



академик Бруно Понтекорво

ЭНРИКО ФЕРМИ

4974. СЕРИЯ



8

Ф И З И К А

БРУНО ПОНТЕКОРВО,
а к а д е м и к

ЭНРИКО ФЕРМИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ».
М о с к в а 1971

Бруно Понтекорво

П 56 Энрико Ферми. М., «Знание», 1971, 48 стр.
(«Новое в жизни, науке, технике». Серия «Физика».)

Брошюра посвящена жизни и научной деятельности великого итальянского физика Энрико Ферми (1901—1954). Автор ее, академик Бруно Понтекорво, был учеником и сотрудником Ферми. Он рассказывает биографию ученого, рассматривает его вклад в современную физику и значение созданной Ферми обширной школы итальянских физиков, многие представители которой получили всемирную известность.

2-3-1

53(09)

Б. з. 27—1971—23

СОДЕРЖАНИЕ

Юность	4
Письмо инженера Амидея профессору Э. Серге (25 ноября 1958 г., Ливорно)	5
Университетские годы	10
Первые годы после университета	15
Университетская карьера	21
Создание итальянской школы физики	24
Научная деятельность в Риме	31
Жизнь Ферми в Риме	37
Атомная энергия	40
Последний период научной деятельности	43
Литература	48

БРУНО ПОНТЕКОРВО**ЭНРИКО ФЕРМИ**

Редактор *И. Б. Файнбойм*
Обложка *Л. П. Ромасенко*
Худож. редактор *В. Н. Конюхов*
Техн. редактор *Т. В. Пичугина*
Корректор *А. А. Пузакова*

Для физиков всего мира имя великого итальянского ученого Энрико Ферми стало символом цельности и универсальности физики. Творчество Ферми напоминает нам, что физика едина и сегодня, хотя физики как индивидуумы все более и более становятся узкими специалистами. Можно даже сказать, что появление на научной арене XX столетия человека, который внес такой громадный вклад в развитие и теоретической физики и экспериментальной физики, и астрофизики, и технической физики — явление скорее уникальное, нежели редкое: когда Ферми умер в 1954 г., от нас ушел последний универсальный физик нашего столетия и, вероятно, последний универсальный физик вообще.

Читатель, интересующийся более обстоятельно научным обликом Ферми, может найти обширный материал в книге «Научные труды Энрико Ферми» (будет опубликована в 1971 г. издательством «Наука»), где имеется введение, написанное Б. Понтекорво, и многочисленные комментарии учеников Ферми к его статьям, а также в книге Б. Понтекорво и В. Покровского «Э. Ферми в воспоминаниях учеников и друзей» (книга будет опубликована в 1972 г. издательством «Наука»).

ЮНОСТЬ

Ферми родился в Риме 29 сентября 1901 г. в семье служащего. Если можно говорить о врожденном призвании, то несомненно Ферми был рожден физиком. Хотя в семье никто не побуждал его к занятиям наукой, он с детства проявил исключительный интерес к математике и физике. Интеллектуальное развитие мальчика, впоследствии гениального ученого, представляет большой интерес, и я хотел бы подробнее остановиться на этом.

Неизвестно точно, когда впервые у Ферми появился интерес к науке, но мы располагаем некоторыми фактами благодаря свидетельствам Энрико Персико [1, 2], профессора физики Римского университета и близкого друга Ферми с того времени, когда им было по 14 лет; его жены, Лауры Ферми [3], и ряда его сотрудников и друзей, особенно Франко Разетти [4] и Эмилио Сегре [5], с которыми Ферми делился воспоминаниями. Сегре [5], например, рассказывает о следующем эпизоде: когда Ферми было только десять лет, он сумел понять, почему окружность описывается уравнением $x^2 + y^2 = R^2$, хотя это и потребовало от него напряженного интеллектуального усилия.

Позже тринадцатилетнему Ферми очень помог найти правильную дорогу в научном лабиринте инженер Амидей, добрый пожилой человек, друг семьи Ферми, который по праву может гордиться тем, что, обнаружив исключительные способности Ферми, оказал на него большое, а может быть, и решающее влияние. Инженер Амидей был очень аккуратным человеком. Когда после смерти Ферми Сегре попросил Амидея рассказать о первых шагах Энрико в науке, он сумел привести (41 год спустя!) и крайне точные и ценные для истории науки сведения, позволяющие понять некоторые важные элементы в формировании титанической личности Ферми. Ниже почти полностью приводится письмо инженера Амидея профессору Сегре, рассказывающее о периоде жизни Ферми от осени 1914 до осени 1918 г.

ПИСЬМО ИНЖЕНЕРА АМИДЕЯ ПРОФЕССОРУ Э. СЕГРЕ

(25 ноября 1958 г., Ливорно)

«...В 1914 г. я занимал должность директора инспекторов в министерстве железных дорог. Вместе со мной работал главный инспектор Альберто Ферми. После работы мы обычно возвращались домой вместе. Почти всегда нас сопровождал Энрико Ферми — сын моего коллеги. Мальчик постоянно встречал отца после работы. Узнав, что я серьезно занимаюсь математикой и физикой, Энрико стал задавать мне вопросы. В то время ему было 13 лет, а мне 37.

Хорошо помню его первый вопрос¹:

— *Правда ли, что существует раздел геометрии, в котором важные геометрические свойства выявляются без использования представлений о мере?*

Я ответил, что это совершенно справедливо и что раздел этот называется проективной геометрией.

— *Но каким образом эти свойства используются на практике инженерами?* — спросил он.

Этот вопрос показался мне совершенно резонным. Рассказав мальчику о некоторых свойствах, находящих успешное применение, я пообещал ему принести на следующий день — что и сделал — книгу по проективной геометрии.

Через несколько дней Энрико сказал мне, что он уже протудировал первые три урока, и обещал возвратить книгу, как только прочтет ее. Примерно через два месяца книга была возвращена. На мой вопрос, встретились ли ему какие-либо трудности, мальчик ответил: «*Никаких*», и добавил, что он доказал все теоремы и легко решил все задачи (в книге их было более 200).

Я был изумлен: ведь я знал, что среди этих задач были такие, от решения которых я вынужден был отказаться, потому что на это ушло бы слишком много времени. Но я убедился, что Энрико справился с этими задачами. Было совершенно очевидно, что в свободные часы, остававшиеся от приготовления школьных заданий, мальчик в совершенстве изучил проективную геометрию и с легкостью решал сложнейшие задачи. Я убедился в том, что Энрико исключительно одарен, во всяком случае, в области геометрии. Когда я сказал об этом его отцу, тот ответил, что в школе Энрико считается хорошим учеником, но не больше.

Впоследствии я узнал, что Энрико изучал математику и физику по разным случайным книгам, которые он покупал в букинистических магазинах на рынке Кампо деи Фьори. Он надеялся, в частности, найти в этих книгах теорию, объяс-

¹ По словам Амидея, выделенные в этом письме фразы Ферми-мальчика были дословно записаны им во время беседы.

няющую движение волчков и гироскопов. Объяснения он так и не нашел. Но, возвращаясь к этой проблеме снова и снова, мальчик самостоятельно приблизился к разъяснению природы загадочного движения волчка. Все же я сказал ему, что к точному научному объяснению можно подойти, лишь овладев теоретической механикой. Но для ее изучения потребуются знание тригонометрии, алгебры, геометрии и дифференциального исчисления... Энрико согласился со мной, и я стал доставать для него книги, которые могли бы дать ему новые идеи и прочную математическую основу.

Приведу перечень книг, которые он брал у меня в тот период.

В 1914 г. — «Курс прямолинейной и сферической тригонометрии» Сэрре.

В 1915 г. — «Курс алгебраического анализа» Чезаро и «Лекции по аналитической геометрии» Л. Бианки (Пизанский университет).

В 1916 г. — по математическому анализу «Лекции, прочитанные в Пизанском университете» У. Дини.

В 1917 г. — по теоретической механике «Трактат механики» Пуассона.

Кроме того, я считал, что ему будет полезно проштудировать книгу Г. Грассмана по математической логике с предисловием Пеано о применении дедуктивной логики. Эти книги он получил от меня в 1918 г...

Энрико нашел векторный анализ очень интересным, полезным и несложным. С сентября 1917 до июля 1918 г. он изучил также некоторые стороны инженерного дела по книгам, которые я доставал для него.

В июле 1918 г., пройдя трехгодичный курс лицея за два года, Энрико получил диплом. Возник вопрос, имеет ли ему смысл поступать в Римский университет. Мы с Энрико вели на эту тему длинные разговоры.

Я спросил у него, чему он хочет посвятить себя: математике или физике? Привожу дословно его ответ:

— *Я изучал математику с таким рвением потому, что считал это необходимой подготовкой для последующего изучения физики, которой я намерен посвятить себя целиком и полностью.*

Тогда я спросил у него, считает ли он свое знание физики столь же обширным и глубоким, как и математики.

— *Я знаю физику шире и глубже, потому что прочел все наиболее известные книги по этому предмету,* — ответил он ¹.

¹ По словам Э. Персико, одной из этих книг был многотомный курс Хвольсона: мне помнится, что сам Ферми как-то сказал, что основные сведения в области общей и экспериментальной физики он почерпнул именно из этого курса. — Б. П.

Я уже убедился в том, что Энрико достаточно было прочесть книгу один раз, чтобы знать ее в совершенстве. Помню, например, как однажды он возвратил мне прочитанную им книгу по дифференциальному исчислению. Я предложил ему оставить ее у себя еще на один год с тем, чтобы он смог еще пользоваться ею. Ответ Ферми был поразительным.

— *Благодарю вас, — сказал он. — В этом нет необходимости, поскольку я уверен, что запомнил все необходимое. Несколько лет спустя идеи предстают передо мной с еще большей отчетливостью, и если мне понадобится формула, я смогу легко вывести ее.*

Кроме поразительной способности к наукам, Ферми обладал еще исключительной памятью.

Пришло время, когда я решил, что наступил подходящий момент, чтобы предложить ему свой план... План этот заключался в следующем: Энрико должен поступить не в Римский университет, а в университет в Пизе. До этого ему надо будет выдержать конкурс в Нормальную школу в Пизе и впоследствии совмещать занятия в школе с посещением лекций в университете. Энрико признал разумность моего плана и решил следовать ему, хотя и понимал, что родители будут возражать.

Я немедленно отправился в Пизу, чтобы получить там необходимую информацию и программу для конкурса в Нормальную школу. Потом я вернулся в Рим, чтобы проработать программу с Энрико. Я не сомневался в том, что он в совершенстве знает предметы, связанные с математикой и физикой. Так оно и оказалось. Энрико не только выдержал конкурс, но оказался первым среди соискателей.

Родители Энрико не одобрили мой план по вполне понятным человеческим соображениям.

— Мы потеряли Джулио (старший брат Энрико, умерший в 1915 г. после непродолжительной болезни), — сказали они, — а теперь мы должны расстаться с Энрико на четыре года, в то время как в Риме существует великолепный университет. Правильно ли это?

Потребовалось известное терпение и такт, чтобы постепенно убедить их в том, что принесенная ими жертва откроет блестящую карьеру их сыну. В конце концов было получено их согласие. Итак, как писала жена Энрико, в конечном счете два союзника — Ферми и Амидей — одержали победу».

Хотелось бы немного прокомментировать это письмо. Мне кажется, что оно должно заинтересовать не только физиков и историков науки, но и более широкие круги читателей, особенно школьников, которые начинают увлекаться наукой, а также педагогов. Быть может, благодаря инженеру Амидею одаренный мальчик и стал гением. Конечно, Ферми был прирожденным физиком, но кто может сказать, какова была бы

его судьба, если бы инженер Амидей отнесся к нему иначе, если бы на вопросы мальчика он отвечал, например, так «Это пока слишком трудно для тебя. Подрастешь — поймешь!». Возможно, Ферми и не увлекся бы так серьезно математикой и физикой в тринадцатилетнем возрасте и в результате стал бы, скажем, лишь хорошим инженером или физиком. Он мог бы, например, влюбиться, мог заинтересоваться шахматами или теннисом, иностранными языками или геологией. Дело в том, что перед тринадцатилетним Ферми был только один прямой путь, который мог бы привести его туда, куда он впоследствии пришел (и этот путь был указан Амидеем), но при этом было огромное число «боковых» дорог.

Во всяком случае, я совершенно уверен в том, что Ферми стал великим Ферми именно потому, что его интересы определились и его интеллектуальные запросы уже удовлетворялись, когда он был еще мальчиком. В этом меня убеждал стиль Ферми во всем, что относилось к физике; читал ли он лекции, объяснял что-либо сотруднику, выражал ли сомнение в чем-либо и т. д., всегда создавалось впечатление, что все ему просто и знакомо, что физика для него то же, что дом родной.

Если мое суждение правильно, то число потенциальных Ферми в мире куда больше, чем это обычно представляется.

Вот что писал Э. Персико [1]: «...Исключительные способности Ферми в точных науках проявились очень рано; когда я познакомился с ним (ему было 14 лет), я с удивлением обнаружил, что приятель у меня не только «дока» в науке, как говорят на школьном жаргоне, но и товарищ, форма ума которого совершенно отличается от типичной для всех «умных» мальчиков и блестящих учеников, с которыми я был знаком... В области математики и физики он проявил знания по гораздо большему числу разделов, чем учили в школе, причем знания были не школярскими, и он оперировал ими совершенно непринужденно. Для него уже тогда знание теоремы или закона означало, прежде всего, умение их использовать».

Вспоминая чувства восхищения и удивления, которые у меня, его ровесника, вызвал ум Энрико, я задаю себе вопрос: приходило ли мне в то время на ум слово «гений»? Вероятно, нет, поскольку для детей и, быть может, даже для большинства взрослых это слово ассоциируется не столько с качеством ума, сколько с общественной фигурой знаменитой и недоступной личности. Качества ума моего молодого друга, которые удивляли меня, были для меня явлением слишком новым для того, чтобы я мог найти им имя».

Вероятно, читателя заинтересует вопрос, как учился Ферми в школе по гуманитарным предметам? Конечно, он был

хорошим учеником, что не удивительно, если учесть наличие у него прекрасной памяти, но, опираясь на некоторые, впрочем, субъективные впечатления, я сказал бы, что по гуманитарным предметам Ферми был не более, чем «нормальным отличником». Правда, он знал довольно много стихов наизусть¹, но это, я бы сказал, характеризует скорее его феноменальную память, чем страсть к поэзии. Мне помнится, где-то в 30-х годах Ферми сказал, что главным источником его общей культуры является многотомная итальянская Детская энциклопедия, довольно удачная и красочно оформленная книга для юношества. Это подтверждает, что интересы Ферми вне области физики и математики были все-таки довольно ограниченными.

Память Ферми и рациональность мышления очень помогли ему при овладении иностранными языками. Энрико прекрасно знал немецкий язык, который он изучил еще мальчиком по совету инженера Амидея; французским и английским языками он владел более, чем достаточно для понимания научной литературы. Позже в США Ферми, конечно, овладел английским языком в совершенстве, но не избавился от итальянского акцента, что определенно его огорчало.

Еще несколько слов об использовании иностранных языков в научных работах Ферми. В итальянский период жизни Ферми, естественно, писал статьи на итальянском языке. Но некоторые работы он написал также на хорошо знакомом ему немецком языке (до 1934 г.). Это были те произведения, которые он особенно ценил, что и дает представление об отношении самого Ферми к значимости своих работ. После упадка немецкой физики, связанного с приходом к власти Гитлера, немецкий язык в произведениях Ферми сменился английским. Когда же он эмигрировал в США, он стал писать только на английском языке.

¹ Больше всего ему нравилась поэма «Неистовый Роланд» Ариосто. Небезынтересно заметить, что Ариосто был любимым поэтом другого великого итальянского физика — Галилея.

УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ГОДЫ

Осенью 1918 г. Ферми, согласно плану инженера Амидея, поступил одновременно в Высшую Нормальную школу Пизы и на физико-математический факультет старинного Пизанского университета. Во всех итальянских университетах нет вступительных экзаменов; нужно лишь иметь аттестат зрелости и, конечно, располагать средствами для оплаты обучения. Для поступления же в Нормальную школу требовалось выдержать довольно трудный конкурс, но для ученика школы обучение в университете было бесплатным. Ученик Нормальной школы автоматически является и студентом университета, но дополнительно посещает лекции и семинары в школе. (Может быть, небезынтересно заметить, что с 1965 г. директором Пизанской Нормальной школы является известный ученый Джильберто Бернадини.)

Высшая Нормальная школа в Пизе была создана в 1813 г. Наполеоном по типу Высшей Нормальной школы в Париже; она была единственным бесплатным высшим учебным заведением Италии. Хотя официально школа предназначалась для выпуска учителей средних школ, многие выпускники как гуманитарного, так и естественного отделений избирали карьеру исследователей и становились знаменитыми, что поднимало престиж школы. В частности, почти все известные итальянские математики от Бианки и Кастельнуово до Вольтерра и Леви-Чивиты были ее выпускниками.

На вступительном конкурсном экзамене в школу от Ферми требовалось изложить свои знания по теме «Характер и причины звуков». Его «сочинение» дает представление об уровне знаний по классической физике, достигнутом Ферми в 17-летнем возрасте. Достаточно сказать, что далеко не все выпускники физических факультетов университетов (а не только средней школы) смогли бы написать такое сочинение, в котором используется метод Фурье при решении дифференциального уравнения колеблющегося стержня. Ферми сам рассказывал, что экзаменатор был удивлен его сочине-

нием и сказал, что никогда ничего подобного в своей практике не встречал.

Итак, когда Ферми был принят в Пизанский университет в 1918 г. он уже был хорошо знаком с классической физикой. Насколько глубокими были его знания в области науки в то время, можно судить по словам, сказанным уже знаменитым Ферми в 1934 г.: «Когда я поступил в университет, классическую физику и теорию относительности я знал так же, как и теперь». Юношей Ферми был самоучкой. Но и в университете профессора не смогли дать ему ничего нового: уже в то время он разбирался в физических проблемах лучше своих учителей. Кроме того, как раз те области, которые интересовали Ферми, особенно строение материи и квантовая теория, в Италии не культивировались, соответствующих университетских курсов не было. Как ни парадоксально, но Ферми стал учителем, и при этом блестящим, никогда не проходя через психологическую стадию ученика.

Большую пользу, по-видимому, принесло Ферми общение с талантливым однокурсником Франко Разетти: совместное обсуждение вопросов физики, особенно теоретической, помогло развитию проявившихся впоследствии исключительных дидактических способностей Ферми. Нет сомнения и в некотором прямом влиянии Разетти на Ферми. Для меня более десяти лет спустя стало ясным из разговоров в университетском Физическом институте, что талант Разетти-экспериментатора и его любовь к различным экспериментальным методам привлекали Ферми.

Исключительные способности Ферми-студента были довольно широко известны в Пизе не только в среде его товарищей и друзей, но также и в преподавательском коллективе университета и Нормальной школы.

Почти все сведения об университетском периоде получены от Персико и Разетти. Студенческие обязанности, конечно, не представляли никакой трудности для Ферми. Поэтому большую часть времени он отводил на изучение предметов им выбранных, а не обязательных университетских курсов. Вот что он написал Персико [1] в феврале 1919 г., т. е. будучи студентом второго курса:

«...Поскольку для курсов мне почти ничего не надо делать, я пытаюсь расширить мои знания математической физики и буду делать то же самое в области математики, ведь я располагаю множеством книг».

Когда Ферми двадцать лет спустя уехал в Америку, он взял с собой все документы и тетради, которые впоследствии могли быть ему полезны. Они находятся теперь в музее Ферми при Чикагском университете. Среди них имеется тетрадка, которую он вел с июля по сентябрь 1919 г. и содержание которой представляет большой интерес для понимания уровня

научного развития восемнадцатилетнего Ферми. Ниже дается описание содержания этой тетради со слов Э. Сегре [5].

Первые 28 страниц содержат конспект аналитической динамики и начаты в Каорсо 12 июля 1919 г. Здесь он излагает теорию Гамильтона и Якоби, затрагивая очень сложные вопросы крайне сжато и удивительно ясно. Тут нет сведений об источниках его информации, но, по-видимому, ими являются работы Пуанкаре, которыми он занимался в это время, а также Аппеля.

Далее следуют 25 страниц об электронной теории вещества (начаты в Риме 29 июля 1919 г.), содержащие сжатый, как обычно, обзор по этому предмету. Здесь идет речь о лоренцевской теории, специальной теории относительности, теории излучения черного тела, диамагнетизме и парамагнетизме. Для этого раздела имеется библиография, в которой перечислены некоторые из самых важных книг по данному предмету, включая «Электронную теорию материи» Ричардсона, которую он очень внимательно изучил.

Упоминаются также первые работы Бора об атоме водорода, хотя в то время они были мало известны в Италии.

На следующих 19 страницах (Рим, 10 августа 1919 г.) более подробно рассмотрена теория излучения черного тела по Планку. За этим следует без комментариев обширная библиография (Каорсо, сентябрь 1919 г.) по радиоактивности, взятая из резерфордской книги «Радиоактивные вещества и их излучения». Следующая глава со страницы 81 до страницы 90 (Каорсо, 14 сентября 1919 г.) посвящена Н-теореме Больцмана и кинетической теории. Здесь мы найдем, как обычно, сжатое, но ясное описание теории и некоторых ее применений. Для установления Н-теоремы используется метод Больцмана, в котором проводится подробный анализ всех возможных соударений. Тетрадка, содержащая всего 102 страницы, завершается двумя библиографическими списками (из книги Таунсенда о газовом разряде) работ по электрическим свойствам газов и фотоэлектричеству. Последние страницы, написанные в Риме 29 сентября 1919 г., заканчиваются оглавлением.

Содержание тетрадки свидетельствует о многих чертах автора. Если учесть возраст автора и тот факт, что он был самоучкой, то восхищает степень его разборчивости в выборе материала. Характерно и то, что Ферми, легко справляясь с математическими трудностями, все-таки не ищет красивой математики, как самоцели. Легка или трудна теория — это не главное, важно то, освещает ли она существенное физическое содержание проблемы. Если теория легка — прекрасно, но если необходима трудная математика, он быстро смиряется с этим. Можно заметить также определенное различие между главами, где логическая структура предмета преобладает над

его экспериментальным содержанием, и главами более эмпирического характера. В теоретических главах уже видна рука мастера, а в остальных проявляется отсутствие опыта, а также критической оценки различных работ.

Удивительно, что только после одного года университетской работы студент сумел составить такую тетрадку, которая сделала бы честь и опытному преподавателю.

В 1920 г. Ферми написал Персико: «...Мои занятия идут очень хорошо, ибо я уже сдал неорганическую химию и решил изучить органическую химию в Университете». По-видимому, химия тогда не была самым предпочитаемым предметом Ферми, и этим письмом он дает понять, что не собирается особенно расширять свои знания по химии, а просто будет готовиться к экзаменам по химии в университете. Кстати, единственными экзаменами, на которых Ферми не был удостоен высшей оценки, были экзамены по химии. Ферми изучил, как известно из его переписки с Персико, в первые два года занятий в университете, следующие книги: «Теория вихрей» Пуанкаре, «Аналитическая механика» Аппеля, «Теоретическая химия» Нернста, «Курс общей химии» Оствальда, «Электронная теория материи» Ричардсона, «Пространство, время, материя» Вейля.

В 1920 г. он сообщает Персико, что уже завоевывает некоторый престиж в Физическом институте, где он в присутствии ряда профессоров должен читать лекцию о квантовой теории, тогда практически неизвестной в Италии. Как побочный результат, по словам Персико [1], его напряженного изучения физики в университетские годы появились первые теоретические исследования Ферми в области электродинамики и теории относительности. На некоторые из них до сих пор ссылаются специалисты. Вот как Персико характеризует отношение двадцатилетнего Ферми к изучаемой им книге: «Его метод изучения книги всегда состоял в том, что из книги он брал только данные проблемы и результаты опыта, сам обрабатывал их и затем сравнивал свои результаты с результатами автора. Иногда при проведении такой работы он ставил новые проблемы и решал их или даже поправлял ошибочные, хотя и общепринятые решения. Так и возникли его первые печатные работы».

Темой диссертационной работы Ферми на соискание степени доктора физики (что соответствует в СССР студенческой дипломной работе), однако, явилось экспериментальное (согласно традициям итальянских университетов требовалось, чтобы дипломная работа была экспериментальной) исследование по оптике рентгеновских лучей.

Здесь следует отметить, что знания, полученные Ферми во время выполнения дипломной работы, не пропали даром и

что его тогдашнее глубокое ознакомление с физикой кристаллов очень помогло ему в теоретических исследованиях по оптическим свойствам молекул и кристаллов десять лет спустя и в теоретическом и экспериментальном изучении созданной им оптики нейтронов двадцать лет спустя.

Диплом Ферми получил (июль 1922 г.), конечно, с оценкой *sum laude*. Диплом Нормальной школы он получил приблизительно в то же время с той же оценкой, защитив диссертацию по теории вероятности.

ПЕРВЫЕ ГОДЫ ПОСЛЕ УНИВЕРСИТЕТА

Хотя Ферми пользовался огромным престижем в Пизанском университете, все-таки там ему не предложили работы. Это больше говорит об удивительной бедности итальянских университетов того времени, нежели о неадаптивности дирекции Физического факультета Пизанского университета.

Энрико возвращается домой в Рим и знакомится с сенатором профессором Орсо Марио Корбино, директором Физического института Римского королевского университета. Корбино когда-то был первоклассным физиком-экспериментатором, однако с 20-х годов почти не занимался наукой и стал видной фигурой в частной электрической промышленности Италии, а также в течение некоторого времени занимал посты министра экономики и министра образования, хотя и не был членом фашистской партии. Корбино была присуща некоторая двойственность: с одной стороны, политическая карьера, бизнес и деньги, с другой — лаборатория, интересы итальянской физики, словом, все, что напоминало ему о его молодости. Ферми, а затем и его сотрудники прежде всего видели в Корбино только эту вторую, привлекательную сторону. Кроме того, он был яркой личностью: исключительно обаятельный, полный юмора и, по представлениям Ферми, очень мудрый.

Корбино очень быстро «сориентировался» и понял, что представляет собой этот двадцатилетний юноша. С этого времени он стал покровительствовать Ферми. Корбино не только предложил ему временную работу в качестве преподавателя математики для студентов химиков в Римском университете, но, что было важнее, сказал Ферми о своем намерении при первой возможности обеспечить для университета постоянное сотрудничество Энрико. Знакомство с сенатором имело большое значение для Ферми, который считал его вторым отцом; признательность Ферми отражена в написанном им некрологе Корбино.

Необходимо подчеркнуть, что дружеское отношение такой

влиятельной фигуры, как Корбино, к Ферми, его бескорыстная поддержка Ферми в создании молодой школы итальянских физиков в Риме, неизменное содействие этой школе, его искренняя радость по поводу ее успехов — все это оказало огромное влияние на итальянскую физику, без сомнения превышающее его прямой исследовательский вклад. На шуточном «религиозном» жаргоне Римского физического института Корбино получил «официальное» прозвище «Бога-отца».

В Риме Ферми провел несколько месяцев. Вскоре он был удостоен премии Министерства образования для усовершенствования за границей и с января по август 1923 г. пробыл в Германии, в Геттингене, у известного физика-теоретика, впоследствии лауреата Нобелевской премии, Макса Борна.

В Геттингенский период Ферми опубликовал, по-прежнему в одиночку, цикл работ по теоретической механике. Одна из них — доказательство, правда, нестрогое, квазиэргодичности механических систем, понравилась Эренфесту, известному специалисту в этой области. Эренфест написал Ферми об этом, что, по-видимому, явилось причиной того, что Энрико вскоре поехал именно в Лейден, к Эренфесту. Но об этом позже.

У Борна Ферми встретился с такими блестящими молодыми физиками-теоретиками, как Паули, Гейзенберг и Йордан, которым, в отличие от Ферми, посчастливилось учиться у выдающихся ученых Зоммерфельда и Борна. Как ни странно, пребывание в Геттингене и встречи с этими звездами физического мира не принесли, по словам самого Ферми, особенной пользы молодому самоучке. Его работы, выполненные в Геттингене, никак не отражают местного духа и могли бы быть выполнены Ферми в Риме, если бы он тут остался. Это связано с рядом причин.

Вокруг Ферми в Италии не было физиков, с которыми бы он мог общаться на равном уровне и с которыми он, по его словам, мог бы сравнивать себя (что очень важно с психологической точки зрения); у него возникла привычка работать, полагаясь только на себя и используя лишь книги и научные работы для консультации. (Эта привычка, однако, вскоре исчезла). Но это не все.

Двадцатилетний Ферми еще не обладал той уверенностью в себе, которая так необходима для творческой работы. Как рассказывал сам Ферми, он, наконец, обрел такую уверенность благодаря выдающемуся физiku-теоретику П. Эренфесту, на обучении у которого в Лейдене, в Голландии, он находился с сентября по декабрь 1924 г. Советским физикам П. Эренфест очень хорошо известен, так как он часто бывает в Советском Союзе. Ферми рассказывал своим сотрудникам, что Эренфест оказал огромное влияние на развитие современной физики не столько своими классическими работами,

сколько педагогической в широком смысле слова деятельностью, т. е. научным воздействием на других физиков. (Кстати, аналогичные слова произнес Ферми и о выдающемся французском физике Поле Ланжевене.) Эренфест был хорошо знаком и дружил со всеми крупнейшими физиками от Бора, Эйнштейна, Лоренца и Планка до Гейзенберга и Паули. И вот Эренфест, обнаружив дар крупного физика у Ферми, не замедлил сказать ему об этом. С этого времени неуверенность Ферми в своих силах исчезла, что, как это известно от самого Ферми, было очень важно для него. Прямое влияние лейденского периода на Ферми, однако, незначительно.

К началу 20-х годов относится и одна теоретическая работа, которая обнаруживает черты уже зрелого Ферми. Я хочу упомянуть о ней здесь, так как многие физики не знают, что именно в этой работе Энрико Ферми заложена в очень ясной форме красивая идея, использованная позже Вейцекером и Вильямсом в их знаменитом методе (речь идет о методе эквивалентных фотонов, т. е. о расчете различных эффектов при соударениях очень быстрых электрически заряженных частиц, основанном на замене поля частиц эквивалентным полем электромагнитного излучения).

По своей натуре Ферми был застенчив. Правда, это утверждение покажется необоснованным тем, кто узнал Ферми после его двадцатипятилетия и притом только по его отношению к физике; Ферми был слишком скромным и непосредственным, чтобы проявлять ложную скромность после того, как он внутренне осознал свое превосходство.

Застенчивость можно было заметить у Ферми и позже, но уже не в науке. Он очень не любил чем-то выделяться. Лаура Ферми рассказывает о случае, когда Ферми страшно смутил рабочий, случайно заставший его в довольно смешной одежде итальянского академика. Очень типичной была его виноватая, детская улыбка, появлявшаяся, правда, довольно редко, когда по какой-то причине у него вновь исчезала уверенность в себе, скажем, в присутствии Майораны, личность которого ему очень импонировала, или на теннисной площадке перед более сильным игроком.

Ферми всегда стремился к конкретности во всем, к упрощению, выделению главного. На этой черте характера Ферми, быть может, самой характерной, я остановлюсь несколько ниже, пока же я хотел согласиться с Серге [5], что в условиях научной изоляции, о которой я говорил раньше, конкретность была необходима для Ферми, поскольку оценить важность своей работы он мог только с помощью результатов не слишком отвлеченного характера.

Во всяком случае в двадцатых годах, когда основные принципы физики претерпевали коренную ломку (и Геттинген был одним из центров, где это происходило), ориентиро-

ваться молодому Ферми без учителей, по-видимому, было крайне трудно. Почти все труды Ферми характеризуются отсутствием абстрактности. Его теории почти без исключения созданы для того, чтобы объяснить, скажем, поведение определенной экспериментальной кривой, «сгранности» данного экспериментального факта и т. д. Не исключено, что черты, присущие Ферми, — конкретность, ненависть к неясности, исключительный здравый смысл, — помогая ему в создании многих фундаментальных теорий, в то же время в этих условиях помешали ему прийти к таким теориям и принципам, как квантовая механика, соотношение неопределенностей и принцип Паули.

Некоторое подтверждение этому можно найти в очень интересном отрывке из письма, которое Ферми написал Персико [2] в сентябре 1925 г., спустя два года после его пребывания в Геттингене: «...Я думаю, что в последние несколько месяцев очень больших успехов не было, несмотря на формальные результаты в зоологии спектральных термов, полученные Гейзенбергом. По-моему, они начинают слишком далеко заходить в направлении отказа от понимания физической сущности». Вот как Персико [2] комментирует это письмо: «Зоология спектральных термов», по-видимому, относится к статье В. Гейзенберга, которая, правда, была тогда неудовлетворительной и формалистической, но спустя несколько месяцев эволюционировала в матричную квантовую механику. К квантовой механике в матричной форме, однако, Ферми не испытывал, по-видимому, научной симпатии. Первые его работы по квантовой механике были стимулированы не гейзенберговским подходом, а статьями Шредингера о волновой механике; при этом вклад Ферми состоял в том, что он выяснил соотношение между волновой механикой и старой корпускулярной механикой».

По словам Ферми, сказанным им в 30-х годах, из-за абстрактности общей теории относительности, он также не испытывал большой симпатии к ней (хотя глубоко знал ее) и особенно к ее космологическому следствию — теории расширения Вселенной. Правда, в конце 40-х годов он пересмотрел свою точку зрения, по-видимому, в связи с увеличением круга наблюдений, связанных с теорией расширения Вселенной; его интерес к этой теории отражен в работах о происхождении химических элементов и в книге «Лекции по атомной физике».

Здесь я сразу же должен предупредить читателя, у которого может возникнуть подозрение, что прохладное отношение Ферми к абстрактным и вообще формалистическим работам как-то вызвано недостаточным его знакомством с математическим аппаратом. Он никогда не боялся математических трудностей и глубоко знал математику. С математиче-

скими методами Ферми ознакомился, как мы видели, будучи еще мальчиком. В Пизе он расширил свои математические знания до такой степени, что впоследствии мог при необходимости подходить к решению любой задачи самыми рафинированными методами.

С первых дней по возвращении в Рим он познакомился с представителями блестящей математической итальянской школы — Энрикуэз, Кастельнуово, Леви-Чивита, Вольтерра — и с тех пор подружился с ними. Они не только уважали его как единственного представителя зародившейся итальянской школы теоретической физики, но очень ценили его и как математика. Однако отношение Ферми к математике было особенным. Математика для него была средством, а не целью. Он возражал против использования изысканных или сложных математических методов для решения второстепенных или «надуманных» физических задач. Один раз он сказал: «Математика сегодня — это не передовая наука времен Гаусса; слишком часто сегодня математик или физик с математическим складом ума выдумывает трудную задачу, решает ее, а потом восклицает: «Смотри, какой я умный!».

Сразу скажу, что это отношение к математике как к великой науке, уже не способной существенно обновляться, изменилось у Ферми позже, и особенно после его знакомства с крупнейшим математиком фон Нейманом, которым он восхищался.

Во всех работах Ферми математический аппарат вполне адекватен решаемой задаче, при этом он всегда избегал излишнего формализма, но, если это требовалось, был готов использовать самые изысканные методы. Ради простоты он часто удовлетворялся достаточно грубым приближением. Хорошим примером этого служит его оценка граничных условий на поверхности раздела между веществом и вакуумом для задачи диффузии тепловых нейтронов. Ферми показал, что полученная на основе решения одномерной задачи простая оценка может после небольшой модификации дать достаточно точный результат и для реального случая трехмерной диффузии нейтронов. Этот вопрос имел большое значение для нейтронной физики в период создания атомной техники, так что силы больших научных коллективов были сконцентрированы на точном решении данной задачи. Это оказалось довольно сложным математическим делом, к тому же в практически важных случаях точное решение очень мало отличалось от результата Ферми. Не перестаешь удивляться, как легко все у него получалось!

Здесь уместно упомянуть о симпатии, которую Ферми всегда испытывал к любой форме численных методов решения математических задач. Забегая вперед, я хотел бы сказать несколько слов о его «вычислительной карьере». В ка-

бинете Ферми всегда стояла маленькая настольная механическая счетная машинка. В 1927 г. он, не сумев найти общее решение установленного им дифференциального уравнения для среднего потенциала атома в зависимости от расстояния, быстро решил его численно с помощью этой машинки. Работа такими кустарными вычислительными методами, хотя иногда и в широком масштабе, продолжалась вплоть до появления первых мощных электронных вычислительных машин, значение которых сразу же стало ему понятно. Ферми с вдохновением и энтузиазмом воспринял рождение электронно-вычислительной техники; немногие знают, что он — первый физик, который использовал мощные электронно-вычислительные машины для своей повседневной работы. Он пропагандировал использование этих машин самими физиками, без математиков, и сам был великолепным программистом. Для читателя-физика небезынтересно отметить, что Ферми уже в 1952 г. предложил использовать вычислительные машины для автоматизации измерений на фотоэмульсиях и фотографиях.

УНИВЕРСИТЕТСКАЯ КАРЬЕРА

С января 1925 г. до осени 1926 г. Ферми пробыл во Флоренции, куда он был назначен «Professore incaricato» (т. е. временным профессором) с обязанностью чтения лекций по теоретической механике и по математической физике (курса теоретической физики в итальянских университетах тогда не было). Здесь я хотел заметить, что университетская карьера в Италии — в то время единственный путь для исследователя, поскольку в промышленности физики не использовались — завершалась выигрывшем конкурса на право занятия штатной должности профессора. Все промежуточные назначения (ассистент, помощник, временный профессор) или звания «Libero Docente») не только плохо оплачивались, но и не давали ни прочности положения, ни престижа.

В возрасте 24 лет (а это необычайно рано) Ферми получил звание «Libero Docente». Это соответствует советской степени кандидата наук, но для соискания «Libero Docente», однако, не требуется защиты диссертации; степень присваивается на основе совокупности научных работ комиссией штатных профессоров университета, которые оценивают представленные научные работы и заслушивают лекцию соискателя по теме, предложенной комиссией за 24 часа до лекции. Получение «Libero Docente», для молодого Ферми, уже опытного преподавателя, не представляло ни малейшей трудности.

Флорентийский период был очень важным в жизни Ферми. Во Флоренции он снова встречает Разетти, который был тут ассистентом кафедры, и совместно с ним проводит очень оригинальные эксперименты. В этот период он пишет блестящую книгу «Введение в атомную физику», которая позже служила основным учебником по теоретической физике для студентов университетов. Но самое главное — это то, что именно здесь, в спокойной атмосфере Института физики, расположенного под Флоренцией, на холме, где работал и скопчался Галилей, Ферми создает и публикует знаменитую работу о статистической механике частиц, подчиняющихся прин-

ципу Паули. Этой работой были заложены основы так называемой статистики Ферми—Дирака. Как известно, основное значение статистики Ферми—Дирака заключается в том, что она дала ключ к пониманию свойств электронов в металлах. Но и другие применения статистики Ферми весьма многочисленны, что иллюстрируется множеством терминов, вошедших в физическую и астрофизическую литературу, таких, как «газ Ферми», «Ферми-жидкость», «фермион», «поверхность Ферми», «метод Томаса—Ферми», «фермиевские импульсы» нуклона в ядре и т. д. В отличие от Дирака Ферми пришел к новой статистике независимо от квантовой механики. Он давно вынашивал предпосылки этого творения, но ему не хватало принципа Паули, после появления которого он сразу направил в печать свою работу. Кстати, Ферми заметно переживал то, что он не сумел сформулировать принцип Паули, к которому, как я слышал от него самого, очень близко подошел.

После открытия статистики, которая носит его имя, Ферми стал хорошо известен, как это ни странно, сначала за пределами Италии и только потом — на родине. Признания, которых он совершенно не искал, посыпались на Ферми в изобилии. В конце своей жизни Ферми был членом восемнадцати академий всех стран, доктором «honoris causa» многочисленных университетов, лауреатом ряда крупнейших премий и медалей, включая Нобелевскую премию. Кстати, в 1929 г. он был избран иностранным членом-корреспондентом Академии наук СССР, что, если я не ошибаюсь, явилось первым зарубежным официальным признанием Ферми.

Из переписки Ферми с Персико известно, что Ферми все-таки беспокоился о своей университетской карьере до тех пор, пока не был назначен штатным профессором осенью 1926 г. В частности, он огорчался тем, что в начале 1926 г. ему не удалось пройти по конкурсу на кафедру математической физики университета г. Кальяри, в Сардинии. Должность профессора для Ферми означала способ спокойно продолжать научную работу, но не больше. До конца жизни он никогда не искал ни важных административных постов, ни почета, ни наград. Он, естественно, был доволен признанием его заслуг, но честолюбие ему было чуждо.

Я хотел бы сделать здесь некоторые замечания о том, как, по моим субъективным впечатлениям, мне представляется отношение Ферми к жизни. Ему очень нравилась физика, при этом, особенно после пребывания в Лейдене, он почувствовал, что миссия исследователя и наставника ему по силам. В сравнении с этой любовью и этой миссией все остальное для Ферми имело второстепенное значение. Иногда сознательно, но чаще всего бессознательно его отношение к научной карьере, спорту, отдыху, семье, литературе и искусству,

и даже к политике определялось тем, что он должен иметь самые лучшие условия для работы. Я сказал бы, что в жизни Ферми все происходило так, будто некие «гормоны» так управляли его чувствами и образом жизни, чтобы автоматически обеспечить оптимальные условия для научных исследований. Он был гением, причем его гениальность в значительной степени связана с его любовью к научной простоте; вне области физики он был самым обыкновенным и, как ни странно, самым простым человеком. Эта простота в жизни выражалась в том, что у него были очень простые вкусы и требования, что он ненавидел усложнения (как в физике!), что он был лишен снобизма и фальши, что он был всегда совершенно искренен и не скрывал тех черт своего характера, которые многим могут казаться недостатками (например, не любовь к музыке, полное отсутствие азартности, безразличие к политическим и философским проблемам, некоторая осторожность при трате денег). Кстати, деньги были необходимы Ферми для спокойной научной работы, а не для «роскошной» жизни.

Ферми очень любил теннис, лыжи, прогулки, хотя ни в одном виде спорта он не достиг высокого уровня. Но время, которое он тратил на эти увлечения и вообще на отдых, было строго ограничено до минимума.

Неудача Ферми в Кальяри все-таки сделала доброе дело. Сразу после создания новой статистики Корбино предпринял действия, направленные на приглашение Ферми в Римский университет. Он добился учреждения там кафедры теоретической физики — первой в Италии. (Насмешники называли ее «кафедрой фермифизики», так же как они называли «кафедрой разеттифизики» кафедру спектроскопии, созданную некоторое время спустя в Римском университете по инициативе того же Корбино с целью привлечь в университет Разетти.) Осенью 1926 г. Ферми выдержал соответствующий конкурс и занял должность профессора в Риме. Итак, его научная карьера в Италии достигла вершины, когда ему было 25 лет.

СОЗДАНИЕ ИТАЛЬЯНСКОЙ ШКОЛЫ ФИЗИКИ

Когда Ферми в конце 1926 г. прочно обосновался в Риме в качестве профессора теоретической физики, там не было никакого исследовательского коллектива. Персиго уехал во Флоренцию; Корбино был слишком занят другими вопросами, а в университете ему более чем хватало преподавательской деятельности.

Итальянскую школу современной физики создал тогда Энрико Ферми, один из великих учителей нашего времени, при содействии Орсо Марио Корбино, блестящего организатора науки. Многие из учеников Ферми, такие, как Разетти, Амальди, Сегре, Вик, Рака, Росси, Фано, Ферретти, Бернардини, Коккони, Конверси, Пиччиони и другие, стали широко известными физиками.

О неизгладимом следе, оставленном Ферми в научной жизни Италии, можно судить по тому, что в настоящее время, через тридцать лет после того, как он покинул свою родину, там успешно работает многочисленная группа довольно известных физиков (первого, второго и последующих поколений), продолжающих традиции современных первоклассных теоретических и экспериментальных исследований, созданные Ферми. Ядро этой школы (Разетти, Сегре, Майорана, Амальди) сформировалось вокруг Ферми уже в 1927 г., благодаря усилиям Корбино.

Вот как Сегре [5] описывает занятия, не связанные с университетскими курсами, которые Ферми проводил с нами:

«Они были совершенно импровизированными и неофициальными. Поздно вечером мы собирались в кабинете Ферми, и часто предмет разговора становился темой лекции. Например, мы спрашивали: «Что известно о капиллярности?». И Ферми экспромтом читал красивую лекцию о теории капиллярности. Таким образом, мы занимались рядом предметов на «промежуточном» уровне, соответствующем, например, знаменитой книге «Введение в теоретическую физику» Планка или книгам Слетера и Франка. Однако иногда уровень

становился более высоким, и Ферми объяснял нам статью, которую сам только что прочел: так мы познакомились со знаменитой работой Шредингера по волновой механике. Эти лекции никогда не составляли регулярного «курса». Относительно некоторых областей, о которых мы ничего не знали и по которым мы задавали Ферми вопросы, он ограничивался упоминанием хороших книг... Однако книги, которые он предлагал, не всегда были самыми удачными, поскольку, очевидно, он упоминал те, которые изучил сам, а они не обязательно были хороши с педагогической точки зрения...

Занятия были посвящены главным образом теоретической физике, но между слушателями теоретиками и экспериментаторами не делалось различий. Сам Ферми, который работал тогда только в области теоретической физики, также интересовался экспериментальными работами. Его знания и интересы охватывали всю физику, и он внимательно прочитывал несколько журналов. Он предпочитал конкретные проблемы и недоверчиво относился к слишком абстрактным или общим теориям. Но любая специфическая задача в какой-либо области физики — в классической механике, спектроскопии, термодинамике, теории твердого тела и т. д. — могла увлечь его, бросив вызов его уму и физической интуиции. Часто, разговаривая с ним, мы видели развитие красивого, простого и ясного объяснения загадочного явления.

В то время много раз нам представлялся случай быть свидетелями зарождения и выполнения нового и оригинального исследования. Конечно, невозможно было сказать, какая предварительная работа уже была выполнена Ферми сознательно или подсознательно. Наверняка у него не было ничего написанного. Мы присутствовали при развитии теории, которое происходило не слишком быстро, но практически без ошибок, неправильных начинаний или изменения направления мысли. Ферми как будто читал лекцию, хотя более медленно, и наконец наши записи (или по крайней мере соответствующие уравнения) были готовы для опубликования почти без переделок. Любопытная характеристика фермиевского способа работы состояла в постоянстве скорости, с которой он продвигался вперед. Если переходы были легкими, он все-таки продвигался медленно, и рядовой наблюдатель мог бы задать вопрос: «Почему он теряет так много времени на такую простую алгебру?». Однако, когда возникали такие трудности, которые остановили бы человека меньших способностей бог знает на сколько времени, Ферми решал их с той же скоростью. У нас создалось впечатление, что Ферми — каток,двигающийся медленно, но не знающий препятствий. Окончательные результаты были всегда ясными, и часто мы задавались вопросом: «Почему это не было найдено давно, раз все так просто и ясно?». Ферми навсегда сохранял в

памяти один раз использованный им метод и применял его к задачам, совершенно отличающимся от той, которая породила физическую идею и математическую технику...

Скорость формирования молодого физика в этой школе была невероятной...

Ферми не любил давать темы для дипломных работ или вообще для исследований. Он ожидал, что студенты сами найдут их или получают от старших товарищей. Причина этого, как он сам говорил, состояла в том, что ему было нелегко найти достаточно простые темы для начинающих... Крепкая, многолетняя дружба связывала всех участников этой группы. Разница в возрасте была невелика: самому старшему, Ферми, было 26 лет (в 1927 г.), а самому младшему, Анальди — 19 лет. Корбинно на вечерние занятия приходил редко. Однако он очень интересовался положением в группе, вопросами продвижения сотрудников по служебной лестнице и т. п. Как можно было ожидать, слухи о том, что происходит в Риме, быстро распространились среди молодых итальянских физиков, и скоро к нам стали приезжать Д. Джентилле, Б. Росси, Дж. Бернардини, Д. Рака, Ж. Виж, У. Фано и многие другие».

Впервые в этом столетии, благодаря Ферми, иностранные физики потянулись к итальянскому центру исследований. Эти физики, среди которых были Баба, Бете, Блох, Лондон, Пайерлс, Плачек, Теллер, Уленбек, принимали участие в семинарах Института физики вместе с небольшой группой итальянских ученых и студентов; число участников семинара не превышало десяти.

Среди участников семинара я хотел бы отметить Этторе Майорана, личность которого могла бы заинтересовать не только физиков, но и литераторов. По происхождению Майорана принадлежал к видной сицилианской семье; он учился на инженерном факультете Римского университета. В 1927 г. Майорана, тогда еще студент, стал членом неофициальной группы Ферми; впрочем, он продолжал работать в Институте, не получая жалованья, и после получения диплома (он был богатым, а институт — бедным; по-моему, не исключено, что судьба Майораны сложилась бы не так трагично, если бы ему приходилось зарабатывать себе на хлеб).

Спустя некоторое время после вступления в группу Ферми Майорана уже обладал такой эрудицией и находился на таком уровне понимания физики, что разговаривал с Ферми на научные темы на равных. Сам Ферми считал его крупнейшим физиком-теоретиком нашего времени, часто им восхищался, при этом иногда даже тушевался перед ним. Я точно помню слова Ферми: «Если задача уже поставлена, никто в мире не может решить ее лучше Майораны». Майорана был пессимистом по натуре, вечно был недоволен собой (и не

только собой). На семинарах он обычно молчал, но иногда нарушал молчание ради саркастического комментария или для того, чтобы сделать парадоксальное, хотя и очень существенное, замечание. Я помню, как не раз на семинарах он терроризировал известных зарубежных физиков. Когда-то он был вундеркиндом. Это был математик большого масштаба и в то же время, как ни странно, живая «счетная машина». В «религиозной иерархии» института он имел звание «великого инквизитора». Трудно представить более различные характеры, чем у Ферми и у Майораны. Если Ферми был совершенно простым человеком (с маленькой оговоркой: он был гением), то характер Майораны был сложным и совсем не тривиальным. К великому сожалению Ферми, Майорана почти никогда не публиковал своих работ; его след в науке бесконечно менее значителен, чем мог бы быть. Начиная с 1932 г. Майорана все реже и реже встречался с другими физиками и в 1937 г. буквально исчез. По-видимому, он покончил с собой, но абсолютной уверенности в этом нет.

Семинары Ферми проходили в непринужденной обстановке и всегда много давали их участникам. Ферми был прирожденным учителем. Он не только мастерски проводил семинары и неофициальные лекции в узком кругу, о чем речь шла выше, но также блестяще читал курсы лекций студентам. Его лекции в университете по квантовой механике, атомной физике, математической физике, термодинамике и его любимый курс по геофизике отличались большой ясностью и стройностью изложения; это, однако, не было результатом особой тщательной подготовки к лекциям (Ферми почти никогда не готовился к ним), а объяснялось глубокими знаниями и исключительной ясностью ума. В конечном счете качество лекций являлось отражением его самостоятельной работы, проведенной еще школьником, когда он пытался осознать и понять различные явления природы.

В физике, по мнению Ферми, нет места для путаных мыслей, и физическая сущность любого действительно понимаемого вопроса может быть объяснена без помощи сложных формул. Правильность такого мнения иллюстрировалась замечательной способностью Ферми быть понятным слушателям самого различного уровня. Он утверждал, что действительно понимающие природу того или иного явления должны уметь получать основные законы из соображений размерности.

Ферми всегда подчеркивал огромную важность для студентов хорошей подготовки по классической физике, и он сам любил читать лекции по элементарной физике. Общий курс математической физики, прочитанный Ферми в Риме, представлял собой нечто вроде энциклопедии, содержавшей элементы электродинамики, теории относительности, теории теплопроводности, теории упругости и диффузии. Он очень воз-

ражал против курсов математической физики, посвященных чрезмерно узким проблемам. Мне помнится, как однажды он полусерьезно излагал группе сотрудников свои идеи о том, как следует реформировать высшее образование в университетах. «Возьмем, — сказал он, — для примера коллектив, скажем, из двадцати студентов-однокурсников, которому при настоящих порядках следует слушать лекции по пяти различным предметам у пяти преподавателей. Это не рационально, гораздо целесообразнее была бы «система менторов», согласно которой каждый из пяти преподавателей возьмется за преподавание только четырем студентам всех пяти предметов». Мы возражали Ферми, что это будет хорошо только для тех четырех студентов, которые попадут в руки Энрико, а для других будет настоящая трагедия!

Невозможно провести грань между Ферми-физиком и Ферми-человеком. Своих студентов и сотрудников Ферми учил не только физике в прямом смысле этого слова. Собственным примером он учил их страстно любить физику, равно как и понимать дух и этику науки. Ферми упорно подчеркивал исключительную моральную ответственность ученого при опубликовании научной работы. В опубликованных работах Ферми обнаруживается почти педантичное внимание к точности выражений, в них не встретишь излишне категоричных утверждений и т. д. Но его совершенно не заботила эlegантность стиля и формы статей: для него важнее всего было содержание работы и ясность изложения.

Ферми нетерпимо относился к часто встречающейся тенденции экспериментаторов переоценивать точность своих измерений. В институте было известно «правило», которым руководствовался Ферми в отношении к новому или «странным» результатам: увеличить втрое приведенную экспериментатором ошибку измерения, и только после этого начинать свое рассуждение.

Несмотря на его оригинальность и интуитивное чутье нового, Ферми был того мнения, что в науке новые законы надо принимать только в том случае, когда нет иного выхода. Ему очень не нравилось стремление некоторых физиков найти «сверхновое», не исчерпав всех возможностей в рамках уже существующих принципов и законов. Если у читателя создалось впечатление, что Ферми был консерватором в науке, то я плохо рассказал о нем. Речь идет не о консервативности подхода Ферми, а о его фундаментальности. Что же касается его подхода к жизни, политике, искусству и т. д., то действительно было бы правильно назвать его консерватором.

Ферми глубоко презирал научный авантюризм, субъективизм в науке, тенденцию некоторых экспериментаторов получить именно те результаты, которые априори им хочется найти. Он считал совершенно антинаучной и вредной для раз-

вития физики поспешность в опубликовании научных работ, вызванную желанием завоевать приоритет и встречающуюся в некоторых лабораториях атмосферу «охоты за открытиями». Я помню такой случай 30-х годов. В одной статье, по мнению Ферми, совсем неубедительной (вследствие нечеткости постановки опыта и недоброкачества самих измерений), группа иностранных физиков опубликовала сообщение об обнаружении дифракции медленных нейтронов. Несколько позже в печати появилось описание безупречных экспериментов другой зарубежной группы по этому вопросу. Ферми был возмущен тем, что приоритет в какой-то мере будет принадлежать первой группе, которая его не заслуживает. «И самое печальное, — сказал он, — то, что против этой системы ничего нельзя предпринять». Более того, по мнению Ферми, совершенно недостойной является привычка некоторых ученых при опубликовании своих экспериментальных работ «между прочим» приводить ненадежные данные (с надеждой завоевать приоритет) и, не считая для себя позором, если кто-либо опровергнет эти данные. Он презирал также саморекламу в науке.

Пленительная ясность мысли, характерная для лекций Ферми, относится также и к его книгам (Ферми написал их более десяти), и статьям, не только оригинальным, о чем шла речь выше, но и обзорным и популярным.

Ферми писал свои книги так же, как и читал лекции — предельно ясно, казалось, с минимальным усилием. Я помню, как еще студентом занимался по рукописи книги «Молекулы и кристаллы», когда автор еще писал ее. Каждое утро, между 6 и 8 часами, Ферми аккуратно писал на нечетных страницах тетради, оставляя четные страницы для возможных поправок. Однако когда рукопись книги была готова к печати, число поправок оказалось совершенно ничтожным.

Удивляло также то, что Ферми мог писать, почти не прибегая к другим статьям или книгам. Кстати, однажды это привело к неожиданному результату, в связи с которым друзья Ферми долго подсмеивались над ним. В написанной Ферми книге по физике для средних школ итальянского физика XVII столетия Эванджелиста Торричелли он перекрестил Джованбаттиста Торричелли (а знаменитых итальянских физиков не так уж много).

Вообще Ферми мало читал, а тем более мало покупал книг по физике после окончания университета; он предпочитал самостоятельно разработать заинтересовавший его вопрос, нежели найти готовый ответ.

Ферми также проводил сравнительно мало времени за научными журналами, хотя он всегда был великолепно осведомлен о происходящем в мире физики. Это достигалось «вытягиванием», по выражению самого Ферми, сведений в непо-

средственном разговоре с другими физиками. Вспоминается случай [6], иллюстрирующий еще одну характерную для Ферми черту — способность давать советы специалистам, работающим в других, даже мало знакомых ему областях. В 1942 г. мне довелось встретиться с Ферми в Чикаго. Я в то время работал в области применения ядерной физики к разведке месторождений нефти (нейтронный и гамма-каротаж). Поскольку Ферми не был знаком с этими методами, он, конечно, начал «вытягивать» сведения из меня. Вскоре он уже сам давал мне советы и высказывал многочисленные идеи, послужившие основой для дальнейшей длительной работы в этой области.

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РИМЕ

Кипучая теоретическая деятельность Ферми, со времени опубликования работы по статистике (1926) до конца 1933 г., когда он начал работать в области ядерной физики, шла по трем главным направлениям.

Во-первых, Ферми в течение нескольких лет осваивал квантовую механику (а затем квантовую электродинамику) и успешно объяснял и страстно пропагандировал ее в научных кругах. Его «проповеди» пользовались громадным успехом у молодежи и ничтожным — у ученых старшего поколения (в частности, у группы выдающихся римских математиков), которые не сумели принять революционного духа новой теории. Эту его деятельность в период с 1926 по 1930 г. лучше охарактеризовать словами ее очевидца Э. Сегре.

«Первыми были поняты статьи Шредингера, которые вызвали большой интерес и энтузиазм. Ферми быстро объяснил их своим друзьям, позже — Корбино, который оставался скептиком некоторое время, еще позже он выступил на эту тему на математическом семинаре, где профессиональные математики старшего поколения, и не очень хорошо знакомые с экспериментальными основами физики, выдвинули несколько остроумных возражений против общепринятой интерпретации квантовой механики.

В частности, профессор Кастельнуово поднял многочисленные вопросы. Ферми был склонен к нетерпимости по отношению к людям, не принимавшим нового развития квантовой механики, но конечно он относился по-разному к компетентным возражениям которых было много и к действительным настоящим трудностям вроде тех на которые было указано Кастельнуово.

Нередко он сожалел, что даже те люди, к которым он испытывал уважение и которыми восхищался, такие, как Корбино, иногда проявляли скептицизм по отношению к квантовой механике и ее интерпретации, что являлось, как он думал, результатом недостаточного понимания. (Следует ска-

зять, однако, что в последние годы своей жизни Ферми был менее убежден в том, что обычная интерпретация квантовой механики является последним словом.) Сопротивление квантовой теории оказывало в основном старшее поколение физиков, поскольку молодые физики либо поняли новую теорию и поверили в нее, либо научились использовать эту теорию, даже не полностью разобравшись в ней.

Приход квантовой механики, по мнению Ферми, а также Корбино, означал завершение атомной физики. Фундаментальные вопросы были решены, будущее находилось в области ядерной физики и в исследовании сложных биологических структур».

Я хотел бы несколько дополнить последние слова Сегре. Когда я приехал в Рим в 1931 г., Ферми часто утверждал (полусерьезно), что физика идет к концу (как и география) в том смысле, что скоро все будет ясно. Он думал, что будущее принадлежит генетике. При этом сам читал с большим интересом и рекомендовал сотрудникам книгу «Наука о жизни» Уэллса и Хаксли. Как ни странно, эти идеи о бесперспективности физики были у Ферми в 1931—1932 гг. на заре невиданного скачка современной физики, которому он сам значительно способствовал.

К деятельности Ферми в выяснении основ новой физики следует особенно отнести его переформулировку квантовой электродинамики, которая представляет собой блестящий (и типичный для Ферми) пример ясной трактовки трудного вопроса.

Второе важное направление теоретической деятельности данного периода состояло в продолжении его работ по статистической механике. В 1928 г. он (независимо от Томаса) применил свою статистику к определению среднего электрического потенциала в атоме (метод Томаса—Ферми).

Наконец, своими теоретическими работами Ферми внес неоценимый вклад в учение о структуре атомов и молекул. Особо следует упомянуть о совокупности теоретических работ по структуре молекул, в которых Ферми дает количественное объяснение различных экспериментальных наблюдений (книга «Молекулы и кристаллы»). Эти проблемы, интересовавшие Ферми в 1931—1933 гг., были связаны с основными экспериментальными исследованиями института, который по традиции и особенно благодаря Разетти в основном был первоклассной спектроскопической лабораторией.

Ферми разработал также количественную теорию сверхтонкой структуры спектральных линий, оставив и в этой области физики неизгладимый след. Кстати, уже тогда в течение нескольких лет Ферми был того мнения, что институт должен заняться ядерной физикой. Исследование сверхтонкой структуры спектральных линий, обусловленной, согласно Пау-

ли, взаимодействием орбитального движения электрона с магнитным моментом ядра, явилось естественным «мостом» при переходе интересов Ферми и лаборатории в целом от атомных проблем к ядерным.

В качестве дебюта в области чисто ядерной физики Ферми опубликовал в 1934 г. свою известную теорию бета-распада — классическую работу, основанную на гипотезе Паули, о том, что в бета-процессе одновременно с электроном испускается нейтрино. Имеющая сама по себе большое значение, эта работа явилась и прототипом современных теорий взаимодействия элементарных частиц. Ферми направил эту работу в английский журнал «Nature» для срочного опубликования в отделе «Письма в редакцию». Это означало, что он сам вполне осознавал значение данной теории, в создании которой ему очень помогло близкое знакомство с дираковской теорией излучения. Однако редакция «Nature» отказала ему в опубликовании работы на том основании, что она слишком абстрактна и не представляет интереса для читателей. Это была действительно самая абстрактная из теоретических работ Ферми, но не приходится сомневаться в том, что редактор всю жизнь сожалел о своем «диагнозе». В настоящее время считают, что найденное Ферми взаимодействие между нуклонным полем и полем пары электрон—нейтрино представляет собой частный случай более общего взаимодействия между льюбыми четырьмя фермионами — так называемое универсальное фермиевское взаимодействие, крайне малая интенсивность которого определяется малым значением «константы Ферми».

Несмотря на то, что исследовательская деятельность Ферми до 1934 г. носила почти исключительно теоретический характер, скрытый экспериментатор изредка пробуждался в нем. Был, например, такой случай. Ферми получил корректуру своей книги «Молекулы и кристаллы». Один из снимков, на котором было изображено чередование интенсивностей в молекулярном спектре азота, не удовлетворил автора книги. Ферми немедленно нашел подходящий свободный спектрोगраф и сам изготовил хороший снимок.

Первые крупные экспериментальные работы Ферми выполнил в области ядерной физики (1934 г.). Этим работам, за которые Ферми получил Нобелевскую премию, предшествовали два события: поездка Разетти в Германию с целью изучения экспериментальных методик ядерной физики и обсуждение на семинаре института под руководством Ферми классической книги Резерфорда по радиоактивности.

Сразу же после открытия Фредериком и Ирен Жоллио-Кюри явления искусственной радиоактивности Ферми пришел к выводу, что нейтроны, поскольку они не имеют заряда, должны быть особенно эффективным орудием получения ра-

диоэлементов, и со свойственной ему энергией начал систематически облучать нейтронами почти все существующие элементы. Нет необходимости напоминать здесь о всех поразительных результатах экспериментов Ферми: получение более 60 радиоактивных изотопов; открытие замедления нейтронов и большой вероятности их захвата в таких элементах, как кадмий и бор; открытие «групп» нейтронов и т. д. Все эти блестящие и совершенно неожиданные открытия были опубликованы в виде коротких сообщений в итальянском журнале «Ricerca Scientifica», превратившемся благодаря Ферми из совершенно неизвестного издания в журнал международного значения. Только за год лаборатория спектроскопии выросла в первоклассную, хотя и маленькую лабораторию ядерной физики.

Римская лаборатория была действительно маленькой. Общее число научных сотрудников и механиков, работавших с Ферми, едва достигало десяти. Ежегодно с дипломом физика университет оканчивали один-два студента, несмотря на то, что на физико-математическом факультете профессорами были Ферми, Разетти, Вольтерра, Леви-Чивита... Малое число дипломантов объяснялось незавидными перспективами, открывавшимися тогда перед молодыми физиками в Италии.

Что касается средств, необходимых для исследовательских работ, то фашистское правительство, так щедро помогавшее крупным промышленникам, оказалось довольно скупым, когда речь шла о финансировании науки. Однажды с целью экономии средств Ферми решил, что стандартные электрические вилки следует изготавливать в лабораторной мастерской: он провел два дня с механиком, стараясь найти удобный способ их изготовления, но после этого ему пришлось оставить свое предложение, как... неэкономичное!

Кстати, затраты на нейтронные исследования Ферми и сотрудников в Риме были удивительно мелкими. Кроме зарплаты физиков и ничтожной официальной дотации института на оборудование и материалы для всех нейтронных работ, была получена субсидия (около 1000 долларов) от Национального совета по исследованиям.

Участие Ферми в качестве исполнителя в экспериментальных работах было всегда непосредственным; он не только руководил, но и любил работать своими собственными руками. В частности, Ферми был неплохим стеклодувом. Непосредственное и повседневное участие Ферми в работе, руководимой им, было возможно только потому, что он упорно отказывался занимать административные должности. Немногие знают, что он никогда не был во главе лабораторий, в которых работал.

Ферми в лаборатории всегда сохранял неизменное спокойствие. Говорили, что в 1942 г., когда первый ядерный ре-

актор, построенный им, приближался к критическим условиям, Ферми прервал общее напряжение известной фразой: «Пойдем обедать». Почти за десять лет до этого случая, когда в Римском институте физики случайно, хотя и не без фермиевской интуиции, было обнаружено, что водородсодержащие вещества вызывают увеличение уровня активации при облучении нейтронами, Ферми охладил пыл своих сотрудников той же фразой: «Пойдем обедать». К концу обеда Ферми уже объяснил открытие (эффект Ферми) как явление замедления нейтронов и заметил: «Как глупо, что мы не предсказали этого раньше». Примерно через год основы той области физики, которая сегодня носит название «нейтронной», были так ясно сформулированы Ферми, что некоторые его статьи, в частности работы «Поглощение и диффузия медленных нейтронов» и «О движении нейтронов в средах, содержащих водород» сегодня, 30 лет спустя после опубликования, являются лучшим введением в этот раздел физики, одинаково интересующий как физиков, так и инженеров.

В период с 1934 по 1936 г. Ферми целиком посвятил себя нейтронным исследованиям. Вследствие этого в жизни Института физики, естественно, произошли заметные изменения. Ферми был вынужден прекратить свою неофициальную педагогическую деятельность с подающими надежды студентами. Крайняя занятость Ферми в экспериментальной работе привела к тому, что зарубежные физики почти перестали приезжать к нему учиться. Забегая вперед, отмечу, что в последние годы жизни Ферми вернулся к старому обычаю римского периода — к специальным занятиям с молодежью; сегодня его учениками считают себя Андерсон, Вольфенштейн, Гарвин, Гелл-Манн, Гольбергер, Ли, Маршал, Орир, Розенфельд, Штейнбергер, Уаттенберг, Чемберлен, Чу, Янг и многие другие.

В опытах, выполненных в Риме в 1934—1935 гг., бомбардировка урана нейтронами вызвала образование ряда радиоактивных элементов, среди которых, по мнению Ферми, был и элемент с атомным номером 93. Как стало ясно впоследствии, эти элементы в действительности оказались продуктами деления, и, хотя при бомбардировке урана образуются трансурановые элементы, сообщение Ферми об элементе 93 было неверно — единственная ошибка в течение его долгой и блестящей исследовательской деятельности. Это, надо отметить, не затормозило развития исследований, которые привели к открытию деления. Однако Ферми очень переживал опубликование работы по элементу 93, точнее, шумное обнародование (против его воли) результатов этой работы в газетах.

В Римском институте физики Ферми получил прозвище «папы», с которым обращались к нему все его сотрудники и

друзья не только в Риме, но и во всем мире. Прозвище это означало, что Ферми (в области физики) непогрешим так же, как считается непогрешимым в вопросах религии глава католической церкви — папа римский. Ферми, конечно, остался «папой» даже после случая с элементом 93.

Что же особенно выделяло Ферми среди других известных экспериментаторов? Его не отличало какое-либо особое искусство конструирования сложной аппаратуры и постановки «акробатических» экспериментов (впрочем, он быстро овладел и этим искусством, когда в том появилась необходимость). Конечно, Ферми был в высшей степени энергичным, работоспособным, терпеливым и упорным; но этими качествами обладали, вероятно, все великие естествоиспытатели. По-видимому, уникальная черта Ферми, ученого XX века, заключалась в объединении экспериментального подхода с теоретическим — черта, которая была свойственна великим физикам прошлого века. Он сам часто говорил, что разделение физики на теоретическую и экспериментальную — это вредная вещь. Именно благодаря этой его черте он всегда умел ставить самые существенные вопросы и затем быстро отвечать на них с помощью самых простых, но адекватных для решения поставленной задачи экспериментов.

«Аппаратурной эстетикой» он совершенно не увлекался. Единственное, что он требовал от своих экспериментальных установок, это то, чтобы они действовали так, как он наметил. В связи с этим мне вспоминается один эпизод. Однажды Разетти критиковал Ферми за то, что он изготовил некрасивую установку. «Но она работает», — заметил Ферми. Теперь уже рассерженный Разетти наступал: «Энрико, в экспериментальной работе ты способен на недостойные поступки. Посмотри на этот электрометр Эдельмана (Разетти имел в виду блестящий, хромированный, нарядный и прекрасный прибор, бывший в наших глазах символом технического совершенства); если бы ты считал, что для получения некоторых сведений его следует смазать «куриной кровью» (на нашем жаргоне мы так именовали широко использовавшуюся в лаборатории красноватую и неаппетитно выглядывшую мастику), ты бы сделал это. А я не способен на такой поступок даже если бы был уверен, что это даст мне Нобелевскую премию. Признайся, Энрико, что ты бы так сделал». И Ферми, который высоко ценил экспериментальный талант Разетти, спокойно ответил: «Конечно, я выкупал бы все наши электрометры в куриной крови, если бы это помогло узнать что-нибудь существенное».

ЖИЗНЬ ФЕРМИ В РИМЕ

Личная жизнь Ферми с того времени, когда он обосновался в Риме, протекала спокойно и благополучно в течение нескольких лет, примерно до 1936 г. Он женился в 1928 г. на синьорине Лауре Капон, ставшей впоследствии автором переведенной на русский язык популярной книги «Атомы у нас дома». Как мы увидим, это событие десять лет спустя стало главной причиной того, что Ферми вместе с семьей покинул родину. В 1929 г. Ферми был несколько неожиданно избран, по-видимому, благодаря сенатору Корбино, членом Королевской академии Италии. Это была новая академия, созданная Муссолини для увеличения престижа фашистского режима. Члены академии получали значительное вознаграждение. Избрание в академию заметно увеличило доходы Ферми, принесло звание «его превосходительства» и довольно смешной мундир. Полученная таким образом материальная обеспеченность позволила ему более устремленно сконцентрировать свои усилия на научной работе. Он категорически отказался не только от административных и руководящих должностей, которые, как правило, сопровождают избрание на такие посты: теперь для Ферми стало возможным постепенно оставить редакторскую работу в отделе физики Итальянской энциклопедии Треккани (эту должность он получил в 1928 г. благодаря сенатору Корбино в виде «компенсации» за то, что остался в Риме, отказавшись от почетного и выгодного предложения занять бывшую кафедру Шредингера в Цюрихе).

Ферми вел размеренную жизнь и почти никогда не изменял своим привычкам. Теоретической работой он занимался с половины шестого утра до половины восьмого. В институт, который находился в живописной местности, вблизи от центра, но все-таки достаточно далеко от всякого шума, он приезжал не позже девяти утра. Официальные университетские лекции он читал с утра. На обед и отдых (или теннис 3 раза в неделю) отводилось время с 13 до 15 часов. В воскресенье утром он просматривал периодическую литературу в инсти-

туте, разговаривал с Корбино и со своими сотрудниками обычно на научные темы. В воскресенье после обеда — прогулки с женой, сотрудниками и их женами. Во время рождественских каникул он ходил на лыжах. Лето проводил либо в Альпах на отдыхе, либо читая лекции за границей. Во время летнего пребывания за границей он обычно писал книгу или обзор, отражавшие содержание прочитанных лекций. Так родилась его знаменитая статья «Квантовая теория излучения» (лекции, прочитанные в 1930 г. в Мичиганском университете) и книга «Термодинамика» (лекции, прочитанные в Колумбийском университете в 1936 г.).

Так очень эффективно, хотя и спокойно и без спешки, проходило у Ферми время приблизительно до 1936 г. Как правильно заметил Сегре [5], «нейтронные исследования были проведены так быстро только потому, что они выполнялись маленькой группой, работающей в полной гармонии и без административных препятствий».

Общаясь с весьма узким кругом университетской интеллигенции, которому мир героического антифашистского итальянского рабочего класса был совершенно неизвестен, Ферми не проявлял интереса к политике. До 1936 г. фашистская диктатура не очень мешала исследовательской работе института. К тому же положение в Италии казалось много лучше, чем в Германии, что и подчеркивалось некоторыми физиками группы Ферми, работавшими временно в Германии и возвратившимися в Италию. Несмотря на свою аполитичность, во время пребывания в Риме в период фашистской диктатуры Ферми сохранил свою непоколебимую научную честность, находясь даже в совершенно развращенной фашистской Королевской академии Италии. В частности, в академии и в университетах он всегда боролся за признание научных достижений, а не заслуг перед фашистским государством, как критерия при выборе ученых на университетские кафедры и другие должности.

Положение лаборатории начало ухудшаться с того момента, когда Муссолини подготовил и начал агрессию против Абиссинии и продолжало ухудшаться после того, как фашистская Италия и нацистская Германия стали союзниками в позорной войне против испанского народа, и, наконец, после аннексии Австрии Германией. Фашистский режим, который вначале был орудием крупного итальянского монополистического капитала, стал невольной марионеткой более серьезного хозяина — агрессивного немецкого империализма.

Вместе с этим были и другие трудности, которые препятствовали нормальной работе Ферми в Физическом институте и привели его к решению покинуть родину: потеря некоторых сотрудников, которые уже не работали в Риме, кончина профессора Корбино и назначение на пост директора ин-

ститута, человека, который не питал никакой симпатии к исследованиям Ферми, и наконец, антисемитские фашистские законы, которые непосредственно его не касались, но могли угрожать его семье (жена Ферми была итальянкой еврейского происхождения, сам он был католиком).

Благоприятный случай представился в 1938 г. Ферми был награжден Нобелевской премией за исследовательские работы по свойствам нейтронов и вместе с семьей уехал из Стокгольма, куда он ездил за премией, в Нью-Йорк. Он покинул родину без шума; практически никому не было известно, что его поездка за границу безвозвратна. Некоторое время спустя (также без шума) он обратился к итальянским авторитетным лицам с просьбой передать его академическое жалование в помощь молодым ученым. (В Италию он приезжал на Международный конгресс физиков десять лет спустя, уже после войны; его приняли триумфально).

Впоследствии Ферми собственным примером внес значительный вклад в то, чтобы рассеять весьма распространенное в капиталистических странах мнение о том, что «итальянец» и «фашист» — синонимы. И не случайно, что сегодня в Италии именно неофашистская печать не считает для себя позоров оскорблять память человека, которым весь итальянский народ вправе гордиться, как одним из своих лучших сынов.

АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

В Нью-Йорке, в физическом отделении Колумбийского университета, который наряду с другими высшими учебными заведениями США предложил Ферми постоянную должность, он работал и ранее, до награждения Нобелевской премией; там у него были хорошие друзья. Поэтому он принял должность профессора физики Колумбийского университета и с семьей поселился в Нью-Йорке.

Там он создал (1939 г.) количественную теорию ионизационных потерь энергии заряженными частицами, учитывающую поляризацию вещества, через которое эти частицы проходят. Из этой теории, которая впоследствии подтвердилась опытом и теперь стала классической, следует, что тормозная способность веществ зависит от степени их конденсации (фермиевский эффект плотности).

Возобновление экспериментальной деятельности Ферми в США определилось тем, что сразу после открытия Ганом и Штрассманом деления урана нейтронами он понял, какие революционные возможности могли вытекать из этого явления. В Пьюпиновской лаборатории некоторые физики как раз интересовались проблемой урана. Один из них, Г. Андерсон, по характеру, складу ума и научным склонностям очень напоминал Амальди, идеального помощника Ферми в его экспериментальной работе. К тому же лаборатория имела хороший циклотрон. Итак, Ферми с Андерсоном образовали ядро небольшого коллектива, из которого затем выросло огромное научно-техническое учреждение — так называемая Металлургическая лаборатория в Чикаго. Ферми со своей склонностью все делать самому и римским опытом работы с микроскопическим коллективом, конечно, не предвидел такого превращения.

Независимо от группы экспериментаторов, работавших под руководством Жолио-Кюри, Ферми скоро экспериментально доказал, что при делении урана испускается несколько нейтронов — а это говорило о возможности цепной реакции.

С этого времени (1939 г.) вся деятельность Ферми на несколько лет была посвящена проблеме овладения атомной энергией: добился он этого в декабре 1942 г. в Чикаго. Ферми назвал первый ядерный реактор «pila», что по-итальянски означает нечто сложенное из многих одинаковых слоев, подобно тому, как вольты столб, первый источник постоянного тока по-итальянски называется «pila» Вольты. Ясно, что «pila» Ферми имеет не меньшее историческое значение, чем «pila» Вольты.

После создания первого реактора во время второй мировой войны Ферми продолжал свои исследования в области мирного и военного применения атомной энергии в Чикаго, а с 1944 г. — в Лос-Аламосе, при этом заметим, он не был ни директором Чикагской металлургической лаборатории (возглавлявшейся С. Аллисоном), ни Лос-Аламосской научной лаборатории (руководившейся знаменитым физиком Р. Оппенгеймером). Вот рассказ Сегре [5] о деятельности Ферми в Лос-Аламосе.

«У Ферми не было никакой специфической научной обязанности, ни административной ответственности; правда, он состоял членом Руководящего совета лаборатории, с которым директор консультировался по всем важным вопросам, но по существу в лаборатории он был кем-то вроде «оракула», работа которого заключалась в решении проблем, находящихся выше обычных способностей коллектива (и какого коллектива). Дж. фон Нейман, который был там консультантом, был также «оракулом». В Лос-Аламосе Ферми прямо интересовался только кипящим котлом (гомогенным реактором); но вообще, повторяю, он участвовал в работах по всем новым или необычным проблемам. Помню, я присутствовал в его кабинете на обсуждениях гидродинамических проблем вместе с фон Нейманом. Обсуждения приняли странную форму соревнования перед черной доской: кто первый решит проблему. Фон Нейман, пользуясь своим непостижимо быстрым аналитическим искусством, обычно выигрывал. Иногда такие обсуждения прерывались неожиданными событиями. Например, во время одной из этих гидродинамических дискуссий я был свидетелем прихода одного эксперта по электронике, который находился перед новой и очень трудной проблемой в создании нужной электронной схемы. В течение 20 минут Ферми придумал схему, которая могла решить проблему; однако никто не знал, существует ли лампа с необходимыми особыми характеристиками. Консультация со справочником обнаружила, что требуемая лампа имеется; соответствующий прибор был скоро создан и удовлетворительно работал».

Ферми работал над созданием атомной бомбы и принимал участие в испытании ее первого образца. Ряд дальновидных

ученых США во главе с Лео Сцилардом и лауреатом Нобелевской премии Дж. Франком обратились к правительству США с настоятельной просьбой не использовать это ужасное оружие в военных операциях, но, к сожалению, трое видных ученых, входивших в состав правительственного совета по ядерным делам, Лоуренс, Оппенгеймер и Ферми, рекомендовали использование атомной бомбы в войне против Японии. Это факт, но, конечно, не им была определена трагическая судьба Хиросимы; все было предрешиено военными кругами США.

Теперь хорошо известно, что при использовании атомной бомбы в конце мировой войны правительство США никак не руководствовалось требованиями военной ситуации: ужас Хиросимы нужен был ему как первый акт атомной дипломатии.

Конец войны застал Ферми в Лос-Аламосе.

Здесь невозможно дать хотя бы отдаленное представление о той колоссальной работе, которую выполнил Ферми в области атомной энергии. Большинство работ этого периода (1939—1945 гг.) были засекречены и впервые появились в печати в недавно вышедшем за рубежом издании сочинений Ферми. В СССР собрание сочинений Э. Ферми уже подготовлено к печати и будет издано в серии «Классики науки». Вошедшие в него работы Ферми данного периода достаточно подробно описывают огромную исследовательскую работу, представляющую большой интерес для истории науки и технологии да и для истории вообще.

Работы, выполненные Ферми совместно с Андерсоном, по замедлению и диффузии нейтронов в графите являются примером экспериментального и теоретического мастерства. Многие научные термины, принятые в этой области, носят имя Ферми: нейтронный «возраст» по Ферми, фермиевская тепловая колонка и т. д. Здесь же следует напомнить о методе Ферми определения критических размеров реагирующей среды в опытах, выполненных при относительно маленьком количестве урансодержащего вещества (экспоненциальный опыт Ферми). Опыт, описание которого можно найти во всех книгах, посвященных ядерным реакторам, так прост, что сегодня трудно представить себе иной подход к рассматриваемому вопросу. Кстати, многие из фермиевских результатов по исследованию реакторов, и вообще в развитии «нейтроники», отражены в великолепных «Лекциях по нейтронной физике», прочитанных для молодых ученых Лос-Аламосской лаборатории. Как видно, от преподавательской деятельности Ферми не отказался даже в период крайне напряженной экспериментальной работы.

ПОСЛЕДНИЙ ПЕРИОД НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

После войны Ферми принял должность профессора физики Чикагского университета (1946 г.) и стал одновременно сотрудником только что созданного Института ядерных проблем (теперь носящего его имя). Он отказался от поста директора института и директором стал его старый друг С. Аллисон. Теперь институт возглавляет его ученик Андерсон.

Используя построенный им реактор на тяжелой воде в качестве источника нейтронов, Ферми открыл новую главу в области ядерной физики — нейтронную оптику.

Создатель ядерной науки Резерфорд сказал, что ученики не позволяют ему стареть. Это утверждение верно для большинства ученых, достойных звания наставника. Что же касается Ферми, то до конца своей жизни он был моложе духом любого своего ученика или сотрудника. И до конца своих дней Ферми оставался студентом, всегда полным страстного желания получить новые знания.

В возрасте около 50 лет Ферми, имевший в своем распоряжении ряд реакторов для фундаментальных исследований в крайне интересной, им же созданной области, решает полностью изменить направление своей деятельности и посвящает себя исследованиям частиц высоких энергий. В частности, его привлекает одна из центральных проблем современной физики — проблема мезон-нуклонного взаимодействия. Его исследования (1953 г.) рассеяния положительных и отрицательных π -мезонов протонами открыли еще одну новую главу экспериментальной и теоретической физики.

В работах по рассеянию π -мезонов на водороде особенно ярко выступает личность Ферми как выдающегося теоретика и экспериментатора. В этих работах он участвовал не только как руководитель, но и как непосредственный исполнитель, это видно хотя бы из того, что он разработал, например, конструкцию внутренней мишени синхроциклотрона, управляемой дистанционно.

В работах по π -мезонам, как и в других работах, неизгла-

димый след идей и личности Ферми оставался не только в содержании его исследований, но также и в особых методических подходах, в новых научных выражениях, и даже в крайне удачных обозначениях. Между прочим, Ферми был того мнения, что вопрос о простоте обозначений имеет первостепенное значение в теоретической физике.

Невозможно получить представление обо всем объеме его теоретической деятельности по опубликованным статьям: для публикации он отобрал лишь незначительную часть своих работ. Вот почему нет ни одной невыдающейся теоретической работы зрелого Ферми. Результаты неопубликованных работ, однако, Ферми записал в краткой форме и сохранил в многочисленных тетрадках, составлявших, как он сам сказал, его искусственную память.

Из теоретических статей Ферми в области высоких энергий особое место занимают две, касающиеся так называемого фермиевского механизма ускорения первичных космических лучей и теории множественного образования мезонов. Обе основаны на идеях, столь же простых, как и поразительных.

В основе объяснения (1949 г.) механизма ускорения первичных частиц в космических лучах лежит следующее рассуждение, основанное на принципе равномерного распределения энергии. Рассмотрим соударения микрочастиц с движущимися макроскопическими телами. Хотя в отдельном столкновении частицы могут потерять или увеличить свою энергию, в конечном счете имеется тенденция к статистическому равновесию, а это означает, что частицы при соударениях с макроскопическими телами в среднем ускоряются. Согласно теории Ферми заряженные частицы отклоняются магнитными полями, связанными с межзвездным проводящим газом, и в конце концов стремятся приобрести энергию, равную энергии движущегося газа в целом. Эта работа имеет большое значение не только для физики космических лучей; в ней содержатся основополагающие идеи и подходы к таким областям, как физика плазмы, космофизика и астрофизика.

Это не единственная работа Ферми, имеющая астрофизическое значение; давным-давно он тянулся к астрофизике, но только в последние годы своей жизни ему удалось достичь вершины и в этой области науки.

В теории множественного образования частиц (1950 г.) процесс соударения при очень высоких энергиях рассматривается при помощи статистических и даже термодинамических методов. До сих пор фермиевские идеи остаются основополагающими в области физики сверхвысоких энергий.

Такое поразительное долголетие идей Ферми объясняется тем, что он обладал исключительной физической интуицией. Ферми всегда находил наиболее простые подходы к решению самых сложных практических задач. Что же касается иссле-

дований фундаментального характера, то избранные Ферми большие проблемы становились всегда простыми, хотя эта простота, конечно, появлялась только после того, как он их блестяще разрешал.

Можно привести много примеров замечательной интуиции Ферми. Не проявлением ли интуиции был вопрос, который на одном из семинаров он задал Марии Гепперт-Майер? Она поблагодарила его за этот вопрос в своей знаменитой работе о модели ядерных оболочек, за которую много лет спустя была удостоена Нобелевской премии, следующими словами: «Я признательна Энрико Ферми за его замечание в виде вопроса, имеется ли хоть какое-либо указание, свидетельствующее в пользу спин-орбитальной связи, которое и породило настоящую работу».

Еще одно далеко идущее замечание сделал Ферми, когда М. Гелл-Манн в начале 50-х годов предложил ввести «странность» элементарных частиц. В схеме Гелл-Манна было необходимо, чтобы K^0 -мезон отличался от \bar{K}^0 -мезона, причем распады обеих этих частиц считались в то время тождественными. И вот Ферми спросил Гелл-Манна: «Как вы можете представить себе K^0 и \bar{K}^0 различными, если они распадаются неразличимым образом?» Как теперь ясно, в этих словах скрыта глубокая догадка о дуальных свойствах нейтральных каонов и вообще о том круге физических проблем, относящихся к свойствам нейтральных каонов, который вскоре вырос в самую волнующую главу физики элементарных частиц.

Я хотел также рассказать об одной привычке Ферми, которая была известна только тем, кто хорошо знал его. Хотя Ферми никогда не боялся трудностей (в частности, математических) в своей работе, все-таки он не любил их подчеркивать при изложении результатов. Таким образом, в лекциях или беседах Ферми всегда можно было видеть отчетливое стремление обойти трудности. Эта черта его характера иногда приводила к довольно любопытным эпизодам. Это происходило чаще всего тогда, когда Ферми, убедившись в правильности некоторого нового результата (конечно, доказанного им со всей научной строгостью), намеренно излагал его с помощью только простых и интуитивных аргументов. И если кто-нибудь пробовал оспаривать результат как нестрогий или искал более строгое решение, это доставляло ему большое удовольствие: он или вовсе молчал, улыбаясь, или с удовольствием лукаво произносил: «Несчастенькие!» Читатель может показаться, что это похоже на «демагогию». Конечно, дело не в демагогии: всем этим Ферми призывал к поискам самого дорогого для него — простого пути к истине.

Мне хотелось бы здесь отметить также полное отсутствие у Ферми научного догматизма. Это редчайшее явление для

таких одаренных физиков, каким был Ферми, с такой огромной эрудицией и удивительной способностью использовать «незыблемые» законы и основы науки. Кстати, мне кажется, что как раз одна из самых характерных черт Ферми — это его требование «золотой середины» или, если хотите, необходимости борьбы на два фронта в науке: крайне важны основные принципы, но вредна предвзятость; да здравствует новое, но пусть новое узаконивается только тогда, когда старое оказалось негодным; физика движется вперед благодаря открытиям, но не только благодаря открытиям; очень хорошо, если физiku удастся открыть новое явление или предсказать неожиданную закономерность, но физика не делается охотой за открытиями; оригинальность и научная фантазия хороши только в сочетании с глубоким знанием.

Ферми приехал в Италию в 1949 г. на Физический конгресс (первую значительную международную конференцию после войны), состоявшийся в Комо, городе Александра Вольты. В Комо можно было убедиться, с какой теплотой относились к нему не только зарубежные и итальянские физики, но и местные жители. В Италии он провел всю осень 1949 г. и прочел тогда те самые лекции, которые впоследствии были изданы в виде книги «Лекции по атомной физике». Уже один взгляд на оглавление этой полупопулярной книги дает представление о широте интересов Ферми в то время: от физики элементарных частиц до нейтронной оптики, от дираковского монополя до космологии, от квантовой электродинамики до ядерной археологии.

И другие лекции, связанные с его преподавательской деятельностью в Чикагском университете или с участием в летних школах, как правило, завершались изданием книги. К изданию книги «Лекции по пионам и нуклонам» привела и его последняя состоявшаяся за несколько месяцев до смерти поездка в Италию, где он читал свои великолепные лекции на эту тему в летней школе (теперь ежегодная школа по физике имени Энрико Ферми) в Варенне, на озере Комо.

По возвращении в Чикаго стало ясно, что он неизлечимо болен. В воспоминаниях Янга содержится волнующий рассказ о прощании Янга и Гелл-Манна со своим учителем в больнице, где Ферми лежал, вполне сознавая безнадежность своего положения. Он был слишком рационалистичен, чтобы тешить себя иллюзиями, но работал до конца своей жизни с олимпийским спокойствием. Он скончался 28 ноября 1954 г.

Серге [5] рассказывает, что в последние годы он заметил у Ферми ярко выраженное желание избегать даже малейшей потери времени, как будто он предчувствовал, что времени у него осталось слишком мало. Ферми действовал так, как будто судьба определила ему задание, поставила цель, которую он должен обязательно достичь. Когда в 1946 г. Ферми

оценивал, что им уже было сделано и что остается сделать, он сказал Сегре: «Одна треть». И этим он хотел сказать, что он дал науке «только» $\frac{1}{3}$ того, что он, глядя в будущее, собирался создать за время своей жизни.

Трудно представить, сколько успел бы Ферми еще сделать в науке, если бы он прожил еще 15—20 лет. Судя по тому, как фактически развивалась после смерти Ферми физика элементарных частиц и астрофизика, на которых были главным образом сфокусированы его интересы в последний период его жизни, позволительно считать, что он мог бы внести еще огромный вклад в науку. Я хотел бы проиллюстрировать эту точку зрения на примере.

После работы учеников Ферми, теперь лауреатов Нобелевской премии Ли и Янга о несохранении четности в слабых взаимодействиях (1956 г.), Ландау, Саламом и другими была сразу предложена теория так называемого продольного нейтрино. Вполне допустимо, что Ферми не осознал бы первым уникальные новые свойства нейтрино, но после опубликования теории продольного нейтрино, он наверняка создал бы универсальную теорию слабых взаимодействий, которая была предложена в 1957 г. лауреатами Нобелевской премии Р. Фейнманом и одним из учеников Ферми М. Гелл-Манном. Ведь фермиевская теория бета-распада (1933 г.) содержала все предположки универсальной теории; к тому же никто лучше Ферми не мог разгадать ошибочность некоторых экспериментальных результатов, которые как раз препятствовали созданию этой теории, сегодня по праву называемой теорией универсального взаимодействия Ферми. Но Ферми не смог дожить до того времени, когда его теория фактически стала последним словом в науке о слабых взаимодействиях.

Ряд других работ Ферми приобрели особенную важность спустя несколько лет после его кончины. Среди них здесь хотелось упомянуть первую работу о составных моделях элементарных частиц, которая дала начало новому направлению, вылившемуся 15 лет спустя в современную теорию о так называемых «кварках».

Досадно также, что Ферми, обнаруживший в 1953 г. первый случай так называемых адронных резонансов, не смог увидеть продолжающегося до сих пор триумфального развития этого направления и появления в таблицах элементарных частиц сотен резонансов.

Еще одним примером проявления научной проницательности Ферми является его работа по теории, которая сегодня известна под названием теории «горячей Вселенной». Если судить по живому интересу, с которым Ферми следил за этой теорией, то можно утверждать, что он быстро и творчески реагировал бы на астрофизическую сенсацию 1965 г.: сообщение о наблюдении Пенсиасом и Вильсоном изотропного

космического электромагнитного излучения со спектром, соответствующим излучению черного тела при температуре около 3°K (реликтовое излучение).

Для большинства образованных людей имя Ферми связано с созданием первого уранового реактора, что послужило решающим шагом в новый, атомный век.

Для профессиональных физиков имя Ферми связано с блестящими успехами современной физики, всей физики почти полувекового периода. И действительно, спустя 15 лет после кончины Ферми, не найдешь ни одного выпуска физического журнала, будь это ЖЭТФ, «Ядерная физика», «Physical Review» или какой-либо другой журнал, в котором бы несколько раз не упоминалось его имя. Награждение Нобелевской премией считается признаком достижения вершин в науке. Невольно спрашиваешь, если бы исследования Ферми публиковались различными авторами, скольких Нобелевских премий они могли быть удостоены? Мне кажется, что не менее шести, а именно: за статистику, теорию бета-распада, исследования по свойствам нейтронов, совокупность теоретических работ о структуре атомов и молекул, создание первого атомного реактора, работы по физике высоких энергий.

Те, кому посчастливилось учиться у Ферми и работать под его руководством, будут всегда помнить о нем, как о непогрешимом «папе» физиков, уникаме XX века.

Не удивительно, что советские ученые, как и ученые всего мира, так остро восприняли неожиданную кончину великого физика, находившегося еще в расцвете творческих сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Персико. *Scientia*, 90, 316, 1955.
2. Э. Персико. *Scientific American*, 207, 181, 1962.
3. Л. Ферми. Атомы у нас дома. М. Изд-во иностр. лит., 1958.
4. Ф. Разетти. *Science*, 1921, 449.
5. Э. Сегре. Библиографическое введение к книге: Собрание научных работ Энрико Ферми, том I, ст. XVIII, The University of Chicago Press, 1961.
6. Б. Понтекорво. Энрико Ферми (1901—1954) (к годовщине смерти. — УФН, т. 57, 1955, вып. 3, 349—359.

УВАЖАЕМЫЕ ТОВАРИЩИ!

С первого сентября начинается подписка на серию подписных научно-популярных брошюр «Физика». В 1972 году подписчики серии получают, как всегда, 12 номеров, в том числе:

Брандт Н. Б., доктор физико-математических наук. ГЛУБОКОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ И МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ.

Владимирский В. В., член-корреспондент АН СССР. СЕРПУХОВСКОЙ УСКОРИТЕЛЬ НА 70 БЭВ.

Гуревич Л. Э., доктор физико-математических наук. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ЭЙНШТЕЙНА.

Дремин И. М., доктор физико-математических наук. ФИЗИКИ О ФИЗИКЕ (сборник).

Кожушнер М. А., доктор физико-математических наук. ЭКСИТРОНЫ — КВАЗИ-ЧАСТИЦЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ.

Петросьянц А. М., председатель Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР. АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ В НОВОМ ПЯТИЛЕТНЕМ ПЛАНЕ.

Подписка на серию принимается во всех отделениях связи, а также общественными распространителями печати. Ищите наши брошюры в каталоге «Союзпечати» в разделе «Научно-популярные журналы» под рубрикой «Брошюры издательства «Знание». Годовая стоимость подписки на серию — 1 руб. 08 коп., стоимость подписки на полгода — 54 коп. Индекс 70102.

Издательство «Знание»