок", результат, полученный Ланже-
венем, обычно приводят в следующем виде:

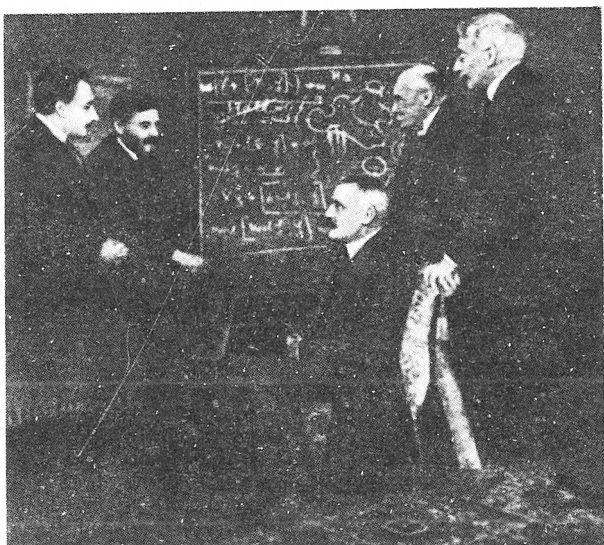
$$J = N\mu[\text{cth}(\mu H/kT - kT/\mu H)] = N\mu L(\mu H/kT).$$

Здесь $L(x) = \text{cth}x - 1/x$ — классическая функция Ланжевена

$$\chi_{\text{ПМ}} = J/H = N\mu^2/3kT.$$

Принято считать, что формула для парамагнитной намагниченности с классической функцией Ланжевена содержит внутреннее противоречие: при $T \rightarrow 0K$ величина x стремится к бесконечности, и это формально приводит к возрастанию энтропии: $S \xrightarrow{x \rightarrow \infty} -\infty$. Причина этого противоречия заключается в том, что в классической теории при выводе этой формулы игнорировалось пространственное квантование атомных магнитных моментов, при учете которого отпадает указанный результат. Вторая поправка, вносимая в квантовую механику Ланжевенем, состоит в учете взаимодействия между атомными магнитными моментами парамагнетиков. Завершив в 1905 г. электронную теорию изученных Пьером Кюри явлений, Ланжевен внес в науку представление о среднем магнитном поле, создаваемом молекулярным током, о результирующем магнитном моменте атома или молекулы, а главное — статистический метод учета распределения потенциальной энергии между молекулами, обладающими магнитным моментом при помещении их в поле.

В 1907 г. Пьер Вейс, работавший и во Франции, и в Швейцарии, сделал первый набросок своей доменной теории ферромагнетизма, учитывающей существование "молекулярного поля". Идея Вейса, по свидетельству его самого, а также Джона Бернала, родилась под влиянием нового в науке направления, намеченного Ланжевенем, как статистический прием, а по существу, ставшего одной из предтеч системологии. Речь идет о "кооперативном взаимодействии ансамблей", когда поведение одного ансамбля зависит от их коллективного взаимодействия и, в свою очередь, определяет его. Физика развивалась между двумя концепциями: дифференциально-интегрального анализа (непрерывно-детерминистическое представление) и дис-



На семинаре в доме Эренфеста:
Ланжевен, Эйнштейн, Эренфест, Камерлинг-Оннес, Вейс

кретно-стохастического аспекта, присущего статистической механике. Взаимодействие подсистем (ансамблей) внутри некоторой системы связано, конечно, со вторым, дискретно-стохастическим подходом, но системный анализ подразумевает учет сил "коллективного взаимодействия", которые были столь успешно представлены в теории молекулярных полей и доменов Пьера Вейса. В его теории ферромагнетизма кооперативные взаимодействия между локальными магнитными полями играют главную роль. Если рассматривать его теорию с позиций современной системологии [34], то процессы в ферромагнетике образуют подсистемы, входящие в состав сложной системы, находящейся во взаимодействии с внешней средой (магнитным полем). В соответствии с принципами современной системологии, система — это и структура, и процесс, а поведение системы — это взаимодействие всех ее элементарных процессов. Таким образом, Джон Бернал был прав, когда в начале XX в. первый оценил "теорию ансамблей Ланжевена".

В теории Вейса механизм взаимодействия не выясняется, но каждая молекула испытывает со стороны

окружающих ее молекул действие, эквивалентное действию равномерного поля, которое пропорционально существующему в данном элементе тела магнитному моменту и одинаково с ним направлено.

При низких температурах в отсутствие внешнего магнитного поля ферромагнитное тело оказывается самопроизвольно намагниченным благодаря взаимодействию между элементарными магнетиками. По мере роста температуры эта намагниченность уменьшается. При температуре, называемой "точкой Кюри" и характерной для каждого ферромагнетика, самопроизвольная намагниченность круто падает до нуля. Поэтому при температурах, лежащих выше "точки Кюри", ферромагнетик является парамагнетиком [2, с. 133]. В 1911 г. Ланжевен представил на Первый Международный Сольвеевский конгресс по физике свой доклад под названием: "Кинетическая теория магнетизма и магнетоны" [1, с. 101].

В третьей части этого доклада Ланжевен ссылается на исследование Вейсом магнетита, направившее его на путь гипотезы о магнетонах. Он приводит данные экспериментальных расчетов перехода через точку Кюри, которые свидетельствуют о том, что изменения магнитных молекулярных моментов приводят к значениям, относящимся между собой как целые числа. "Молекулярный момент магнетита увеличивается с увеличением температуры прерывным образом на целые кратные числа одной и той же величины". Объединяя эксперименты Пьера Вейса с исследованиями Паскаля, Камерлинг-Оннеса и Блоха, Ланжевен доказывает убедительность этих данных в пользу существования магнетонов. "Между гипотезой магнетонов и гипотезой квантов действия существует замечательная связь в той форме, которую ей придал Зоммерфельд". К сожалению, численное значение магнетона, полученное из опытных данных Вейса, в пять раз ошибочно превышало теоретически вычисленный Бором магнетон. Не касаясь здесь проблем, обсуждавшихся на Первом конгрессе, получившем название "Теория излучения и кванты", перейдем к обсуждению дальнейшей эволюции собственной теории Ланжевена.

Ему удалось предсказать магнитокалорический эффект. При адиабатическом намагничивании парамагнитное тело, например кислород, должно освобождать

теплоту, и, наоборот, поглощать ее, когда исчезает намагниченность. Теоретически предсказанный эффект был обнаружен в 1920 г. на ферромагнитных телах Пьером Вейсом. О дальнейших исследованиях этого замечательного эффекта мы расскажем в гл. 11. А здесь необходимо остановиться на работе Шестого Сольвеевского конгресса 1930 г., посвященного проблемам магнетизма. Он проходил под председательством Поля Ланжевена. Приведем его программу.

Магнетизм. Доклады и выступления на Шестом Сольвеевском конгрессе физиков

Вступительное слово профессора Ланжевена.

А. Зоммерфельд. О магнитной восприимчивости ионов самария и европия. Обсуждение.

Э. Ферми. О магнитных моментах ядер.

М. Б. Кабрера. Экспериментальное исследование парамагнетизма (Мадрид). Обсуждение.

В. Паули. Квантовые теории магнетизма: магнитный электрон. Обсуждение.

Пьер Вейс. Проблема, связанная с уравнением состояния ферромагнетиков.

Пьер Вейс. Об объемной аномалии ферромагнетиков.

Пьер Вейс. Гидромагнитные эффекты. Обсуждение.

Я. Дорфман. О сверхдиэлектриках. Обсуждение.

Э. Коттон. Постоянные магнитные поля.

Мадам Кюри. Дополнение к докладу Э. Коттона. Обсуждение.

П. Капица. Экспериментальные исследования сильных магнитных полей. Обсуждение.

Т. де Дондер. Три сообщения.

Если вчитываться в представленные на конгрессе доклады крупнейших европейских физиков, то трудно ограничить свой интерес только проверкой электронной теории Ланжевена, хотя самые яркие доказательства в пользу жизнестойкости ее принципов привел испанский экспериментатор Кабрера. Он считался монополистом всех "запасов" растворов редкоземельных элементов, которые служили "полигоном" для испытания ланжевенской теории парамагнетизма. В редкоземельных ионах электронная оболочка, ответственная за магнетизм, соответствует квантовому уровню $4f$ и находится в глубине атома, за экранирующими внешними оболочками, которые защищают ее от действия соседних полей ионов. В железе, никеле, кобальте электронная оболочка, ответственная за магнетизм ($3d$), находится снаружи. Поскольку в парамагнитной теории Ланжевена не учитывается межмолекулярное магнитное взаимодействие, то растворы редкоземель-

ных элементов лучше всего подходили для ее проверки. Результаты, представленные в докладе Кабреры, оказались в превосходном соответствии с теорией.

Ланжевен слушал Кабреру с глубочайшим вниманием. Критерием экспериментов испанского магнетолога служила функция Ланжевена и порядок величины поправок квантовой теории. Но главное внимание и Кабреры, и других участников конференции, было сосредоточено на расчетной и экспериментальной величине магнетонов в различных веществах. Европейские физики "считали магнетоны".

Во время обсуждения Ланжевен задал Кабрере вопрос: каково совпадение величин магнетонов, полученных в растворах редкоземельных элементов и в кристаллах. Смысл вопроса понятен всем: классическая теория отлично совпадает с данными, полученными на растворах солей редкоземельных элементов. Но насколько эта теория отстает от современности при объяснении явлений в кристаллах? Кабрера отвечает, что он не обнаружил значительных расхождений. Разгорается дискуссия. Зоммерфельд подчеркивает теоретические трудности при объяснении поведения ионов железа. Он выражает удивление, что Ланжевен столь буднично воспринимает торжество его теории, доказанное на растворах солей редкоземельных элементов.

"Но как истолковать результаты с позиций теории теплопроводности?" — спрашивает Ланжевен. И снова разгорается дискуссия, потому что эта проблема — твердый орешек стыковки классической и квантовой теорий. Опять заходит речь о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекулы и об ошибках теории при расчете теплопроводности.

В прениях выступает молодой советский физик Петр Леонидович Капица. Он восхищен результатами Кабреры, но предлагает свой экспериментальный метод, упрощающий измерения. Он располагает магнитными полями напряженностью до 300 000 Гс и собирается продолжить эксперименты при низких температурах. Консервативный Кабрера предпочитает оставаться в рамках своих экспериментов на редкоземельных элементах, приготовленных французом Жоржем Урбеном.

Экспериментаторы удаляются в кулуары. На сцене появляется Вольфганг Паули. Его доклад сугубо тео-

ретичен: "Магнитный электрон". Он смело переносит результаты, полученные в парамагнитных газах и растворах солей редкоземельных элементов на процессы в твердых телах. Позиции Паули бесконечно далеки от привычных классических представлений. Он пользуется новой характеристикой электрона — спином. Этот момент количества движения придает электрону свойства, сходные с вращающимся волчком.

Паули отвергает классическую статистику. Формулы Больцмана больше не существуют. Паули "работает" с квантовой статистикой Ферми. Частицы, которые в классической статистике считались различимыми, теперь не могут быть идентифицированы.

Доклад Паули вызывает бурные прения. Капица утверждает, что теория Паули не в состоянии объяснить существенные аномалии в поведении диамагнетиков. Его поддерживает Эме Коттон. Паули атакуют экспериментаторы разных поколений. Атмосфера конференции явно накаляется. Идет оживленный обмен репликами между молодым советским физиком Я.Г. Дорфманом и Дебаем. Тем самым Дебаем, который распространял модель парамагнетизма Ланжевена на электрические процессы в диэлектриках.

Исследования Дебая полностью вышли из теории Ланжевена. Но Дорфман идет другим путем. Вместе с Яковом Ильичом Френкелем он исследует локальные области намагничивания — домены. Его засыпают вопросами. Ланжевен интересуется тем, смогли ли молодые исследователи измерить величину этих доменов. Французский физик Эдмон Бауер спрашивает, устойчивы ли эти домены. Старый учитель Ланжевена Марсель Бриллюэн неожиданно для всех сообщает о своих исследованиях электронов в металлах, которые дополняют теорию магнетизма. Снова вспыхивает спор. Дорфман со всей пылкостью молодости выдвигает собственное истолкование роли свободных электронов в магнитных процессах. В сообщении о "супердиэлектриках" Дорфман опирается на аналогию с теорией парамагнетизма Ланжевена, но идет дальше Дебая. С Дорфманом работает еще малоизвестный молодой физик Игорь Курчатов. Результаты Якова Дорфмана и Игоря Курчатова заинтересовали Эме Коттона. Доклад самого Коттона касается, скорее, ядерной физики, чем магнетизма. На его электромагните в Бельвю начаты экс-

перименты с альфа-частицами. Ими руководит Мария Кюри...

История науки, как дельта полноводной реки, сплетена из многих рукавов, каждый из которых имеет свою историю. Чтобы проследить за одним из них, приходится на время забыть о том, что через некоторое время они сольются в общий поток.

Пьер Вейс выразил удовольствие от прекрасных результатов, полученных в результате перенесения принципов спектрального анализа на проблемы парамагнетизма. В связи с этим следует упомянуть о содержании доклада Арнольда Зоммерфельда. В первой части он привел обзор эволюции понятия магнетона, указав на исходные формулы Ланжевена. Затем он остановился на аномальном эффекте Зеемана и показал расчет магнетонов, исходя из данных спектроскопии. Наконец, он дал краткий анализ трудных проблем, возникших в исследованиях ферромагнетизма методами спектроскопии.

Важно отметить, что эволюция представления о магнетоне, изложенная Зоммерфельдом, расходилась с изложением той же темы в докладе Кабреры. Последний уделит центральное место в проблеме генезиса понятия о магнетоне идеям Поля Ланжевена. Здесь же он указал на то, какое решающее влияние оказал Ланжевен на создание Дебаем теории диэлектриков. Однако он не сумел раскрыть переход от классической теории Ланжевена к квантовым представлениям. Это сделал Зоммерфельд, преобразовавший классическую функцию Ланжевена $L(x)$ в квантованную форму.

Продолжая эту "историческую стенограмму", трудно удержаться от того, чтобы не упомянуть о вопросе, который был задан молодым Петром Капицей Нильсу Бору.

Капица: Если нельзя точно измерить магнитный момент изолированного электрона, а только в его связи с атомом, то как установить предел точности? Каков размер внешней орбиты, на которой прерывается возможность измерения?

Бор: Совершенно точно известно, что магнитный момент атома в стационарном состоянии может быть определен опытом Штерна-Герлаха. Однако в этом случае оказывается совершенно невозможным получить независимо (раздельно) вклад от орбитального движения

электрона и присущего ему внутреннего магнетизма. Речь идет о невозможности, в принципе, пространственно-временного описания стационарного состояния в атоме.

Калица: Тем не менее мы можем экспериментально измерить магнитный момент и определить его отношение к спину в магнитных веществах с помощью намагничивания до насыщения ими гиромангнитного эффекта.

Бор: Ни намагничивание до насыщения, ни гиромангнитное явление не позволяют экспериментально определить спин или магнитный момент электрона. В обоих случаях удастся получить общий магнитный момент тела. Приходится снова повторить замечание по поводу эксперимента Штерна-Герлаха.

Электронная теория магнетизма Ланжевена выдержала испытание временем и квантовой механикой. Заложенные в ней онтологические основы создавали свободу развития идей. Предположение о стационарных электронных орбитах предвосхитило дискретность квантовой механики; статистический подход стал канонической формой в науке; адиабатический инвариант позволил раскрыть процессы диамагнетизма и объяснить эффект Зеемана, как его следствие; представление о кооперированном взаимодействии ансамблей в парамагнетизме стало предтечей принципов системологии. Наконец, магнитокалориметрический эффект вошел в физику низких температур.

На Шестом Сольвеевском конгрессе 1930 г. не рассматривались те теоретические работы Поля Ланжевена, которые дали объяснение эффектам двойного лучепреломления в магнитном и электрическом полях. Между тем экспериментальные исследования Эме Коттона полностью подтвердили все теоретические предположения Ланжевена, выведенные из симметричных принципов. Заметим здесь замечательную преемственность идей новых французских рационалистов: от Пьера Кюри — к Полю Ланжевону, Эме Коттону.

Основой многолетних исследований Эме Коттона стал экспериментальный факт, обнаруженный им совместно с Мутоном [57]: магнитное поле обладает свойством, подобным тому, которое было открыто Керром для электрического поля, а именно: сообщать свойство двойного лучепреломления некоторым чистым жидкостям, притом всегда диамагнитным, как то —

сероуглерод, бензол, нитробензол и т.д. Магнитный эффект, хотя и в гораздо более слабом виде, представляет собой замечательную параллель электрическому двулучепреломлению: тела, обладающие первым свойством, обладают и вторым. Закономерность зависимости от длины волны одинакова для обоих явлений, а влияние температуры убедительно доказывает, что оба они должны иметь общее происхождение.

Ланжевен распознал в этих явлениях процессы, к которым можно применить электронную теорию диа- и парамагнетизма. Они обусловлены направляющим действием поля на молекулы жидкости, преодолевая при этом тепловое возбуждение. Далее он допустил, что если оба эффекта, магнитный и электрический, вызваны одной и той же причиной, анизотропией ориентации, двойное лучепреломление должно быть одинаковым, когда анизотропия одинакова, будет ли ее происхождение электрическим или магнитным. Это подтвердилось.

В своих расчетах Ланжевен исходил из того, что поле, воздействующее на молекулы, создается плоской поляризованной волной. Решение задачи было проведено с помощью уравнений Максвелла. Однако ориентационные процессы, связанные с поляризацией, отличались тем, что их можно было наблюдать только на диамагнитных веществах, следовательно, молекулы их не обладают магнитным моментом в отсутствии внешнего поля. Ориентирующее действие внешнего поля обусловлено только тем, что молекула не поляризуется с одинаковой легкостью в направлении своей оси и в перпендикулярных к ней направлениях. Это не мешало Ланжевону применить к ориентации электрически поляризованных молекул тот же статистический подход, что и в теории парамагнитных явлений. При этом необходимо помнить, что сами молекулы в силу собственной симметрии эллипсоида вращения диамагнитны. Оптический эффект, связанный с анизотропией в диамагнитных веществах очень мал, и его трудно измерить. Заслуга Коттона и Мутона состоит в том, что они обратили внимание на важность этого явления. Встал вопрос, следует ли объяснять двойное лучепреломление в кристаллах индивидуальной анизотропией молекул или анизотропией их решетки. Ланжевен считал, что главную роль играет анизотропия молекул.

В своей работе "О двойном электрическом и магнитном лучепреломлении", Ланжевен предсказал возможность наблюдения этих свойств и в парамагнитных веществах [П, с. 411].

Эме Коттон в сотрудничестве с Анри Мутоном занимался исследованиями по магнитооптике с 1903 г. Явления двойного лучепреломления они изучали сначала на коллоидных растворах и смогли показать, что их оптическая вращательная способность существенно зависит от ориентации коллоидных частиц относительно магнитного поля. Однако открытие Эме Коттоном магнитного двойного лучепреломления абсолютно прозрачных чистых жидкостей в 1907 г. было совершенно отлочно от предыдущего. Он подтвердил, что это явление подчиняется тому же закону, что и двойное лучепреломление Керра. Удалось также доказать, что магнитное двойное лучепреломление явно уменьшается с возрастанием температуры. Большинство результатов находится в очень хорошем согласии с теорией Ланжевена.

При проведении измерений чрезвычайно малых проявлений эффектов магнитного двойного лучепреломления Эме Коттону приходилось применять очень сильные магнитные поля, трудно реализуемые в лаборатории. В течение многолетней деятельности Коттон постоянно испытывал трудность в получении электромагнитов, с помощью которых он мог бы создавать достаточно интенсивные магнитные поля. Иногда ему приходилось ездить в Цюрих, чтобы иметь возможность пользоваться более мощной установкой, созданной там Пьером Вейсом. Коттон мечтал построить в окрестностях Парижа очень мощный электромагнит, который позволил бы французским исследователям проводить с помощью сильного магнитного поля дотоле неосуществимые эксперименты.

В 1912 г. он получил от Сорбонны и Парижского университета 50 000 франков на строительство электромагнита. Некоторые физики, в частности Жан Перрен, полагали, что во избежание огромных размеров и удорожания железного сердечника проще всего было бы создать магнитное поле с помощью катушек без железных сердечников. Но это влекло за собой выделение большого количества тепла.

Луи де Бройль увлекательно описывает двадцатипя-

тилетнюю историю создания самого мощного в мире, для тех лет, электромагнита в Бельвю [28]. Проект был разработан Пьером Вейсом: классический электромагнит с железным сердечником. В докладе Эме Коттона на Шестом Сольвеевском конгрессе по магнетизму 1930 г. были приведены эксплуатационные данные: полный вес 100 т, полное сопротивление проводников 0,6 Ом (трубочки, по которым текла охлажденная вода); потребляемый ток 400 А, мощность 100 кВт.

Как известно, проблема создания интенсивных магнитных полей изменилась с тех пор как П. Л. Капица получил в Кембридже магнитные поля (несколько сот тысяч гаусс) путем пропускания через катушку коротких импульсов очень сильного тока. В гигантском электромагните, построенном в Бельвю, достигаемые поля не превышали 70 000 Гс. Разумеется, эти поля создавали возможность длительной и устойчивой исследовательской работы, а импульсные режимы П. Л. Капицы тогда удавалось создавать в весьма небольшом объеме и в течение малой доли секунды.

Можно считать, что к 30-м годам оформилась французская научная школа магнетизма. Вдохновителем и теоретиком ее был Поль Ланжевен.

Г л а в а 9

Научное сообщество ученых.

Журнал "Revue du Mois".

"Дело" Ланжевена—Кюри

Первое десятилетие XX в. во Франции окрашено различными оттенками левых партий. У власти находились радикалы, которые тогда считались самой левой из буржуазных партий Франции. Оживление общественной деятельности выразилось и в социалистическом движении. Наиболее популярным политическим деятелем был социалист Жан Жорес. "Я имею право сказать, — писал он, — что с тех пор, как занимаюсь общественной деятельностью... моим идеалом всегда была республика организованного и суверенного труда, за нее я боролся с самого первого дня, со всей неопытностью и незнанием" [27, с. 538]. Жорес был по-

пулярен и среди ученых. Ланжевен сочувствовал его пацифистской активности накануне первой мировой войны и был глубоко потрясен провокационным убийством Жореса 31 августа 1914 г.

Однако в те "счастливые годы" начала XX в. научное сообщество французских ученых переживало расцвет, когда независимо от политических оттенков возникали кружки интеллигенции, объединенные делом Дрейфуса ("дрейфусары"), общими интересами в науке и философии, стремлением к популяризации прогрессивных идей, воплощавших "истину и справедливость".

Ланжевен был общительным, веселым и увлекающимся человеком. В ранние годы своей научной карьеры, когда он располагал весьма небольшими средствами, но уже большой семьей, его образ жизни был самый демократичный, и пешеходные прогулки по пригородам Парижа, посещение театров и концертов, общение с друзьями, домашние концерты, в которых он неизменно участвовал в дуэте с Жаном Перреном, — все это оставило у его детей яркое воспоминание об удивительном детстве.

Поля Ланжевен был обручен в 1886 г. с красивой молодой девушкой, Эммой Жанной Дефосе, дочерью скромного художника по керамике. 22 сентября 1898 г. после того, как Ланжевен вернулся из Кембриджа, в мэрии Шуази ле Руа был оформлен их брак. Шафером Поля Ланжевена был Жан Перрен, а сторону невесты представлял Жорж Корволь, торговец мехами. Мать Жанны, имевшая небольшую галантерейную лавку, к сожалению, была полна мелкобуржуазных предрассудков и долго не могла согласиться с научной карьерой зятя, предпочитая видеть его служащим промышленной фирмы с солидным жалованием.

После женитьбы Ланжевен поселился в скромной квартире на бульваре Порт-Руаяль рядом с Марселем Бриллюэном, своим научным руководителем. Это было неподалеку от Латинского квартала и близко от дома его родителей. В то время он готовил докторскую диссертацию в Сорбонне и одновременно работал экзаменатором в Школе промышленной физики и химии. В 1888 г. в семье Ланжевена родился старший сын Жан, а в 1901 г. — Андрэ — будущий автор книги об отце [4]. Семья переселилась на улицу Газан в маленький домик, окруженный парком. Новая "резиденция" моло-

дого Ланжевена была расположена недалеко от бульвара Келлерман, где жили его лучшие друзья: Пьер и Мария Кюри, а также Жан Перрен. Эме Коттон называл эти две квартиры "открытыми домами", где бывали известные ученые Дебьерн, Урбен, Саньяк. В 1905 г. Поль Ланжевен был утвержден преподавателем Школы физики и химии и заменял П. Кюри с 1903 по 1905 г.

"Большинство занятий начиналось в восемь тридцать утра. В то время наша семья уже переехала с улицы Газан в Фонтенэ-о-Роз. В этом пригороде жила и семья Кюри. В те времена в Фонтенэ-о-Роз не было метро и по однопутной железной дороге ходил паровичок до Люксембурга. Наш дом был в километре от вокзала, и моему отцу приходилось торопиться к поезду, который ходил редко; отец обычно быстро съедал свой завтрак, состоящий из двух яиц, и мчался к вокзалу.

Прекрасная квартира, которую мой отец "открыл" в Фонтенэ-о-Роз, помещалась на втором этаже дома XVIII века, который когда-то занимал знаменитый врач Антуан Пети, лечивший Людовика XVI.

...Сколько детских игр в прятки, крокет было в прекрасном парке, окружающем дом... В нашей компании, кроме моего брата, моих сестер Элен и Мадлен, были Ирэн Кюри, Франсис Перрен, Изабелла, Маргарита и Фериана Шавани, родители которых жили неподалеку.

Первый этаж нашего дома занимал профессор Сорбонны Фердинанд Лот с женой, урожденной Бородиной, родственницей знаменитого русского композитора.

Поль Ланжевен, желавший приобщить нас к научной культуре, поддержал идею мадам Кюри об организации лекций и научных занятий для детей. Жена Жана Перрена, Генриэтта писала в письме моему отцу: "Курс химии дети будут проходить под руководством Жана Перрена в лаборатории физической химии Сорбонны, математику — под руководством Поля Ланжевена в Фонтенэ-о-Роз, физику — у Марии Кюри, курс французской литературы им прочтет Генриэтта Перрен, искусству моделирования их научит скульптор Мэгрон, а естественным наукам — профессор Мутон". Эти "домашние курсы" продолжались два года" [4, с. 53].

К этому же периоду относятся воспоминания сына Леона Бриллюэна: "Дорогой друг, — писал он Андре Ланжевену, — я обещал Вам написать воспоминания о

Вашем отце, великом ученом и гуманисте, которым я всегда восхищался. Но с чего начать? Как сделать выбор из тех образов, которые возникают в моих воспоминаниях? Все эти реминисценции, связанные с моим детством и первыми студенческими годами, выступают из далекого прошлого... Пожалуй, я не стану располагать их в определенном порядке и предоставлю своему перу свободно описывать отблески ушедшего времени.

Эта эпоха, возникающая сейчас снова предо мною, безвозвратно исчезла. И это не только моя юность, далекая от сегодняшнего дня, это та историческая эпоха, которая предшествовала двум мировым войнам. После европейской войны 1870 г., казалось бы, наступил этап мирного развития, когда войны "ограничивались" колониальными территориями и происходили где-то далеко; жизнь Европы была стабильной и спокойной. Студент мог объехать на велосипеде всю Европу безо всяких документов. Паспорт? О нем впервые заговорил Бальзак, но никому не было понятно его житейское значение. Никого это не интересовало.

Для того чтобы получить на почте до востребования небольшую сумму денег или письмо, достаточно было предъявить старый конверт с маркой; почтового контроля не существовало, а денежный обмен регулировался на основании процентного содержания золота в монетах. В путеводителе Бедеккера можно было найти таблицу этих процентов с точностью до третьего десятичного знака. Вся эта возня с паспортами, беспокойство, иначе говоря, варварство, начались у русской и турецкой границ...

Поль Ланжевен бывал в Англии, где продолжал свое образование и любил рассказывать свои впечатления об этой поездке...

Мои воспоминания о Вашем отце начинаются с гимназических лет, накануне начала XX в. Мои родители снимали маленький домик в стиле швейцарского шале, из окон которого открывался вид на Корбейль. Ваши родители однажды летом поселились в той же деревне, которая полностью сохранила свой старинный уклад и казалась далекой от Парижа. Обе семьи часто встречались, и мне вспоминается, какой сердечный и гостеприимный прием оказывали Ваши родители. Они занимали довольно большую квартиру на старой ферме,

где во дворе стояла клетка, в которой играли маленькие обезьянки. От дома шла дорога к бывшему поместью Жорж Санд.

Я учился тогда в лицее и по средам и субботам возвращался вместе с отцом пятичасовым поездом, а утренними поездами по понедельникам и пятницам я ездил на занятия. Во время этих вечерних поездок по средам и субботам мой отец часто оказывался в обществе Пьера Кюри или Вашего отца, с которыми он оживленно беседовал на научные темы, и я впервые услышал тогда волшебные слова: электроны, кристаллы, радий. Я угадывал в их разговорах появление неизвестного мира, наполненного невообразимыми чудесами, далеко превосходящими неожиданности Всемирной выставки 1900 года или постройку высочайшей Эйфелевой башни (моей ровесницы).

Я еще с детства начал читать старые физические труды из библиотеки моего отца, внимательно рассматривая рисунки, на которых были изображены лучи света, пронизывающие зигзагами пространство между зеркалами, линзами, призмами, телескопами и т. д. Я часто заходил к отцу в его лабораторию Нормальной школы (однажды я даже разбил нечаянно очень ценный кристалл!). Все физические приборы я считал своими лучшими друзьями. Каково же было мое разочарование, когда начались мои собственные занятия физикой в лицее: я должен был изучить явления, связанные с силой тяжести, весами, давлением... Какая скука! "Как можешь ты проводить всю жизнь в этих занятиях?" — заметил я однажды своему отцу. Он, по-видимому, был озадачен моим печальным заблуждением и, сказав: "Подожди минуту", принялся искать в своей библиотеке маленькую книгу: письма Паскаля шурину об открытии атмосферного давления с описанием знаменитого опыта на Puu-de-Dome. Чтение этих писем Паскаля увлекло меня, как приключенческий роман с продолжением. Я испытывал много раз в моей жизни это чудесное открытие; однако в начальный период своего пребывания в Нормальной школе мне пришлось штудировать традиционные курсы физики Сорбонны: мрачные, неинтересные, плохо составленные (в то время студенты еще не додумались до организации бунта!). К этому времени Ваш отец был назначен за-



Поль Ланжевен и Мария Кюри
среди учителей Высшей Нормальной школы в Севре

местителем моего деда профессора Маскара и начал серию лекций в Коллеж де Франс по электричеству, магнетизму, теории Максвелла, а затем, став титулярным профессором, включил в свой курс электромагнитные явления в движущихся телах, теорию относительности, радиоактивность и т.д. Какое волшебство! Мне не удалось проследить курс с самого начала, но я не осмелился побеспокоить Вашего отца, чтобы получить некоторые разъяснения, и я пригласил его при удобном случае от имени нескольких товарищей по школе встретиться с нами. Мы слушали также курсы лекций Жана Перрена и впоследствии — мадам Кюри. Все это вселило в меня энтузиазм и восторг исследования. Впоследствии я часто обращался к старым тетрадям с записями лекций Ланжевена так же, как и к лекционным курсам Зоммерфельда в Мюнхене, хотя они имели весьма странную форму, записанные сначала в течение месяца по-французски, а затем на франко-немецкой тарабарщине, и, в завершение, по-немецки, в конце 1913 года. Однако вернемся к самому курсу Поля Ланжевена: очень часто, во время своих занятий в Коллеж де Франс, он развивал с удивительной ясностью совершенно новые теоретические представления...

Многие из его собственных исследований не были опубликованы, хотя некоторые из них имели вполне законченную форму в конспектах его лекций, записанных его учениками. Так, например, в 1911 году Ланжевен излагал нам принцип относительности и знаменитое соотношение между массой и энергией. Оно было построено на исключительно оригинальном рассуждении, гораздо более общем, чем доказательство Эйнштейна: эта работа долгое время оставалась неопубликованной, но, к счастью, уже через много лет в 1932 г. была напечатана Франсисом Перреном в сборнике № 41 "Actualites scientifiques" (с. 11-18).

В 1911 г. состоялся также Первый Сольвеевский конгресс физиков в Брюсселе. Зоммерфельд представил на конгресс свое важное замечание относительно того, что константа Планка h имеет значение "кванта действия" в том смысле, как это подразумевается в механике. "Подхватив мяч на лету", Ланжевен показал, каким образом можно использовать эту концепцию для расчета значения магнетона. При этом оставался еще произвольный коэффициент в формуле (как и в докладе Зоммерфельда), вследствие чего в величине магнетона по Ланжевену было неправильное значение коэффициента, но логика нового понятия была уже принята и появился так называемый магнетон Бора. Сразу же по возвращении из Брюсселя, Ланжевен блистательно увлек нас в курс этих дискуссий, касающихся новых проблем в физике.

Лекциями Ланжевена и Зоммерфельда завершаются мои студенческие годы. Я написал докторскую диссертацию по проблемам квантовой теории и представил заметку в "Comptes rendus" весной 1914 г.; в ней содержалась идея "дифракции Бриллюэна" — эффекта, ставшего сегодня классическим" [4, с. 263].

"Открытые дома" ученых, в которых свободная мысль была ключом, были и на бульваре Келлермана у Пьера и Марии Кюри, и у Жана Перрена, сад которого соседствовал с их лужайкой, и у Марселя Бриллюэна, и у Ланжевена, когда материальные средства, наконец, позволили ему стать гостеприимным хозяином, взыскательным гастрономом и кулинаром. Как известно, Ланжевен был тонким знатоком вин и даже "открыл" новый сорт вина в славящемся своими виноградниками департаменте Луары. Его брат Жюль вошел в

число сорока почетных дегустаторов вин Франции. Число дегустаторов вин соответствовало числу "бессмертных старцев" — почетных французских академиков — это свидетельствовало о том, какое значение французы придадут тонкому анализу виноделия.

Главным центром научного сообщества французских ученых считался дом математика Эмиля Бореля. "Судьба Эмиля Бореля была счастливой, — пишет Е.М. Полищук, — долгий плодотворный творческий путь, высшие государственные и академические почести на его родине, прижизненное признание коллег всего мира... Немного найдется математиков нового времени, имя которых оказалось бы увековеченным в стольких понятиях: борелевские множества, мера Бореля, метод Бореля, неравенство Бореля в теории целых функций, теорема Пикара-Бореля... Считали, что Борель был философом и человеком действия. Философия Бореля — это прежде всего философия науки, философия позитивного значения" [9, с. 5].

В начале XX в. сообщество французских ученых впервые в истории Франции входило в активную политическую жизнь. Научные идеи, преломляясь в газетных и журнальных статьях, просачивались за пределы круга избранных. Писатели, политики, деловые люди начинают бывать в домах, где встречаются ученые. В парламент избран первый депутат-математик. Ученые, бывавшие у Эмиля Бореля, владели громадным банком его новых идей: открытие закона природы, создание новой отрасли знания, наблюдение загадочного явления, обнаруженного в его лаборатории. Почти все лидеры новой французской науки относились к поколению 1870-1872 гг. рождения. Среди них были сыновья виноделов из Юры, пастора из "заморской территории", доктора-протестанта из Со, ремесленника с Монмартра, владельца табачной лавочки под Парижем, учителя провинциальной гимназии.

В доме Борелей бывали писатели и политические деятели. Маргарита Борель, 16-летняя дочь декана Сорбонны Аппеля, выйдя замуж за Эмиля Бореля, внесла в его дом увлечение литературой. Сама она стала известной романисткой и писала под псевдонимом Камиллы Марбо. В те "счастливые" 900-е годы Маргарита Борель вносила легкость и жизнерадостность в кружок людей, собиравшихся в ее золотистой гостиной.

Крупный, чернобородый Борель обладал незаурядной физической силой и вспыльчивым характером. В этом грубоватом, шумном и властолюбивом человеке действия глубокий ум математика удивительно сочетался с политической и государственной деятельностью. Клокочущий темперамент Бореля выражался и в его необычайной научной плодовитости. Он написал множество научных трудов и книг в разнообразных областях математики.

Эмиль Борель избирался в парламент, был некоторое время мэром города, министром военно-морского флота в кабинете Пенлеве и оставил память о своей деятельности во флоте, присвоив имена ученых крупнейшим французским кораблям.

Во время войны он проявил себя отважным артиллерийским офицером и замечательным организатором оборонных исследований. Этот сильный и яркий человек порождает каскад идей, отмеченных премиями и наградами. Одну из них — премию Пти д'Ормуа — он вложил в издательство еженедельного журнала под названием "Revue du Mois".

Полю Ланжевен входил в состав редколлегии журнала "Revue du Mois". Отдел международной политики вел его приятель по Нормальной школе Фелисьен Шаллейе. Живой, одаренный журналист обладал солидными знаниями в истории международного права и французского колониализма. Одна из его разоблачительных книг о захватнической политике Франции вышла с предисловием Поля Ланжевена. Шаллейе читал в Нормальной школе курс частного права и политической экономики.

В "Revue du Mois" Шаллейе писал об англо-франко-русских отношениях, о положении в Конго, о президентской кампании в США 1908 г., о революции в Турции, о франко-германских противоречиях, о Японии. В хроникальных разделах журнала печатались рецензии на книги и спектакли. В Париже шли пьесы Ибсена, это поднимало новые нравственные проблемы. Большинство статей в "Revue du Mois" были на стыке научных и общественных проблем. Иногда печатались научные обзоры, принадлежащие перу самих ученых. Жан Перрен опубликовал в номере от 10 ноября 1908 г. смелую для того времени статью "Можно ли точно измерить размеры атома?"

На страницах журнала уже тогда шла острая дискуссия о сохранении традиций городов, о культуре старой и культуре новой. Журнал публиковал рассуждения писателей и поэтов о науке. Старый парнасец поэт Сюлли Прюдом, известный своим творчеством, замкнутым в "башню из слоновой кости", опубликовал письмо к библиотекарю Политехнической школы с любопытными рассуждениями о роли темперамента в мышлении ученого. "Суровый" Паскаль и "нежный" Ампер представляли в изложении поэта примерами того, как тесно связана эмоциональная личность ученого с его творчеством. Поэт видел опасность в резком противопоставлении "геометрического ума" и "чувствительного сердца". В доме Борелей бывал и Шарль Пегй. В издававшихся им "Двухнедельных тетрадах", была напечатана первая пьеса Ромена Роллана "Волки". Ланжевен систематически читал "Двухнедельные тетради" и часто повторял, что "Микеланджело" и "Жизнь Бетховена" стали событиями в его духовной жизни. У Борелей любили посмеиваться над "банальным" пристрастием Ланжевена к Девятой симфонии Бетховена. Он возражал, говоря, что даже Вагнер, не признававший Бетховена, любил эту симфонию и не скрывал, что многое почерпнул из нее.

Редактор журнала "Revue du Mois" Эмиль Борель написал статью об отношении человеческой психологии к представлениям новой науки — теории вероятностей. Он проникательно отмечал, что антипатия многих к "идеологии" вероятностных представлений заложена в глубинных свойствах личности. Потребность в чувстве неповторимости, страх потерять свое имя и оказаться под номером в одной из групп статистического распределения, — это защитная реакция перед вмешательством антигуманистических сил в жизнь человека.

Борель, один из создателей теории вероятностей, предостерегал от абсурдных претензий навязать человеку статистические представления о собственном существовании. Человек не желает, чтобы ему предсказывали дату смерти. А если когда-нибудь наука сумеет этого добиться, то это может роковым образом изменить человеческую психологию.

В рассуждениях Ланжевена и Бореля часто возникала тема лапласовского детерминизма, жесткая причинность которого должна была бы предсказать ход

событий во Вселенной. Возможность однозначного предсказания "причины вещей" неминуемо вела к гипотезе о существовании Творца. Фатальному детерминизму противостоит вероятностная причинность, определяемая статистически. Представление о вероятностном детерминизме, родившееся в статьях Эмиля Бореля и Поля Ланжевена, возникло снова в Большой физике через 20 лет в период расцвета квантовой механики. Тогда стало казаться, что причинность вообще исчезла под наслоениями вероятностных законов новой физики. Но в таинственном муравейнике множества внутриаомных явлений причинность продолжала существовать, только не в том классическом образе, который был привычен.

Ланжевен прошел глубокую интеллектуальную школу вероятностных представлений, что дало ему силы противостоять отчаянию некоторых ведущих физиков перед кажущимся крахом детерминизма в 20-е — 30-е гг.

Друг Ланжевена — Эме Коттон увлекался проблемой, вовсе не связанной с физикой: он изучал эсперанто и был одним из лидеров европейского Союза эсперантистов. Идеология этих энтузиастов сводилась к поискам общего языка для всего человечества. Выступая с докладами в Японии, Бразилии и в Европе, Коттон доказывал, что легкость, с которой можно изучить эсперанто, позволяет спасать людей в трудных обстоятельствах. В Японии удалось помочь группе безработных устроиться в иностранные фирмы, благодаря быстрому установлению контактов. Жена ученого, известная светским людям по организации движения за мир в 50-х годах, — Эжени Коттон — рассказывала, как люди различных убеждений проникались доверием друг к другу благодаря общему языку.

Эме Коттон¹, сын винодела из Юры, был привязан к своему родному краю, и его интернационализм переплетался с любовью к традициям маленького французского городка. Каждое лето в доме Коттона собирались друзья школьных лет, деревенские приятели-охотники. Когда Коттон выходил на охоту, он выве-

¹Выше была упомянута статья о рационализме Эме Коттона. Эта философская позиция совпадала с мировоззрением Поля Ланжевена — президента Союза рационалистов.

шивал в окне "белый флаг", и если сосед соглашался его сопровождать, то и из его окна свешивалось полотенце.

По вечерам на каменном полу дворика Коттона стучали деревенские сабо. Друзья увлеченно плясали под нехитрую сельскую музыку. Эме Коттон был так же жизнерадостен, как Ланжевен, но его живость проявлялась всегда на природе, вдали от города. В обществе он бывал молчалив.

Ланжевен был истинным парижагином — искрометным собеседником. Друзей связывали общие политические убеждения. Коттон всегда хранил верность Республике. Даже после Освобождения, когда появились большие портреты де Голля, он заметил: "Предпочитаю Республику самому превосходному генералу".

В кружке ученых поэт Шарль Пеги отличался бурлящей динамикой своих политических увлечений. Его мистерии, исходявшие из глубин ранней французской поэзии, несут народную поэзию, которую Пеги впитал с детства в Орлеане, где провел юность в крестьянской семье. Образ Орлеанской девы, пронизывающий все его творчество и ставший перед войной символом патриотизма, возник в душе поэта также естественно, как сами легенды о Жанне д'Арк.

Из старых французских песен Шарль Пеги заимствовал "странствующие сюжеты" и "вечных" героев. Кажущаяся бесхитрость его поэм удивительно противоречит его опыту политического борца и издателя. Роль Пеги в общественной жизни Франции сложна и еще не раскрыта. Как мы уже говорили, в период подъема дрейфусаров Шарль Пеги писал стихи о надежде на возрождение Франции. Символом надежды поэта была маленькая, бесхитростная девочка, образ которой проходит через его поэмы.

Ученые, собиравшиеся в доме Эмиля Бореля, не были социалистами, но на страницах "Revue du Mois" отразилась волна забастовок, прокатившаяся по стране.

10 мая 1903 г. журнал "Revue du Mois" опубликовал большую статистическую таблицу, показывающую количество забастовок, победивших во Франции, Германии, Англии. В доме Борелей бывали разнообраз-

ные люди. Там Ланжевен познакомился и с будущим премьер-министром Эдуардом Эррио².

По четвергам приходил Поль Валери — "самый замысловатый поэт Франции — после Малларме". Он пытался набросать "интеллектуальные" портреты ученых, сочиняя малопонятные эссе и философские диалоги, доставлявшие искреннее удовольствие лишь немногим. Иногда вспышки его афоризмов поражали необычайной емкостью мысли и становились эпитафиями к научным трудам, но никто не полагал тогда, что он сможет сказать гениальные слова о "международной кровавой уголовщине фашизма". В доме Борелей бывали и супруги Кюри, Пьер был членом редколлегии журнала. Супруги Борель оказались преданными друзьями Марии Кюри в тяжелые для нее дни, что потребовало определенного мужества от Борелей.

После своих научных открытий Мария и Пьер Кюри продолжали безуспешную борьбу за средства для дальнейших исследований. Пьеру не давали лабораторию; Сорбонна предложила ему лишь кафедру, но без помещения для работы. Кюри отказался и предпочел работать в сарае на улице Ломон.

...Вот как описывал эту лабораторию журналист того времени: "Позади Пантеона, в узкой улочке Ломон, темной и пустынной, как и на картине из старого слезливого романа, между сумрачными, обшарпанными домами, поднимаются деревянные стены жалкого барака: это Городская школа физики и химии.

Прохожу через двор с убогой оградой, в которых гулко отзывается эхо моих шагов, и оказываюсь во влажном сыром закутке, где в углу среди досок увядает уродливо искривленное деревце. Там находятся строения — низкие, длинные, застекленные, в которых я замечаю маленькие огоньки и приборы всевозможных видов. Ни звука — тишина, глубокая и мрач-

²Через 20 лет, когда Ланжевен выступил с резкой критикой попустительства представителей Франции в Лиге Наций фашистскому агрессору, он написал письмо премьер-министру Эдуарду Эррио, но политический деятель ответил ему вежливой отпиской, превратив грозное предупреждение борца с фашизмом в чрезмерную озабоченность политическими проблемами известного ученого. Эррио горько поплатился за свои политические иллюзии. После захвата Франции немцы бросили его в концлагерь. И когда его освободили союзные войска, он вышел оттуда разрушенным человеком.

ная. Сюда не проникают даже отголоски городского шума.

Стучу в дверь наугад и оказываюсь в удивительно бедной лаборатории. Вместо пола — неровно утрамбованная земля, беленые известковые стены, крыша из разошедшихся железных листов. Какой-то молодой человек, склоненный над сложным аппаратом, поднимает голову. "Господин Кюри? — переспрашивает он. — Да, есть". И немедленно погружается в работу. Текут минуты. Из какого-то крана падают капли воды. Горят две или три газовые горелки.

Наконец, появляется высокий худой человек с костистым лицом, с жесткой бородой, в старом берете на голове. Это господин Кюри... "Пьер Кюри был тяжело болен, его мучали воспаленные суставы. Эти боли не умели тогда распознать и называли ревматизмом. Главным для себя он по-прежнему считал завершение теории симметрии. Эти фундаментальные труды обогатились с его жизнью.

Новые открытия в радиоактивности подгоняли Марию и Пьера Кюри к продолжению работ. Они чувствовали себя, как в золотой лихорадке на прииске: на них сыпался каскад открытий, и, уходя из лаборатории, они через несколько часов возвращались туда снова.

В 1903 г. Марии Кюри присуждена Нобелевская премия за исследования радиоактивности, которую супруги Кюри разделили с Анри Беккерелем. Казалось, после стольких лет лишений, наступил счастливый период. Но они так устали от безнадежной борьбы за достойные условия работы, что трата полученных, наконец, денег кажется им легкомыслием. Вместо активной перестройки лаборатории, приобретения нового оборудования, они позволяют себе лишь незначительное облегчение: помощь единственного лаборанта, которого они наняли на собственные средства, и освобождение Пьера Кюри от лекций в Школе физики и химии. Его место занял Поль Ланжевен и оставался там до конца жизни. Он вникал во все мелочи преподавательской работы, иной раз даже исправляя сочинения по литературе.

Мария Кюри защитила в Сорбонне докторскую диссертацию на тему "Исследования радиоактивных веществ". Она пригласила на свою защиту близких дру-

зей: Жана Перрена, Поля Ланжевена, учениц из Севрской Нормальной школы. Из Польши приехала сестра Бронислава. В Париже оказался проездом Резерфорд. Он опоздал на защиту, но присутствовал при чествовании Марии Кюри в доме Ланжевена, пригласившего всех на обед в свою квартиру на улице Газан, столь знакомую многим замечательным людям. Там за столом собиралось до тридцати человек. Хозяин славился широтой и тонким вкусом. Очевидцы до сих пор вспоминают обед, данный Ланжевром в ресторане Лаперуза, где праздновалась свадьба его сына Андрэ, вечер в мастерской художника на Монмартре, где состоялось свадьба другого сына — Жана, и даже банкет в Бузнос-Айресе, когда Ланжевен собрал участников физической конференции в лучшем ресторане этого космополитического города.

На вечере в честь Марии Кюри Резерфорд заметил, что "нелегко понять мадам Кюри: ибо она совмещает в себе одновременно и преимущество и неудобство оставаться женщиной". Резерфорд не был галантен, но он был искренен и грубоват. В трагические для Марии дни он оказался трогательным и бережным другом. Быть может, именно забота супругов Резерфорд, пригласивших Марию в Англию, спасла ее душевное здоровье во время травли, открытой клеветниками, сотворившими так называемое "дело Ланжевена-Кюри".

О гибели Пьера вспоминают, как о страшной случайности, которой можно было бы избежать. Расписание рокового дня просчитывалось по минутам. Отбрасывались предположения и возможности, которые могли бы спасти Пьера Кюри. Эти рассуждения бессмысленны, но в них отражен бунт здравого смысла против абсурдной гибели великого ученого.

Это было в четверг 19 апреля 1905 г. День выдался пасмурный, дождливый. Пьер Кюри должен был присутствовать на завтраке Союза профессоров естественно-математического факультета Парижского университета. Потом, под проливным дождем он отправился к своему издателю Готье-Вияру. На месте оказалось, что фирма закрыта из-за забастовки. Тогда он отправился в обратный путь, погруженный в свои размышления. Не замечая ничего вокруг — ни людей, ни конных экипажей, ни трамваев, — он пробирался

через скопление транспорта на улице Дофен, когда вдруг из-за угла возник двухконный фургон, катившийся под уклон. Пьер схватился за дышло, но спасения не было — он оказался втянутым под колеса фургона. Пьер Кюри погиб.

Иступленное отчаяние Марии Кюри можно сравнить только с античной трагедией. Обезумевшая женщина не выходила из комнаты, продолжая бесконечный диалог с Пьером, перебирая его окровавленную одежду. Она не видела людей, которые к ней входили. Душа ее была так же далека от умеренных чувств современного человека, как ее вдохновенная жизнь — от здравого смысла обывателя.

...Кто же первым вошел в ее комнату, когда она заметила, что под окном зацвел золотой дождь, о котором она записала в дневнике: "Пьер, милый Пьер. Мне хочется сказать тебе, что зацвел золотой дождь, а глициния, шиповник и ирисы уже выпускают свои цветы. Тебя бы это обрадовало...". Вероятно, она в тот момент прежде всего вспомнила о детях. Первое возвращение к жизни произошло ради них.

Второго возвращения потребовала наука. Совет естественно-математического факультета (Сорбонны) единогласно решил поручить чтение лекций на кафедре, которой руководил Пьер Кюри, — Марии. Она стала первой женщиной во Франции, получившей профессорскую должность в высшем учебном заведении.

Курс Пьера Кюри был посвящен теории ионизации газов. Мария не занималась физикой газового заряда. Самым большим авторитетом в этой науке был Ланжевен. Ланжевен помог Марии Кюри подготовить блестящий курс лекций, с которым она вышла на кафедру. Тогда же возникла мысль прочесть лекции для собственных детей, организовать школу в Фонтенэ-о-Роз. Эта идея принесла Марии Кюри большую радость. В большой семье ученых выросли замечательные люди: Ирэн Кюри — физик, открывший искусственную радиоактивность; Франсис Перрен — один из крупнейших ученых в современной ядерной технике; Андре Ланжевен — специалист в радиолокации, ученый и писатель; Жан Ланжевен — физик, преподаватель. Ева Кюри стала журналисткой и автором книг о своей матери.

1905 год стал для Марии Кюри годом надежды на

освобождение ссыльных и заключенных друзей-поляков после революции. Она пристально следила за событиями в России и в Польше. Революционный темперамент вольнолюбивой польской ученой заставлял ее подчас забывать о научных исследованиях. Политические взгляды француза Ланжевена, воспитанного в традициях Парижской Коммуны, и Марии Кюри сблизили их в те годы. Но разве только это сближает пылких людей с гениальным воображением?³

Сын Ланжевена Андрэ так писал в своих воспоминаниях: "Можно ли удивляться тому, что дружба Ланжевена с Марией Кюри, их взаимное восхищение и общность через много лет после гибели Пьера Кюри превратилась в глубокое чувство, привязавшее их друг к другу" [4].

Письма Марии Кюри к Полю Ланжевену остались одним из самых прекрасных свидетельств их пылкой души. Письма были написаны через пять лет после гибели Пьера и никогда еще в любовной переписке не играло таким чистым огнем чувство женщины. Не будем их цитировать. Парижские журналисты поступили подло, бросив на суд обывателей, читателей газетных сплетен, чистейшее чувство чистейшей женщины.

Ланжевен жил в семье сложной жизнью, когда к масштабам великого человека привыкают постепенно. Он чувствовал себя иной раз несчастным. Он любил своих детей, легко переносил безденежье и стремился восстановить семейный баланс многочисленными совместительствами на кафедрах и чтением лекций. Но он был прежде всего ученым. И очень обаятельным человеком. Жанна гордилась им, стремилась поддержать гостеприимство их дома, хотя ежедневная погоня за десятью франками заставляла ее все чаще вспоминать о том, что в промышленной фирме Ланжевен получал бы вчетверо больше. Вчетверо больше денег — на семью, где кроме четверых детей жила еще мать Жанны, владевшая небольшой лавкой, что, как ей казалось, давало ей право быть недовольной зятем. Увы, нехитрая игра цифр в жизни семьи бывает грустной причиной разладов. Впрочем, дальнейшие события показали, что

³ Обстоятельства, сопутствующие истории отношений между Марией Кюри и Полем Ланжевенем были освещены в книге Франсуазы Жиру, вышедшей под названием "Достойная женщина" [58].

Жанна вовсе не была заурядной женщиной. Она тоже бросила вызов обществу, желая вернуть мужа.

В августе 1911 г. Ланжевен поехал в Англию, взяв с собой мальчиков: Жана и Андрэ. Мария уехала на каникулы в Польшу со своими дочерьми. Это был сложный период в их жизни.

29 октября 1911 г. открылся Первый Сольвеевский конгресс физиков, посвященный проблеме квантов. Об этом мы уже писали. На известной фотографии, получившей шутовское прозвище "Групповой портрет с квантом", мы видим Марию Кюри, сидящую между Анри Пуанкаре и Жаном Перреном. За ней стоят: Эйнштейн, Ланжевен, Резерфорд, Камерлинг-Оннес, Макс Планк и другие. В эти же дни одна из парижских газет тиражом 750 тыс. экземпляров помещает на первой странице статью, озаглавленную "Любовная история мадам Кюри и профессора Ланжевена".

...В поисках злочной информации, репортер Фернан Хаузер набрел на слухи, распространяемые в Париже о том, что "польская авантюристка, которая сделала какое-то научное открытие, разрушила семью добропорядочного французского профессора Ланжевена". Согласно этой версии, Ланжевен бежал из Франции, оставив в неизвестности безутешную жену.

Удачливому репортеру удается проникнуть в дом Ланжевена в то время, когда Поль находился на Первом Сольвеевском конгрессе физиков. Журналист застаёт в доме только тещу, счастливую обладательницу небольшого магазинчика. В беседе с этой дамой репортер делает небрежные заметки в своей записной книжке: вместо четырех детей Ланжевена, он помечает — шесть; вместо истинного местонахождения ученых, он выдвигает загадочные предположения о таинственном исчезновении беглецов. Зато он узнает от тещи, что ее сыну удалось взломать секретер Ланжевена и завладеть письмами мадам Кюри.

После первой корреспонденции о нравах ученых, "делом Ланжевена—Кюри" заинтересовался ярый националистический орган "Аксьон франсез". (Военизированная организация с этим же названием стала в 30-е годы ядром французских фашистов.) К журналу "Аксьон франсез" присоединяется "Эвр", где делает карьеру старый знакомый Ланжевена по Нормальной школе профессор философии Гюстав Тери. Его статья "Обращение

к французским матерям" написана особо гнусно. Она стала призывом к общественной травле Марии Кюри. Вернувшись из Брюсселя, Ланжевен решает вызвать Тери на дуэль.

Взволнованная скандалом, жена Ланжевена пыталась остановить свору газетчиков, но поздно. Ланжевен решил драться на дуэли с "маленьким профессором": "Я решил заставить Тери принять вызов. Хотя он — идиот, я должен это сделать". "Маленький профессор" был трусоват, но вызов принял.

Секундантами Ланжевена были математик Поль Пенлеве (будущий премьер-министр) и Халлер, директор Школы промышленной физики и химии. 25 ноября в 11 часов утра два человека в черных костюмах и цилиндрах сближаются на расстояние 25 шагов. Ланжевен медленно поднимает пистолет, но Тери неожиданно опускает оружие. Он отказывается стрелять. Дуэль окончена.

Поль Ланжевен звонит приятелю из телефона-автомата.

— Я жив, — говорит он. — Мне не пришлось пустить в ход оружие. Не могу же я стрелять в безоружного человека! (Все, кто помнит Ланжевена по армейской службе, утверждают, что он был одним из лучших стрелков.)

Гюстав Тери давал различные объяснения своему поведению на дуэли. Он бросил журналистам две эффектные фразы: "Я не хотел стрелять в сердце французской науки!" — и — "Я не хотел оставлять мадам Ланжевен вдовой!"

После газетных публикаций для Марии Кюри настали черные дни. Толпа под окнами вопила: "Вон из Франции разрушительницу семейных очагов!" В окно бросили булыжник. Мария с детьми нашла приют в доме Борелей, которые переселились в профессорскую квартиру Нормальной школы на улице Ульм. Казалось бы, она в безопасности. Но декан Сорбонны Поль Аппель, отец Маргариты, опасался за научную репутацию своего зятя Эмиля Бореля и возражал против того, чтобы Мария Кюри жила в их доме.

— Сорбонна в огне и в дыму! — восклицал почтенный декан по поводу взрыва общественного мнения, связанного с личной жизнью мадам Кюри, и попросил свою дочь предложить Марии Кюри переменить место

убежища. Однако в ответ он услышал, что если математик Поль Аппель откажет в поддержке физику Марии Кюри, то он никогда больше не увидит своей дочери. Угроза подействовала.

Тем временем Мария сама перешла в наступление. Взяв адвоката, она публикует в печати заявление, в котором утверждает, что пресса развернула кампанию диффамации, и если авторы статей не принесут ей свои извинения, она взыщет с редакций штраф за клевету, а полученную сумму вложит в фонд помощи фундаментальным научным исследованиям.

Заявление Марии Кюри было поддержано виднейшими учеными. Парижская пресса бьет в набат. Журналисты один за другим приносят Марии Кюри свои извинения. Но измученная женщина нуждается в отдыхе и принимает приглашения английских друзей: супругов Резерфорд и Гертруды Айртон. Леди Айртон — исследовательница газового разряда — известна поколениям студентов знаменитой "падающей" вольтамперной характеристикой дугового разряда, которую и московские студенты с удовольствием называли "уравнением леди Айртон".

Гертруда Айртон была не только образованной английской леди, но отчаянной феминисткой, сторонницей борьбы за права женщин в любой области общественной жизни. Ее борьба была вызвана реальными событиями: ученые Кембриджа проголосовали против приема женщин в исследовательские институты и победа distinguished английских ученых при голосовании за неучастие женщин в науке ознаменовалась факельным шествием мужчин по старинным улочкам Кембриджа. Гертруда Айртон участвовала в походе английских феминисток к Букингемскому дворцу и была задержана полицией.

Узнав о тяжелом положении Марии Кюри, она предложила ей свое гостеприимство, попросив Марию только о том, чтобы она поставила свою подпись под очередным воззванием сторонниц женского равноправия. Мария Кюри с удовольствием это сделала, впервые поставив свою подпись под политическим документом.

Из Парижа приходят хорошие известия: Ланжевен получил разрешение на развод с сохранением права воспитывать своих детей. Вернувшись во Францию,

Мария принимает польскую делегацию во главе с писателем Сенкевичем. Поляки от имени правительства приглашают Марию Склодовскую-Кюри переехать в Польшу, где ей обещают создать Институт радия. Мария хотела бы вернуться на родину, но она слишком тесно связана с Францией...

Наконец, происходит самое непредвиденное событие: Марии Кюри присуждена вторая Нобелевская премия, на этот раз за открытие радия. В истории науки, кроме Марии Кюри только американец Джон Бардин получил две Нобелевские премии: в 1956 г. за изобретение германиевого транзистора и в 1972 г. за теорию сверхпроводимости. Но в жизни М. Кюри произошел глубокий надлом. Она болеет. У нее мало сил для счастья и для создания уюта в новых условиях. Выигранное с французским обществом сражение оказывается бессмысленным по сравнению с обыкновенным человеческим счастьем, которое уже было у нее в руках... Через два года начнется первая мировая война. Быть может, именно война была виновата в том, что Мария Кюри и Поль Ланжевен расстались навсегда? Не осталось ни одной строки, которая подтвердила бы какое-либо предположение о том, почему завоеванная с таким трудом взаимная любовь этих двух удивительных людей угасла, сохранив для них только дружбу...

Г л а в а 10

Физические и технические идеи в изобретательстве Ланжевена и Шилковского

Война 1914-1918 г. потребовала от французских ученых отдачи усилий обороне страны. Мария Кюри выехала на передовую линию фронта в своей "машине номер один". Совместно с Жаном Перреном ею созданы рентгеновские передвижные установки для обслуживания фронтовых госпиталей, Мария Кюри участвует в рентгенографии при проведении хирургических операций. На дорогах она попадает под бомбежку. Во время одной из них машина опрокидывается, и Мария оказывается в придорожной канаве. Испуганный шофер,

придя в себя, подбегает к ней, но, к своему изумлению, видит, что Мария Кюри смеется. Ее не покидает ни мужество, ни чувство юмора. В свои фронтовые поездки Мария Кюри брала 16-летнюю дочь Ирэн.

Ланжевен ненавидел войну. Он всю жизнь хранил вырезанный из газеты рассказ Мопассана, в котором подчеркнуто: "...когда я задумываюсь над этим словом "война", мною овладевает смятение, словно говорят о чем-то мерзком, чудовищном, противоестественном"... Но Ланжевен был патриотом. В 1914 году ему было 42 года и его призвали на строительство мостовых сооружений. Он считал это своим долгом.

Он пишет письма, полные отчаяния: армия плохо вооружена. Ученые постепенно включаются в военные разработки. Эмиль Борель и Эме Коттон работают над улучшением наводки орудий; друзья не могут согласиться с тем, что идеи такого ученого, как Ланжевен, не исползуются для обороны.

И вот сержант Ланжевен получает письмо от Марии Кюри и Жана Перрена.

22 января 1915 года.

Дорогой Поль, вот мы и в Дюнкерке, совершенно приличной гостинице, где мы, наконец, сделали привал...

Мы считаем, что ты непременно должен заняться практическим внедрением своего акустического метода... Сейчас трудные времена. Каждый обязан отдать стране лучшее, что он может. Ты можешь и должен сделать многое... Мы знаем твою храбрость, но прежде всего ты физик, и ты можешь принести пользу большую, чем тысячи сержантов... [4].

Научные идеи Ланжевена приобретают оборонное значение. В это же время председателем Комитета по применению науки в целях национальной обороны назначен математик Пенлеве. Он привлекает Ланжевена к научным исследованиям.

Германские подводные лодки наносили флоту союзников тяжелые потери. Появление их всегда было неожиданным и смертоносным. Никаких средств для обнаружения подводного противника практически не существовало. Ланжевен высказал однажды предположение о возможности следить за подводными лодками противника с помощью акустических сигналов, распространяемых под водой. Идея эта "носила в воздухе", но самым главным была не идея, а способ ее реализации. Пенлеве познакомил Ланжевена с русским эмигрантом Константином Васильевичем Шиловским, который предлагал французскому флоту способ создания ультра-

звуковых сигналов, распространяемых под водой.

... Перед Ланжевром стоит изможденный человек с глубокими глазами. Он изучающе смотрит на француза. Теперь они будут работать вместе. Два изобретателя, люди разной национальности. Как будут развиваться их общие идеи?

Константин Васильевич Шиловский — одна из самых ярких фигур в истории русского революционного движения и отечественного изобретательства. "Судьба К. В. Шиловского сложна, порой блистательна, во многом печальна и поразительна" [59, с. 6].

Он родился в Рязани в дворянской семье, и уже в юности начал активную революционную деятельность. Шиловский проявил необычайную изобретательность и отвагу в распространении подпольной литературы, был неоднократно арестован и прославился дерзким побегом из архангельской тюрьмы. Его призвание, как изобретателя, обнаружилось очень рано, но научное обоснование его идеи приобрели во время учения в Страсбургском университете, где он находился под большим влиянием таких крупных русских физиков, как Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси. Позднее он сотрудничал и дружил с сыном Жана Перрена — Франсисом Перреном.

Не касаясь замечательных изобретений К. В. Шиловского, сделанных им в Швейцарии, приведем сразу удивительный документ: записку, представленную К. В. Шиловским в декабре 1914 г. правительству Франции "О возможности видения под водой" [59, с. 46].

Принцип.

Если взять совершенно плоскую пластину размером $1 \times 1,5$ м, полностью погруженную в воду, и заставить ее колебаться с частотой до 100 кГц, то она начнет излучать в воду поток механической энергии, которую мы можем назвать "ультразвуковой". Все то, что известно о распространении звука в воде, приводит нас к заключению, что коэффициент поглощения звуковой энергии в воде будет очень мал, намного меньше, чем для света, и как следствие данная энергия будет распространяться под водой со скоростью звука на очень большие расстояния. Поскольку длина волны данных колебаний в воде будет приблизительно равна 1 см, т.е. в 100 раз меньше, чем размеры поверхности прожектора, звук не будет распространяться во всех направлениях (как звук колокольчика под водой), быстро теряя свою интенсивность, а будет излучаться почти полностью, за исключением своей незначительной части, в направлении, перпендикулярном к излучающей пластине, почти без потерь интенсивности, в виде узкого конуса, как луч света прожектора... На расстоянии в километр от излучающей пластины

интенсивность сконцентрированной ультразвуковой энергии будет во много раз больше, чем в случае, когда пластина излучала бы то же самое количество звуковой энергии равномерно по всем направлениям.

Таким образом, есть возможность, поворачивая вибраторную пластинку, расположенную на подводной части корабля, излучать по всем направлениям потоки ультразвуковой энергии, настоящие лучи "механического света", как мы ее можем называть, освещая мрак под водой, рассеивая его и ища там то, что надо найти: мины, подводные лодки и т.п. Попадая в луч этого "механического света", мина, подводная лодка начинают "блестеть", отражая этот "свет", во всех направлениях...

1) практическая реализация данных принципов натолкнется на препятствия механического характера, совершенно очевидные...

2) установка впереди корабля или на одном из его бортов на подводной части прожектора с большой поверхностью, вращающегося по всем направлениям, затруднительна, а иногда совершенно невозможна для скоростного корабля;

3) трудности создания достаточно чувствительного устройства для приема отраженного "света".

Понимаю, что трудности огромны, но преодолимы. На разрешение этих трудностей и направлено мое изобретение.

Проекты, разработанные К.В. Шиловским, были направлены в комиссию по изобретениям, возглавляемую Полем Пенлеве. К.В. Шиловского пригласили во Францию и предложили продолжить работы в сотрудничестве с Ланжевром в его лаборатории Школы промышленной физики и химии. В качестве генератора незатухающих колебаний был использован радиотелеграфный генератор на дуговой лампе. Основная трудность заключалась в разработке конструкции ультразвукового излучателя. Ход работ Ланжевена и Шиловского неоднократно описывался: они начали с электростатического, конденсаторного излучателя. Для усиления звука в приемном устройстве микрофон помещался в центре параболического зеркала, использованного еще в опытах Ампера 1834-1835 гг. Первые испытания гидролокатора проводились в Париже: подводный сигнал передавался с левого берега Сены на правый. После успешных результатов в Париже Ланжевен перенес работу исследовательской группы в Тулон, чтобы работать в морской среде. Электростатический преобразователь работал на расстоянии до 2 км.

Оба изобретателя подписали договор об условиях сотрудничества в области исследования методов видения под водой, а 29 мая 1916 г. подали заявку на патент "Способы и устройства для генерирования направленных подводных сигналов для дистанционного

обнаружения подводных препятствий". Последовательная доработка конденсаторного излучателя привела к различным вариантам этого устройства. По существу, это была серия технических изобретений. К. В. Шиловский, как изобретатель, был, скорее, склонен к замечательным техническим свершениям, чем к фундаментальным физическим идеям.

Ланжевен, много лет размышлявший над научным наследием Пьера Кюри, решил положить в основу гидролокатора пьезоэлектрический эффект. "Работы П. и Ж. Кюри показали, — писал он, — что сжатие кристаллов кварца в направлении бинарной оси вызывает электрическую поляризацию в том же самом направлении и, наоборот, наложение электрического поля в этом направлении сопровождается сжатием или расширением, идущим параллельно направлению поля" [II, с. 569]. Новый физический принцип в изобретении всегда открывает возможность революционных преобразований в промышленности. Кварцевый излучатель Ланжевена открыл новую отрасль техники: позволил получать значительно большие мощности излучения при компактности приборов и простоте их эксплуатации.

"Интенсивность тока может стать особенно большой, если самоиндукция проводника и емкость конденсатора с кварцевой пластинкой, с которой он соединен, таковы, что частота колебаний образованной таким образом электрической цепи равна частоте периодического сжатия. Этим путем получают усиление благодаря резонансу, которым мы воспользуемся при приеме ультразвуковых сигналов" [II, с. 576].

Первые эксперименты Ланжевен провел с пластинкой кварца, которую отшлифовали Пьер и Жак Кюри. Кристаллы кварца были использованы и в передающем, и в приемном устройстве. Поскольку кварцевые пластинки средней толщины имеют слишком высокие резонансные частоты и поэтому непригодны для подводного вибратора, Ланжевен клеивал кварцевую пластинку толщиной в несколько миллиметров между двумя массивными стальными плитами. Толщина этих плит была выбрана с таким расчетом, чтобы общая частота всего "сэндвича" достигала желаемой величины. 18 мая 1917 г. в Тулоне Ланжевен продемонстрировал Резерфорду свой действующий макет гидролокатора.

Мы не будем касаться вопросов, связанных с

приоритетом и оформлением патентов. Сегодня проблемы изобретательства все больше связаны с физикой, и ретроспективная оценка прошлого показывает, какую решающую роль в истории техники играет внедрение нового физического принципа в предмет изобретения. Было подсчитано даже, что современная физика знает 5000 явлений, но только 150 из них становятся известны инженеру, закончившему институт. Технические изобретения, как бы талантливы они ни были, редко дают такой решающий поворот, какой сопутствует физическому изобретательству. У Ланжевена было множество изобретений, хотя, по свидетельству его учеников, он редко оформлял на них патенты. Ультразвук, начавшись с "изобретения века", стала отраслью, вторгшейся в жизнь общества, и рассмотрение ее ответвлений не входит в задачу автора. Сын Ланжевена — Андрэ — стал известным исследователем ультразвука и, несмотря на его скромность, на страницах книг, посвященных его отцу, можно найти немало описаний интересных исследований Андрэ Ланжевена. Он продолжал в Школе промышленной физики и химии курс лекций об ультразвуке, начатый его отцом. В этом же направлении работал и ученик Ланжевена академик Пьер Бикар, опубликовавший серию статей, опирающуюся на курс лекций Поля Ланжевена. И если Константина Васильевича Шилковского можно считать основателем гидроакустики, то Ланжевен является основоположником новой главы физических явлений — ультразвуки.

Г л а в а 11

Ланжевен и Сольвеевские конгрессы физиков

Два физика, ставшие антиподами в самом главном принципе науки — причинности — Макс Борн и Поль Ланжевен написали книги под сходным названием: "Физика за последние пятьдесят лет" и "Физика за последние двадцать лет" [33, 22]. Макс Борн, отстаивавший в течение многих лет право отказаться от причинности в науке, писал: "В 1921 году я был убежден, и это убеждение разделялось большинством

моих современников-физиков, что наука дает объективное знание о мире, который подчиняется детерминистическим законам. Мне тогда казалось, что научный метод предпочтительнее других, более субъективных способов формирования картины мира... В 1951 году я уже ни во что не верил. Теперь грань между объектом и субъектом уже не казалось мне ясной; детерминистические законы уступили место статистическим. И хотя в своей области физики все страны хорошо понимали друг друга, они ничего не сделали для лучшего взаимопонимания народов, а напротив, лишь помогли изобрести и применить самые ужасные орудия уничтожения" [33, с. 7].

Поль Ланжевен не меньше Макса Борна вложил усилий и таланта в то, чтобы уберечь человечество от губительного применения достижений науки. Но он до конца своих дней оставался приверженцем принципа причинности. При этом он, как и Макс Борн, был убежден, что вероятность — фундаментальное понятие в физике. Оба они — классики современной статистической науки. Ланжевен разрабатывал классическую статистику, Макс Борн был одним из основателей квантовой механики.

Какие же события произошли в науке, начиная с первого десятилетия нашего века? Обычно отсчет ведут с Первого Сольвеевского конгресса физиков 1911 г. Протоколы этих конференций, отразившие этапы ломки и созидания новой философии природы, станут когда-нибудь летописями человеческой цивилизации, которые нашим потомкам придется расшифровывать, как письменность народности майя. Но пока еще свежи впечатления от новаторских проблем, свободных дискуссий, в которых действуют и новые объекты науки, и яркие характеры крупнейших ученых современности. Первым президентом этих конгрессов был Лоренц. После его кончины руководителем Сольвеевских конгрессов физиков стал Ланжевен.

Поводом для первой встречи ведущих европейских теоретиков послужил "квантовый кризис в физике", когда противоречия между классическими представлениями Максвелла, Лоренца и гипотезой Планка о существовании дискретных порций энергии привели к тому, что, по выражению самого Планка, состояние теории стало невыносимым для каждого настоящего теоре-

тика, и что отсюда вытекает необходимость объединиться и совместно подумать, как помочь делу...

Выход нашелся. Материальные средства для конгрессов физиков дал бельгийский инженер-химик Эрнест Сольвей, изобретатель аммиачного способа производства соды. Посредником между учеными и богатым предпринимателем стал Вальтер Нернст. Он вступил в переписку с физиками. Программа первой конференции была составлена Планком и Лоренцом и была названа "Теория излучения и кванты". "Квантовый кризис", как известно, возник в результате "тупиковой ситуации" при описании закона излучения абсолютно черного тела. В конце XIX в. "самым модным" было исследование излучений, которые исходят из раскаленных твердых тел. Помимо того, что эта проблема имела большое значение для техники производства ламп накаливания, ожидалось, что из ее решения последуют глубокие теоретические выводы. Кирхгоф доказал, что излучения, исходящие из раскаленного горна через маленькое отверстие, должны давать спектр неизменного вида, совершенно не зависящий от природы вещества, помещенного в горне, или от материала самого горна.

Ожидалось, что исследование "излучения полостей" даст выводы относительно общих особенностей всякого излучения, и это ожидание оправдалось. Однако классическое уравнение излучения абсолютно черного тела упиралось в неразрешенное противоречие, которое можно было попытаться разрешить только если допустить небывалое предположение: энергия колеблющихся частиц в горне изменяется благодаря излучению не непрерывно, а дискретно, скачками, причем отношение кванта энергии, переданного при каждом скачке к частоте колебаний излучению или поглощению света представляет собой неизменную универсальную константу. На эту гипотезу Планка вдохновил никто иной, как Людвиг Больцман. Однако значение новой константы не сразу было понято физиками. По существу, она оказалась в одном ряду с зарядом электрона и скоростью света.

На Первый конгресс 1911 г. Ланжевен был приглашен в качестве докладчика и, как уже упоминалось, обсуждался его доклад "Кинетическая теория магнетизма и магнетон". Тогда же Марсель Бриллюэн

рекомендовал его помощником секретаря конгресса, Мориса де Бройля, который был профессором в Коллеж де Франс, где заведывал кафедрой Поль Ланжевен. Впоследствии Морис де Бройль, привлечший своего брата-историка Луи в физику, рекомендовал ему в качестве научного руководителя Ланжевена, "ясный и мощный ум которого не знает равных". Во время работы конгресса Ланжевен проявил также свои способности к языкам и перевел на французский язык все немецкие и английские доклады. В собственном мировоззрении Ланжевена проблемы Первого Сольвеевского конгресса нашли яркое выражение в обзоре, названном "Физика прерывности" [1].

Два года, прошедших между первым и вторым конгрессами, были отмечены двумя чрезвычайно важными открытиями: обнаружением дифракции рентгеновских лучей в кристаллах Максом Лауэ и созданием первой квантовой теории атомной структуры с центральным ядром (модель Резерфорда) Нильсом Бором. Конгресс проходил в Брюсселе с 27 по 31 октября под названием: "Структура материи". В кратком очерке о роли Ланжевена в истории Сольвеевских конгрессов направляющей линией могут быть исследования историка О. А. Старосельской-Никитиной, которая по изданной в то время рукописи Ж. Пельсинера [57] проследила этапы деятельности Ланжевена и опубликовала ряд статей, включенных в одну из глав ее книги [2, с. 155-181]. После издания этой биографии Ланжевена, во французском журнале "La Pensée" в 1966 г. появилась неопубликованная переписка Ланжевена, относящаяся к тому периоду, когда он принимал участие в организации Сольвеевских конгрессов [39]. Его письма с комментариями Андре Ланжевена не вносят существенных изменений в то, что уже известно о его выступлениях, однако эти новые материалы использованы здесь, как уточняющая информация.

Из переписки между Эйнштейном и Ланжевенном можно было убедиться в том, что их дружба началась после встречи на Втором Сольвеевском конгрессе. В прениях по поводу термодинамической теоремы Вальтера Нернста выяснилась связь между гипотезой о невозможности достичь абсолютного нуля при помощи конечных изменений системы и экспериментальной проверкой закона парамагнетизма Ланжевена.

Так называемое третье начало термодинамики немецкого физика Нернста, выдвинутое впервые в 1906 г., может быть раскрыто в двух формулировках: 1) изменение энтропии при любых обратимых изотермических процессах, совершаемых между двумя равновесными состояниями при температурах, приближающихся к абсолютному нулю, стремится к нулю; 2) при помощи конечной последовательности термодинамических процессов нельзя достичь температуры, равной абсолютному нулю.

Термодинамические рассуждения Эйнштейна и Ланжевена на Втором конгрессе свелись к тому, что именно Эйнштейн придал формулировке Нернста характер второй формулировки и развил из нее термодинамические следствия. В ходе выступлений Эйнштейна и Ланжевена наметились пути проверки гипотезы Нернста, исходя из возможности нарушения закона Кюри-Ланжевена при низких температурах. Эксперимент должен был ответить на вопрос, "влечет ли за собой степень геометрической упорядоченности разность энтропии при абсолютном нуле. Положительный ответ заставит отбросить почти все сомнения в точности теоремы Нернста".

После выступления Камерлинг-Оннеса о состоянии исследований в области низких температур Ланжевен выразил надежду, что предположение Нернста подтвердится: "Мне кажется, что результатом некоторых моих попыток определить вероятность распределения молекул в объеме с учетом их взаимодействия был тот вывод, что единственным возможным состоянием равновесия при абсолютном нуле является правильное распределение в форме кристаллической решетки; в этих условиях уже нет вопроса о вероятности или, вернее, вероятность равна единице, а энтропия — нулю, как предполагает Нернст" [2, с. 161]. Исследование физических явлений в области самых низких температур было начато Камерлинг-Оннесом, когда в 1908 г. ему удалось впервые оживить гелий. К сожалению, Ланжевену не удалось сотрудничать с Камерлинг-Оннесом, но программа исследований парамагнетиков при низких температурах, составленная Ланжевром, обсуждалась в 1920 г. комиссией Международного института холода в составе Камерлинг-Оннеса, Эренфеста, Эйнштейна, Ланжевена, Лоренца и Вейса.

Второй Сольвеевский конгресс физиков проходил через несколько месяцев после завершения Нильсом Бором его квантовой теории планетарной модели атома Резерфорда. Теория Бора разрешила загадку атомной стабильности, объяснила таинственные спектральные серии и основные характерные черты периодической системы. Бор раньше других глубоко осознал, что появление теории кванта означало новый род естественной философии. Однако только по прошествии 12 лет идеи Бора были полностью восприняты развивающейся наукой и подтверждены экспериментами. К осени 1913 г., когда началось заседание Второго конгресса, существовал первый вариант теории Бора, который приближался к описанию атома водорода. "Следовало после этого перейти ко второй клеточке периодической системы", — шутливо заметил Андрэ Ланжевен. Впоследствии теория Бора достигла поразительных успехов в объяснении устойчивости атомов, структуры атомных и молекулярных спектров, периодической системы элементов и многих других свойств вещества.

На Втором конгрессе историческое событие, ознаменовавшееся проникновением гениальной физической теории во внутриатомные процессы, оказалось замаскированным консервативным докладом Дж. Дж. Томсона, оставшемся на позициях своей бесперспективной модели атома (сферические электронные оболочки внутри положительно заряженной сферы).

Выступая с критикой доклада Дж. Дж. Томсона, Ланжевен считал главным пороком его атомной модели базирование ее на законах классической динамики. В связи с сопоставлением классической и релятивистской динамики Ланжевен выступил вторично и изложил свой подход к закону эквивалентности массы и энергии, объясняющему "дефект масс" в элементах периодической системы: отношения целых чисел определяются количествами освобождаемой или поглощаемой энергии во время атомных превращений путем самопроизвольного распада или путем воссоединения первичных элементов. Как уже упоминалось, объяснение Ланжевена не учитывало изотопов, которые дают больший вклад в отношение от закона Праута, чем непосредственный дефект масс, обязанный своим происхождением ядерным реакциям.

Война 1914 года оборвала международные связи ученых: наука, казалось, была рассечена шовинистическим антагонизмом враждующих государств. Германские ученые подписали злополучный "Манифест 93-х", который на много лет отбросил их от участия в Сольвеевских конгрессах. Под этим "манифестом" нет только подписи Эйнштейна. Но и его после победы союзников над Германией некоторое время не приглашали на заседания конгрессов, как одного из ученых "враждебной страны". Поль Ланжевен вмешался в неестественную изоляцию немецких ученых от деятельности конгрессов и, благодаря его хлопотам, присутствие крупнейших физиков было разрешено Научным комитетом. Во время войны и в 20-е годы Ланжевен пытался поддерживать пацифистскую переписку с немецкими учеными. В разгар первой мировой войны, когда немецкий химик Хабер занимался разработкой отравляющих газов, а французские физики, в том числе Ланжевен, работали по заданиям Артиллерийского центра в Сент-Тома и под руководством Ланжевена создали ультразвуковую защиту от подводных лодок, немецкий теоретик Зоммерфельд переправил Ланжевену через Швейцарию краткое письмо [39].

А. Зоммерфельд
Институт теоретической физики
Мюнхенский университет
Людвигштрассе 17

Глубокоуважаемый коллега,

Я надеюсь, что, учитывая международную обстановку, Вы простите мне опоздание, с которым я посылаю Вам свой доклад, намеченный к 1914 году. Прилагаю также в двух экземплярах ту работу, на которую я ссылаюсь в своем докладе. Надо надеяться, что события этого года не уничтожат все научные международные связи.

С наилучшими пожеланиями. Преданный Вам

А. Зоммерфельд

Понадобилось время, чтобы восстановить нарушенные войной научные контакты. Научный комитет Сольвеевских конгрессов собрался 30 марта 1920 г. Третий конгресс должен был состояться весной 1921 г. На этот раз в центре программы стояла теория планетарного атома Нильса Бора. "Атомы и электроны" — под таким названием Третий конгресс вошел в историю науки.

Научные события, происшедшие за этот период известны. Начиная с 1915 г. Резерфорд приступил к

программе экспериментальных исследований, приведших к искусственному расщеплению ядра. Английский ученый Мозли доказал своими исследованиями рентгеновских лучей, что в области очень коротких волн излучение и поглощение спектральных линий может быть описано определенным рядом последовательных чисел. Закон Мозли утверждает, что корень квадратный из частоты характеристического рентгеновского излучения элемента и его атомный номер связаны линейной зависимостью. Исторически закон Мозли позволил окончательно подтвердить, что место элемента в периодической системе определяется зарядом ядра, а не атомной массой. Закон Мозли подтверждал теорию Бора.

За это же время сотруднику Дж. Дж. Томсона Астону удалось создать масс-спектрограф, который стал инструментом доказательства существования изотопов и дефекта масс, предсказанного Ланжевеном.

Бор снова не смог присутствовать на конгрессе, на этот раз из-за болезни, но его доклад был представлен Эренфестом в двух частях, с подробными пояснениями. Первая часть доклада называлась "Применение квантовой теории к атомным проблемам", вторая "О принципе соответствия". Эренфест сумел с присущей ему тонкостью и глубиной воспроизвести идеи Бора. Но дискуссионная атмосфера, сопутствовавшая появлению принципа соответствия возникла позже. Между тем философия новейшей физики приобрела в нем необычный гносеологический подход. Принцип соответствия, понимаемый в узком смысле, представляет собой постулат квантовой механики, требующий совпадения ее физических следствий в предельном случае больших квантовых чисел с результатами классической теории. В мировом смысле, принцип соответствия содержит следующее более общее положение. Любая новая теория, претендующая на более глубокое описание физической реальности и на более широкую область применимости, чем старая, должна включать последнюю как предельный случай. Так, релятивистская механика в пределе малых скоростей переходит в ньютоновскую.

Необходимо подчеркнуть, что этот подход можно проследить буквально в любой работе Ланжевена: и в теории подвижности ионов, где рассматривается схо-

димостью предельных случаев, и в ревизии кинетической теории Максвелла—Больцмана, где он показывает частное решение Максвелла как предельный случай выведенного им обобщенного закона динамического взаимодействия между частицами, и в выводе закона эквивалентности массы и энергии, когда синтез закона сохранения энергии и релятивистской кинематики приводит к теореме инерции энергии, а присоединение к закону сохранения ньютоновской кинематики возвращает нас к классическим уравнениям. Наконец, квантовые поправки к ланжевеновской теореме диа- и парамагнетизма легко сводимы к предельному случаю, отвечающему исходным предпосылкам Ланжевена, учитывающему "слабоструктурированный атом", т. е. распространяя классическую статистику только на внешние оболочки. Остается добавить, что это интуитивное допущение Ланжевена спасло его теорию от противоречивости: согласно теореме Бора—Ван Левена, в рамках классической статистической механики заряженных частиц нельзя полностью объяснить ферромагнетизм, парамагнетизм и диамагнетизм, поскольку эти явления обусловлены квантовыми свойствами составляющих вещество частиц. Методология всех теоретических исследований Ланжевена, по существу, неявно учитывала принцип соответствия.

В программе Третьего Сольвеевского конгресса физиков было намечено шесть докладов:

1. Классическая теория электронов и ее применение к теории излучения, испускания и поглощения. Границы применимости теории (докладчик Лоренц).

2. Структура атома, его заряд и структура ядра. Проблема изотопов (докладчик Резерфорд).

3. Применение квантовой теории к структуре атома; уравнение эквивалентности массы и энергии Эйнштейна (докладчик Морис де Бройль).

4. Принципы теории Бора в применении к объяснению спектров и поведения электронов внутри атома (докладчик П. Эренфест).

5. Электроны в явлениях магнетизма и в гироскопических эффектах (докладчик В. Дж. де Хаас).

6. О попытках объяснить явления пара- и диамагнетизма при низких температурах (докладчик Камерлинг-Оннес).

На этом конгрессе впервые был Леон Бриллюэн, который первый предпринял попытку применить квантовую теорию к физике металлов.

На Третьем конгрессе наиболее ярко выступил Ланжевен в прениях по поводу размеров электрона, а также критикуя гипотезу Лоренца о существовании

защитной поверхности вокруг атома. Анализируя доклад Резерфорда, Ланжевен выявил недостаточность его картины строения атома вследствие отсутствия динамики, которая должна лежать в ее основе. Переведя на "язык динамики" представление Резерфорда, он открыл новые возможности проследить за выходом из атома альфа- и бета-частиц с различной кинетической энергией.

Наконец, следует отметить исторический факт первой дискуссии о причинах, вызывающих расщепление ядер. Выступали Резерфорд, Морис де Бройль, Жан Перрен и Ланжевен. Позиция Ланжевена отличалась от взгляда предшествующих докладчиков тем, что он убежденно доказывал необходимость считаться с "вмешательством внутренней случайности".

Широта и фундаментальность идей Ланжевена, его удивительная способность понять собеседника, гибкость в руководстве дискуссией и, наконец, совершенное владение несколькими языками, обратили на него внимание, как на возможного руководителя Сольвеевскими конгрессами.

Лоренц был стар и, хотя бесконечная доброжелательность патриарха электронной физики привлекала к нему всех, кто с ним сталкивался, сам он все глубже уходил в собственные теоретические исследования. Еще в 1919 г. Марсель Бриллюэн написал: "Прежде всего, очевидно, необходима смена поколений и переход к ученым лет на 10-15 моложе. Хотя их и не очень много, но во Франции и Англии можно найти несколько человек: Резерфорд, Таунсенд, Ланжевен, Перрен и другие. Но нужно соблюсти необходимое условие в отношении председателя (я хорошо понял это, поскольку не понимаю разговорную речь ни английскую, ни немецкую). Необходимо, чтобы он очень хорошо понимал, по крайней мере, английский и французский языки и удовлетворительно говорил на том, и на другом. Это ограничивает выбор и сводит его к Ланжевену. Резерфорд, обладающий более высокой интуицией и экспериментальным даром, но гораздо менее глубокими и обширными теоретическими познаниями, — что также имеет известное значение, — мне кажется, не мог бы следовать за дискуссией, ведущейся на двух языках, во всех ее подробностях. У нас Перрен, обладающий замечательной находчивостью, безуслов-

но, не имеет такого практического знания английского языка, каким владеет Ланжевен. Кроме того, у него такой чрезмерный вкус ко всему парадоксальному, что при нем всякая дискуссия запутывается, отклоняется в сторону. Эта склонность, очень занимательная в беседе, иногда плодотворная в лаборатории, была бы губительной при руководстве дискуссией международного характера. Из этого поколения именно Ланжевен обладает глубокими познаниями, способностью быстро усваивать прочитанное, большим здравым смыслом, пределом которого является лишь его энтузиазм; именно он передает своим современникам все точные и глубокие понятия как бы отфильтрованными для использования в их работах..." [2, с.164].

Четвертый Сольвеевский конгресс проходил с 24 по 29 апреля 1924 г. Это был канун создания волновой, или квантовой механики, но центральные проблемы конгресса были очерчены программой: "Электропроводность металлов и сопутствующие проблемы". Среди протоколов конгресса не осталось следов личного вклада идей Ланжевена. Его ученики и сотрудники (в частности, Леон Бриллюэн), пользовались щедрой палитрой его предложений и указаний. Недаром в день юбилея Ланжевена один из них напомнил, что "гениальный человек — это тот, который приобщает к своему гению и меня". Ланжевен был расточителен на идеи, которыми он делился с друзьями и сотрудниками.

Главным этапом в эволюции современной физики стал Пятый конгресс, состоявшийся в октябре 1927 г. Повестка дня была сформулирована кратко: "Электроны и фотоны", но цепная реакция проблем, вспыхивавших в прениях конгресса, превратила эту конференцию в эпохальное событие. Предпосылки Пятого конгресса содержались в теории световых квантов Эйнштейна и в открытии Артуром Комптоном в 1923 г. увеличения длины электромагнитной волны при рассеянии на свободной или слабосвязанной заряженной частице, в частности на электроне, что противоречило классической волновой теории света. Все предвещало предгрозовую атмосферу сражения между консерваторами, приверженцами классической физики, и новаторами. Еще весной 1924 г. на Четвертом конгрессе Ланжевен

рассказывал А.Ф.Иоффе об идеях Луи де Бройля, об электронных волнах. Работа была представлена Ланжевену на присуждение де Бройлю докторской степени. Ланжевен восхищался остроумием и оригинальностью идей де Бройля, хотя, по словам Иоффе, не верил еще тогда в их реальность.

Луи де Бройль, историк по образованию, познакомился с Ланжевену через своего брата Мориса де Бройля. Страсть к физике проснулась в Луи де Бройле после того, как он вернулся из армии. Перед ним раскрылись бездны фундаментальных противоречий, расколовших современную науку. Именно тогда с необычайной смелостью ума, не связанного научными традициями, он допустил предположение, которое можно сравнить с "безумным" новаторством Пикассо в живописи. Луи де Бройль допускал возможность существования волн не только в излучениях, но и в самих материальных частицах материи. Сама сущность электрона заключала в себе волновую природу. Как это противоречило принципам электронной физики, с которой начинал Ланжевен! В беседе с А.Ф.Иоффе, Ланжевен шутливо заметил, что в докторской диссертации Луи де Бройля содержатся совершенно безумные идеи, но они изложены с таким блеском, что он решил допустить работу к защите. Однако тут же отправил работу Эйнштейну, который откликнулся письмом, и при встрече с Ланжевену констатировал рождение нового направления теоретической физики. Напомним еще раз это письмо Эйнштейна Ланжевену:

Дорогой Ланжевен,

Я рад случаю Вам написать, потому что я постоянно вспоминаю наши беседы и хотел бы встретиться с Вами.

Работа Луи де Бройля произвела на меня глубокое впечатление: он приподнял уголок великой завесы.

В моей новой работе я собираюсь обосновать результаты, которые согласуются с принципами де Бройля. Передайте ему, пожалуйста, если Вы его увидите, мое чувство уважения и симпатии. Я включу его идеи в свой курс лекций...

Идеи Луи де Бройля были использованы Шредингером, который показал, что квантовая механика, созданная Гейзенбергом и развитая Борном, Иорданом, Паули может быть выражена на языке волновой механики.

Не касаясь здесь сложных вопросов, связанных с историей квантовой механики, заметим, что квантовая и волновая механика ввели в науку чисто вероят-

ностное представление о состоянии частицы. В уравнениях новой физики фигурировали не характеристики самой частицы, а функция, описывающая вероятность нахождения этой частицы в некотором конкретном состоянии.

Мало того, само вероятностное распределение частиц по этим состояниям перестало подчиняться статистике Максвелла—Больцмана, на которой строил свои работы Ланжевен. Смысл этой перемены заключался в том, что в явлениях микромира, внутри атома, частица теряла свою индивидуальность, переставала быть различимой.

Если в ионных процессах и в теории магнетизма заряженные частицы и электроны, перемещавшиеся на обочине атома, могли быть различимы и индивидуализированы, то внутри атома они оказывались "безличными" и подчинялись новому статистическому закону, вытеснившему статистику Максвелла—Больцмана.

На Пятом Сольвеевском конгрессе физиков Ланжевен и Эйнштейн участвовали в оценке двух законов статистического распределения частиц: Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака. Из выступления Ланжевена можно было сделать вывод: статистика Бозе—Эйнштейна применима для молекул, а статистика Ферми—Дирака — для электронов и протонов.

Ланжевен живо откликнулся на проблему индивидуальности частиц; после конгресса сделал интересное признание в одном из докладов: "Признаюсь, когда мне приходилось излагать эту статистическую механику перед моими слушателями в Коллеж де Франс, меня несколько смущала непоследовательность, с которой мы, с одной стороны, утверждаем, что частицы тождественны и, следовательно, неразличимы между собой, а с другой — приписываем им индивидуальность..."

Но не только индивидуальность частиц была причиной кризисной ситуации в физике. Ланжевен и Эйнштейн стали свидетелями и участниками раскола философского мировоззрения физики на два течения: детерминисты и индетерминисты. Вероятностное толкование процессов в микромире и появление принципа неопределенности Гейзенберга поставили науку перед необходимостью пересмотреть привычное представление о причинности явлений.

Принцип неопределенности утверждал, что невозможно одновременно определить координату и импульс. Неизбежная ошибка имеет порядок величины постоянной Планка. Эта принципиальная неопределенность в описании явлений микромира вытесняла из науки однозначность измерений, точное определение причинности. Вероятностный характер математического аппарата квантовой механики еще более усугубил кризис: последовательность событий ускользнула от точной фиксации.

Ланжевен не пришел к окончательному философскому синтезу на Пятом конгрессе. Интуиция подсказывала ему, что причинность явлений сохраняется, но не в том классическом понимании, к которому он привык. Его путь к новому осмыслению причинности претерпел изменения в течение многих лет. По существу, не только он один начал свою философскую эволюцию после 1927 г. И Нильс Бор, придерживавшийся другой позиции, и Эйнштейн, и крайние приверженцы индетерминизма — краха причинности, прошли через сложные, подчас трудноразрешимые противоречия. Приведем полную программу Пятого Сольвеевского конгресса физиков 1927 года.

1. Новые подтверждения классической теории излучения (докладчик В.Брэгг).

2. Эффект Комптона и его следствия (докладчик Комптон).

3. Наблюдение фотоэлектронов и частиц, возникающих в результате соударений методом конденсации (докладчик Вильсон).

4. Интерференция и квант света (докладчик Луи де Бройль).

5. Новые аспекты закона Планка и статистические приложения квантовой теории (докладчики: Эйнштейн и Эренфест).

6. Адаптация принципов динамики к квантовой теории (докладчики: Гейзенберг и Макс Борн).

Главным событием на Пятом конгрессе было рождение волновой механики. Она возникла на основе теоретических соображений Л. де Бройля, и была разработана Шредингером в другой форме. Смелая идея де Бройля была спустя короткое время подтверждена экспериментами: не только электроны, но и реальные атомы обычного вещества обнаруживают все свойства волн, если из них образуется луч посредством задачи им значительный скорости. Этот чрезвычайно поразительный результат революционизировал все физические представления о материи и о движении.

Волновая механика, созданная Шредингером, вклю-

чила в качестве основного понятия, волновую функцию, квадрат которой описывает вероятность состояния системы. Эта волна вероятности, или волна де Бройля, позволяет с некоторой точностью обнаружить материальную частицу. Аппарат волновой механики открыл новый подход к квантовой механике, созданной Гейзенбергом на основе матричных элементов. На конгрессе оказались представленными два различных направления в физике, которые должны были вести к одной и той же цели. Корпускулярно-волновой дуализм, возникший из идеи де Бройля, привел к таким вероятностным представлениям, которые ставили под угрозу принцип причинности, хотя будущие сторонники философского индетерминизма еще не высказывали на Пятом конгрессе свои принципы. На Пятом конгрессе Ланжевен исходил как всегда из статистических предпосылок в анализе создавшегося положения. Сопоставляя классическую статистику Максвелла — Больцмана со статистикой Бозе — Эйнштейна и Паули — Ферми, он заключает, что в квантовой механике следует применимость статистики Бозе — Эйнштейна для молекул, а статистики Паули — Ферми — Дирака — для электронов и протонов.

Ланжевен стремился придать интерпретации квантовой механики конструктивный характер, позволяющий выйти из "индетерминистического кризиса". Лоренц выступил с открытым отказом принять индетерминизм, как принцип. Группа Бора, Гейзенберга, Паули, Дирака и Борна была полностью захвачена чисто вероятностной интерпретацией, авторами которой они являлись.

Как и Ланжевен, выход из "индетерминистического тупика" стремился найти Эйнштейн. Он возражал против использования статистического аппарата для обоснования полной беспричинности элементарных процессов.

В прениях обнаружились разногласия и между де Бройлем и Паули, а также между де Бройлем и Лоренцом. Картина "спектра" физического мировоззрения в период осмысления корпускулярно-волнового дуализма физических явлений была сложной, к ней возвращаются многие ученые. Для Поля Ланжевена Пятый конгресс послужил мощным импульсом развития его собственного мировоззрения. Французский радио-

нализм, восходящий к Декарту, статистический подход, получивший за последние годы мощное и разветвленное развитие, тонкое понимание недостаточности формального подхода квантовой механики, — все это требовало философских обобщений, и Ланжевен приближался к ним вместе с новейшей физикой XX в.

Философские проблемы причинности излагались Ланжевенем во многих статьях: "Атомы и корпускулы" [II, с. 585], "Современная физика и детерминизм" [II, с. 641], "Время, пространство и причинность в современной физике" [II, с. 476] (1911).

Эта, самая ранняя работа, построена на следствиях из частной теории относительности, приводящих к новому пониманию одновременности и причинности событий. Показывая, что критерием возможной причинности между парой событий является величина расстояния между ними по сравнению с путем прохождения света за соответствующий интервал времени, Ланжевен сводит эту задачу к формальному решению. Он показывает, что возможность существования причинности между парой конкретных событий определяется новым инвариантом. Его абсолютная величина и является критерием одновременности или последовательности событий, когда есть смысл говорить о причинной связи между ними.

Статья "Атомы и корпускулы" (1933) опирается на исследования Резерфорда и его школы. Ланжевен показывает, как его фундаментальные открытия стали основой развития атомной, ядерной физики и фотонной физики. Центральной гносеологической проблемой Ланжевен считает представление о микрообъекте: "Среди новых представлений о реальности наряду с представлениями о пространстве и времени нужно в особенности остановиться на представлении об отдельном предмете, неподвижном или движущемся, мысленно отделенном от остальной вселенной и, несмотря на все изменения обладающем индивидуальным и устойчивым существованием. Это, в сущности, субъективное представление об индивидууме, возникшее в человеческом сознании в результате взаимоотношений между людьми, экстраполированное и антропоморфически перенесенное на объект, а также на частицу. Из того уровня поверхностного макроскопического опыта, унаследованного от предков, где образовались

эти представления, мы не так давно спустились в нижний этаж, в мир атома, в сферу, окружающую ядро" [II, с. 615].

Ланжевен показывает, как внутриатомные явления потребовали квантовой гипотезы для объяснения устойчивых состояний, но и квантовая теория Бора не могла разрешить проблемы внутриатомной динамики. Дальнейшие попытки создать удовлетворительную теорию атома создали два направления: "квантовая динамика" или динамика матриц Гейзенберга, Борна, Иордана и волновая механика Луи де Бройля, Шредингера, Дирака. "Таким образом, мы стоим перед фактом двойственной природы как света, так и вещества... Бор назвал эти два аспекта "взаимодополнительными" и даже предложил в этой связи так называемый принцип дополнительности. Должны ли мы примириться с такого рода противоречием, с положением вещей в некотором роде гегелевским, диалектическим, когда мы констатируем наличие противоречий, не реализуя, однако, их синтеза? Безоговорочное принятие такого решения и самоуспокоение представляется мне крайне нежелательным..." [II, с. 621].

В этой работе Ланжевен строго следует принципу неопределенности Гейзенберга, но предупреждает от злоупотребления его неправильными истолкованиями, когда этот принцип делается отправной точкой для крушения детерминизма. Из того, что в один и тот же момент невозможно точно определить положение и скорость элементарной частицы нельзя делать поспешное заключение, что в основе законов природы лежит индетерминированность. Не будет ли более правильным допустить, что наше представление об элементарных частицах еще несовершенно?

Ланжевен полагает, что основной причиной гносеологических трудностей новейшей физики является введение представления об индивидуальных частицах. Сущность принципа неопределенности заключается именно в утверждении невозможности проследить за движением отдельного электрона, т.е. невозможности представить его себе в качестве отдельного предмета. "Поэтому единственным выходом является, по моему, отказ от представления об индивидуальной частице, индивидуальном фотоне или электроны" [II, с. 628].

Статья "Современная физика и детерминизм" была напечатана в 1939 г., когда Ланжевен был главным редактором журнала "La Pensée".

Шестой Сольвеевский конгресс состоялся в 1930 г. без Лоренца. В своем вступительном слове Ланжевен произнес глубоко прочувствованные слова, запечатлевшие память о величайшем ученом, ставшем на многие десятилетия притягательным центром для поколений европейских физиков. Его мощь и многосторонность физика, его удивительная гармоничность и терпимость не имели равных. Ланжевен на посту президента конгрессов бережно продолжал традиции Лоренца. Как известно, Шестой конгресс был посвящен проблемам магнетизма.

Не возвращаясь здесь к приведенным в главе о магнетизме приемам, связанным с оценкой классических и квантово-механических представлений, укажем на некоторые интересные этапы деятельности Ланжевена, как президента Сольвеевских конгрессов.

Начало 30-х годов стало трамплином для бурного развития ядерной физики. В 1931 г. Паули предсказал существование нейтрино. В 1932 г. Андерсон обнаружил в космических лучах позитрон. В 1933 — открытие искусственной радиоактивности Фредериком и Ирэн Жолио-Кюри. Совместно с Ф. Жолио-Кюри Ланжевен начинает подготовку Седьмого Сольвеевского конгресса, назначенного на октябрь 1933 г. Название будущего конгресса — "Структура и свойства атомных ядер".

В архиве Ланжевена сохранились предложения Ф. Жолио-Кюри по программе предполагаемого конгресса [39]:

1. Искусственная радиоактивность под действием нейтронов и протонов (докладчики: Ферми и Разетти (Италия)).

2. а) Связь искусственной и естественной радиоактивности калия; б) Искусственная радиоактивность редкоземельных элементов (докладчик Г.В. Хевесей (Дания)).

3. Радиоактивность под действием облучения альфа-частицами и нейтронами (докладчики: Алиханов и Дзекпов (СССР)).

4. Искусственная радиоактивность под действием ускоренных протонов (докладчик Кокрофт (Англия)).

5. Искусственная радиоактивность под действием ускоренных протонов и дейтронов (докладчики: Лоуренс и сотрудники (США)).

6. Искусственная радиоактивность лития и бора при воздействии альфа-частиц и нейтронов на уран и торий.

7. Распад бериллия под воздействием гамма-радиации радия и метод разделения радиоактивных и неактивных изотопов (докладчик Сциллард (Англия)).

8. Трансмутация ^2H под действием гамма-радиации с испусканием нейтронов.

9. Теория захвата медленных нейтронов ядрами нейтрино (докладчики: Франсис Перрен и Эльзассер (Франция)).

В окончательной редакции программы Седьмого конгресса появились доклады самого Ф. Жолио-Кюри "Проникающее излучение атомов, возникающее под действием альфа-лучей" и В. Гейзенберга "Общие теоретические соображения о структуре ядра".

Конгресс проходил в обстановке жесточайшего обострения фашистского режима в Германии. Эйнштейн эмигрировал в Принстон (США). Пауль Эренфест покончил с собой, к чему привели причины не только личного характера: сложность физических проблем новейшей физики, казалось бы, ломающих привычный гносеологический оптимизм; чудовищная волна обскурантизма и мракобесия, хлынувшая из Третьего рейха — все это создало то ощущение безысходности, которое увело Эренфеста из жизни. Ланжевен во вступительном слове на Конгрессе с волнением и скорбью говорил об утрате друга и большого оригинального ученого: "Ни с чем не сравнимую душевную боль вызвало у нас потрясающее известие о трагическом решении, которое Эренфест счел себя вынужденным принять. Многие здесь присутствующие были его учениками, и все — друзьями. Мы знали его деятельную натуру, глубину его ума, горячность сердца и верность его дружбы... Он был душой этих собраний, он яснее чем кто-либо из нас сознавал наши трудности... Он находился в самом сердце драмы новейшей физики" [2, с. 178].

Ланжевен говорил также о стремительных темпах развития ядерной физики, каких еще не знала наука: в течение 19 месяцев, прошедших после Шестого конгресса, появились "две новорожденных частицы: нейтрон и положительный электрон... Юная физика требует обновления ученых, и я с огромной радостью стану учеником молодежи..."

Закрывая Седьмой конгресс Ланжевен остановился на трагическом различии между единством международного сообщества ученых и враждебностью, восстанавливающей друг против друга науки, классы, людей. Лавина открытий в ядерной физике происходила в годы, когда на человечество надвигался фашизм. Ланжевен, как президент Научного комитета конгресса, проявил гостеприимство к представителям Германии:

все немецкие ученые были впервые после первой мировой войны приглашены на традиционный банкет. Седьмой конгресс оказался последней международной конференцией европейских физиков. Ланжевен готовил следующий, Восьмой Сольвеевский конгресс, но он оказался "конгрессом-привидением", имевшим свою программу, но не ставшим реальностью.

Следующий конгресс остался в бумагах Ланжевена, и его материалы увидели свет только в 1948 г., когда ядерная физика стала наукой о создании атомной бомбы.

Поль Ланжевен долго боролся за проведение Восьмого конгресса, и тема его была точно обозначена: "Космическое излучение и ядерная физика". Дата созыва была назначена на октябрь 1936 г. Он получил письмо от Ферми:

Уважаемый господин Ланжевен.

Я вполне согласен с Вами, что стремительное развитие ядерной физики за последние годы дает нам все основания повторить конгресс на эту тему. Исследования космических лучей тесно переплетаются с общими фундаментальными проблемами. Дату будущего конгресса можно назначить на 26-31 октября 1936 года.

Первой причиной, помешавшей осуществлению Восьмого конгресса, было состояние здоровья Ланжевена. Именно тогда появились первые признаки его болезни, связанные с многолетней работой с рентгеновскими лучами без экранировки. Ланжевен начинал в те времена, когда ничего не было известно о губительном влиянии больших доз радиации. Помимо работы в лаборатории, Ланжевен неоднократно проводил рентгеноскопию раненых в 1914-1915 гг. И тоже без экранировки.

Препятствует подготовке конгресса постоянное участие Ланжевена в антифашистской политической борьбе, которой от отдает все силы. Он предлагает членам Научного комитета провести Восьмой конгресс без него. Но его коллеги отказываются. И конгресс перенесен на октябрь 1939 г. В совещании не смогут участвовать Бор и Иоффе. Они присылают свои отказы с извинениями. Поль Ланжевен выезжает в Польшу, где он встречается с Бором в Варшаве и уговаривает его представить доклад на конгрессе.

В космической физике сделано открытие "тяжелого электрона" (мезона). Оно является экспериментальным

подтверждением теоретических работ японского теоретика Юкава.

Несмотря на организационные трудности, Поль Ланжевен продолжает разрабатывать программу будущего конгресса. Общие проблемы физики элементарных частиц должен изложить Вернер Гейзенберг.

Это должно произойти все в том же роковом 1939 г., когда Сциллард будет хлопотать о развертывании работ над атомной бомбой в США, Вернер Гейзенберг будет приглашен на секретное совещание фашистской военной верхушки и назначен руководителем "Уранового общества" — тайной научной организации для создания ядерного оружия.

На несостоявшемся Восьмом Сольвеевском конгрессе предполагалось обсудить доклад Энрико Ферми о нейтрине — новой частице, существование которой подвергалось сомнению.

Среди французских, бельгийских и английских физиков должен был появиться и известный немецкий теоретик Карл Фридрих фон Вейцзеккер. Ему была тоже уготовлена роль в будущем тайном спектакле международной гонки за атомное оружие: он теоретически установил в июле 1940 г., что уран-238 должен превратиться в атомном реакторе в новый элемент, по своим свойствам аналогичный урану-235. Таким образом, он независимо открыл элемент, который американцы впоследствии называли плутонием, и обосновал возможность его использования в качестве ядерной взрывчатки.

...Наконец, 11 марта 1939 года Поль Ланжевен рассылает всем будущим участникам совещания письмо, в котором приглашает их собраться в Брюсселе с 22 по 29 октября 1939 г. Помешала вторая мировая война.

Г л а в а 12

Политическая деятельность Ланжевена

Один из самых замечательных сборников, отраживший общественно-политическую деятельность Ланжевена, называется "Мысль и действие" [60]. Так была

озаглавлена последняя статья самого Ланжевена. Подлинные тексты Ланжевена, собранные составителями под этим заглавием, лучше всего свидетельствуют о движителях его политической деятельности. Реальную конкретность происходившим событиям придают воспоминания, опубликованные при жизни и после кончины ученого. Следуя этим источникам, можно восстановить светлые и трагические эпизоды из жизни Поля Ланжевена.

"Скандал в Школе промышленной физики и химии"

Об этом эпизоде Поль Ланжевен рассказывал, что именно тогда он впервые "почувствовал себя вынужденным" к широкому политическому выступлению.

Это было в 1920 г. во время забастовки транспортников. Правительство развернуло кампанию по мобилизации студентов: учащиеся должны были заменить бастующих машинистов, кочегаров, шоферов. Группа студентов Школы промышленной физики и химии выступила против такого решения администрации. Они опубликовали в "Юманите" "Открытое письмо Полю Ланжевену" с просьбой поддержать их борьбу с несправедливым принуждением будущих инженеров к предательству дела рабочего класса.

Публикуя это письмо под заголовком "Скандал в Школе промышленной физики и химии", редакция газеты информировала читателей, что администрация Школы без согласования с профессурой решила прекратить занятия. "В другие времена, — писала газета, — подобное злоупотребление властью объединило бы против его виновников всех республиканцев. Но куда делись в наше время республиканцы Франции".

Ланжевен немедленно откликнулся на этот призыв ответным письмом, опубликованным на следующий день в той же "Юманите". В нем были четко выражены его взгляды на то, что под давлением реакции развернулось движение, толкавшее студентов на позиции, враждебные рабочим, с которыми в дальнейшем будущим инженерам придется жить и работать.

Протест Ланжевена возымел свое действие, и учебные занятия продолжились.

Выступление за амнистию французских моряков

В том же 1920 г. поднялось общественное движение в защиту военных моряков, осужденных французским трибуналом за отказ участвовать в интервенции против Советской России. Экспедиция французских интервентов в Черное море провалилась, благодаря сопротивлению экипажа кораблей. Матросы, находившиеся на борту в течение нескольких месяцев без права выхода на берег, без нормальной пищи, под унижительным контролем офицеров, подняли восстание и сложили оружие. Французский трибунал наказал участников черноморского бунта.

Выступление в защиту обвиняемых военного суда было небезопасно. Но Поль Ланжевен опубликовал яркое письмо, в котором рассказывал о совместной работе с моряками в Тулоне в дни войны, об их самоотверженности и храбрости, о тяжелых условиях многомесячного пребывания на борту корабля вдали от родины и выражал свою солидарность с моряками.

Ланжевен дал согласие председательствовать на митинге в зале Ваграм. Вместе с сыном Андрэ и его женой Люси он явился на собрание. Там он встретил старых дрейфусаров: Фердинанда Бюссона, 80-летнего педагога, Огюста Пренана, профессора медицинского факультета университета.

Речь, произнесенная Ланжевенем, была посвящена значению русской революции, ставшей началом крушения политического деспотизма. Ее пример поучителен и для Европы. Он утверждал, что отказ французских моряков сражаться против революции — лишь проявление солидарности с теми, "кто верил, что идет на смерть во имя свободы всего мира и прекращения варварских войн". В заключение, обращаясь к президенту Франции, Ланжевен от имени всех собравшихся сказал, что суд "должен амнистировать всех французских моряков черноморской эскадры".

Моряков амнистировали, но для Ланжевена его выступление имело серьезные последствия. На другой же день начальник морского генерального штаба, адмирал Шверер, член реакционной партии "Аксьон Франсез", сыгравшей впоследствии главную роль в фашистском путче 6 февраля 1934 г., предложил ученому выйти из

состава приемной комиссии при Морской школе, где он был экзаменатором.

Поездка в Советский Союз

Сохранилось свидетельство, что Поль Ланжевен выступил за возобновление культурных связей с Россией непосредственно после Великой Октябрьской Социалистической революции. Он произнес речь "Интеллектуальная деятельность в России" перед "кружком друзей новой России", собравшимся в небольшом зале на площади Пантеона в Париже.

Ланжевен одним из первых заявил, что Европа сможет вновь стать сама собой лишь при условии восстановления нормальных связей с Россией: "...с точки зрения духовной культуры без России Европа перестанет быть Европой, и сотрудничество с русскими, начатое 200 лет назад, приобретает все большее и большее значение..."

Научные труды Ланжевена получили в СССР признание не меньшее, чем во Франции: он стал членом-корреспондентом Российской академии наук в 1924 г., то есть за десять лет до вступления во Французскую академию.

В мае 1928 г. Поль Ланжевен приехал в СССР и на заседании Академии наук сделал доклад об энергии излучения и ее взаимосвязи с массой. Его "теорема инерции энергии" приобретает в этой лекции вполне конкретный смысл возможного извлечения атомной энергии.

Во время посещения советских научных учреждений Ланжевен познакомился с президентом Академии наук А. П. Карпинским, академиком Ольденбургом, знаменитым русским оптиком Дмитрием Сергеевичем Рождественским и его сотрудниками. Он участвовал в совместном совещании с Д. В. Скобелецким и Н. Д. Папалекси.

В июне 1928 г. Ланжевен побывал в Харькове и встретил теплый прием в Харьковском технологическом институте, прославившимся своим вкладом в науку. В Тбилисском университете Ланжевен прочел две лекции, напечатанные на французском языке в журнале университета. Одна из лекций посвящена проблеме "Строение атома и происхождение солнечного тепла", в которой, в частности, Ланжевен говорит: "Я показал также,

что инерция энергии не только позволяет полностью принять принцип единства материи, но дает также непосредственную и точную оценку энергии, которая должна быть излучена в процессе конденсации водорода в другие атомы. Разность масс между атомом гелия и четырьмя атомами водорода означает, что энергия после конденсации стала меньше, и разность должна быть излучена; отношение $m = E/c^2$ позволит рассчитать, что образование 1 г гелия за счет 1,008 г водорода должно освободить количество тепла, эквивалентное теплу от сгорания 20 г угля".



Ланжевен в России

Сегодня каждый школьник знает, что секрет термоядерной реакции связан с превращением тяжелого изотопа водорода в гелий. Но не всякий знает, что эта гипотеза может объяснить процесс солнечного излучения. И далеко не каждому известно, что эти идеи были заложены в статьях Ланжевена, опубликованных в "Известиях Тбилисского университета" в 1928 г.

Путешествие по Советскому Союзу, предпринятое Ланжевром в 1928 г., было смелым шагом: в 1927 г. возросла опасность новой интервенции в СССР. Маршал Фош дал интервью корреспонденту английского журнала "Рефери", в котором заявил, что интервенция необходима. Идеологи французского колониализма заняли места в правительстве. Член политбюро французской коммунистической партии Морис Торез был арестован. Однако Ланжевен в 1931 г. еще раз побывал в СССР. В составе миссии Лиги Наций он был также в Китае для оказания помощи в развитии народного образования. Из Китая он возвращался транс-сибирским экспрессом, и его второе пребывание в Советском Союзе оказалось кратким.

Во время поездки по Китаю он осознал опасность новой войны, вспыхнувшей на Дальнем Востоке. "Когда

однажды открылись глаза на частный случай несправедливости, закрыть их оказалось невозможно — взору открылось все нагромождение социальных и международных несправедливостей", — так он писал тогда. Это был переломный этап в общественной активности Ланжевена, когда ученый постепенно становился деятелем международного масштаба. Ланжевен все чаще стал "покидать свою лабораторию" для политической борьбы.

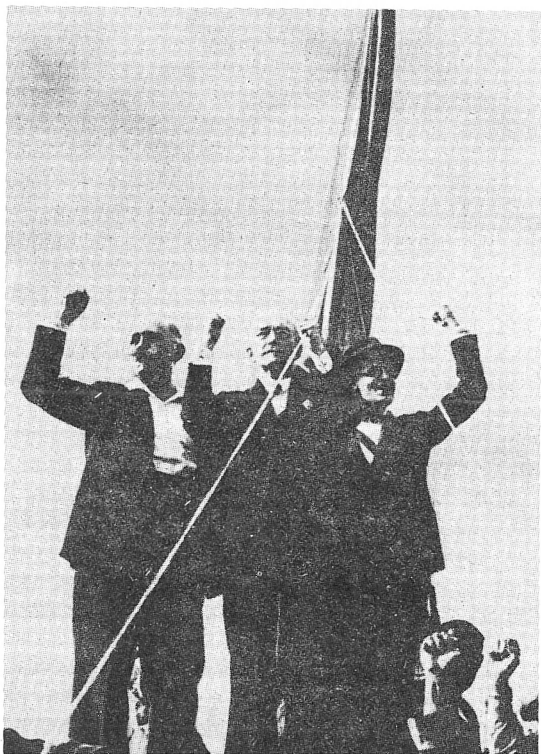
Создание Народного фронта

23 февраля 1927 г. Ланжевен был избран председателем антифашистского митинга, проходившего в парижском зале Бюлле; на нем присутствовало восемь тысяч рабочих. Главную опасность фашизма Ланжевен видел в поджигательстве войны. Газеты живо откликнулись на выступления Ланжевена. 25 января 1931 г. можно было прочесть в "Эвр": "Наука и война. Тревожный призыв профессора Ланжевена".

В 1932 г. Ромен Роллан, Поль Ланжевен, Анри Барбюс и другие прогрессивные деятели организуют в Амстердаме Международный конгресс для борьбы против войны. Вслед за Амстердамским конгрессом созывается второй конгресс, в Париже, в зале Плейель. Конгрессы в Амстердаме и Плейель становятся началом "общественного движения Амстердам—Плейель". Создается Всемирный антифашистский комитет под коллективным председательством Поля Ланжевена, Анри Барбюса, Романа Роллана.

Вот как пишет Эренбург о политической атмосфере тех лет: "Мне запомнился один из первых антифашистских митингов в Париже: выступали профессор Ланжевен, Андре Жид, Вайян Кутюрье, Мальро... Когда Андре Жид сказал: "Я гляжу с надеждой на Москву", — рабочие радостно загудели..."

Я часто бывал на различных митингах, собраниях; требовали освобождения Тельмана, протестовали против расправ с горняками Астурии, против нападения Италии на Абиссинию, говорили о разном и вместе с тем об одном: нельзя прожить жизнь на одной земле с фашистами. Говорили опытные ораторы и подростки, Андре Жид, Ланжевен, Мальро и домашние хозяйки..."



14 июля 1935 года на демонстрации в день Национального
праздника взятия Бастилии
Рядом с Полем Ланжевром — Поль Риве и Пьер Кот

Эренбург упоминает о двух встречах с Ланжевром. Однажды он встретил его в кафе с Марселем Кашеном и знакомым художником. Кашен рассказывал про встречу с Лениным. Во время другой встречи между Ланжевром и Эренбургом состоялся любопытный разговор.

...Это было во время бурного митинга, посвященного жертвам немецкого фашизма. Зал волновался, люди вскакивали, сжимали кулаки. Особую боль вызвал рассказ немца, бежавшего из концлагеря. Потом Ланжевен сидел с Эренбургом в маленьком кафе и говорил:

— До чего все это глупо! Человечество еще не

вышло из младенческого возраста — позади у него всего несколько миллионов лет¹.

Эренбург спросил:

— А сколько впереди?

— Десять миллиардов, если оно по глупости не кончит своего существования самоубийством.

... Что тогда подразумевал ученый, говоря о "самоубийстве человечества?" Трудно сказать. Во всяком случае, Ланжевен видел свой долг в политической борьбе с войной и фашизмом, может быть, в большей степени, чем в занятиях наукой.

В 1934 г. во Франции появились "свои" фашисты. Некоторые из них носили короткие усики и называли себя "насистами", у других было изображение черепа на рукаве, и они звали себя "франсистами". Открылся в Париже "Синий дом" — ведь в Берлине имелся "коричневый". Немецкий нацизм вдохновлял мелкие фашистские организации во Франции: "Боевые кресты", "Французская солидарность", "Патриотическая молодежь". Одним из главных вдохновителей французских ветеранов войны ("Боевые кресты"), выступавших с фашистскими лозунгами, был полковник де ля Рок.

Мятеж 6 февраля 1934 г. тщательно готовился: ко "дню икс" в Париж были стянуты все фашистские организации. Политический момент был выбран, казалось бы, удачно: премьер министр Даладье сместил с поста² префекта парижской полиции Кьяппа, покровительствовавшего реакционным бандам. Кьяпп надеялся попасть в состав правительства. Узнав, что он смещен, он сказал, что в случае надобности "выйдет на улицу".

Но фашистский путч 6 февраля 1934 г. захлебнулся в волне народного движения, которое продолжало расширяться, захватывая города Франции. Рождались сотни "комитетов бдительности". Крестьяне приходили в города с охотничьими ружьями, спрашивали, где фашисты. Эренбург описывает, как профессор Ланжевен и философ Ален убеждали участвовать в политической борьбе людей, еще недавно занимавших пассивную позицию. Во Франции рождался Народный фронт.

¹Цифра приведена ориентировочно, в полемическом диалоге.

²Мы не касаемся более глубоких политических причин, способствующих развязке фашистского мятежа.

14 июня 1935 г. Париж увидел небывалую демонстрацию: это был военный смотр Народного фронта. Демонстрация началась утром на площади Бастилии, и колонны шли к Венсенскому лесу, находящемуся всего в нескольких километрах от этой площади; в манифестации приняли участие 600-800 тысяч человек, и последние демонстранты дошли до заставы только к ночи. Лидеры еще недавно враждовавших партий шли рядом — Торез и Блюм, Даладье и Кашен. Шли ученые и писатели: Ланжевен, Перрен, Риве, Арагон, Мальро, Блок.

Это была весна Франции, когда люди, кто с надеждой, кто с ужасом говорили: "Это революция!"

Избрание Ланжевена во французскую академию наук

В 1934 г. Ланжевен положил на зеленое сукно изогнутого стола в академическом зале института Франции список своих работ, который занял 95 страниц. Ученый давно "перерос" большинство своих академических коллег и принял почетную шпагу академика, как необходимую дань традиции. Под сводами прекрасного здания он произнес приличествующую случаю речь, и тихий шелест сухих аплодисментов пронесся по чинным рядам академических кресел. На следующий день он дал интервью корреспонденту иллюстрированного журнала "Вю" Полю Аллару. "Великий французский ученый Поль Ланжевен избран в Академию наук... Как? Разве он не академик?" — такова реакция всех, кому стало известно, что в прошлый понедельник произошло избрание в секцию физики Академии наук Поля Ланжевена". Так начинается свой очерк бойкий журналист. Естественно, он задает вопрос ученому, как случилось, что он до сих пор не стал академиком. Разумеется, Ланжевен, смеясь отвечает, что он слишком ленив для того, чтобы заниматься хлопотами, связанными с избранием. Но корреспондент желает знать политические взгляды Ланжевена. Ни для кого не секрет, что именно политическая позиция знаменитого физика отпугивала почтенных старцев из Института Франции. Ланжевен охотно отвечает на вопросы. "Если научная деятельность становится причиной бедствий и угроз, которые отягчают современный мир, то это потому, что справедливость отстаёт от

науки. Под справедливостью я понимаю и социальную справедливость, и международную справедливость".

На вопрос корреспондента, какая научная проблема интересует Ланжевена больше всего, он ответил: "Это пока еще не исследованная область науки, в которой мы стремимся раскрыть тайну превращения света в материю и материи — в свет".

В этом красноречивом изречении Ланжевена содержится смысл его работ, связанных с открытием закона инерции энергии и дальнейшим углублением в мир атома. "Мы опустились на первый "подземный этаж", где мы встретились с электронами, которые создают процессы излучения и поглощения, включая рентгеновы лучи. Затем мы начали опускаться на второй "подземный этаж", гораздо более глубокий, и проникли в область ядра, где явления происходят в масштабах пространства в 10 000 раз более мелких, чем в атоме. Таким образом, современная наука находится в постоянном движении, осваивая новые открытые ею частицы: отрицательный электрон, протон, нейтрон, положительный электрон и фотон". Вскоре после избрания в Академию наук его чествуют друзья в большом амфитеатре Школы промышленной физики и химии. Жорж Урбен собственноручно изготовил к этому случаю медаль с изображением Ланжевена, которая вручается участникам торжества.

Но конференция, посвященная чествованию Ланжевена, быстро превращается в острую дискуссию. Выступивший с приветствием Жорж Клод заявил, что несмотря на давнюю дружбу с Ланжевенем, между ними имеются резкие расхождения во взглядах. Клод заявил, что Ланжевен, по его мнению, представляет себе человечество таким, каким оно должно быть, но в действительности не является. Он, Клод, убежден, что жестокий закон природы, по которому волк всегда пожирал ягненок, господствует и в мире человеческом.

В зале устанавливается настороженная тишина. — Не есть ли это утверждение "права сильного", с которым выступают апологеты фашистской идеологии?

Ланжевен тут же ответил Клоду, что дарвинизм считает борьбу за жизнь в основе естественного отбора и эволюции видов животного мира. А это — пройденный человеком этап... "Мы очень хорошо знаем, —

говорит он, — что сама по себе борьба никогда ничего не могла создать. Она приносит только уничтожение. Создание же новых форм жизни происходит не путем непосредственной борьбы. Оно может начаться с нее, но согласно диалектике, противоположности должны завершаться синтезом, т.е. победой начал взаимопомощи, сотрудничества".

Затем выступает старинный друг Ланжевена — Поль Бушери. "Обладать огромным умом, который несет миру ценные плоды своих трудов, — это хорошо, — говорит он. — Это уже очень хорошо. Но иметь в то же время большое мужество и большое сердце — это еще лучше, и это гораздо реже... Мы богаты примерами такого мужества, потому что все мы дети народа, доброго народа тружеников Франции, который ты так любишь и который стремишься окончательно вырвать из ужасов войны".

Поль Бушери сравнил Ланжевена "с одним из гигантов XVIII века" — Д'Аламбером, которому Вольтер писал: "Мой весьма достойный и стойкий философ... человек, необходимый веку..."

...В июне 1934 г. мир потерял Марию Кюри. Она умерла 67 лет, истощенная борьбой с болезнью, которую тогда не умели лечить: это была лучевая болезнь.

Мария Кюри пережила несколько периодов, когда, казалось, болезнь победит ее неукротимый дух. Но стараясь не обращать внимания на наступление болезни, она трудится без устали, помня завещание Пьера Кюри: "Что бы ни произошло, даже если душа покинет тело, — все равно надо работать". Она уже не принадлежит себе: на ее плечах институт мирового значения. Она объединяет сообщество ученых, созданное открытием радия. Радиоактивность находит все большее практическое применение. Радий становится политикой, промышленностью, медициной. Марию Кюри связывают невидимые нити со всем миром.

Последние годы ее работы стали вершиной научных достижений и ее самой, и Института радия, директором которого она была. Ее дочь Ирэн и зять Фредерик Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность и пришли к доказательству существования нейтрона почти одновременно с Чедвиком. Исследования радиоактивности постепенно превращались в ядерную физику.

И после смерти Мария Кюри продолжала жить в каждом, кто знал эту удивительную женщину, сделавшую свою жизнь подвигом мысли и любви. Журналы, когда-то так жестоко оскорблявшие ее, посвятили памяти ученой многочисленные страницы почтительных воспоминаний и некрологов. Французская наука потеряла в этой неутомимой исследовательнице неповторимого ученого.

Мысль и действие под игом оккупантов

В октябре 1939 г. начались полицейские преследования Всемирного комитета борьбы против фашизма и войны. Премьер-министр Франции Даладье продолжал отмежевание от Народного фронта, к которому был причастен в годы подъема прогрессивных сил Франции. Ланжевен обратился к Даладье с протестом против репрессий, но ответом было усиление преследований коммунистов. Сорок четыре депутата-коммуниста предстали перед военным трибуналом. Поль Ланжевен выступил с защитной речью. "Когда Ланжевен закончил свою речь, — писал один из осужденных, — начальник охраны проводил его до выхода из зала. Проходя мимо нас, Поль Ланжевен приветствовал нас наклоном головы и жестом руки. Мы следили за ним глазами. Что нам приговор, что значит тюрьма? Мы пережили радость, счастье завоевать для нашей партии единственного, который следовал и будет следовать французской линии поведения, защищал и будет защищать интересы Франции и человечества..."

Между тем Франция и Германия находятся в состоянии войны, вошедшей в историю под названием "странная". Это означало, что, несмотря на официально объявленное состояние войны, между Францией и Германией практически не было военных действий. 25 июня 1940 г. была подписана капитуляция, отдавшая две трети французской территории во власть Германии. 10 июля парламент совершил акт самоликвидации.

В 1940 г. Ланжевен возглавлял научно-исследовательскую группу, находившуюся в ведении Национальной обороны, в которую входили лаборатории при Школе физики и химии и Коллеж де Франс. Фредерик Жолио-Кюри руководил в Коллеж де Франс кафедрой ядерной физики. Его помощниками были Ганс Холбан и Лев

Коварски, эмигрировавшие из Третьего рейха.

В 1939 г. группа, руководимая Жолио-Кюри, так же как его коллеги Лео Сциллард и Энрико Ферми в США, пришли к выводу, что если при распаде атома урана высвобождается не один, а несколько нейтронов, каждый из которых способен в свою очередь расщеплять соседние атомы урана, то можно при определенных условиях вызвать цепную реакцию, сопровождающуюся взрывом чудовищной разрушительной силы.

Перед оккупацией Франции Ланжевен и Ф. Жолио-Кюри открыто публиковали все свои работы. В 1939 г. Жолио-Кюри напечатал в соавторстве с коллегами статью "Высвобождение нейтронов в ядерном взрыве урана" в английском журнале "Нейчур", в которой изложил свои последние исследования в ядерной физике.

Статья Жолио-Кюри послужила сигналом к тому, чтобы британские ученые начали хлопотать о правительственной поддержке военных атомных исследований. Возглавлял эту первую группу ученых-атомщиков Джордж Пейджет Томсон — сын Дж. Дж. Томсона, открывшего электрон.

Тем же летом 1939 г. Жолио-Кюри встретился с бельгийским промышленником Эдгаром Сенжье, управляющим урановыми рудниками в Катанге. Жолио знал об антифашистских убеждениях бельгийца и разъяснил ему, какую опасность представляет урановая руда в руках нацистов. Ему удалось убедить Сенжье спасти запасы урана, лежавшие на обогатительных фабриках Конго. Но предотвратить захват гитлеровцами тех запасов урана, которые уже были доставлены в Бельгию, не удалось: в мае 1940 г. она была оккупирована.

16 мая 1940 г. Жолио-Кюри был оповещен министром вооружений Франции о том, что германские войска двинулись на Париж. Правительство решило переехать в Бордо. Министр просил Жолио-Кюри уничтожить все документы, а главное — укрыть запас тяжелой воды, закупленной в Норвегии.

Жолио-Кюри располагал в этот момент почти полным мировым запасом тяжелой воды. Еще в начале 1940 г. он добился приема у министра вооружений и объяснил ему необходимость закупить добычу тяжелой воды в Норвегии до того, как ею могут заинтересоваться нацисты. Министр попросил разъяснений. Тогда мало кто знал о том, что для атомных исследований нужно

иметь достаточное количество урановой руды и замедлителя нейтронов, которым может быть чистый графит или тяжелая вода.

В результате проведения искусной тактической операции, французским контрразведчикам удалось закупить и доставить в Париж 16 марта 1940 г. 185 кг тяжелой воды. Она была вывезена на угольном "сухогрузе" в Англию.

В это же время Ланжевен эвакуирует свою исследовательскую группу в Тулузу. Ему предлагали покинуть Францию. Уехал в США Жан Перрен. Но Ланжевен, в отличие от Жолио-Кюри, аргументировал свой отказ не решением вступить в ряды Сопротивления, а необходимостью продолжать свою обычную работу в Школе промышленной физики и химии и в Коллеж де Франс. Получив от П. Л. Капицы письмо с предложением выехать в Советский Союз, чтобы избежать возможного ареста, Ланжевен ответил, что поскольку в Сорбонне и в Коллеж де Франс оживились реакционные и антисемитские настроения среди профессуры, он считает сейчас своим долгом способствовать установлению той демократической и честной лояльности, которая всегда отличала преподавателей и студентов этих передовых парижских учебных заведений. Находясь в нескольких сотнях километров от передовой линии фашистской армии, профессор Ланжевен был занят нравственными проблемами французской научной школы (письмо это до сих пор хранится в архиве П. Л. Капицы).

Прибыв вместе со своим учеником Жаком Николем в Тулузу, Ланжевен оказался в гуще панических толп беженцев из разных областей Франции. По свидетельству Ж. Николя, он хранил удивительное хладнокровие и ясность ума, привлекая к себе запуганных и растерявшихся людей. Даже по ночам в его квартире раздавались телефонные звонки, и незнакомые ему люди спрашивали совета, как поступить в той или иной ситуации.

Но пришел день, когда проходя через маленький коридор консьержки, Ланжевен услышал пощелкивание репродуктора и позывные сигналы на мотив "Марсельезы". Наконец, старческий дребезжащий голос сообщил, что французская делегация, уполномоченная заключить перемирие, выехала для встречи с немцами.

"Надо прекратить бой", — заявил маршал Петэн. После этого прозвучал государственный гимн Франции "Марсельеза".

— Лучше бы они спели "Прощальную песнь добровольцев", — усмехнулся Ланжевен.

Ланжевен немедленно вернулся в Париж. 30 октября 1940 г. перед домом № 10 на улице Вокелен, где жил Ланжевен, остановились две машины гестапо. Гестаповцы немедленно перекрыли все входы и выходы в здание Школы промышленной физики и химии, к которому примыкала квартира профессора. Сын Ланжевена Андрэ в это время проводил занятия со студентами в лаборатории. Друзья Ланжевена, узнав, что он уже посажен в машину гестапо, немедленно организовали за ней непрерывное наблюдение. Машина выехала через Орлеанские ворота, покружила по пригородам Парижа, сделала огромный крюк и повернула обратно в город, проехав снова через те же ворота, но направившись на этот раз к известной тюрьме "Санте".

Ланжевена подвергли унижительному личному обыску. Заключили в грязную одиночную камеру и лишили всяких связей с внешним миром. Через несколько дней Ланжевена привели к гестаповскому полковнику Бемельбургу. Старый профессор ослабел и передвигался с трудом. Гестаповский полковник, кичившийся своим образованием историка, заявил Ланжевену, что его считают столь же опасным для Третьего рейха, какими когда-то были для абсолютистской монархии просветители XVIII в. Вольтер, Дидро, Руссо.

— Вы улыбаетесь? — угрожающе спросил Бемельбург.

— Мне лестно стоять в одном ряду с великими философами Франции.

— По-видимому, вы считаете немецких мыслителей ниже рангом? — спросил следователь.

— Я всегда относился с глубочайшим уважением к немецкой культуре.

Бемельбург приказал принести бумагу и ручку. Он заметил Ланжевену, что национал-социалисты считают его "фюрером французской интеллигенции" и "опасным идеалистом".

Ланжевен отказался от вопроса и изложил в лаконичной форме основные принципы, которыми он руководствовался всю жизнь. Приведем их.

1. В отношениях между людьми я никогда не ограничивал себя какой-либо расовой, сектантской или партийной принадлежностью.

2. В области идей я всегда сражался за те принципы, которые были дороги мне самому: сохранение прав личности, справедливость для всех: свобода, мир. Я всегда боролся с теми, кого считал поджигателями абсурдной войны и опирался в этой борьбе на институты правосудия, на международные формы сотрудничества между народами. Никогда, ни при каких обстоятельствах, я не произнес и не написал ни одного слова, которое могло быть использовано как провокация войны.

3. Я всегда придерживался открытых форм общественной деятельности и обсуждения идей и фактов и никогда не участвовал в какой-либо тайной организации.

4. В научной деятельности мне абсолютно чужда какая-либо материальная заинтересованность; я вложил в свои исследования почти все, что имел, и не получил от этого никакой другой выгоды, кроме моего ежемесячного жалования.

Фашисты продолжали держать его в тюрьме. Ученый больше всего страдал от безделья. Ему пришла в голову идея сделать расчет колебательного контура с емкостью и катушкой самоиндукции с сердечником из пермаллоя. Такие нелинейные электрические цепи тогда еще только начали разрабатываться. Этой задачей занимался его ученик Оуанг Те Чао.

Кропотливо подбирая обгоревшие головки спичек во время прогулок на тюремном дворе, профессор накопил их столько, что смог растворить спичечные головки в пузырьке с лекарством, которое дал ему врач. Получились чернила. А пером стала одна из обгоревших спичек. Ланжевен приступил к работе и написал теоретическое исследование на шестидесяти страницах.

8 ноября 1940 г. перед Коллеж де Франс прошла демонстрация студентов и преподавателей. Они объявили забастовку в знак протеста против заключения Ланжевена. Немцы ответили репрессиями. В защиту Ланжевена выступил Эйнштейн. Он направил письмо американскому послу во Франции Буллиту с просьбой сделать все возможное. Но и его хлопоты оказались

безуспешными. Американский посол не проявил должной активности.

Коммунистическая партия Франции призывала направлять письма Ланжевену в тюрьму. Был выброшен боевой лозунг "Пишите Ланжевену!". Друзья не покинули старого ученого: все, кого он любил за свою долгую жизнь, писали ему в тюрьму "Санте" и встретили его около дома, когда под давлением общественного мнения нацисты, наконец, освободили Ланжевена из тюрьмы.

Однако его препроводили на квартиру только для того, чтобы он собрал вещи, и 9 декабря он был сослан в город Труа с условием каждые два дня регистрироваться в оккупационной комендатуре.

Ссылка

"Зимний вечер в начале 1941 года. Как все французские города, подавленные оккупацией, Труа жил замедленной жизнью. Из ночной мглы внезапно возникали силуэты людей, грохочущих сапогами: это немецкие солдаты — стражи мрачной ночи, спустившейся на Францию. — Так рассказывает чиновник юстиции города Труа Робер Вассар.

— Я вышел из Дворца Правосудия, направился на улицу Раймона Пуанкаре и думал: "Французский прокурор собирается нанести визит профессору Ланжевену, которого немцы больше месяца продержали в "Санте", а потом отправили в ссылку под надзор полиции...

— Меня одолевали сомнения, как меня примет Ланжевен? — размышлял в тот вечер Робер Вассар.

...Я остановился перед домом 18 на улице Раймона Пуанкаре. Это был современный семиэтажный дом с лифтом. На втором этаже к двери была прибита гвоздем бумага, на которой было написано, что квартира реквизирована оккупационными властями. Я позвонил. Дверь отворилась, и я увидел лицо, так хорошо знакомое мне по многочисленным фотографиям и выступлениям на митингах.

Я был тотчас же покорен простотой и сердечностью профессора Ланжевена, теплым тембром его голоса и медлительной манерой говорить, как бы подыскивая наиболее точное слово..." [61].



Поль Ланжевен и его жена в ссылке
(Труа, 1941)

Робер Вассар рассказывает о 20-километровых прогулках, в которые неутомимый 70-летний Ланжевен увлекал своих друзей, об изяществе его скромного кабинета, в котором стояли китайские фигурки, когда-то привезенные им из путешествия, о его необычайном внимании к людям и доверии, которое он внушал. Его сразу же окружила учащаяся молодежь, студенты, с трудом пробивавшие себе путь к знанию в условиях оккупации и продовольственных трудностей. Ланжевен тотчас же начал читать курс лекций и для местных учителей, и для кружка интеллигенции, интересовавшейся общими проблемами культуры. Эти занятия проходили по воскресеньям в помещении одного из лицеев. Робер Вассар вспоминает, как лекции Ланжевена превращались в увлекательные беседы о философии, живописи, музыке, политике, истории. "Ни одна область знания не была ему чужда", — восторженно говорит Вассар.

С маленьким скромным человеком, директором мужской гимназии Касати, Ланжевен познакомился в помещении немецкой комендатуры, когда поставил там свою первую подпись. Директор гимназии пришел хлопотать о том, чтобы школьное помещение не заняли немецкие солдаты. Переводчица шепнула ему, что старик в пла-

ще с пелериной, сидящий в углу, академик Ланжевен.

— Ланжевен в нашем городе?

— Под надзором комендатуры, — тихо ответила девушка.

Касати взволнованно и смущенно представился Ланжевену. Они вместе вышли на улицу Тьера и направились к центральной площади города.

— Я собираюсь продолжать здесь работу в лаборатории, — говорил Ланжевен. — Можно ли проводить исследования в вашем лицее?

Касати смутился.

— Помилуйте, профессор, даже два наших лицея не могли бы снабдить вас аппаратурой или помещением: приборы разграбили и поломали оккупанты. Мы с трудом проводим учебные занятия.

— Жаль, — сказал Ланжевен, — а я надеялся.

Он переменял тему и рассказал, что даже в тюрьме "Санте" продолжал исследования.

Касати испытывал глубокое душевное смятение. Он в первый раз разговаривал с человеком, побывавшим у немцев в руках — и кто же это был?! Гордость Франции, член Французской академии — Поль Ланжевен. Касати попросил у Ланжевена разрешения представить ему некоторых своих друзей.

Универсальность культуры ученого, вынужденно освобожденного от своей научной деятельности, поражала всех. Однажды он выставил на своем воскресном занятии замечательную коллекцию репродукций Клода Моне и прочитал о нем блестящую лекцию. Тогда же Ланжевен увлекся теорией лингвистики и великолепно овладел ее аппаратом по диссертации лингвиста Лапьера, получавшего от сотрудничества с Ланжевенном огромное удовольствие (Лапьер, генеральный секретарь Федерации учителей, погиб в Бухенвальде).

В Труа Ланжевен познакомился с Маргаритой Флавьен, героиней Сопротивления. Когда-то она слушала его лекции в Севрском педагогическом институте³. Здесь, в Труа, она пыталась помочь ссыльному ученому. По утрам он находил под своей дверью масло и бутылку с молоком, оставленные неизвестным доброжелателем. Наконец, Маргарита Флавьен представилась Ланжевену. Она выполняла задания подпольных органи-

³ Нормальная школа Севра для женщин-учителей.

заций, помогая разведчикам франтиреров. В 1944 г. гестапо выследило ее, после страшных пыток ее расстреляли.

Зимой 1941 г. начался подъем французского Сопротивления. В подпольную деятельность включилась и семья Ланжевена. Его дочь Элен с мужем Жаком Соломоном издавала подпольный журнал "Вольный университет". Сын Андрэ легально работал в лаборатории, но выполнял опасные поручения организации Сопротивления.

Листовки научился разбрасывать внук Ланжевена — Мишель. Он прикреплял к крыше дома доску, на одном конце которой была продырявленная жестяная банка с водой, а на другом — кипа листовок. Установив доску на карнизе, ребята убегали. Пока им удастся скрыться, из банки вытекала вода, равновесие доски нарушалось, а листовки, рассыпаясь, падали с крыши на мостовую. Отец Мишеля, Андрэ, назвал эту конструкцию "адской машиной".

Мишеля Ланжевена арестовали, но, к счастью, не гестапо, а полиция. Выяснилось, что он не только распространял листовки, но организовал со своими товарищами "детскую" подпольную типографию, в которой печатал воззвания с протестом против мобилизации учащихся на принудительные работы. Дело Мишеля получило в полицейском досье название "Типография Ланжевена". В конце концов, мальчиков освободили.

Но вдруг Поля Ланжевена вновь арестовывают. В условиях усилившегося движения Сопротивления, можно было ожидать, что Ланжевена сделают заложником и расстреляют при первом удобном случае.

В комнате ученого провели обыск. На стене огромная карта России, исколотая красными флажками, показывающими наступление Советской Армии. На столе раскрытая книга "Война и мир". Немецкий офицер читает вслух несколько строк. Толстой описывает отступление армии Наполеона из России.

— С нами этого не будет! — заявляет немец.

Ланжевен молчит.

Потом полицейский включает приемник. Сигнальная лампочка не загорается.

— Приемник не работает, — спокойно говорит Ланжевен. Немец поверил.

Но хотя лампочка, действительно, перегорела,

приемник был настроен на волну передачи Центра французского Сопротивления. По другим сведениям, Ланжевен располагал приемопередатчиком, замаскированным под приемник.

Ланжевена увезли в комендатуру. Однако после первого же допроса выяснилось, что полиция Труа не знала о том, что академик Ланжевен уже регистрируется в комендатуре. Ланжевен делает вид, что верит плохой связи между гестапо и полицией. Впрочем, все может быть.

Ланжевена поместили в камеру с ворами. Один из них с любопытством следил за заметками, которые ученый делал в своей записной книжке. На допросе Ланжевена неожиданно спросили, получил ли он какое-либо образование. Местные жандармы не знали о том, что арестовали академика. Наконец, его освободили.

Но передышка была кратковременной. Семье ученого предстояли страшные испытания. Арестовали его дочь Элен и зятя Жака. После многомесячного тюремного заключения, издевательств и пыток, физика Жака Соломона расстреляли. Элен отправили в Освенцим. В тот день, когда Ланжевен узнал о гибели своего любимого ученика и друга, Жака Соломона уже несколько недель не было в живых. В то утро Ланжевен должен был читать лекцию. Он вышел на кафедру и обвел присутствующих глазами, полными слез. "Я ничего не могу сказать вам сегодня, — тихо произнес он. — Мне хотелось бы сейчас послушать Девятую симфонию Бетховена". В глубокой тишине была поставлена пластинка с самой человеческой музыкой, утверждавшей победу разума и радости над темными силами.

Потом начались недели мучительного ожидания вестей от Элен. Их не было очень долго. Но вот 23 января 1942 г. в день, когда в одной из школ скромно и печально отмечалось 70-летие Поля Ланжевена, группа друзей вышла из здания лицея, чтобы проводить его домой. Перед ними затормозил велосипедист в железнодорожной форме. "Кто здесь Ланжевен?" — спросил он. И когда старый человек в пальто с пелериной выступил вперед, велосипедист быстро бросил ему шарик бумаги и завернул за угол. Это было письмо от Элен. Она выбросила его в вентиляционное отверстие поезда, когда эшелон с заключенными проезжал через Труа. Письма Элен были об-



Поль Ланжевен и Жак Соломон

Немцы навязывают нам массовую оценку людей. Это подлое извращенчество, прием агрессивных импотентов. Каждый из них паднет падалью. Я их ненавижу.

Личность единственна и неповторима. Ее достоинство заключено в том самом прекрасном первородстве, которое так несправедливо осуждено религией. И, тем не менее, я — за христианство, в том его понимании, когда слеза человеческая священна и драгоценна. Мне пришлось видеть людей без божеского следа на лицах, людей, стертых от отражения духа и жадно алчущих такого же порабощения в других. Нельзя говорить о преступлении словами преступников. На них должны падать слова, тяжелые, как камни с неба. Нет равенства между людьми доброй воли и бывшими людьми, ставшими орудиями палаческой машины.

разцом стойкости. Они каждый раз заканчивались фразой "Я как всегда совершенно здорова". Вот одно из ее писем:

27 октября 1942 года.

Милый Мишель⁴, ты уже знаешь из моих писем, проходивших лагерную цензуру, что я здорова. Это мое второе письмо, проскочившее Аушвиц (Освенцим. — Т. Г.). Странно, — мне чаще всего вспоминается Жан-Жак Руссо. В нем я вижу объяснение всем несчастьям, постигшим и нашу Родину, и нас самих. Личность. Главное — в этом. Не рассказывай моему отцу, — он не знает о моем отчаянии. В письмах к нему я всегда бодр: мы делаем гимнастику, делим на всех посылки, читаем друг другу лекции. Но я боюсь отчаяния: мне кажется, тление исходит от каждого немца — это запах гниения душ. Распад личности. Той самой, расцвет которой был провозглашен Жан-Жаком Руссо.

⁴Под именем Мишель (внука Поля Ланжевена) Элен могла обращаться к друзьям.

Я никогда не была склонна к пафосу, и, тем не менее, я призываю к высоким идеалам просветителей — против варварства и уничтожения. Я верю в радость. Помнишь, Мишель, оду Девятой симфонии? Нам она казалась простодушной и устаревшей. Но ее можно понять, когда изо дня в день видишь маски эсэсовцев и слышишь их глумливое карканье. Видя нелюдей, преисполняешься верой в Людей" ⁵.

Встреча Поля Ланжевена с дочерью состоялось в 1945 году на парижском Северном вокзале. На перрон вышла группа женщин в странной одежде. Старый ученый обнял свою старшую дочь после чудовищных лет испытаний.

Освобождение

Наступление союзных войск возбуждало в оккупационных войсках все большее озлобление и страх. В 1943 г. на квартиру Ланжевена было снова совершено нападение оккупационными властями. Они отобрали у него всю мебель, оставив две кухонные табуретки. Друзья подобрали Ланжевену несколько старинных кресел из мэрии города Труа, которые имели антикварную ценность. В "обновленной" квартире ученого собрался тесный кружок друзей. Обсуждалось выдвижение Жолио-Кюри в Академию наук. Под властью оккупантов это было дерзкой акцией, направленной на то, чтобы оттеснить профессоров-коллорабационистов, прислуживавших немцам.

Жолио-Кюри был избран в Академию наук 28 июня 1943 г. Молодой академик продолжал свою подпольную деятельность, и железнодорожные составы вермахта по-прежнему взрывались на минах, изготовленных в его лаборатории Коллеж де Франс. Однако к весне 1944 г. безопасности Жолио-Кюри пришел конец, и было принято решение о его переходе на нелегальное положение. Последнее, что он хотел сделать, это — пользуясь преимуществом легальности, — организовать побег Ланжевена. Вести о наступлении советских войск побуждали немцев ко все большим жестокостям. Остаться Ланжевену в Труа было опасно.

Жолио-Кюри привез с собой бланк-удостоверение на имя инженера Л. Ф. Пинеля. Фамилия Филиппа Пинеля, гуманиста и врача была дорога Ланжевену с детских лет.

⁵Перевод письма сделан автором книги.

098193 Série B
CARTE D'IDENTITE

Préfecture de Police Nom: Pinel




Prénoms: Jean Philippe
 Profession: Ingenieur
 Né le 11 août 1874
 à Reims
 département Aisne 9^{me}
 Nationalité: Française
 Domicile: 9, rue Edouard Tesson

SIGNALEMENT

Taille <u>1^m 70</u> Cheveux <u>gris</u> Moustache <u>blanche</u> Yeux <u>bruns</u> Signes particuliers <u>aucun</u>	Nez <u>droit</u> Base <u>normale</u> Dimension <u>forte</u> Forme générale du visage <u>ovale</u> Teint <u>clair</u>
--	---

Empreinte digitale
 

Signature du titulaire.

9-0 — Imp. Choix (P)

Бланк паспорта, изготовленный подпольщиками
для Поля Ланжевена

Ф. Жолио-Кюри передал Ланжевену адреса, пароль для связи с партизанами и даже снабдил краской для волос. Но Ланжевен категорически отказывался от каких-либо изменений своей внешности. Тогда Жолио-Кюри решил инсценировать автомобильную катастрофу, в которую якобы попал Ланжевен, и забинтовать ему лицо, чтобы избежать опасности. После некоторых приключений ученого переправили в Швейцарию. В Нейшателе Ланжевен встретился с И. Жолио-Кюри. А еще через некоторое время на колокольне маленькой швейцарской церквухи заработал передатчик. Радиист отбивал азбукой Морзе проект реформы образования, разработанный Ланжевенем.

В августе 1944 г. Париж восстал против оккупантов, и союзные войска вошли в город. Ланжевен вер-



Поль Ланжевен при поддержке партизан переходит
швейцарскую границу 2 мая 1944 года

нулся на родину. Путь его лежал через Верхнюю Савойю. Он побывал в гостях у отрядов Свободной Франции, освободивших большую территорию страны. Ученому был вручен Знак Почета. В Лионе он выступил по радио с прекрасной речью и продолжал путешествие вместе с писателями Луи Арагоном и Эльзой Триоле.

По возвращении в Париж он заявил о своем вступлении во Французскую коммунистическую партию — "партию расстрелянных". "Я прошу принять меня в вашу партию на место Жака Соломона, хотя сознаю, что не смогу заполнить пустоту, которую он после себя оставил, — заявил он в редакции "Юманите". Ланжевен жаждал деятельности, общения с людьми. Он

возобновил работы по изданию новой французской энциклопедии, призывая объединить вокруг нее лучшие умы Франции. Его доклады и статьи возрождают светлую, гуманистическую мысль. Его чтут, как просветителя, ученого, национального героя.

Необычайная сила духа Поля Ланжевена противоборствует наступающей болезни. Ему еще очень многое необходимо сделать, чтобы его опыт гуманиста и ученого воплотился в мысль и действие на благо людям. Он пишет последнюю статью: "Мысль и действие", ставшую девизом французов после Освобождения.

Время тяжелых испытаний заставляет переосмыслить многое, но идеалы юности, объединявшие поколение "опасных идеалистов", оказались той духовной силой, которая победила идеологию мракобесия и одичания. До последнего вздоха великий ученый оставался верен борьбе за Истину и Справедливость.

... Он скончался, окруженный друзьями, прошептав последние слова: "Справедливость! Доброта!"

Это было 19 декабря 1946 года.

Его похоронили в Пантеоне. Долгое траурное шествие шло за гробом ученого через Париж много часов. Шли те, кто выходил вместе с ним на демонстрации Народного фронта, шли его ученики, ставшие учеными, студенты, слышавшие его лекции, шли участники Сопротивления, шли простые учителя, приехавшие в Париж из дальних провинций, шли читатели его статей и почитатели его выступлений; шли дети, которые знали, как он их любил... Франция никогда не забудет величайшего мыслителя и борца, верившего в духовное Возрождение ее народа.

Г л а в а 13

Ланжевен в воспоминаниях учеников и друзей

К настоящему времени опубликовано более ста воспоминаний людей, знавших Ланжевена. В 1945 г. после освобождения Франции, 73-летний юбилей Поля Ланжевена праздновался, как его возвращение на родину из изгнания. Выступали ученые, политические деятели, друзья [62].

В журнале "La Pensée" после кончины ученого, начиная с 1946 г. печатаются воспоминания о Ланжевене. По просьбе Андрэ Ланжевена, автора книги об отце, некоторые исследователи, работающие в других странах, но считавшие себя учениками Ланжевена, прислали свои воспоминания. Известны замечательные очерки о Ланжевене П. Л. Капицы [39] и Эйнштейна [12].

В 1972 г. в Париже проходил коллоквиум "Гуманизм Поля Ланжевена и проблемы образования" [63]. Старые друзья и ученики Ланжевена объединились тогда с молодежью, выступившей в 1968 г. с протестом против консервативной системы образования Франции. Эти новаторы, выступавшие с экстремистской критикой буржуазной Франции, через несколько лет обратились к забытым, но плодотворным принципам, выдвинутым Ланжевеном задолго до этого. Многие участники коллоквиума выступали с личными воспоминаниями о нем.

Ниже мы приводим фрагменты из выступлений на коллоквиуме по книге [63].

Педагогические идеи и убеждения Ланжевена сложились уже к 1904 г. и были им четко сформулированы в его первом выступлении перед преподавателями в Педагогическом музее на тему "Дух научного образования". Основным недостатком современного ему преподавания Ланжевен считал его догматический и отрывочный характер. Среднее образование оказалось тогда наиболее неприспособленным для того, чтобы развивать воспитательную роль науки. Помимо профессиональных сведений о результатах, достигнутых естественными науками, учащийся должен научиться постепенно познавать трудный путь исследования, ведущий к открытию законов науки. Для этого Ланжевен рекомендует широко применять исторический подход. В течение всей своей жизни ученого и преподавателя Ланжевен развивал и обобщал принципы, положенные им в основу проекта реформы образования Франции.

29 ноября 1944 г. начались заседания министерской Комиссии по реформе народного образования. Ланжевен возглавил ее. Еще в 30-е годы, работая в "Лиге нового образования Франции", Ланжевен требовал распространения таких методов обучения, которые способствовали бы развитию собственной инициативы ребенка и ставили бы приобретение познаний в соответствие с интеллектуальными возможностями каждого

возраста. На Втором конгрессе этой лиги в 1946 г. Ланжевен объединил цели реформы образования с социальным обновлением страны. Он выступал против кастовости, сохраняющей свои привилегии благодаря ограниченной доступности средней школы и предлагал провести полную демократизацию школы. Комиссия Ланжевена-Валлона разработала проект единой системы образования Франции, но, как напоминал профессор Анри Валлон на митинге, посвященном памяти Ланжевена в 1950 г., проект, выработанный их комиссией, еще продолжает оставаться только проектом, поскольку он явно расходится с "воинственным климатом" страны за последние годы. Об этом же говорил главный редактор журнала "La Pensée" Жорж Коньо на коллоквиуме 1972 г. в докладе "Какова судьба проекта школьной политики Ланжевена?"

Председательствующий на коллоквиуме Жорж Тессье, работавший под руководством Ланжевена в этой комиссии, рассказал: "Я не могу удержаться от того, чтобы не упомянуть об одном курьезном обстоятельстве, связанном с нашей работой. Ланжевен попросил меня, кроме обычных каждодневных обязанностей, оказывать ему скромную помощь, которой он придавал большое значение. Речь шла о разборе поступающей корреспонденции, связанной с педагогическими проблемами.

В его кабинет поступало множество писем. Я должен был время от времени говорить ему: "Вот это письмо, действительно, не представляет интереса, и его можно уничтожить". Но при этом он всегда меня останавливал. Ему все было интересно, все надо было сохранить, все надо было принять во внимание. Эта научная добросовестность, эта честность, проникнутая исключительной скрупулезностью, была одной из черт его характера. Ни одно письмо не могло пройти без его пристрастной заинтересованности, ни один собеседник, казалось бы далекий от его занятий, не оставался без внимания".

"Стремление к пониманию было страстью П. Ланжевена, — сказала Элен Гратио-Альфандери. — Это была страсть к процессу понимания, страсть к постижению мысли. Это желание понять жило в нем так же глубоко, как в нас потребность есть и пить... Он обладал потребностью понимать и быть понятым другими.

Известно, в каких условиях каждодневной опасности, затравленности, лишенный возможности работать в Труа, Ланжевен давал уроки физики студенткам Педагогического женского училища. Педагогическая работа обогащала ученого, и он никогда не отказывался от того, чтобы присоединить к своим многочисленным обязанностям проблемы педагогики. На Поля Ланжевена произвела сильное впечатление встреча с великим бельгийским воспитателем и психологом Декроли в 30-х годах. Он живо откликнулся на его концепцию школьного воспитания: "Воспитание жизнью ради самой жизни!" Школа Декроли была построена на изучении всех индивидуальных особенностей личности. Ланжевен стремился обобщить принципы Декроли с "духом научного образования", пропагандировавшимися в его работах. Он согласился с Декроли в том, что ни в коем случае не следует опираться в воспитании на сходство ребенка с взрослым человеком. Ребенку не надо внушать способ мышления взрослого, а надо стремиться к открытию его души, к постепенной эволюции разума.

Через много лет, в 1946 г., выступая перед конгрессом Международной Лиги нового образования, Ланжевен пылко защищал права ребенка: "Уже не раз пространно говорили о правах родителей и учителей, государства и семьи в процессе формирования интеллекта и сознания ребенка и в выборе им собственных убеждений. Однако при этом не обсуждались права самого ребенка. Это положение было использовано в качестве идеи насилия фашистской системы образования, которая игнорирует право слабого и, независимо от его оригинальной индивидуальности, навязывает ему модель взрослого "идеального" человека, которому ребенок должен подражать...".

Поль Дебакур, президент Международной федерации профсоюзов учителей рассказал о своей первой встрече с Ланжевенем: "Однажды мне сказали, что Поль Ланжевен хотел бы повидаться со мной. Я был немного смущен перед встречей с великим физиком, о котором я много слышал, да и сам бывал на его выступлениях.

Поль Ланжевен принял меня не в своем кабинете, уставленном книгами, а за семейным столом, предложив мне кофе. В самом начале беседы я почувство-

вал, как хорошо он знает преподавателей и их профсоюз.

Я хотел рассказать Ланжевену об изменениях в Международном профсоюзе учителей, начиная с того времени, когда, опираясь на пацифистские чувства преподавателей, некоторые деятели движения использовали профсоюз для активной поддержки мюнхенской политики. Он задавал мне вопросы о том, что случилось с тем или иным активистом нашего профсоюза. В частности, он заговорил со мной о Жорже Лапьере. Каким образом профсоюзной организации удалось преодолеть кризис, возникший в результате малодушия некоторых руководителей? Поль Ланжевен был знаком не только с профсоюзным движением преподавателей, но знал и работу ячеек. Когда начинался очередной подъем профсоюзного движения, Поль Ланжевен выступал со статьями в профсоюзном журнале "Ля ви увриер".

Жорж Коньо, руководивший в 1972 г. журналом "La Pensee", следующим образом сформулировал принципы школьной политики Поля Ланжевена: "Ланжевен сказал в августе 1946 года: "Несправедливость продолжает господствовать в школе и укоренившиеся в ней привилегии стремятся использовать для того, чтобы образованием владел определенный общественный класс". Ланжевен считал, что этому следует противопоставить бесплатное образование на всех ступенях, но при условии, что это будет реализовано честно и эффективно: в частности, — одним из первых мероприятий после Освобождения было введение бесплатных дневных завтраков.

Ланжевен был также сторонником продолжения образования и профессиональной подготовки до 18 лет.

Ланжевен хотел разрушить в системе образования то, что он называл "структурой вертикальных перегородок", которая выражала стремление родителей, принадлежащих к различным классам, создать для детей неравные условия обучения. В структуре образования Ланжевен не признавал никаких перегородок, кроме горизонтального деления на этапы обучения. Он высказывался за организацию школы, в которой должны быть три ступени: от 6 до 12 лет, когда ребенок может только наблюдать явления, и развитие его про-

исходит в соответствии с его индивидуальным характером; от 12 до 15 лет, когда в обучение вводится понятие о законе, используются методы абстрактного синтеза, и учащийся приступает к изучению истории, и третья ступень — синтеза культуры и профессионального мастерства.

Профессиональное образование, выбираемое учеником часто случайно, оказывается ущербным из-за недостаточной культуры. Между тем в любой профессии Ланжевен видел синтез ценностных понятий техники и общей культуры. "Культурное достоинство профессии" — главная цель педагогики. При этом Ланжевен представлял себе широкую культуру, не как искрометную игру ума, а как источник различных форм человеческой активности. Школа не должна формировать людей однотипных, склонных к конформизму; Ланжевен шел очень далеко в своем представлении об адаптации системы образования к особенностям каждой личности. "Ребенку надо дать возможность продвигаться вперед, сохраняя привычный для него ритм. Можно использовать сегодня курсы обучения экспериментальных Централных школ, основанных Конвентом, где каждый мог следовать своим вкусам". В выступлении бывшего директора ведомства среднего образования Франции Гюстава Моно свидетельствовалось, что после ухода Поля Ланжевена правительственные чиновники выдвинули "контрреформу": "С 1947 по 1951 год на улице Гренель сменились пять министров национального образования. Четвертая Республика относилась к прогнозам великих мыслителей, как к излишества, почти так же, как это впоследствии делала Пятая Республика... Никто с должным вниманием не прочитал доклад Анри Валлона¹. Почти каждый министр желал иметь собственный проект или, по крайней мере, проект, который мог принадлежать его партии... Будучи весьма далекими от того, чтобы охватить всю систему образования реформой, предложенной Комиссией Ланжевена-Валлона, чиновники тайком подготавливали свою контрреформу, направленную на уничтожение таких предшествующих побед, как бесплатность среднего об-

¹ Анри Валлон был соавтором и другом Ланжевена в разработке реформы школьного образования.

разования, начало которого было положено в 1927 году".

Младший сын Ланжевена, университетский преподаватель Поль-Жильбер Монтель-Ланжевен привел трогательный эпизод из своего последнего путешествия вместе с отцом в Швейцарию: "Последнее путешествие, которое мой отец совершил за границу, было поездкой в Швейцарию в конце лета 1946 года, то есть менее, чем за четыре месяца до своей кончины. Мне выпало счастье сопровождать его. Он посетил в Женеве "Эколь интернациональ", где проводились разнообразные замечательные педагогические эксперименты, например конструирование учениками четвертого года обучения двигателя внутреннего сгорания. Затем мы отправились в другое учебное заведение, расположенное у самого подножия огромного ледника. В этой швейцарской школе активного обучения использовали педагогические идеи, близкие Ланжевену. Директором ее был старый и мудрый человек с густой седой бородой. Мой отец хотел с ним познакомиться. И хотя имени этого человека я не помню, я ясно вижу перед собой встречу этих двух замечательных людей, каждый из которых, движимый благородной куртуазностью, а также стремлением быть лучше понятым, изъяснялся на языке своего собеседника. Неправда ли, это лучшее свидетельство духа интернационализма?"...

Приведем здесь несколько воспоминаний других учеников Ланжевена.

Особое место среди молодых физиков, составлявших научное созвездие Ланжевена, занимал безвременно погибший Жак Соломон. Также, как и Луи де Бройль, пришедший в физику из другой профессии (он был историком), Жак Соломон оставил профессию врача и быстро стал в ряд с крупнейшими теоретиками квантовой механики и общей теории относительности. Его необычайное дарование теоретика проявилось и в работе под руководством Бора, и в самостоятельных исследованиях квантовой механики, и в философских трудах, ставших наступательным авангардом поборников детерминизма против его идеалистических извращений. В этом отношении Поль Ланжевен считал Жака Соломона "своим учителем" на пути к марксистскому мировоззрению. Французский рационализм в его кар-

тезианской форме, столь близкий Ланжевену, не был адекватен современным марксистским толкованиям индетерминистических воззрений. Для этого требовалось пройти сложный путь физико-философских размышлений. Профессор Коллеж де Франс Жак Соломон оставил после себя не только труды по ядерной физике, но и философские полемические статьи против фашистских фальсификаторов науки, желавших "ликвидировать материализм" [2, с. 284]. На основании идеалистических бредней физика Иордана следовало предположение о существовании в живом организме привилегированных частиц, обладающих свободой воли. "Но кто управляет поведением этих привилегированных частиц? — писал Соломон. Оказывается, можно придумать "духа", руководящего этими частицами, — подобно тому, как Кеплер придумал духа, руководящего движением планет вокруг Солнца. В итоге, невзирая на "научную" фразеологию, воскрешается самый банальный спиритуализм" [2, с. 285]. Поль Ланжевен организовал в эти же годы борьбы с фашистской идеологией в науке дискуссию о природе живой материи, опубликованную в сборнике "La Pensee et Action" [60]. Материалистические принципы, обоснованные в разных статьях французских физиков, срывали квазинаучную вуаль с человеконенавистнических бредней немецких расистов.

Приведем отрывки из воспоминаний менее известных ученых, запечатлевших эпизоды из жизни Ланжевена.

Первую часть воспоминаний Леона Бриллюэна мы цитировали в главе о семейной жизни Ланжевена. Продолжим эти воспоминания сына Марселя Бриллюэна, касающиеся научной и преподавательской деятельности его учителя. "Я испытывал много раз в своей жизни это волшебное ощущение открытия. В начале моих студенческих лет, в Высшей Нормальной школе, а также в Сорбонне, мне пришлось прослушать скучнейшие, плохо изложенные курсы физики. (А студенты в то время еще не догадались, что можно бунтовать.)

Но вот на место моего деда Маскара, вышедшего в отставку из-за болезни, был назначен Ланжевен и начал курс лекций в Коллеж де Франс.

Электричество, магнетизм, теория Максвелла... Какое волшебство! Потом, уже став профессором, он перешел к электродинамике движущихся тел и к теории

относительности, радиоактивности. Сначала я не всегда мог целиком схватывать физический смысл излагаемых идей и стеснялся беспокоить профессора. Потом я решил пригласить нескольких товарищей по школе (Фох, Перес, Канас и др.), и мы попросили Ланжевена ответить на некоторые вопросы... Он очень часто выводил во время лекций в Коллеж де Франс совершенно новые теоретические результаты, которые сразу же становились ясными, как по волшебству. Многие из его личных исследований не были опубликованы, хотя некоторые из них были отредактированы его учениками. Так, например, в 1911 году Ланжевен вывел перед нами принцип относительности и знаменитое уравнение, связывающее массу и энергию. По этому поводу была проведена исключительно оригинальная дискуссия, раскрывшая значительно более фундаментальный смысл вывода Ланжевена, чем Эйнштейна. Тем не менее этот результат Ланжевена оставался долгое время неопубликованным, и только в 1932 году Франсис Перрен воспроизвел его в 41-м выпуске "La relativite. Serie d'exposes et de discussions dirigees par Paul Langevin" 1932.

В том же 1911 году состоялся Первый Сольвеевский конгресс физиков в Брюсселе. Зоммерфельд выдвинул соображение, весьма существенное, настаивая на том, что константа Планка имеет физический смысл "кванта действия", как это принято понимать в механике. Подхватив эту мысль на лету, Ланжевен показал, каким образом можно использовать эту концепцию для вычисления магнетона. В формуле Ланжевена допускалась произвольность в выборе коэффициента (как и в статье самого Зоммерфельда). Однако значение его, равное 2, оказалось неверным, хотя ход рассуждения Ланжевена был именно такой, который приводит к магнетону Бора. Сразу же по возвращении из Брюсселя, Ланжевен увлек нас рассказом об этих дискуссиях, и мы почувствовали себя в центре новейших физических проблем" [4, с. 263]. В воспоминаниях, собранных Андрэ Ланжевен², можно уловить отдельные оттенки личности ученого и человека, ускользающие в фундаментальных биографиях. О тонкости и изяществе

²Сокращенный перевод этих воспоминаний сделан автором книги.

мысли Ланжевена пишет Анри ле Буате, профессор Высшей Школы промышленной физики и химии.

"Я всегда думал, что если меня попросят обобщить в краткой формулировке то, что я сохранил в памяти о своем любимом учителе, то я скажу: Поль Ланжевен был "аристократом" духа. Мне кажется, что именно это выражение верно передает благородство мысли и сердца, высокие принципы и широту его гениального ума, которые нисколько не были ограничены только областью науки... Я часто замечал, что в разнообразных обстоятельствах люди, оказывавшиеся противниками Поля Ланжевена в политике, воздавали должное благородству его мысли.

Его доброта была так доступна, что в те времена, когда я еще был у него лаборантом, нам пришлось организовать контроль у входа в его кабинет, чтобы избавить от натиска бессовестных попрошайек, которых он не решался прогнать".

Другой преподаватель Высшей Школы промышленной физики и химии, профессор М. Турнье считает, что одной из главных черт его характера была пронизательность. "Когда мне приходилось обращаться к нему за советом в ходе текущей работы, я мог быть уверен, что еще задолго до того, как вопрос будет задан, у него уже заготовлен ответ".

Оригинальное отношение Ланжевена к играм также осталось в воспоминании Турнье:

"Однажды я разговаривал с ним о шахматах:

— Вы должны были бы стать прекрасным игроком, — сказал я.

— Нет, я почти никогда не играю. Мне неприятно соперничество с приятелем по поводу столь ничтожного повода, позволяющего мне доказать ему, что я более хитер, чем он. Когда же во время путешествия в Южную Америку, его научили играть в спички, он построил на основе этой игры изящную теорию двои́чного исчисления, позволяющую надеяться на легкий выигрыш" [4].

Бывший ученик Ланжевена, а ныне член Болгарской академии наук А. В. Дациф, работавший во Франции с 1934 по 1939 год, рассказывает.

"В 1935 году я в первый и последний раз пытался стать экспериментатором и таким образом имел

возможность познакомиться ближе с профессором Ланжевром и окружающими его людьми...

...Я представил ему свой доклад о возможности использования моей идеи для определения скорости свободных электронов в металлах. Речь шла о следующем: на периферии вращающегося металлического диска находится тонкая металлическая фольга, два контакта которой связаны с выводами дифференциального гальванометра. Устройство питается от источника постоянного тока, и вся цепь оказывается замкнутой на тот же металлический диск. Я ожидал, что механическая скорость вращающегося диска накладывается на свободные электроны и создает асимметрию в обеих точках. Этот эффект должен был быть измерен гальванометром, показание которого окажется зависимым от скорости электронов внутри металла, из которого изготовлен диск. Однако я плохо представлял себе порядок величины ожидаемого эффекта и убедился в этом только потом.

Профессор Ланжевен два раза просматривал мой проект и после некоторого размышления сказал:

— Я не убежден в том, что вы получите ожидаемый результат, но идея эксперимента очень проста, и она стоит того, чтобы ее проверить.

Я получил для своей экспериментальной установки отдельную комнату, в которой работал около шести месяцев. Основная часть аппаратуры была сконструирована в мастерской Школы. Когда эксперимент был доведен до максимально возможной точности установки, и паразитные эффекты были ликвидированы, стало совершенно ясно, что ожидаемый эффект не может быть получен, и я прекратил работу. Однако в ходе исследования меня постоянно поддерживали сотрудники лаборатории, включая и сына нашего патрона — Андре Ланжевена, с которым я часто беседовал" [4].

* * *

О Ланжевром друзьями и современниками написано много книг, статей и эссе. Мозаика, собранная здесь из малой части воспоминаний, когда-нибудь, бережно восстановленная историками, предстанет перед читателем, как фреска, воспроизводящая яркую жизнь этого великого человека нашей эпохи. И с каждым годом молодые ростки мысли Ланжевена будут прорастать в дальних областях знания и культуры.

П р и л о ж е н и я

1. Переписка П. Ланжевена и А. Эйнштейна*

Коллеж де Франс

Лаборатория экспериментальной физики

Париж, 18 февраля 1922

Дорогой друг!

На последнем пленарном заседании профессура Коллеж де Франс постановила по моему предложению просить Вас выступить на конференции имени Мишониса, как согласно уставу это делает ежегодно приглашаемый в Париж какой-нибудь иностранный ученый. Мы будем очень счастливы, если Вы согласитесь.

Помимо удовольствия, которое я лично испытываю при мысли о встрече здесь с Вами, я считаю нужным высказать Вам следующие веские соображения общего порядка: интересы науки требуют восстановить общение между учеными немецкоязычных стран и нами. Никто лучше Вас не поможет нам в этом. Вы окажете величайшую услугу Вашим коллегам как во Франции, так и в Германии; кроме того, давая свое согласие, осуществляете наш общий идеал.

Вас ждет здесь самый сердечный прием, Ваши труды, равно как и Ваша личность, заслужили живейшую симпатию. Вы найдете здесь аудиторию в лице студентов, подготовленных к пониманию Вас, помимо широкой публики, жаждущей Вас узнать. Вот уже несколько лет, как предмет, который я преподаю в Коллеже, основывается исключительно на теории относительности. С 1912 года, после выступления Лоренца, на конференции имени Мишониса никогда больше не занимались проблемами физики. Вы один в состоянии восстановить это недостающее звено поверх барьеров страшных лет войны. Вы вольны прочитать столько лекций, сколько сочтете нужным и в любой последова-

*Paul Langevin et Albert Einstein d'après une correspondance et des documents inédits / Présentés par Luce Langevin // La Pensée. 1972, № 161 (перевод Н. М. Гнединой (М. Надеждиной)).

тельности, например пять или шесть, согласно избранной Вами теме. Ваш гонорар — 5 тысяч франков. Желательно, чтобы для понимания слушателями лекции были прочитаны по-французски. Полагаю, это не представит трудности. Если Вы сообразоволяете заранее составить текст, я переведу его, и Вы сможете прочесть его вслух, хотя бы частично, когда что-то покажется Вам сколько-нибудь трудным.

Вы бы очень нас обязали, если бы приехали до июня и Ваше первое посещение Парижа преследовало исключительно научные цели. Это будет наилучшим способом содействовать миру, которого мы все так жаждем. Как только я получу от Вас утвердительный ответ, управляющий делами Коллежа вышлет Вам официальное приглашение.

Здесь мои друзья присоединяются к моим настояниям и просят передать, что мы постараемся сделать по мере сил Вашу жизнь здесь как можно приятней. Лично я сохранил чудесные воспоминания о Вашем пребывании проездом в Париже в 1913 году, не считая других встреч с Вами за границей.

Примите уверения в моей совершеннейшей преданности и пришлите поскорей желанный ответ.

Поль Ланжевен

Берлин, 27 февраля 1922
Хаберландштрассе № 4

Дорогой друг Ланжевен!

Когда я получил Ваше любезное пригласительное письмо, я испытал огромную, чистую радость, а сегодня, через неделю, неохотно, с грустью берусь за перо, потому что не могу сейчас принять приглашение, хоть и сделал бы это с удовольствием, не говоря уже о сердечной приязни, которую я к Вам питаю. Вы ведь знаете, я считаю, что отношения между учеными не должны страдать от их политических взглядов и что всеобщность научного труда должна быть превыше всего.

Вы знаете также, что я по убеждению безоговорочный интернационалист и что если меня зачислили в Прусскую академию наук, то это ничуть не повлияло на мое мировоззрение; однако тщательно все продум-

мав, я пришел к выводу, что сейчас, в период политической напряженности, мой приезд в Париж будет иметь больше вредных, нежели полезных последствий.

Мои здешние коллеги сейчас, как и раньше, исключены из всех международных научных сообществ и считают, что в этом в первую очередь повинны французские коллеги.

Мне известны глубокие причины, приведшие к такому положению дел. Однако, с другой стороны, Вы можете себе представить, что мои здешние коллеги, чувствительность которых сейчас болезненно обострена в итоге событий и впечатлений последних лет, восприняли бы мою поездку в Париж как акт нелояльности и были бы так оскорблены, что это могло бы возыметь нежелательные последствия; но и в Париже нам могут угрожать осложнения, и этого нельзя не учитывать.

Нет для меня ничего прекрасней, чем возможность вдосталь наговориться с Вами, с Жаном Перреном и мадам Кюри, как прежде, в маленькой комнатке, и объяснить Вашим студентам устно, в личном с ними общении, теорию относительности; но широкая публика и политики давно уже всячески стремятся использовать мое имя и мою теорию в своих — тех или иных — целях. Есть немало людей, которые подхватят налету любое мое свободное высказывание и подбросят читателям газет, подав его под собственным соусом; мой опыт за последнее время заставляет меня считать это очень серьезной опасностью. Ведь в конечном счете это не проявление разума и доброжелательности, напротив — всегда ненависть и вражда. К тому же меня, наверное, станут спрашивать, какого я мнения о франко-германских отношениях. А так как я привык высказываться только честно, иначе не могу, то мой ответ не заслужит мне симпатии ни по эту, ни по ту сторону Рейна.

Правда, я без колебаний решил поехать в Северную Америку, Англию и Италию, но поводом к поездке в Америку был, главным образом, вопрос об университете в Иерусалиме. Что касается других двух стран, то тут психологические предпосылки были несравненно проще и благоприятнее, чем в нашем с Вами случае (к несчастью!).

Дорогой мой Ланжевэн, меня огорчает, что я не

могу исполнить Вашу просьбу, я ведь очень Вас люблю; да и не могу не питать благодарности к Вам и к Вашим товарищам по Коллеж де Франс за оказанный дружеский прием и ту примирительную позицию, которая явилась отправной точкой Вашего решения.

С сердечным приветом и в надежде вскоре с Вами увидаться, неизменно Ваш А. Эйнштейн.

Однако германский министр иностранных дел Вальтер Ратенау рекомендует Эйнштейну принять приглашение, и Эйнштейн в своем втором письме Ланжевену (оно не обнаружено¹), следует совету Ратенау. Ланжевен отвечает Эйнштейну письмом, которое приводим ниже.

Коллеж де Франс

Лаборатория экспериментальной физики

Париж, 8 марта 1922

Дорогой мой друг,

Вы меня осчастливили, приняв приглашение Коллеж де Франс, Вы поняли и, конечно, поймут и Ваши коллеги этот жест, которым мы хотим воздать должное не только Вам лично и Вашим идеям, но и открыть путь для улучшения отношений, чего требуют высшие интересы разума. Дав согласие, Вы оказываете великую услугу нашему делу, которое объединяет всех нас. Вы получите официальное письмо от управляющего делами Коллеж де Франс господина Круазе, с которым я сейчас увижусь и которого Ваш отказ на прошлой неделе чрезвычайно огорчил.

У наших студентов и преподавателей пасхальные каникулы с 9 по 24 апреля. Лучше всего было бы Вам приехать в последних числах марта и провести здесь дней десять, в течение которых состоятся 4-5 заседаний с интервалом в один день, чтобы не слишком Вас утомить. Если приедете 28 или 29 марта, то у Вас будет столько времени, сколько понадобится. Думаю, что смогу облечь это в желательную для Вас форму, чтобы дискуссией руководили Вы. Если не возражаете, то когда Вы подтвердите, что принимаете мое предложение, я представлю Вам программу, как бы отчет о том, что больше всего интересует тех Ваших

¹Французский астроном Шарль Нордман, который вместе с Ланжевром принимал Эйнштейна, цитирует это письмо в своем восторженном репортаже о пребывании Эйнштейна в Париже. (См.: "Revue du Mois" от 1 мая 1922 г.)

здешних слушателей, которые еще не преодолели известные трудности, мешающие Вас понимать.

Конечно, мы надеемся увидеть Вас в сопровождении госпожи Эйнштейн. Она, кажется, сопровождала Вас в США, и мы будем очень счастливы принять ее вместе с Вами здесь. Но так как у нас еще не преодолен жилищный кризис, а в переполненных гостиницах Вам будет беспокойно, то я могу предоставить в Ваше распоряжение небольшую квартиру, очень тихую, вблизи от Ботанического сада, в десяти минутах ходьбы от Коллеж де Франс и в пяти минутах от моего дома. Жить Вы будете там один, обслуживать Вас будет женщина, которая говорит по-немецки. Телефона там нет, и обстановка очень простая, но там, может быть, Вам будет приятней, чем в огромном современном караван-сарае, куда заявятся журналисты и будут осаждать Вас лично или по телефону. Адрес Ваш², если хотите, будет известен только немногим людям, которые эгоистически будут пользоваться приятным преимуществом жить ближе всех к Вам, в квартале Эколь. Но сообщите мне, и это не терпит отлагательства, можете ли Вы побывать у нас до наших пасхальных каникул, например, с 28 марта до 9 апреля? Тогда мы, если у Вас найдется время, провели бы вместе несколько дней за городом.

До скорой встречи и располагайте Вашим искренне преданным П. Ланжевром.

10 бис, Бульвар Пор-Рояль,
Париж,

Следующее письмо П. Ланжевена содержит программу пребывания Эйнштейна в Париже.

Париж, 20 марта 1922
10, Рю Воклен

Муниципальная школа
промышленной физики и химии
Дорогой друг,

Все мы радуемся скорой встрече с Вами. Я занимаюсь организацией заседаний в Коллеже, даты кото-

² Эта квартира находилась на Рю де ля Питье (ныне Рю Ларрей) и напротив площади де л'Эрмит. Но в конце концов Поль Ланжевен поселил Эйнштейна у своего близкого друга Джованни Мальфитано, который жил на Рю Жан-Долан (ныне Рю Гумбольдт), в маленькой, очень тихой квартире.

рых я Вам уже сообщил. Прилагаю при сем письмо г. Ксавье Леона по поводу заседания 6 апреля во Французском философском обществе, на котором он просит Вас присутствовать³. Он был бы очень рад, если бы Вы сформулировали повестку дня этого заседания и прислали несколько строк с Вашими тезисами в качестве программы. Если Вы не имеете ничего против приглашений от частных лиц, то уделите им, пожалуйста, следующие дни:

суббота 1 апреля, завтрак у Сэра Томаса Беркли (в полдень);

воскресенье 2 апреля, завтрак в Булонском лесу в доме Тур де Монд (в полдень);

среда 5 апреля, обед в 7 часов (у Бореля).

Я предполагаю составить к четвергу программу заседаний, согласовав ее с некоторыми коллегами, после чего сразу же Вам ее вышлю.

До скорой встречи. Любящий Вас П. Ланжевен.

Через два дня Ланжевен пишет снова.

Париж, 22 марта, 1922

Дорогой друг!

Посылаю Вам приглашение на завтрак 2 апреля. Кроме того, Общество химии-физики хочет залучить Вас на обед в пятницу 7 апреля после нашего заключительного заседания в Коллеже.

Помимо нашей воли, из-за чьей-то нескромности не удалось скрыть от прессы Ваш приезд, так что сообщение о нем появилось в газетах.

Комментируется оно всюду доброжелательно. Мне бы хотелось знать, в котором часу Вы приедете, чтобы встретить Вас в Париже и избавить от лишних разговоров при выходе из вагонов. Во всяком случае, Вы найдете меня к Вашему прибытию на перроне Гар де Нор. Дайте мне знать, когда прибудете, письмом или телеграммой, если у Вас осталось мало времени.

Преданный Вам П. Ланжевен.

Между тем стало известно, что к прибытию поезда готовится враждебная демонстрация ультраправых; поэтому сын Ланжевена Жан, студент Высшей Нормальной школы, собрал группу товарищей, чтобы охранять Эйнштейна. Но Поль Ланжевен и

³См. отчет об этом в статье Ш. Нордмана ("Ревю де Монд" от 1 мая 1922 г.).

Шарль Нордман предусмотрительно вывели Эйнштейна с вокзала через запасный выход. Старались они уберечь Эйнштейна и от каких-либо инцидентов во время его лекций. Парижские газеты свидетельствуют об огромном успехе этих лекций и необыкновенно интересных дискуссиях, которые, правда, происходили в узком кругу физиков и математиков.

Друг семьи Эйнштейнов, Антонина Валентен, присутствовавшая на его лекциях и на многих других встречах с ним, где и он, и Поль Ланжевен высказывались вполне свободно, так характеризует их "странную дружбу".

"Между ними существовало всестороннее взаимопонимание, при этом почти без слов.

Когда они, встречаясь утром, здоровались, у них был такой вид, будто оба только что вышли из комнаты, где накануне допоздна долго и тайно о чем-то совещались. У них так часто совпадали идеи, их ход мыслей развивался столь аналогично, что отношения между обоими учеными, казалось, не зависели от времени. Эйнштейн находил в Ланжевене ту ясность мысли, какая была свойственна ему самому, ту же творческую интуицию, которой дарована способность отделять существенное от несущественного. И Ланжевен обладал той щедростью интеллекта и таланта, которая была проявлением его душевной человеческой щедрости: опережая идеи своих собратьев-ученых, он предчувствовал значение их открытий, вдохновлял и превозносил их с характерной для него идейной страстностью.

В отличие от его старшего собрата, не по летам пылкого, Эйнштейну был более свойствен скепсис и зрелая не по летам осторожность. Но несмотря на этот скепсис и осторожность, он, так же как и Ланжевен, был всегда готов встать на защиту человека или идеи, целиком отдаваясь борьбе против несправедливости. Их обоих сроднило присущее им полное бескорыстие, обостренное чувство ответственности".

Во время пребывания Эйнштейна в Париже Поль Ланжевен получил письмо от супруги Эйнштейна Эльзы, где она словно эхо повторяет слова Антонины Валентен о "всестороннем взаимопонимании".

"Тысячу раз благодарю Вас, дорогой и многоуважаемый профессор Ланжевен, за оказанный моему мужу сердечный прием! Он с восторгом говорит о своем пребывании в Париже и с умилением о Вас. Как чудесно Вы придумали, что поселили его в квартире друга! Это вполне в его духе. От души жму руку, благодарю за телеграмму и очаровательную открытку, искренне ею горжусь. Прошу передать мою самую горячую благодарность г-ну Пенлеве и графине де Ноай. А теперь верните мне мужа! Между прочим замечу, что он никогда еще так вкусно не ел, как у Вас там. Об этом он сам пишет, и когда вернется домой, я окажусь в трудном положении.

Дружеский привет! Эльза Эйнштейн."

В записке Ланжевену Эйнштейн намекает на это письмо жены:

I апреля 1922

Дорогой друг Ланжевен,

Жена моя благодарит Вас в своем письме 10^8 раз,

это я поручил ей такое послание в стиле лирико-поэтическом.

Прилагаю письмо к Викте и присовокупляю к нему пригласительный билет на дискуссию⁴. Хорошо бы, если бы мы не ходили фотографироваться, ведь это отнимет время, а оно нам нужно, чтобы организовать работу. У меня совершенно четкое ощущение, что это было бы плохо.

Сердечно приветствую, и до встречи сегодня в полдень!

Ваш Эйнштейн

Пошлите, пожалуйста, также приглашение доктору Московичи по адресу: Аркей-Кашан (Сена). Он друг Соловина, и человек, более или менее компетентный.

9 апреля Эйнштейн уезжает из Парижа. Поль Ланжевен пишет ему вдогонку.

Коллеж де Франс

Лаборатория экспериментальной физики

Париж, 10 апреля 1922

Дорогой друг!

Думаю письмо это вместе с приложением застанет Вас уже в Берлине и еще раз скажет Вам, как я был счастлив вновь свидеться и работать с Вами, чтобы по мере наших сил исправить огромное зло, причиненное войной.

Хочется поскорее узнать, что Вы вернулись домой не слишком переутомленным. Будьте уверены, что, побывав в Париже, Вы сделали великолепное дело, хоть оно и потребовало от Вас немалого напряжения, и что Ваше выступление произвело здесь наилучшее впечатление, гораздо большее, чем я смел надеяться.

Я, по оплошности, неведомо куда девал бумажку с записанным Вами адресом, по которому я должен перевести Вам Ваш гонорар.

Окажите любезность, напишите мне его снова, чтобы я мог выполнить свой долг как можно скорее.

Передайте, пожалуйста, мой почтительнейший поклон госпоже Эйнштейн, остаюсь горячо преданный Вам

Поль Ланжевен.

⁴После конференции 31 марта состоялось четыре заседания, на которых происходила дискуссия (3, 5 и 7 апреля 1922) в Физической аудитории, менее вместительной, чем первая.

Ответ Эйнштейна не обнаружен, но мы располагаем письмом Ланжевена, которое он написал по получении вышеупомянутого, пропавшего письма Эйнштейна.

Коллеж де Франс

Лаборатория экспериментальной физики

Париж, 25 апреля 1922

Дорогой друг!

Очень рад был узнать, что Вы доехали благополучно и можете теперь пользоваться заслуженным отдыхом с сознанием, что сделали полезное со всех точек зрения дело.

Дни Вашего пребывания здесь — слишком краткие — останутся в моей памяти как счастливейшие дни. Я, как и Вы, сожалею, что у нас не было времени поговорить более спокойно и что приходится отложить это удовольствие до Вашего будущего приезда, который, надеюсь, и впрямь не за горами...

Только что отправил Кохерталеру чек на ту сумму, которую Вы мне оставили. Понадобились кое-какие формальности, чтобы получить разрешение, поэтому несколько задержался и перевод денег. Я просил Вашего корреспондента уведомить Вас об их вручении.

Прилагаю записку г-на д'Окань, академика и выдающегося математика. Он бывал на наших дискуссиях и вполне владеет материалом. Не сочтете ли Вы возможным как-то оказать ему внимание?

Я сам отнес г-ну Финали письмо, которое Вы поручили ему передать. А от себя лично поблагодарил за проявленный им такт.

Моя работа по механике⁵ вскоре выйдет. Я пошлю Вам копию рукописи, как только закончу. Дети мои и их мать еще не вернулись после каникул. Покамест разделяю свои трапезы с Мальфитано, который шлет Вам, заодно с Сельмой, свои наилучшие пожелания. Удручает меня бездарность наших представителей в Генуе⁶, хочу все же надеяться, что из этого не проистечет чего-нибудь более серьезного. Все это, правду сказать, тяжело.

⁵Вероятно, речь идет о книге П. Ланжевена "Принцип относительности", вышедшей в издательстве Широн. Никаких других работ по механике Ланжевен в то время, кажется, не публиковал.

⁶Имеется в виду первая международная конференция после войны 1914-1918 гг. — Генуэзская.

А пока, в ожидании лучших дней будем утешаться сознанием важности нашей работы и бесценной поддержкой, которую мы друг другу оказываем.

Ваш горячо преданный П. Ланжевен.

Нижеследующую (недатированную) открытку Поль Ланжевен получил от Эйнштейна из Голландии, где он снова встретился с физиком П. Эренфестом⁷, близким другом.

Дорогой Ланжевен,
Здесь, в мирном Лейдене, мы часто с любовью Вас вспоминаем.

Ваши братья А. Эйнштейн и П. Эренфест.

В июне 1922 г. был убит членами террористической организации "Консул", предшественниками немецкого фашизма, министр иностранных дел Веймарской республики Вальтер Ратенау. Травля против Эйнштейна и гонение на теорию относительности усилились по его возвращении из Франции. В противовес нараставшей волне реваншизма сторонники сближения народов, демократические элементы, спланиваются в различные союзы; такова была и Лига прав человека.

14 июля 1923 года Поль Ланжевен получает приглашение от этой Лиги принять участие в демонстрации, организуемой 29 июля в Берлине под лозунгом: "Война войне!"

Поль Ланжевен дает согласие и почти тотчас же получает открытку от Эйнштейна.

Берлин, 23 июля

Дражайший Ланжевен!

Я совершенно счастлив, что Вы приедете. Жить будете у меня; обе мои дочери⁸ уехали, так что я устрою Вас вполне комфортабельно в их комнате. Это изумительно, что Вы приезжаете, чтобы принять участие в этой демонстрации. Мне предложили выступить там с речью, но мне нельзя выступить публично, поэтому я дал только краткое письменное заявление, в котором излагаю свою позицию. Прошу Вас, напишите, каким поездом прибываете.

Сердечно приветствую Вашего сына⁹.

Ваш А. Эйнштейн

⁷Эйнштейн и Эренфест подружились во время встречи в Цюрихе в 1913 г. С 1920 г. Эйнштейн часто гостил у супругов Эренфестов в Лейдене, где Эренфест получил при университете кафедру, которую до него занимал Лоренц.

⁸"Обе дочери" Эйнштейна в действительности его падчерицы, дочери его второй жены Эльзы.

⁹В поездке в Берлин П. Ланжевена сопровождал его сын Жан.

На обороте открытки - постскрипtum.

Принимая участие в этой демонстрации, Вы делаете великое дело. А.Э.

Полицай-президиум запретил Ланжевену выступать с речью, опасаясь тогда враждебных демонстраций против представителей Франции. Тем не менее Поль Ланжевен в сопровождении Эйнштейна явился на демонстрацию, на которой были прочитаны декларации обоих ученых, отныне выступающих как союзники в борьбе против войны и в защиту передовой науки. Ланжевен был потрясен нуждой, царившей в Германии вследствие непрекращающейся инфляции. Не обошла нужда и Эйнштейна, несмотря на его мировую славу. Страшила надвигавшаяся опасность второй мировой войны.

Вернувшись во Францию, Ланжевен поделился своими впечатлениями во Французской Лиге прав человека и Комиссии по интеллектуальному сотрудничеству при Лиге Наций.

Перед отъездом на отдых в Веркор, где находилась его семья, он пишет Эйнштейну.

Париж, 1 августа 1923
10, rue Voklen

Дорогой мой друг!

Прибыли мы с Жаном благополучно, в дороге были не больше суток и застали здесь тишь да гладь.

Перед отъездом в Дофине (завтра!) шлю эти наспех написанные строки, чтобы сказать Вам, как был тронут приемом Вашим и госпожи Эйнштейн, оказанным нам с Жаном. Ваше сердечное отношение и поддержка в течение этих трех дней были для меня бесконечно дороги. Горячо обнимаю Вас

Ваш П. Ланжевен

Через две недели он получает от Эйнштейна ответ из Шлосс Лаутрах.

18 августа 1923

Дорогой Ланжевен!

Всякий раз бесконечно радуюсь, вспоминая прекрасные дни, проведенные с Вами в Берлине, и могу добавить, что нынешний Ваш приезд вызвал во многих людях, особенно в наших коллегах, чувство признательности и уважения. Но повод, по которому я Вам пишу, совсем другого свойства и в одном пункте более конкретен.

Я гостил здесь со своими двумя сыновьями¹⁰ у г-на Аншютца, о котором не раз рассказывал много

¹⁰у Эйнштейна было два сына от первого брака.

лестного. Этот человек первым сконструировал гироскопический компас, пригодный для применения на практике, и имеет фабрику в Ноймюлене, подле Киля, где кроме этих гироскопических компасов производятся и другие точные измерительные приборы.

О Вашем замечательном открытии акустического зондирования морского дна я рассказал Аншютцу, так как знал, что он сам уже давно занимается опытами с той же целью. Он чрезвычайно увлекся этим проектом и просил передать Вам, что охотно возьмет на себя его реализацию в Германии, если это окажется возможным.

От себя добавлю, что Аншютц и его завод могут гарантировать безупречное с точки зрения техники производство, и я прошу Вас при случае известить меня, желательна ли для Вас или для Вашей фирмы сотрудничество с ним. Я тогда сообщу ему об этом. Сейчас возвращаюсь в Берлин, где мы собираемся делать опыты.

С самыми добрыми пожеланиями Вашей семье, остаюсь сердечно Ваш А. Эйнштейн. Приятного отдыха!

Из следующих писем видно, какое большое место в деятельности обоих ученых занимает организация борьбы с нарастающей военной опасностью в мире. Немалое внимание в письмах обоих уделялось обсуждению и чисто научных проблем.

Приводим два встречных письма, написанных в октябре 1924 г. и отправленных почти одновременно.

Берлин, 22. X 1924

Дорогой Ланжевен!

Тяжелее всего мне отказывать Вам, но на этот раз я не могу поступить иначе. Третьего дня я вернулся из Лейдена, и мне придется выступить с лекцией. К моему великому огорчению, я не могу сейчас приехать в Париж. С Вашей стороны было очень великодушно (и вполне по-ланжевенски!) взять под свое крыло Гумбеля. Он этого достоин и может оказать существенные услуги делу международного сотрудничества. На него всегда можно будет рассчитывать, когда речь пойдет о вопросах, касающихся Германии и Лиги Наций.

Даст Бог, убеждение в том, что Германия должна вступить в Лигу Наций, возобладает. Я рад также, что Бозе¹¹ Вам понравился, с ним я познакомился в

¹¹Этот индийский физик разработал совместно с Эйнштейном статистику, получившую название бозе-эйнштейновской.

Люцерне. Жаль, что нашу комиссию так напрямик передали в ведение Парижской академии наук, хотя в нашей комиссии и сложилось мнение, что в широких кругах это подорвет доверие к ее объективности. Будем надеяться, что этот промах не возьмет слишком серьезных последствий. Сердечно приветствую Вас в надежде на скорую встречу! Наилучшие пожелания Вашей семье и мадам Кюри.

А. Эйнштейн

Прочтите вывод из формулы Планка Бозе ("Ревю де физик").

Париж, 23 октября 1924

Дорогой друг,

Съездил в Орлеан с д-ром Гумпелем, которого сопровождал, чтобы представить аудитории, сейчас он совершает очень полезную поездку с чтением лекций по нескольким городам французской провинции. В том городе, куда я его возил, принимали изумительно. Он сказал мне, что Вы в Лейдене. Может быть, это позволит Вам принять приглашение, которое я не решился послать раньше, чтобы Вам не пришлось бы надолго отлучаться из Берлина.

Имеется в виду Ваш приезд в Париж для участия в совещаниях (в первых числах ноября, 4, 5 или 6); на одном или двух из этих совещаний состоится обед, цель которого подготовить организацию Союза деятелей культуры. О нем я Вам уже говорил, им интересуются многие наши здешние и зарубежные друзья.

Завтра я узнаю точную дату этих встреч и тотчас же сообщу Вам. Вы знаете, как мы были бы счастливы принять Вас здесь, без рекламы, поскольку Вы этого желаете. Мы бы поселили Вас в спокойном месте. Только что получил от Лоренца письменное подтверждение, что созываемая в Брюсселе конференция по библиографии состоится 7 и 8 ноября. Если можете заехать раньше в Париж, мы отправимся отсюда вместе. Передайте, пожалуйста, поклон от меня нашим лейденским друзьям, особо супругам Камерлинг-Оннес и супругам Эрэнфест.

Недавно виделся здесь с Бозе. Про него Вы рассказывали мне в Женеве, что он хочет на два года остаться работать в Европе. Он, кажется, настоящий индус: созерцательный, невозмутимый — всесторонне

интересная личность. Вы его увидите, если соберетесь приехать.

Любящий Вас П. Ланжевен.

Ответ Ланжевена на письмо Эйнштейна от 22 октября не замедлил последовать.

Париж, 31 октября 1924

Дорогой друг,

Я очень хорошо понимаю, что Вам нельзя было приехать сейчас из такого далека, и я никогда даже и не задавал бы Вам этот вопрос, если бы не думал, что Вы еще в Лейдене. Я воспользовался поводом написать Вам и получить отклик, так что не слишком жалею, что потревожил Вас.

Мы рассчитываем увидеть здесь г-на Шееля на будущей неделе в пятницу или в субботу, чтобы поговорить с ним о библиографии. А так как у меня нет его адреса, то буду Вам очень обязан, если Вы доставите ему до его отъезда из Берлина нижеследующие строки, простив мне, что я вновь прибегаю к Вашей помощи, чтобы упростить эти контакты, которыми Комиссия по сотрудничеству с деятелями культуры, по-видимому, придает значение. Я уверен, что организация в Париже такого Института не представит серьезной трудности, в особенности, если другие страны тоже проявят инициативу в этом начинании, и было бы целесообразно, чтобы Союз деятелей культуры имел в каждой стране свой исполнительный орган — место, где поочередно могли бы происходить съезды — даже тогда, когда Женева будет в состоянии предложить Международному союзу деятелей культуры достойное помещение.

Представится ли нам возможность встретиться не через невесту сколько месяцев? А пока передайте, пожалуйста, поклон госпоже Эйнштейн и примите мои самые дружеские чувства.

П. Ланжевен

В 1924 г. Луи де Бройль приносит Ланжевену для ознакомления свою докторскую диссертацию, — работу, важность которой для развития атомной физики Ланжевен сразу оценил.

Он немедленно посылает ее Эйнштейну, на что следует его ответ.

Берлин, 16.12.24

Дорогой Ланжевен!

Рад поводу написать Вам, потому что тогда вижу Вас перед собой так явственно, как будто мы сидим рядом и болтаем. Работа де Бройля произвела на меня большое впечатление; он приподнял краешек великой завесы. В своей новой работе я прихожу к результатам, которые, похоже, подкрепляют его выводы. Передайте ему, пожалуйста, если увидите, мое чувство симпатии и уважения. К моей величайшей радости, замечаю, что здесь точка зрения людей наиболее влиятельных и опытных стала гораздо более благоприятной для Германии и Лиги Наций. Правда, этот луч света не дошел еще *species minorum gentium*¹², но это будет, будет непременно. Здесь ходят слухи, будто Пенлеве ратует за франко-германское сближение. Хоть бы нашел он здесь порядочных людей! В том случае, если я могу что-нибудь сделать, я готов к его услугам, и к тому же располагаю полезными связями.

А теперь я обращаюсь к Пенлеве с особой просьбой, и она-то и есть истинная причина этого письма: "Математический аннален" выпускает том, посвященный юбилею Римана; редколлегия (в нее входят Блюменталь, Гильберт, Каратеорсторг и я) хотела бы по этому случаю возобновить связь с французскими математиками, пригласив их внести свой вклад в нашу публикацию.

Итак, моя просьба заключается в следующем: спросите, пожалуйста, Пенлеве от моего имени, не будет ли он так любезен, не согласится ли принять такое предложение? Мы допускаем, что у этого, столь занятого человека нет времени внести свой личный вклад. Но может быть, он будет так добр, что передаст наше обращение тем французским математикам, которых считает склонными принять такое предложение?

Гейгер и Боте сделали здесь очень интересный опыт. Они обнаружили, что в эффекте Комптона отклонение рентгеновского луча или вторичная ионизация, которая ему соответствует, и отражение электрона — явления одновременные. Таким образом, они опровергают теорию Бора-Крамерса-Слатера, которая дает статистическое подтверждение только принципам

¹²До малых сих (лат.).

энергии-импульса. Впрочем, работа еще не окончательно завершена; тем не менее авторы ее не сомневаются в результатах.

Вам, Вашему семейству и мадам Кюри с дочками сердечно кланяюсь.

Ваш Эйнштейн

На это письмо Ланжевен отвечает.

Париж, 13 января 1925

Дорогой друг!

Письмо Ваше получил с большим опозданием, оно не застало меня в Париже, я был в отпуске — в поисках покоя, в котором неизменно нуждаюсь. А прежде чем ответить на заданный Вами вопрос, пришлось потратить немалое время на свидания с кое-какими людьми. Должен Вам сразу сказать, что встретил отличный прием, прежде всего у Пенлеве, который, несмотря на обременяющие его бесчисленные заботы, охотно примет участие в задуманном Вами чествовании такого гениального человека, каким был Риман. Виделся я также с Борелем и Адамаром. Комитет, отвечающий за публикацию, может смело к ним обратиться. Мне еще не удалось поговорить с Эли Картаном, крупнейшим авторитетом в области геометрии, но я не сомневаюсь в его согласии.

Эксперимент Гейгера и Боте мне кажется чрезвычайно важным: я видел сообщения о нем и прочту с большим интересом их доклад, тем более, что предмет, который я преподаю в этом году в Коллеж де Франс затрагивает эти проблемы. Так что у меня был повод вернуться к теории излучения электрически заряженной частицы с точки зрения классической электромагнитной теории частного случая гиперболического излучения Борна. Надо ли настаивать на этом относительном характере радиации и считаете ли Вы полезным, чтобы я, преодолев свое отвращение к собственным выступлениям в печати, опубликовал свой довольно простой труд на эту тему, который ставит вопрос: излучает или не излучает назлектризованная неподвижная частица в гравитационном статическом поле? Я передал Луи де Бройлю Ваш лестный отзыв о его работе, разумеется, он будет очень тронут. После защиты им диссертации, я довольно

близко ознакомился с его идеями и предполагаю коснуться их в моем курсе лекций; существует много трудностей — но у меня создалось впечатление, которым я поделился с Вами в Женеве и которое Вы разделяете, что следует наблюдать, до каких пределов можно пойти в этом направлении.

Хотелось бы потолковать с Вами об этом и еще о многом другом. Кажется готовится совещание в Париже Союза деятелей культуры¹³. Можем ли мы надеяться Вас там увидеть? Вот было бы чудесно! Мой сын Жан — Вы его знаете — с октября прошлого года в Египте: заключил контракт на год на должность преподавателя лица в Александрии; он в восторге от того, что ему довелось увидеть, успел немного поездить, побывал в Каире и Верхнем Египте, Ассуане и т. д., где и я бы не прочь с ним побывать.

Все мы шлем Вам и госпоже Эйнштейн, наилучшие пожелания..., а мне лишь одной благости хотелось бы: видеть Вас в наступающем году хоть немного чаще. Принесет ли нам этот год что-нибудь утешительное и в плане общечеловеческом? Это в большей мере зависит от отношений между нашими странами. Предпосылки тут превосходные: правильная политика все больше набирает силу — а то, что Вы мне рассказываете, дает право надеяться.

От всей души обнимаю Вас,

П. Ланжевен.

В жизни обоих ученых наука и общественная деятельность всегда были неразрывно между собой связаны, о чем говорит хотя бы приписка Ланжевена в коллективном письме Эйнштейну из Вены.

Вена 9 мая 1926

Дорогой друг!

Рад возможности присоединиться к приветствиям, посылаемым Вам сегодня вечером из дома Эренфеста, куда я только что приехал, чтобы принять участие в работе Лиги Прав человека и одновременно в Научном физико-химическом обществе. Все это то, что мы любим!

За всех нас сердечно приветствую

П. Ланжевен

¹³Имеется в виду Международный Союз деятелей культуры, в котором принимал участие Ланжевен.

Важные научные вопросы, которыми занимались оба друга, стали предметом длительного обсуждения на Пятом, и очень важном, Сольвеевском конгрессе, состоявшемся в 1927 г. в Брюсселе.

На заседаниях Комитета, предшествовавших этому конгрессу, по настоянию Поля Ланжевена было послано приглашение на конгресс четырем немецким ученым. Эйнштейн, избрания которого членом комитета в 1926 г. добился тоже Ланжевен, представил на конгресс совместно с Эренфестом доклад под названием: "Новые выводы из закона Планка и применение статистики в квантовой теории".

С докладами также выступили: Луи де Бройль, Комптон, Брэгг, Чарлз Томсон, Вильсон, Гейзенберг и Макс Борн. В обсуждении докладов приняли участие: Дирак, Нильс Бор, Шредингер, Ленгмюр и Ланжевен.

В дискуссии между физиками-материалистами, которые отказывались отвергнуть детерминизм как принцип каждой науки, и поборниками "принципа неопределенности", Ланжевен и Эйнштейн единодушно выступали на стороне Лоренца и де Бройля.

Этот конгресс, сыгравший выдающуюся роль в истории физики, был последним, в котором участвовал Эйнштейн. Из-за пошатнувшегося здоровья он отсутствует на нескольких заседаниях комитета и Конгресса в 1930 г., подготовленном Ланжевром, который после кончины Лоренца с 1929 г. становится председателем Конгресса. В 1928 г. Эйнштейн во время пребывания в Навосе читает лекции больным студентам. Но тут дает себя знать его болезнь сердца, ему предписан на несколько дней постельный режим, и он возвращается очень переутомленным в Берлин, где получает от Ланжевена это выражение сочувствия.

7 ноября 1928

Дорогой друг!

От Соловина и мадам Грей узнал, что Вы больны и нуждаетесь в отдыхе. Хотелось бы точнее узнать, как Вы себя чувствуете, получить от Вас или от госпожи Эйнштейн просто краткую весточку. Я и сам изрядно устал, но с радостью навестил бы Вас в Берлине, если только это Вас не утомит и сколько-нибудь развлечет. Впрочем, Вы, конечно, не можете пожаловаться на недостаток изъятий симпатии и дружеских чувств, но мне хотелось бы, чтобы в эту докучливую минуту Вы знали, что можете рассчитывать на мою глубокую и нерушимую привязанность. Передайте, пожалуйста, мои чувства госпоже Эйнштейн и примите братский привет от Вашего Поля Ланжевена.

Эйнштейн устал; вражда коллег делает тягостной его жизнь в Берлине. Он не в состоянии участвовать во всех научных конференциях, на которые приглашает его Ланжевен, доказательство тому нижеследующее письмо:

28 марта 1929

Дорогой Ланжевен!

Принимаю назначенную Вами дату — 18 мая 1929 — сессии Сольвеевского научного комитета. Если здоровье хоть сколько-нибудь позволит, я, конечно, явлюсь. На всякий случай, если вздумаете поздравить меня с моим 50-летием, выражаю Вам свою глубочайшую благодарность¹⁴.

Примите же сердечный привет и самые дружеские чувства от Вашего Эйнштейна.

Коллеж де Франс

Лаборатория экспериментальной физики

26 июня 1929

Дорогой друг!

При сем посылаю копию приглашения, которое я адресую тем, кого мы избрали в качестве участников заседаний Брюссельского конгресса в будущем году. Надеемся увидеть Вас в начале ноября при присуждении Вам звания доктора; приложим все старания, чтобы как можно меньше Вас утомить. Вы ведь знаете, как счастливы были бы Ваши друзья с Вами побеседовать, но мы обязуемся щадить Вас.

Вы, наверное, получили также приглашение от Дежардена на встречу в Потиньи, в Исине с 1 по 10 сентября. Местность там очень приятная и обстановка самая непринужденная. Я обещал туда приехать.

Передайте, пожалуйста, мой почтительный поклон госпоже Эйнштейн и примите уверения в моей искренней преданности.

П. Ланжевен

Муниципальная школа
промышленной физики
и химии
Кабинет директора

Париж, 31 октября 1929
10, rue Voklen

Дорогой друг!

Только сегодня получил Ваше письмо от 13 октября, которое было послано мне в Барселону и при-

¹⁴Желая избежать официальных приемов, Эйнштейн с женой и дочерьми отпраздновали его пятидесятилетие в своем загородном доме.

было, когда я уезжал, так что мне не без труда удалось заставить его проделать обратный путь.

Совещание, на котором должен выступать Луи де Бройль, назначено на вторник 12 во второй половине дня вместо четверга 7, перенесли его по разным причинам. Дайте мне знать по телеграфу, приедете ли Вы 7 или 8. Если приедете 7, то я встречу Вас на вокзале, но приеду к Вам в отель после полудня, так как в этот день я занят в связи со столетием со дня рождения Шютценбергера.

Мы с превеликой радостью устроим совещание в тесном кругу, где Вы можете нам рассказать о тех прекрасных вещах, которые за последнее время создали и в основательность которых и надежность я твердо верю, потому что они возникают в процессе нормального и очевидно необходимого развития предшествовавших теорий, уже многократно с лихвой проверенных на опыте.

Радуюсь при мысли, что смогу поболтать с Вами чуточку спокойнее.

Ваш любящий П. Ланжевен.

В 1930 и 1931 гг. Эйнштейн выступает в Америке с докладами и лекциями, поездка его становится триумфом ученого. Весной 1932 г. он возвращается в Берлин, где застает нижеследующее письмо Ланжевена, — единственный сохранившийся документ, свидетельствующий об их отношениях в годы, предшествующие захвату власти Гитлером.

Париж, 24 мая 1932

Дорогой друг!

Пьер Сэз, весьма талантливый писатель, принимает горячее участие в предпринятой нами здесь антивоенной кампании. Он направляется в Женеву в надежде там с Вами встретиться. Уверен, что знакомство с ним доставит Вам такое же удовольствие, как и мне, когда мы встретились как соратники за правое дело. Я и сам рассчитываю поговорить с Вами на эту тему, когда мы свидимся в начале июля в Брюсселе.

Сердечно Ваш П. Ланжевен.

В декабре 1932 г. Эйнштейн с женой уезжают в Калифорнию, предполагая вернуться в Берлин весной 1932 г. Поль Ланжевен едет из Парижа в Анвер провожать друга. Жена Эйнштейна Эльза пишет Антонине Валантен (впоследствии — автору книги "Драма

Альберта Эйнштейна"): "Им многое нужно было сказать друг другу в день нашего отъезда: скоро вы услышите о том, что придумали эти отчаянные головы". Многие страны предлагают Эйнштейну убежище и кров. Эйнштейн принимает приглашение бельгийской королевской четы, которая предоставляет ему как почетному члену Совета Сольвеевского конгресса в полное распоряжение виллу.

Там, в Кок-сюр-мэр и решает Эйнштейн поселиться. Оттуда он посылает в прессу заявление, в котором клеймит германский фашизм и слагает с себя звание члена Прусской и Баварской академии наук. По его новому адресу, в Кок-сюр-мэр и приходит следующее письмо Ланжевена.

Лаборатория экспериментальной
физики
Кабинет директора

Париж, 9 апреля 1933

Дорогой друг!

Только что получил Ваш адрес и счастлив, что могу возобновить контакт с Вами. Мне не терпится по-видать Вас, я бы съездил в Кок, будь я свободен от непосильной для меня работы, в частности от хлопот, связанных с пятидесятилетием моей Школы физики и химии (ведь там Кюри и его жена открыли радий).

Юбилейные заседания будут проходить дней через девять, и Вы доставили бы мне величайшую радость, если бы оказались к тому времени у нас. Может, приедете, чтобы лично выразить согласие на предложение, которое, как мы к великой радости узнали, пришлось Вам кстати? Должен ли я Вам говорить, какой прием оказал бы Вам Коллеж де Франс и что Ваше место уже закреплено за Вами в новом физическом институте, который мы начинаем строить?

Один наш друг, г-н Вертхаймер, просил передать Вам предложение — содержится оно в прилагаемом его письме. Речь идет о вилле в Мэзон-Лафит, в окрестностях Парижа, совсем близко от Сены и леса, в одном из приятнейших мест. Это отлично сочеталось бы с Коллежем. Прилагаю также записку от Жана Перрена.

Нежно обнимаю Вас в надежде скоро свидеться здесь, либо в Бельгии.

П. Ланжевен

Дорогой друг!

Произошли большие события со времени нашей последней встречи в Антверпене, в свете которых положение дел в мире и впрямь вызывает тревогу. Как и во время войны, привыкаешь ежедневно читать рассказы о всяческих ужасах и насилиях с ощущением, что большая часть этих насилий не предана гласности. Вооруженная чернь в Германии обрекла на полное молчание людей, которые еще сознавали свою ответственность перед страной.

Это подобно грязевому потоку, который вскоре сметет все, что было еще благородного в человеке. То, что сегодня представляет собой угрозу для культуры, станет скоро серьезной военной угрозой, если страны, где еще существует парламентский строй, не опомнятся и не окажут энергичный отпор, который сегодня может еще носить чисто экономический характер.

К несчастью, очевидно, что либо человечество еще не вполне ясно сознает, какую угрозу таит в себе нынешнее положение дел в мире, либо, несмотря на наличие такой угрозы, человечество неспособно опомниться и оказать энергичный отпор, хотя не прошло и пятнадцати лет со времени последнего страшного урока.

Я убежден, что и сегодня германскую опасность удалось бы совершенно предотвратить, и вся система рухнула бы, если бы к Германии применили жесткую экономическую блокаду.

Чудесное отношение ко мне французского правительства и французских коллег доставило мне великую радость. Я еще не поблагодарил официально, так как не получил официального уведомления о моем избрании в Коллеж де Франс. Был бы Вам очень обязан, если бы Вы объяснили это г-ну де Монзи, чтобы его не удивляло мое молчание.

Я нахожусь сейчас в затруднительном положении, прямо противоположном положению моих соотечественников, изгнанных из Германии. Право же: я приглашен на всю зиму (5-6 месяцев в Принстонский научно-исследовательский институт имени Абрахама Лекснера). Затем я приглашен на пять лет — помесечно

каждый год — в Оксфорд, в Кристчерч коледж. Кроме того, Испания предложила мне место преподавателя (в качестве профессора) в Мадридском университете, и я обещал приехать туда в апреле будущего года. Обязался ведь я до французского предложения. К тому же у меня нет никакого официального сообщения относительно условий в Коллеж де Франс. А тут еще я в нынешнем году согласился прочесть в этом месяце курс лекций в Брюсселе, так что я не свободен весь месяц май.

А так как время летних каникул не в счет, то я не знаю, ни когда, ни на сколько времени могу приехать в Париж. Я в ужасном затруднении и право же, не знаю, что делать. Все это я досконально объяснил французскому консулу, когда он в первый раз сказал мне о проекте создать для меня кафедру по просьбе министра Франции. Вы, может быть, считаете, что мой долг был бы вежливо отказаться как от испанского, так и от французского предложения, ибо то, что я могу дать, не соответствует тому, чего от меня ожидают. Но такой отказ при теперешних обстоятельствах был бы дурно истолкован, ибо оба предложения, по крайней мере частично, носят характер политической демонстрации и, что самое главное в данную минуту, это имеет успех. Тогда Вы поймете, почему я не могу сейчас принять чудесное предложение г-на Вертхаймера. Во всяком случае, прошу Вас передать ему мою сердечнейшую благодарность.

При нынешних обстоятельствах никогда нельзя знать, какой оборот примут события, потому что в настоящее время все неопределенно. Может, настанет однажды такой день, когда мы с Вами сможем жить друг подле друга и для меня это будет большой радостью.

В одной из газет я прочитал, что Вы отпраздновали свое пятидесятилетие¹⁵. По этому случаю хотел бы выразить только одно пожелание: чтобы Вам были отпущены еще подлинные жизненные радости.

Пожелание это не лишено эгоизма, ибо то, что до-

¹⁵ Поскольку это письмо напечатано на машинке, видимо, вкралась опечатка, и имеется в виду 60-летие П. Ланжевена.

ставляет Вам радость, есть радость и для меня.

Сердечно приветствую, Ваш А. Эйнштейн

P. S. Шлю также сердечный привет и благодарность г-ну Перрену.

Хлопоты об оформлении Эйнштейна в Коллеж де Франс идут удачно, и Ланжевен уговаривает Эйнштейна приехать.

Париж, 22 мая 1933
10, рю Воклен

Дорогой друг!

Простите, что пишу с таким опозданием и так коротко; я считал нужным узнать сперва, как обстоит с подтверждением кафедры в Коллеже. Два дня назад Сенат проголосовал за ее создание, и решение будет окончательным, так что Вы можете рассчитывать, что со дня на день получите официальное извещение. С другой стороны, Ваше назначение ни к чему не обязывает Вас в этом году, потому что занятия кончатся в июне с тем, чтобы продолжаться в декабре, и за каждым из нас остается примерно двадцать недоданных уроков, которые мы можем добавить, включив в какой-нибудь момент в семестр с декабря по июнь. Мне кажется, это очень хорошо сочетается с другими Вашими обязательствами. Думается, полезно было бы, если бы Вы, когда назначение будет утверждено, приехали в Париж за несколько дней до конца июня, чтобы установить контакт с министром де Монзи, отношение которого к этому вопросу оказалось решающим, и с Бедье, управляющим делами Коллеж де Франс. Скажите мне, когда сочтете для себя возможным нас посетить. Мне незачем говорить, как рады будут Ваши здешние друзья видеть Вас хотя бы мельком.

Сейчас мы очень заняты организацией приема немецких коллег, число которых непрерывно растет. В ожидании лучшего, будем многим из них оказывать материальную помощь, так, чтобы они могли спокойно работать.

До скорого, надеюсь, свидания.

Преданный Вам П. Ланжевен.

Из Англии, куда он приглашен читать лекции, Эйнштейн отвечает письмом, в котором, очевидно, принимает предложение Ланжевена.

4 июня 1933 г.

Дорогой Ланжевен!

Спасибо за Ваше доброе письмо от 22 мая, из которого я лишний раз убеждаюсь в том, как Вы, не щадя себя, со всей присущей Вам энергией стараетесь облегчить жизнь жертвам человеческого ослепления и глупости. Что касается меня, то я к 22 июня выполню все свои обязательства здесь, в Англии и надеюсь к 25 быть в Париже. Пускаюсь в путь с тяжелым сердцем, ибо о том, чем докажу, что достоин Вашего гостеприимства, у меня пока довольно смутное представление.

Беда, что у меня и впрямь уйма обязательств в разных местах: в Принстоне, Мадриде, Париже, Оксфорде, а я не на должной высоте... Если я через год со всем этим управлюсь, я ноги протяну! В одном только Принстоне мне придется пробыть около полугода! Должность, которая на меня там будет возложена, не только обеспечит мое существование, но и позволит обеспечить прожиточный минимум злосчастным членам моей семьи, которые от меня зависят. Теперь ситуация в Испании кажется мне очень ненадежной. Может статься, что к будущему году мой приезд в Испанию покажется там излишним. Испанское приглашение получилось как раз накануне французского. Веление судьбы, верно?

По поводу дела, которое собираются мне доверить в Коллеж де Франс, меня одолевают сомнения, потому что я не чувствую себя достаточно компетентным, чтобы прочесть столь пространный курс лекций и что он мог бы представить известную ценность для молодых слушателей этого института. Я, конечно, много работал над этой темой, но наибольшую часть того, что сделал, отбросил; а окажется ли ценным то, что я не отбросил, я, по правде сказать, не уверен. В сущности, я ведь не какой-то там талант или зрудит, я только искатель. То, что оказалось ценным в моих открытиях, известно каждому студенту, и читать целый курс на эту тему было бы просто смешно. Словом, я подчас кажусь себе старым котом, которого запрягают в прелестную игрушечную карету, тогда как он всю жизнь занимался только ловлей мышей. Или скрипачом-цыганом, который и нот-то не знает, а ему велят быть первой скрипкой в симфоническом оркестре. Но

как мне объяснить это официальному лицу, не рискуя быть превратно понятым?

Да мою добросовестность сочли бы зазнайством и неблагодарностью, мои благие намерения остались бы втуне. Нельзя ли так организовать мою работу в Коллеж де Франс, чтобы я волен был делать все, что мне заблагорассудится и получал бы только скромное пособие на прожитие? Я уверен, что принес бы куда больше пользы всем и мог бы наконец со спокойной совестью и ничем не омраченной радостью поехать к Вам. Раз у меня ничего нет, я попытаюсь принести пользу иным способом: участвуя в ваших научных исканиях.

Милый Ланжевен, не теряйте времени на расшифровку моих каракуль: попросите лучше перевести Вам это письмо на французский.

Всем сердцем Ваш А. Эйнштейн.

В ответном письме Поль Ланжевен заверяет Эйнштейна, что предлагаемая ему кафедра в Коллеж де Франс не лишает его права свободно планировать курс лекций и по своему усмотрению располагать временем.

Париж, 26 июня 1933 г.
10, рю Воклен

Дорогой друг!

Последнее время очень плохо себя чувствовал, поэтому приношу свои извинения, что не написал раньше, чтобы рассеять Ваши сомнения по поводу обязательств, налагаемых на Вас профессорским званием в Коллеж де Франс. Регламент у нас очень гибкий и позволит Вам облечь свою педагогическую деятельность в такую форму, какую сочтете целесообразной. В этом Вы убедитесь, если проведете день-другой в Париже, на что я надеюсь, памятуя Ваши слова.

Вам предстоит только встреча с министром, господином де Монзи, и управляющим делами Коллежа, господином Белье. Учебный год у нас кончился, и Ваш визит во Францию будет носить совершенно частный характер, без малейшего оттенка официальности, без всяких обсуждений и открытых собраний.

В будущее воскресенье, 2 июля я должен ехать в Брюссель. Если бы Вы могли приехать к концу этой недели, мы бы с Вами поехали вместе в субботу.

Дайте мне знать телеграммой — укажите час Ваше-

го приезда, если надумаете приехать, чем меня осчастливите.

Всем сердцем Ваш П. Ланжевен.

Но Эйнштейн заболел и не смог поехать в Брюссель, о чем свидетельствует следующее письмо.

Ле-Кок 26 июня 1933 г.

Дорогой Ланжевен!

Вернулся из Англии основательно разболевшись (сердце и печень), так что, к великому моему сожалению, не рискну сейчас пуститься в дорогу. Пишу Вам это, потому что действительно надеялся быть на днях в Париже, чтобы, так сказать, официально выразить благодарность за назначение в Коллеж де Франс и обсудить кое-какие детали с министром. Чрезвычайно удручает меня сейчас, что я абсолютно не знаю, каким способом изъяснить благодарность французскому правительству: приехать я не могу из-за болезни, а написать не могу, потому что не получил официального уведомления.

Исходя из вышеизложенного, настоятельно прошу Вас официально переговорить от моего имени с министром, объяснить ему положение дел, чтобы он не счел себя обманутым в своих ожиданиях, а меня - неблагодарным.

В Глазго и на обратном пути я имел удовольствие несколько раз интересно беседовать с Эррио. Он сообщил мне также, что Пенлеве очень тяжело болен. Будем надеяться, что его могучая натура справится с недугом и на сей раз. Кланяюсь ему от всего сердца, передайте, пожалуйста, если его увидите.

Международное политическое положение становится со дня на день все более угрожающим. И однако, по-видимому, не удастся достичь соглашения между Англией и Францией, которое позволило бы им установить равновесие в Европе. Вот так и получается, что на континенте все больше проникается сознанием, что его толкают к катастрофе, тогда как в Англии не хотят видеть действительность в ее истинном свете.

Сердечно приветствует Вас Ваш Эйнштейн.

Париж, 30 июня 1933
10, рю Воклен

Дорогой друг!

Глубоко огорчен, что Вы больны и что в ближайшие дни не придется с Вами свидеться. Я передал Ваши сожаления о невозможности приехать господину де Монзи, который просил Вас кланяться и сказать, что намерен поехать в Бельгию в первых числах августа. Он хочет навестить Вас в Ле-Коке, если Вы к тому времени еще там будете. Надеюсь тоже Вас повидать, как только выпадет свободная минута.

Обнимаю Вас нежно, Поль Ланжевен.

Между тем Эйнштейн трезво отдавал себе отчет в близости угрожавшей Франции опасности. Он отказывается от созданной для него кафедры в Коллеж де Франс — она остается вакантной до 1946 года, а Эйнштейн предпочитает Принстон, куда его пригласили и где он не раз бывал. Поль Ланжевен приедет проводить и проститься с другом перед его отъездом в Америку, как явствует из письма, посланного Эйнштейну вместе с докладами, которые должны быть представлены Сольвеевскому конгрессу 1933 г.

Париж, 8 сентября 1933

Дорогой друг!

Счастливы были узнать из Вашей телеграммы, которую застал вернувшись, что госпожа Эйнштейн успокоилась — хотя бы в одном отношении. Большую радость доставили мне также свидания и беседы с Вами и я надеюсь, что в недалеком будущем мы еще поработаем вместе, в еще более тесном содружестве.

Вы получите, если уже не получили, копии докладов на Сольвеевском конгрессе, и я буду очень Вам признателен, если Вы — поскольку мы с Вами не можем общаться лично — сообразовоите информировать меня письменно до заседания Совета о Вашем впечатлении от поставленных в докладах проблем и указать, какие вопросы кажутся Вам особенно важными или поддающимися разработке в теоретическом либо экспериментальном плане. Я доложу Ваши соображения Совету и это послужит хотя бы слабым утешением, что Вас с нами нет.

Скажите госпоже Эйнштейн, как безмерно благодарен я ей за прием, который она сообразоволила мне оказать, невзирая на все свои огорчения, и от души надеюсь, что они скоро пройдут.

Горячо обнимаю Вас, П. Ланжевен

На этом Седьмом Сольевском конгрессе Эйнштейн не присутствовал по двум причинам: во-первых, из-за преследований, постигших его после захвата власти Гитлером и вынудивших его эмигрировать; во-вторых, из-за расхождений между его теорией и теориями нового научного направления, которое возглавляли Бор и Гейзенберг.

3 октября 1935

Дорогой Ланжевен!

Как же я радовался, увидев Ваш почерк! Ведь в этом уже начало некой интимности: есть кто-то, кто думает и чувствует заодно с тобой, тогда как от всей этой человеческой суеты все чаще и чаще остается ощущение чего-то враждебного. Пока мы молоды, мы все воспринимаем как глубоко личное и близкое и простое; позднее это кажется иллюзией пылкой фантазии. Тогда возникает чувство одиночества и с ним приходит странное ощущение счастья. С Вами, конечно, это тоже бывало, хотя Вы, как будто, тесно связаны с замкнутым кругом людей? Жизнь в Америке поразительно вольная, расковывающая своей благожелательностью в отношениях между людьми и в общественных установлениях, но отчасти и благодаря политической разрядке. Там не ждут милости судьбы, колеблясь между страхом и надеждой, природа там богатая и здоровая, гораздо менее поработанная человеком. Как было бы Вам полезно провести здесь лето на природе!

Когда я с трепетом наблюдаю за всем, что творится в Европе, я каждый раз вспоминаю афоризм биолога Леба: "Только сумасшедший согласился бы исполнять обязанности государственного деятеля, потому что ни один разумный человек не пожелал бы нести ответственность за решения, последствия которых он не в состоянии предвидеть". (Сказал это Леб четырнадцать лет назад, следовательно, до появления Муссолини и Гитлера.)

Я не внял Вашему любезному приглашению, поскольку глубоко убежден, что не могу принести ни малейшей пользы какому бы то ни было конгрессу¹⁶.

¹⁶ Поль Ланжевен предлагал создать Восьмой Сольевский конгресс в 1936 г., но этот конгресс состоялся только в 1948 г.

Мои взгляды и интересы слишком далеки от тех, что так широко сейчас распространены, а я не могу представить в пользу моих воззрений аргументы достаточно убедительные. На мой взгляд, самое здесь интересное это признание того, что наиболее простые решения центральной симметрии общей теории относительности могут рассматриваться как случаи сингулярности. Тогда достаточно допустить гиперповерхности исчезающей детерминанты (G и V).

Это оказывается возможным, если записать уравнения поля таким способом, чтобы детерминанта не появлялась в числителе. К сожалению, эту задачу чрезвычайно трудно решить, удастся это только, когда речь идет об одном теле. К тому же в настоящее время совершенно неизвестно, соответствуют ли описанные таким образом структуры свойствам частиц. То, чего не хватает нам сейчас — это математического метода. Несмотря на все достижения квантовой механики, я не верю, что этот метод может способствовать теоретическому обоснованию физики. На данном этапе я вижу нечто подобное классической статистической механике, с тем лишь различием, что здесь мы еще не нашли того, что соответствует уравнениям классической физики.

Без контекста мы не имеем права утверждать сегодня, что в основе теории поля лежит фундаментальный принцип в максвелловском понимании. Однако другая возможность, по моему убеждению, ведет к связи пространственно-временного континуума с чисто алгебраической физикой. Логически это совершенно возможно (система полностью описывается рядом целых чисел; "время" представляет собой всего лишь точку, из которой рассматриваются остальные "наблюдаемые" величины: каждый наблюдаемый параметр логически координируется со всеми остальными). Таким образом, нет необходимости основывать теорию на критерии правдоподобия — интуиция берет верх¹⁷.

¹⁷ В этом же году А.Эйнштейн публикует в "Physical Review" две статьи, в которых излагает свое мнение об этом: "Описание, которое дает квантовая механика физической реальности, может ли оно считаться исчерпывающим?" (май 1935 г.) и "Проблема частиц в общей теории относительности" (1 июля 1935 г.). Луи де Бройль, который после Сольвеевского конгресса 1927 г. примкнул к школе Бора, в 1955 г. вернулся к своим прежним воззрениям, изложенным им на конгрессе в 1927 г.

Сольвеевскому комитету есть еще другие деловые обязательства, то заседание, о котором я недавно писал Вам, следует для всеобщего удобства перенести на среду 30 и четверг 31 будущего месяца.

Если Вы сможете к нам присоединиться, на что я очень надеюсь, то эта задержка дает Вам время на сборы. Для Вас будет приготовлена комната по адресу: 11, рю Эгмон, со второй половины дня во вторник 29, или раньше, в зависимости от того, когда приедете. Все мы будем очень счастливы Вас увидеть.

Ваш искренне преданный Поль Ланжевен.

По состоянию здоровья Поль Ланжевен вынужден был перенести на 1939 г. Восьмой Сольвеевский конгресс, который ранее предполагалось созвать в 1936 г. Конгресс этот не состоялся. Многочисленные его участники не могли на нем присутствовать, потому что 22 октября 1939 года началась вторая мировая война. За несколько месяцев до нее Эйнштейн написал по поводу этого конгресса нижеследующее письмо Ланжевену.

Нассау Пойнт.

10 июля 1939 г.

[До 15 сентября]

Дорогой коллега Ланжевен,

Был у меня недавно Эренхафт, венский ученый. По его просьбе спрашиваю: нельзя ли ему получить приглашение на Сольвеевский конгресс? Что и есть истинная цель моего письма. Я знаю, что в кругах физиков у него сомнительная репутация из-за упорства, с каким он, основываясь на многочисленных опытах, отрицал постоянство элементарного кванта. Однако в оправдание Эренхафта нужно сказать, что он сам создал довольно убедительный метод, и результаты его исследования не утратили своего значения при сравнении с более точными данными в той же области, так как основаны на более широких обобщениях, связанных с совершенно иной областью.

Чтобы мотивировать приглашение Эренхафта на Сольвеевский конгресс было бы вполне уместно указать, что во время исследований ему удалось интересным способом наблюдать влияние полей на час-

тицы (например, фоторез и какое-то загадочное воздействие на них неоднородных магнитных полей, — этим эффектам до сих пор не удалось найти объяснение).

Наконец, позволю себе заметить, что приглашение Эренхафта на Сольвеевский конгресс желательно и с общечеловеческой точки зрения: немцы не только обрали его до последней нитки, но и подлейшим образом преследовали. Его адрес: Профессор Феликс Эренхафт, 103 Вальроз авеню, Иова.

Вот уже пять лет, как я живу в этом новом мире, но мой тревожный взгляд прикован к Европе, которая в эти самые годы вступила в период упадка, что не может не вызывать беспокойство. Слабость, проявленная ею перед лицом фашистской Германии, предательство по отношению к Чехословакии и пуце всего то, что она сознательно принесла в жертву фашизму испанскую республику, были, конечно же, горькими разочарованиями для Вас, так же, как и для меня. Что до научной части, то я продолжаю работать над теорией относительности в применении к материи, от которой ожидаю, что когда-нибудь она заменит статистическое объяснение квантовых явлений методом более точным. А пока это сбудется, я, как никогда, одинок в этой бескрайней пустыне.

Сердечно приветствует Вас, Перрена и де Бройля
Ваш Эйнштейн.

В среду 30 октября 1940 г. немцы арестовывают Ланжевена и держат в тюрьме до 8 декабря, затем высылают его в г. Труа под надзор полиции. С самого начала войны Эйнштейн беспокоится за своего друга. Задолго до ареста Ланжевена Эйнштейн предпринимает множество шагов, пытаясь добиться приглашения Ланжевена в США как исследователя на должность профессора при университете.

Письма, приведенные ниже, свидетельствуют об этой деятельной солидарности.

Доктору А. Джонсону
Нью скул оф Сошвел Резерч, Нью-Йорк

7 сентября 1940

Дорогой доктор Джонсон
Профессор Поль Ланжевен, бесспорно, один из са-

мых выдающихся современных ученых. Среди оригинальных работ Ланжевена общеизвестны его статистические теории магнетизма и явлений ионизации в атмосфере, а также броуновского движения. Он был еще совсем молодым человеком, когда получил звание и должность в Коллеж де Франс. Его лекции в этом прославленном научно-исследовательском институте оказали сильнейшее влияние на развитие молодого поколения французских физиков; мало сегодня найдется людей, чей вклад в современную физику столь же велик.

Благодаря этим общепризнанным заслугам Ланжевен и был избран в качестве преемника Хендрика Антона Лоренца постоянным научным руководителем Сольвеевского Института, на знаменитых конгрессах которого он неизменно председательствует.

Эйнштейн.

После ареста Ланжевена Эйнштейн пишет американскому послу Уильяму Буллиту.

7 ноября 1940

Дорогой мистер Буллит,

Меня чрезвычайно тревожит содержание телеграммы из Женевы с известием об аресте профессора Ланжевена, которую Вы приложили к Вашему письму. Полагая, что Вам доводилось встречаться с этим выдающимся деятелем науки и замечательной личностью. А так как я сознаю свою полную некомпетентность в создавшейся ситуации, то и беру на себя смелость спросить, каково Ваше мнение: есть ли возможность оказать ему помощь? Целесообразно ли было бы поместить информацию о его деле в американской печати?

Радуюсь переизбранию президента Рузвельта и искренне восхищаюсь Вашей успешной политической деятельностью.

Остаюсь преданный Вам

профессор Альберт Эйнштейн.

Через два дня Буллит отвечает Эйнштейну.

Дорогой профессор Эйнштейн,

Весьма признателен за Ваше письмо от 7 ноября. Сегодня же посылаю телеграмму в Париж моим подчи-

ненным с указанием расследовать дело профессора Ланжевена. Просил также посольство сделать все возможное, чтобы оказать помощь профессору Ланжевену.

С наилучшими пожеланиями и совершенным уважением искренне Ваш Уильям Буллит.

В январе 1941 г. Эйнштейн обращается к председателю консультативного комитета политических эмигрантов в Нью-Йорке.

28 января 1941 г.

Дорогой мистер Уоррент!

Посол Уильям Буллит сообщил мне, что дело моего прославленного коллеги и друга, профессора Поля Ланжевена, парижанина, сейчас передано на рассмотрение в Ваш комитет.

Вне всяких сомнений, профессор Ланжевен — один из величайших французских физиков нашего времени. Вклад его в современную физику представляет непреодолимую ценность. Заслуги его как педагога высших учебных заведений не менее значительны. Самые одаренные физики молодого поколения развивались под его руководством. Профессор Ланжевен — гуманнейший человек и всегда боролся против несправедливости и фашизма. Он нуждается и вполне заслуживает, чтобы ему было предоставлено убежище в Вашей стране.

Искренне Ваш профессор Альберт Эйнштейн.

Семья Ланжевена нашла в его архиве черновик недатированного письма американскому консулу в Париже.

Господин Консул,

В ответ на сообщение, которое Вы любезно взяли на себя передать, имею честь поставить Вас в известность, что я вполне расположен принять приглашение, которое Вы получили для меня и что с этого времени собираю для пересылки Вам документы, необходимые при переезде в Соединенные Штаты.

Я буду очень рад, как только это станет возможным, установить личный контакт с Вами и прошу, сообщая о моем согласии, горячо поблагодарить от моего имени Комитет, от которого получено приглашение, очень меня тронувшее. Впрочем, я лишен возможности предвидеть дату своего отъезда, зависящего

от того, когда освободят меня немецкие власти: они сейчас меня не выпускают из Труа.

Примите и пр.

Поль Ланжевен остался пленником немцев в Труа. Но с помощью Фредерика Жолио-Кюри и целой группы надежных друзей ему удалось бежать и в мае 1944 г. пробраться в Швейцарию. А во время Освобождения, к сентябрю, Поль Ланжевен возвращается в Париж, где его ждут родные, друзья и тяжелые обязанности.

Он измучен пленом, перенесенными потрясениями, но мужественно занимает свой пост бойца на всех фронтах. Свидетельствует об этом письмо, которое он пишет другу, — последнее письмо.

Париж, 25 января 1946

Дорогой друг!

Посещение г-на Натана, с которым я благодаря Вам имел удовольствие познакомиться, дало мне повод написать Вам после столь долгого молчания во время войны, к тому же затянувшегося и после Освобождения из-за моих недомоганий и изнурительной работы, которая выпала на мою долю в том возрасте, когда я мог бы надеяться на максимальный отдых, ведь мне два дня назад пошел семьдесят пятый год.

На протяжении всего этого горестного периода, длящегося уже шесть лет, я радовался тому, что Вы в Принстоне, когда думал о Вас, а это случается со мною часто — и жалел, что Вас больше не увижу. Последние дошедшие до меня вести о Вас, говорят о том, что у Вас все благополучно, что Вы работаете, отчего я чувствую себя особенно счастливым.

Вам известно, как исковеркано было наше существование и как мучительны были четыре года зверской оккупации, утяжеляемой вдобавок предательством тех, кто призвал оккупантов и облегчил им вторжение. Что до меня, то эвакуировав в июне 40-го года в Тулузу вверенные мне лаборатории, я в следующем месяце вернулся в Париж, чтобы возобновить занятия в Школе физики и химии, где Вы меня видели, когда в последний раз были проездом в Париже.

В октябре 1940 мне выпала честь быть первым профессором, которого арестовало французское гестапо за антифашистскую деятельность до войны — "опасного идеалиста" по выражению полковника, допрашивавшего меня во время моего шестинедельного пребывания в тюрьме Санте. А так как происходило это за пол-

года до начала войны между СССР и гитлеровской Германией и почти за год до массовых казней заложников, то ко мне применили более мягкую меру наказания, якобы оказали снисхождение: господа эти, взяв подписку о невыезде, препроводили меня в Труа, где я провел три с половиной года, не имея возможности работать и без права хотя бы на день съездить в Париж. Самое великое горе постигло нас в начале марта сорок второго года, когда арестовали моего зятя Жака Соломона и его жену.

Его через три месяца расстреляли на Мон-Валерьян как заложника, а ее отправили в ад Освенцима, откуда она каким-то чудом вернулась к нам живая 15 мая сего года. За год до этого, в мае сорок четвертого я узнал, что меня собираются вновь арестовать; мне удалось бежать из Труа и добраться до Швейцарии, где я четыре месяца пробыл в Невшателе и вернулся в освобожденный Париж как только въезд туда был разрешен.

В октябре 1940 года через неделю после того, как немцы меня арестовали — и только поэтому — правительство Виши отрешило меня от должности профессора Коллеж де Франс и Школы физики и химии. По возвращении я был восстановлен в звании и должности и вынужден снова выполнять эту работу да еще много других обязанностей, которые мешали мне работать над своей личной темой, тем более, что на моем сердце сказались все эти испытания и мне остается только мечтать хотя бы об относительном отдыхе, чтобы привести в порядок кое-какие идеи, которые я еще способен иметь.

Я просил г-на Натана передать Вам мои чувства неизменной преданности и сказать, что я буду безмерно счастлив, когда до нас будут доходить печатные издания и я смогу ознакомиться с тем, что Вы делаете и хоть таким образом приобщиться к научной деятельности.

Вы, возможно, знаете, что общее восстановление происходит в стране не так быстро, как мы надеялись при Освобождении: тяжелые годы оставили столько следов, и враждебные силы, которым мы этими последствиями обязаны, еще сохраняют свое тлетворное влияние — здесь, как и повсеместно!

И все же у меня доброе предчувствие: ведь народ

наш настолько лучше тех, кто столько лет осмеливался говорить и действовать от его имени!

Обнимаю Вас от всего сердца П. Ланжевен.

II. Ланжевен и Капица

Прекрасный очерк П. Л. Капицы о Ланжевене широко известен [67, с. 362]. Но мало кому известна переписка между двумя учеными, когда П. Л. Капица пытался вырвать Ланжевена из ссылки в Труа, используя приглашение Советского правительства приехать в СССР. К сожалению, мы не располагаем письмом Ланжевена, написанным до ареста, в котором он сообщил П. Л. Капице, что намерен задержаться в Париже в связи с необходимостью выступить против расистских настроений коллаборационистов-профессоров.

"Когда началась война, — рассказывает П. Л. Капица, — мне была предоставлена возможность написать Ланжевену и предложить ему на время войны приехать в Советский Союз. Зная ту ненависть, которую питали к нему фашисты, было страшно за его судьбу во Франции, и, конечно, нужно было предоставить ему возможность уехать в страну, где он был бы в безопасности и мог бы продолжать борьбу за Францию. В письме он мне ответил, что с удовольствием приедет в СССР, но сейчас ему надо еще закончить одно дело: тогда в Парижском университете началось антисемитское движение, и Ланжевен возглавил борьбу с ним, и пока это движение не будет ликвидировано, он не чувствует себя вправе покинуть Париж. Когда Ланжевен решил, что может покинуть Париж, то было уже поздно, гитлеровское правительство отказалось пропустить его через Германию" [68, с. 369].

Ланжевен был арестован осенью 1940 г., брошен в тюрьму Санте, отправлен в ссылку под надзор полиции Труа, и там он получил официальное приглашение от Капицы выехать в Советский Союз для работы в Академии наук.

Письма Ланжевена к советским послу и консулу во Франции, ходатайства Капицы о Ланжевене перед заместителем Народного комиссара по иностранным делам СССР, которым в то время был Вышинский, имеют отношени к этому эпизоду. Ответные письма Ланжевена Капица получил через его сотрудника В. Гуревича, вынужденного эмигрировать из Франции.

(Копия).

18 декабря 1940

Заместителю народного комиссара
по иностранным делам

Товарищ Вышинский!

Мы и ряд наших товарищей чрезвычайно приветствовали бы, если бы профессора Поля Ланжевена удалось спасти из парижской тюрьмы, куда он попал за

A Mon ami l'Académicien Kapitza
et à la si aimable Madame Kapitza,
qui fut un des collègues les plus appréciés
et aimés de mon père, espérant que
le contenu de ce livre réussira à faire
revivre la forte et si attachante personnalité
de Paul Langevin, qu'il a si bien connu.
Avec mes sentiments les plus cordiaux
et ma reconnaissance pour le dévouement
avec lequel il a agit pendant la guerre,
pour essayer de tirer son ami des mains
de ses tourmenteurs nazis.
P. Langevin

Автограф сына Ланжевена Андре на книге об отце:

Моему другу академику Капице, которого так любил и ценил мой отец. Я надеюсь, что моя книга оживит воспоминания о мощной и обаятельной личности Поля Ланжевена, при этом я прошу принять сердечную благодарность за ту преданность, с которой Вы боролись во время войны за освобождение своего друга из рук нацистских палачей

свои передовые взгляды, и дать ему возможность приехать в СССР.

Можно с уверенностью сказать, что Ланжевен является одним из наиболее передовых ученых Франции. Он социалист, весьма близко примыкающий к коммунистическим взглядам.

Неоднократными публичными выступлениями он высказывал полную симпатию политике Советского Союза. За это Ланжевена не любили реакционные ученые. Этим и объясняется, что во Французскую Академию он был избран только несколько лет назад, хотя в Советскую Академию и в Английскую он был выбран уже давно. Он был одним из организаторов и председателем общества сближения с Советским Союзом и в прессе имелись указания на его активные выступления и в защиту арестованных коммунистических депутатов.

Как ученый, Ланжевен исключительно крупен. Будучи одним из учеников Пьера Кюри и близким другом

Резерфорда, он работал в наиболее передовых областях физики. Им была основана теория магнетизма, на основе которой до сих пор развивается все современное учение о магнитных явлениях.

Не меньшую роль сыграли его работы и в теории электропроводности газов и в области магнито-оптических явлений. Совсем недавно он первый указал на возможность создания ультразвуковых колебаний высокой частоты и первый использовал их на практике для подводной сигнализации, измерения глубин и т. д. Им создана большая школа физиков: можно определенно сказать, что все развитие передовой физики шло под непосредственным его идейным руководством.

Он был воспреемником Пьера Кюри в "Коллеж де Франс", одним из первых профессоров которого по той же кафедре был Ампер. Он был также директором Индустриальной школы физики и химии. От этих должностей он сейчас отстранен.

(Копия)

6 мая 41

Вице-президенту Академии наук СССР
академику О. Ю. Шмидту

Глубокоуважаемый Отто Юльевич!

Посылаю копии собственноручных писем Ланжевена, которые были мне пересланы, три — через Наркоминдел и одно — наиболее позднее от 13 февраля привез ассистент проф. Ланжевена Гуревич. Последний мне много рассказывал о Ланжевене, и мое впечатление, что нет никакого сомнения в том, что Ланжевен рад был бы приехать в Советский Союз, если бы его пустили.

Очень хотелось бы, чтобы мы сделали все от нас зависящее, чтобы помочь этому замечательному человеку.

С приветом!

Уважающий Вас П. Л. Капица,
директор

Национальный Центр
научных исследований
Секция прикладных исследований
Группа № IV: Лаборатория Школы
физики и химии
10, ул. Вокелен Париж-V

Труа 13 февраля
1941 г.
18 ул. Раймонда
Пуанкаре

Мой дорогой Капица,

Я был бы Вам весьма признателен, если бы Вы оказали помощь моему сотруднику и другу В. Гуревичу, который работал здесь в течение многих лет под моим руководством и был бы счастлив оказаться причастным к Вашим непосредственным исследованиям.

Он обладает чрезвычайно высокой квалификацией, как ученый и инженер в области высокочастотных электромагнитных колебаний. Он заслуживает уважения со всех точек зрения.

Мое собственное положение здесь не оформлено в отношении Коллеж де Франс, но я надеюсь, что это скоро будет улажено, и я смог бы принять Ваше любезное приглашение. Но, с другой стороны, меня здесь уже больше двух месяцев задерживают немецкие власти, и это может кончиться только с войной или в результате какого-либо мощного вмешательства.

Преданный Вам

Поль Ланжевен.

Коллеж де Франс
Лаборатория
экспериментальной физики
Площадь Марселена Бертело

Труа 17 января 1941 г.
18 ул. Раймонда Пуан-

каре

Мой дорогой Капица,

я чрезвычайно тронут той честью, которую оказывает мне Академия наук СССР, предлагая мне через Вас сотрудничество. Я бы охотно принял, в принципе, это предложение и бы бы рад выехать в Москву, при условии, что мое положение было бы оформлено в отношении Коллеж де Франс, а это, по-видимому, осуществится в конце будущего месяца.

С другой стороны, Вы знаете, что здесь меня держат германские власти, и для моего освобождения,

вероятно, необходимо вмешательство Вашего правительства. Наконец, на это должно согласиться и французское правительство. Я извещу Вас о результатах моих хлопот, когда понадобится, чтобы Академия предприняла необходимые действия. Я буду счастлив повидаться с Вами; передайте мою сердечную благодарность коллегам по Академии.

Преданный Вам Поль Ланжевен.

Труа 18
ул. Раймонда Пуанкаре

17 января 1941 года

Господин Консул,

я весьма сожалею, что плохое состояние дороги в прошлое воскресенье не позволило Вам навестить меня, и я не смог познакомиться с Вами.

Господину Богомолу я уже отправил письмо. На будущей неделе я надеюсь провести несколько часов в Париже и увидаться с Вами, чтобы выразить свою благодарность.

Примите уверения в моем высочайшем уважении.

Поль Ланжевен

(Копия)

Таллин, Почтовый ящик 340
В. Гуревичу

Уважаемый товарищ Гуревич,

Большое Вам спасибо за пересылку письма профессора Ланжевена и за радостное известие, что есть надежда на его скорый приезд к нам в Советский Союз.

Что касается Вашего вопроса, то у нас в Институте как раз не ведется работа в направлении техники высокой частоты, которой Вы так хорошо владеете.

Но у нас есть целый ряд исследовательских лабораторий, работающих в этой области, например, лаборатории профессоров Мандельштама, Папалекси, Хайкина, Ржевкина, которые сосредоточены в Академии

наук. В них вопросы высокой частоты широко разрабатываются.

Я не сомневаюсь, что с тем большим опытом, который у Вас имеется в этой области, Ваши знания могут быть с большим успехом использованы в Советском Союзе как в научной работе, так и в промышленности.

После того, как Вы немного отдохнете и приедете сюда в Москву и мы с Вами познакомимся, я надеюсь, что в личной беседе будет легче выяснить, как я смогу Вам помочь в Вашей дальнейшей судьбе и работе.

Уважающий Вас П. Л. Капица.

Возвращаю Вам письмо проф. Беккера.

Литература

1. *Louis de Broglie*. Savants et Decouverts. La vie et l'oeuvre de Paul Langevin. Paris. Albin Michel. 1951.
2. *Старосельская-Никитина О. А.* Поль Ланжевен. М.: Физматгиз, 1962.
3. *Pierre Biquard*. Paul Langevin scientifique, educateur, citoyen. Paris, Seghers. 1969.
4. *André Langevin*. Paul Langevin mon père. P. Les editions Français Reunis. 1971.
5. *Felicien Chalage*. Souvenir sur la colonisation. P., 1935.
6. *Шаскольская М.* Мария и Пьер Кюри. М.: Молодая гвардия, 1968.
7. *Кюри Пьер*. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1692 (Классики науки).
- 8-9. *Полищук Е. М.* Эмиль Борель. Л.: Наука, 1980.
10. *Cahiers Romain Rolland*. Le Cloitre de la Rue D'Ulm. Journal de Romain Rolland à l'Ecol Normale (1886-1889) suivi de Quelques lettres à sa mère et de Credo Quia verum / Avant Propos de André George. P.: Edition Albin Michel. 1952.
11. Sur la mobilité des ions dans les gaz // C.r. Acad. sci. 1902. T.134. P.466, 646.
12. *Эйнштейн Ф.* Физика и реальность. М.: Наука, 1965.
13. *Кляус Е. М., Франкфурт У. И., Френк А. М.* Гендрик Антон Лоренц. М.: Наука, 1974.
14. *Perrin Jean* // C.r. Acad. sci. 1895. T.71. P.1130.
15. *Langeven P.* Poincare-physicien // Revue de métaphysique et de morale. 1913. Numero spécial. P.675-718.
16. *Langeven P.* Henri Poincaré: L'oeuvre scientifique. L'oeuvre philosophique. P., 1914.
17. *Thomson J. J.* Conduction of electricity through gases. L., 1903.
18. *Langeven P.* Recherches sur les gaz ionisés // C.r. Acad. sci. 1902. T.134. P.414.
19. *Langeven P.* Sur la recombinaison des ions dans les gaz // Ibid. P.533.

20. *Langeven P.* Recherches sur les gaz ionisees // *Thése et Ann. Chimie et Physique.* 1903. T.28. P.233-289, 433-450.

21. *Thomson J.J. and Thomson G.P.* Conduction of the electricity through gases. 3-ed ed. Cambridge. 1928. T.1. 1933. T.2.

22. *Ланжевен П.* Физика за 20 лет. М., 1923.

23. *Thomson J.J., Rutherford E.* // *Phil. Mag.* 1896. T.XLXII. P.392.

24. *Zeleny J.* // *Phil. Mag. Ser. 5.* 1898. T.46. P.120.

25. *Rutherford E.* // *Phil. Mag.* 1901. T. 42. P.210.

26. *Townsend I.S.* // *Phil. Trans. Ser. A.* 1899. T.193. P.129.

27. История Франции. М.: Наука, 1973. Т.2.

28. *Луи де Бройль.* По тропам науки. М.: Изд-во иностр. лит., 1962.

29. *Кузнецов Б.Г., Погребельский И.Б.* Французская наука и современная физика. М.: Наука, 1967.

30. *Иваненко Д.Д.* Французская школа теоретической физики // Сб. ст. М.: Изд-во АН СССР, 1960.

31. *Aimé Cotton (1869-1951).* Le rationalisme et l'expérience // *La Pensée.* 1972. N 165. P.112.

32. *Rutherford E.* // *Phil. Mag. Ser. 5.* 1897. T.44. P.429.

33. Устные беседы О.А. Старосельской-Никитиной с академиком П.Л. Капицей // *Архив ИИЕТ АН СССР.*

34. *Флейшман Б.С.* Основы системологии. М.: Радио и связь, 1982.

35. *Черняк В.С.* Генезис классической науки // В поисках теории науки. М.: Наука, 1982.

36. *Борн Макс.* Физика в жизни моего поколения. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.

37. *Физический энциклопедический словарь.* М.: Советская энциклопедия, 1984.

38. *Eliane Montel, Ouang Te-tchao* // *C.r. Acad. sci.* 1951. T.239. P.1543-1545.

39. *Langevin A. Paul Langevin et les congrès de physique Solvay* // *La Pensée.* 1966. № 129/130. P.X-XII.

40. *Климонтович Ю.Л.* Кинетическая теория электромагнитных процессов. М.: Наука, 1980.

41. *Einstein A.* // *Ann. der Physik. Ser. 4.* 1905. T.17. P.549; 1906. T.19. P.371.

42. Smoluchwsky M. // Ibid. Ser. 4. 1906. T. 21. P. 756.

43. Lorentz H. A. La theorie electromagnetique de Maxwell et son application au corps mouvants. Leiden. 1892.

44. Эйнштейн Ф. Собр. науч. трудов: I. Работы по теории относительности. 1905-1920. М.: Наука, 1965. С. 7-38.

45. La relativité. Serie d'exposés et discussions dirigée par Paul Langevin. 1932. Actualites scientifiques. № 4. Avant-propos par Henri Berr.

46. Архив О. А. Старосельской-Никитиной // ИИЕТ АН СССР. Архив ИИЕТ АН СССР. Фонд О. А. Старосельской-Никитиной.

47. Bauer E. Souvenir sur Paul Langevin. Causerie radiodiffusée le 25 novembre 1956. Le courries rationaliste. Supplem. aux Cahiers rationalistes. 1956. № 11. P. 167-170.

48. Ives H. J. // J. Opt. Soc. Amer. 1952. Vol. 42. P. 540.

49. Riseman J., Jong G. J. // Ibid. 1953. Vol. 43.

50. Ives H. J. // Ibid. P. 619.

51. Джелмер М. Понятие массы в классической и современной физике. М.: Прогресс, 1967.

52. Arzelies H. Rayonnement et dynamique du corpuscule charge fortement acceléré. 1966. P.: Gautier-Villars. P. 74-79.

53. Plank M. K. Preuss. Akad. Wiss. Sitzungsber. 1907. B. 2, S. 542. Рус. пер.: Планк М. Избранные труды. М.: Наука, 1975. С. 466-489.

54. Le principe de relativité. Bibliotheque du Synthese scientifique / Ed. E. Chiron. P., 1922.

55. Les aspects successifs du principe de relativité // Bull. soc. fr. de Physique. 1920. T. 135. P. 5.

56. Френкель В. Я. Пауль Эренфест. М.: Атомиздат, 1971.

57. Pelseneer J. Historique des institutes internationaux de physique et de chimie. Solvey depuis leur fondation jusqu'a la deuxieme guerre mondiale // Арх. ИИЕТ АН СССР, фонд О. А. Старосельской-Никитиной.

58. Giroud Francaise. Une femme honorable. P.: Arthème Fayard. 1981.

59. Клюкин И. И., Шошков Е. Н. Константин Васильевич Шиловский. Л.: Наука, 1984.

60. *Langeven P.* La Pensée et l'Action / Testes recueillis et présentés par Paul Laberrenne. P., 1964.

61. Paul Langevin à Troyes // La Pensée. 1947. № 12. Mai-Juin. P. 68-76.

62. *Hommage a Langeven. P.*: Front national universitaire, 1945.

63. Le centaire de Paul Langevin. Le humanisme de Paul Langevin et les question d'éducation. Colloque des 29 et 30 janiver 1972 // La Pensée, 1972, № 165, octobre. P. 3-93.

64. *Jaque Nicolle.* Paul Langevin der große französische Physiker und Patriot (1872-1946). P.: College de France, 1953.

65. *Дорфман Я. Г.* П. Ланжевен: К 100-летию со дня рождения // Природа. 1972. № 1. С. 60.

66. *Лившиц Е. С.* Борьба Ланжевена за демократизацию школы // УФН. 1950. Т. 42. С. 470.

67. *Иоффе А. Ф.* Встречи с физиками. М.: Физматгиз, 1950.

68. *Капица П. Л.* Эксперимент, теория, практика. М.: Наука, 1981.

Список основных трудов Поля Ланжевена *

Избранные произведения

I. Избранные произведения, статьи и речи по общим вопросам науки. М.: Изд-во иностр. лит., 1949.

II. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1960 (серия "Классики науки") (далее - Избр. тр.).

III. Oeuvres Scientifiques. P.: Centre National de la Recherche Scientifique, 1950.

Ионизационные процессы в газах

Recherches sur les gaz ionises // C.r. Acad. Sci. 1902. T. 134, P. 414.

Sur la recombinaison des ions dans les gaz. Note de Langevin, présentée par Mascart // Ibid. P. 533.

Sur la mobilité des ions dans les gaz // Ibid. P. 466-466.

Recherches sur les gaz ionisees. Thèse et Ann. // Chimie et Physique. 1903. T. 28. P. 233-289, 433-450.

Note sur les rayons secondaires des rayons de Roentgen. Thèse et Ann. // Ibid. P. 500 (рус. пер.: Избр. тр. С. 184).

Sur la loi de recombinaison des ions // C.r. Acad. Sci. 1903. T. 137. P. 177 (рус. пер.: Избр. тр. С. 197).

Recombinaison et diffusion des ions gazeux // J. de physique. 1905. T. 4. P. 322. Рус. пер.: Избр. тр. С. 201.

Sur la recombinaison des ions dans les dielectriques // C.r. Acad. Sci. 1908. T. 146. P. 101.

Mesure de la valence des ions dans les gaz // Le Radium. 1913. T. 10. P. 113.

Sur un analyseur de mobilité pour les gazeux // J. Physique Radium. 1949. T. 10. P. 177, 225 et 257 (Рус. пер.: Избр. тр. С. 215).

* Составлен на основе библиографии Oeuvres Scientifiques.

Ионы в атмосфере

Sur les ions de l'atmosphère // C.r. Acad. Sci. 1905. T.140. P.232 (рус. пер.: Избр. тр. С.288).

Interpretation de diverse phenomenes par la presence de gros ions l'atmosphère // Bull. Soc. fr. Physique. 10 mai 1905. № 4, P.79 (рус. пер.: Избр. тр. С.292).

Electromètre enregistreur des ions de l'atmosphère (en collaboration avec M.Moulin) // La Radium. 1907. № 4. P.218.

Кинетическая теория

Une formule fondamentale de theorie cinetique // Ann. Chim. et Physique. 1905. T.5. P.245 (рус. пер.: Избр. тр. С.296).

Sur la theorie du mouvement Brownien // C.r. Acad. Sci. 1908. T.146. P.530 (рус. пер.: Избр. тр. С.338).

Sur les chocs exceptionnels des molecules gazeuses // Le Radium. 1913. № 10. P.142.

Электромагнитная и электронная теория

Sur l'origine des radiations et l'inertie electromagnetique // J. de Physique. 1905. T.4. P.165 (рус. пер.: Избр. тр. С.342).

La physique des electrons. Rapport. // Revue générale des sciences pures et appliquées. 1905. P.257-276.

La physique depuis vingt ans. P., 1923 (рус. изд.: Ланжевен П. Физика за 20 лет. М.; Л., 1923).

Электронная теория магнетизма

Magnetisme et théorie des electrons. Ann. de Chimie et Physique. 1905. T.5. P.70 (рус. пер.: Избр. тр. С.364).

Sur la théorie du magnetisme // C.r. Acad. Sci. T.139. P.1204. То же // Revue génér. des sciences pures et appliquées, 15 mars 1905. Eclairage électrique. T.42, № 4. 1905.

Sur la theorie du magnétisme // Vull. de la Soc. franç. de physique. 1905. Fasc. 4. 1906. P.13-17. То же // J. de Physique 1905, № 4. P.678.

Sur les birefringences électrique et magnetique birefringences // Le Radium. 1910. № 7. P.249 (рус. пер.: Избр. тр. С. 417).

Теория относительности

Sur l'impossibilité physique de mettre en evidence le mouvement de la translation de la terre // C.r. Acad. Sci. 1905. T.140. P.1171 (рус. пер.: Избр. тр. С. 448).

L'inertie de l'énergie et ses consequences // J. de Physique. 1913. T.3. P.553 (рус. пер.: Избр. тр. С. 522).

Les aspects successifs du principe de relativité // Bull. Soc. fr. de Physique. 1920. T.135. P.5.

Le principe de relativité. Bibliotheque du Synthese scientifique / Ed. E.Chiron. P., 1922.

Sur la theorie de la relativité et l'expérience de M. Sagnac // C.r. Acad. Sci. 1921. T.173. P.831.

Sur l'expérience de M. Sagnac // C.r. Acad. Sci. 1937. T.205. P.304.

Deux conférences à l'Université de Tiflis. 1. La structure des atome et l'origine de la chaleur solaire. 2. Les ondes ultrasonores et leur applications* // Изв. Тифлисского ин-та, 1930, № 10. С.01-05; 06-07.

Физическая химия и радиоактивность

Sur la comparaison des molecules gazeuses et dissolutes // C.r. Acad. Sci. 1912. T.154. P.594.

L'interpretation cinetique de la pression osmotique // J. de Chimie physique. 1912. № 10. P.524-527.

Sur une problem d'activation par diffusion // J. de Physique et Radium. 1934. T.5. P.57.

Системы единиц измерения

Sur les grandeurs champs et induction // Bull. Soc. française de Physique. 2 decembre 1921. T.162. P.3.

*Лекция 2 содержит принципы ультразвуковой акустики.

Sur la nature des grandeurs et le choix d'un système d'unités électriques // Bull. Soc. française de Physique. 20 janvier 1922. T. 164. P. 9.

Классическая и новая физика

Les nouvelles mécaniques et la chimie: (Conférence rédigée par H. Granjouan). Réunion internationale de Chimie-Physique. P.: Presses universitaires, 1928. Octobre. P. 550.

Ультразвуковая акустика

Procédés et appareils pour la production de signaux sous-marins dirigés et pour la localisation d'obstacles sous marin (en commun avec M. Constantin Chilowsky). Brevet français N 502912 du 29 mai 1916.

Procédés et appareils d'émission et de réception des ondes élastique sous-marine à l'aide des propriétés piezo-électriques du quartz. Brevet français N 505703 du 17 septembre 1918.

Procédé et disposition améliorant l'efficacité des projecteurs ultra-sonores piezo-électriques. Brevet français N 662035 du 27 janvier 1926.

La directivité en acoustique sous-marine // Bull. Ass. Techn. Maritime et Aéronautique. 1931. juin. P. 1.

Разработка различных технических проблем

Utilisation de la détente pour la production de courant d'air de grande vitesse // Bull. Soc. fr. Physique. 1920, mars. T. 139. P. 7.

Note sur la loi de résistance de l'air et sur la correction d'élasticité // Memorial de l'Artillerie française. 1922. № 2. P. 253.

Note sur les effets ballistiques de la détente des gaz de la poudre dans une tuyère convergente-divergente // Ibid. 1923. № 1. P. 3.

Ядерная физика

Sur les chocs entre neutrons rapides et noyaux de masse quelconque // C. r. Acad. Sci. 1942. T. 214. P. 517.

Sur les chocs entre neutrons et noyaux // Ibid. P. 867.

Sur le ralentissement des neutrons // Ibid. P. 889.

Sur les chocs entre neutrons rapides et noyaux de masse quelconque // Ann. de Physique. 1942. T. 17. P. 303.

Гравитация

Resonance et forces de gravitation // Ibid. P. 265.

Статьи и доклады по философским и общественным проблемам, не вошедшие в Избр. тр. (1949)

Association amicale des anciens élèves de l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris. Cinquante de l'Ecole, 1882-1933.

En l'honneur de Paul Langevin, membre de l'Institut, 5 juillet 1934. P.: Association des anciens élèves de l'Ecole de physique et chimie de la ville de Paris. 1934.

Poincaré-physicien. Revue de métaphysique et de morale. Numéro spécial, sept. 1913, P. 675-718.

Henri Poincaré. L'oeuvre scientifique. L'oeuvre philosophique. P., 1914.

La Physique au Collège de France. Le Collège de France (1530-1930). Livre jubilaire, composé à l'occasion de son quatrième centenaire. P., 1932.

Hommage à Paul Langevin. P., Front national universitaire, 1945.

L'oeuvre d'Einstein et l'astronomie. Conférence faite à l'Assemblée générale annuelle du mercredi 10 juin 1931. L'Astronomie. Juillet 1931. P. 277-297.

Les courants positivistes et réalistes de la physique. In: Les nouvelles théories de la physique. Réunion organisée à Varsovie le 30 mai - 3 juin 1938. Varsovie, 1939. P. 231-246.

Statistique et déterminisme// Statistique et déterminisme. Compte en de la Septième semaine internationale du 3 au 8 juin 1935. P. Presses universitaires, 1944. P. 245-295, 298-299.

La Pensée et l'Action. Textes recueillis et présentés par Paul Laberrenne. P., 1964.

L'ère de l'énergie atomique // La Pensée. № 4. 1945.
Pasteur, le savant et l'homme // La Pensée. Nouv.
serie. 1944. № 4. Novembre. P.3-10.

Materialisme mécaniste et matérialisme dialectique // La
Pensée. 1947. № 12. P.8-12.

La valeur humaine de la science. Préface à "L'évolution
humaine des origines à nos jours" // Les Cahiers
rationalistes. 1947. № 94.

Основные даты жизни и деятельности Поля Ланжевена

1872, 23 января — в Париже в семье техника-строителя Виктора Ланжевена и его жены, урожденной Мари Пинель, родился сын Поль Ланжевен.

1884-1889 — учеба в начальных парижских школах.

1889-1891 — учеба в Школе промышленной физики и химии Парижского муниципалитета (политехникум).

1894-1897 — учеба в Высшей Нормальной школе ("Эколь нормаль") в Париже.

1896 — командировка в Кавендишскую лабораторию Дж. Дж. Томсона.

1898 — женитьба на Эмме Жанне Дефоссе.

1899-1902 — работа лаборантом на факультете точных наук (Сорбонна) и создание фундаментальных работ, ставших основой физики газового разряда.

1902 — защита докторской диссертации "Исследования в области ионизированных газов".

1904 — участие в Международном Физическом конгрессе (Сент-Луис). Доклад "Физика электронов".

1904-1905 — создание Ланжевенем электронной теории магнетизма, объяснившей пара- и диамагнетизм, а также двойное лучепреломление в магнитном поле и магнитокалорический эффект.

1905 — опубликование статьи "Об одной фундаментальной формуле кинетической теории".

— вынесение исследований ионизированных газов за пределы лаборатории в открытую атмосферу. Обнаружение "тяжелых" ионов.

1905-1906 — создание Ланжевенем принципа пропорциональности или эквивалентности энергии и массы. Объяснение дефекта масс.

1905-1940 — заведующий кафедрой физики Школы промышленной физики и химии.

1908 — вывод знаменитого "уравнения Ланжевена", объясняющего, независимо от Эйнштейна, броуновское движение.

1909-1940 — заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики в Коллеж де Франс.

1911 — участие в Первом Сольвеевском физическом конгрессе. Доклад о введении магнетона — первой квантованной величины в магнетизме.

1935 — подготовка несостоявшегося Восьмого Сольвеевского конгресса физиков.

1935-1939 — основание "Союза рационалистов" и журнала "La Pensée" (президент "Союза" и главный редактор журнала).

1940, 30 октября — арест Ланжевена.

1940, ноябрь — ссылка в город Труа под надзор гестапо.

1942 — завершение фундаментальной работы: "Анализатор подвижности ионов".

— гибель физика Жака Соломона — зятя Ланжевена. Дочь Элен — в Освенциме.

1942-1943 — создание серии статей, связанных с проблемами ядерной физики и будущего атомного реактора.

1944, май — эмиграция из оккупированной Франции.

ноябрь — возвращение в освобожденную Францию, возобновление работы Комиссии по реформе школьного образования Франции под руководством Ланжевена-Валлона.

1944-1946 — возобновление прежней деятельности в Коллеж де Франс, Школе промышленной физики и химии, "Союзе рационалистов", в редакции Новой Французской Энциклопедии, в общественных организациях и журналах.

1946, 19 декабря — кончина Поля Ланжевена.

Оглавление

Предисловие автора	5
Портрет Поля Ланжевена	8
Глава 1	
Традиции семьи Поля Ланжевена.	
Годы юности	10
Глава 2	
Географическая карта европейской физики накануне научной революции	22
Глава 3	
Общественное движение во Франции и французская наука	56
Глава 4	
Генезис физики газового разряда как науки	70
Глава 5	
Исследование ионизационных процессов в атмосфере. Теория анализатора подвижности ионов	85
Глава 6	
Исследование броуновского движения и судьба уравнения Ланжевена в современной кинетике плазмы	92
Глава 7	
Ланжевен и теория относительности	104
Глава 8	
Электронная теория магнетизма Ланжевена	130
Глава 9	
Научное сообщество ученых. Журнал "Revue du mois". "Дело" Ланжевена—Кюри	148
Глава 10	
Физические и технические идеи в изобретательстве Ланжевена—Шиловского	168
Глава 11	
Ланжевен и Сольвеевские конгрессы физиков	173
Глава 12	
Политическая деятельность Ланжевена	193

Глава I3

Ланжевен в воспоминаниях

учеников и друзей 218

Приложения

I. Переписка Ланжевена и Эйнштейна 229

П. Ланжевен и Капица 266

Литература 272

Труды Поля Ланжевена 276

Основные даты жизни и деятельности

Поля Ланжевена 282

CONTENTS

The author's forward	5
Portrait of Paul Langevin	8
Chapter 1	
Traditions of Paul Langevin's family.	
His youth	10
Chapter 2	
The geographical map of European physics on the threshold of the scientific revolution	22
Chapter 3	
The role of the public in France and in French science	56
Chapter 4	
The genesis of gas-discharge physics	70
Chapter 5	
The research into the ionization processes in the atmosphere. The theory of the ion mobility analyser	85
Chapter 6	
The research into the Brownian movement and the fate of the Langevin equation in modern plasma kinetics	92
Chapter 7	
Langevin and the theory of relativity	104
Chapter 8	
Langevin's electronic theory of magnetism	130
Chapter 9	
The scientific community. The Revue du mois journal. The "Langevin-Curie Case" ...	148
Chapter 10	
Physical and technical ideas in the Langevin-Shilovsky discoveries	168
Chapter 11	
Langevin and the Solvay congresses of physicists	173
Chapter 12	
Langevin's political activities	193

Chapter 13

Langevin in the reminiscences of his disciples and friends	218
---	-----

Appendices

I. Correspondence between Langevin and Eistein	229
II. Langevin and Kapitsa	266
Bibliography	272
Paul Langevin's works	276
Main events in Paul Langevin's life and work ..	282

Научное издание

Гнедина Татьяна Евгеньевна

ПОЛЬ ЛАНЖЕВЕН

1872—1946

Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редактор *И.М. Столярова*
Художественный редактор *В.Ю. Яковлев*
Технический редактор *Л.И. Куприянова*

ИБ № 46813

Подписано к печати 29.11.90

Формат 84 × 108 1/32

Бумага тип № 2

Печать офсетная

Усл.печ.л. 15,12. Усл.кр.отт. 15,33. Уч.-изд.л. 15,5

Тираж 2500 экз. Тип. зак. 493

Цена 1 р.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Наука"

117864 ГСП-7, Москва В-485

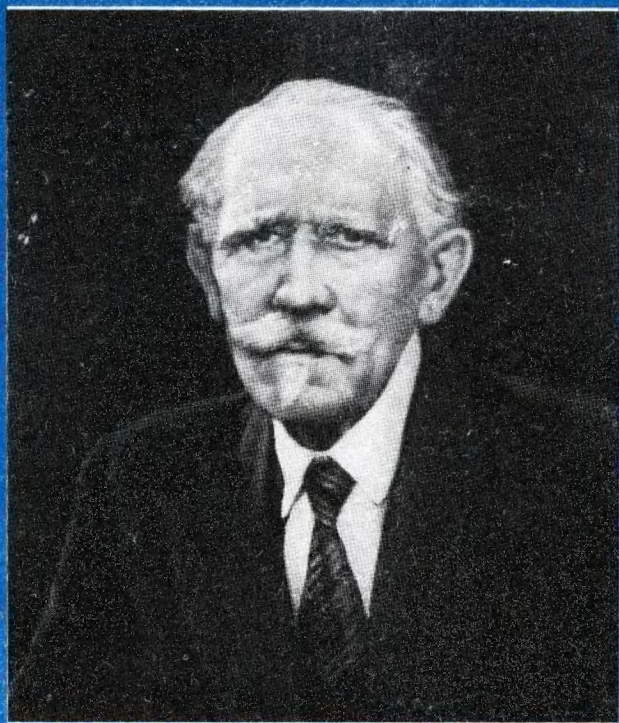
Профсоюзная ул., 90.

4-я типография издательства "Наука"
630077, Новосибирск, 77, ул. Станиславского, 25

Оригинал-макет

подготовлен на персональном компьютере
в Академии наук СССР

ПОЛЬ ЛАНЖЕВЕН



Т.Е.Гнедина

Т.Е.Гнедина

**ПОЛЬ
ЛАНЖЕВЕН**

1 pyč.