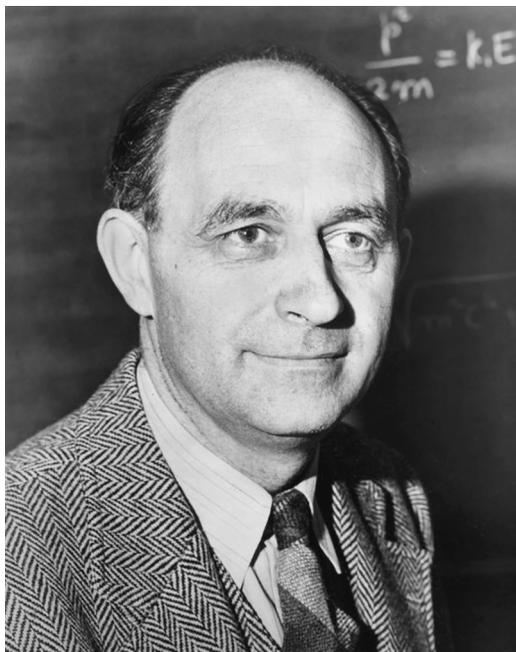


Энрико Ферми

“Среди современных нам ученых великий итальянский физик Э. Ферми занимает особое место. В наше время, когда узкая специализация в научных исследованиях стала обычным явлением, трудно указать столь универсального физика, каким был Э. Ферми. Он внес большой вклад в развитие теоретической, экспериментальной и даже технической физики” – так писал академик Б.М. Понтекорво, ученик Э. Ферми.

Энрико Ферми (Enrico Fermi) родился 29 сентября 1901 г. в Риме. Он был



Э. Ферми. 1940-е гг.

младшим из трех детей железнодорожного служащего Альберто Ферми и Иды де Гаттис, учительницы. Несмотря на то что в семье и среди окружающих никто не побуждал его к занятиям наукой, Энрико еще мальчиком проявляет исключительный интерес к математике и физике. Выдающиеся познания в точных науках Э. Ферми приобрел в основном самообразованием. В 1918 г. Энрико поступает одновременно в Высшую нормальную школу и на физико-математический факультет Пизанского университета. Для поступления в Высшую школу нужно было выдержать очень трудный вступительный экзамен. Ученик Нормальной школы автоматически становился студентом университета, обучение таких студентов в университете было бесплатным.

Будучи студентом, Энрико стремился познать новые отрасли физики, касающиеся строения материи, теории относительности и квантовой теории. Но эти разделы не были известны в Италии, по ним не читались университетские курсы. Он вспоминал позднее: *“Когда я поступил в университет, классическую физику и теорию относительности я знал так же, как и теперь”*. В университете профессора не смогли дать ему ничего нового, уже в то время Ферми разбирался в проблемах физики лучше своих учителей. Ферми много работает в лаборатории университета, пишет несколько теоретических статей по классической и статистической механике, теории относительности. В 1922 г. он с отличием защищает диплом по оптике рентгеновских лучей.

В том же году и с такой же оценкой Ферми получил диплом об окончании Высшей нормальной школы.

После окончания университета Ферми на короткое время едет в Германию и Голландию, поскольку в Италии он не нашел специалистов по физике высокого уровня. Нидерландский физик-теоретик П. Эренфест высоко оценил дар Ферми как крупного физика. Моральная поддержка П. Эренфеста имела в жизни Ферми большее значение, чем его встречи за границей с блестящими молодыми физиками-теоретиками В. Паули и В. Гейзенбергом.

Вернувшись в Рим, итальянское правительство назначает Ферми стипендию, и по направлению Министерства образования он отправляется для дальнейшего изучения современной физики в Германию, к Макс Борну, возглавлявшему в то время отделение теоретической физики Гёттингенского университета им. Георга-Августа. В Гёттингене он самостоятельно выполнил ряд исследований по теоретической физике. В конце 1924 г. Ферми обучается в Лейдене (Голландия) у П. Эренфеста, под его влиянием у Ферми появляются черты серьезного исследователя. С января 1925 г. до осени 1926 г. Ферми работает временным профессором университета во Флоренции, читает лекции по теоретической механике и математической физике. В эти годы в своих исследованиях он затрагивает проблемы общей теории относительности, квантовой теории и теории электронов в твердом теле. В 1926 г. он создал новую разновидность статистической механики, которая успешно описывала поведение электронов, а позднее была применена к протонам и нейтронам. Статистика Ферми позволила лучше понять электропроводность металлов и привела к построению более эффективной модели атома. Атомная физика тесно связана с другими областями физики, что подтверждают многие термины, вошедшие в научную литературу, напри-



*Профессор Университета Флоренции
Э. Ферми. 1926 г.*

мер газ Ферми, фермион, модель ядра по Ферми, модель атома Томаса – Ферми, фермиевские моменты нуклонов в ядре. В университете Флоренции его назначают на должность свободного доцента, он пишет блестящую книгу “Введение в атомную физику”, которая позднее стала основным учебником по теоретической физике для студентов университетов.

Когда в Римском университете в 1927 г. была учреждена первая кафедра теоретической физики, Ферми, успевший обрести международный авторитет, был избран ее главой и в должности профессора преподавал в столичном университете до 1938 г. В 1928 г., когда ему было всего 27 лет, он был избран членом Королевской академии Италии. В 1929 г. Ферми избрали членом-корреспондентом Академии наук СССР, впоследствии он стал членом многих академий мира. Ферми основал первую в Италии школу современной физики. В исследовательский коллектив вошли сотрудники университета и его наиболее способные



Э. Ферми. Рим. Начало 1930-х гг.

ученики. Вскоре вокруг него сформировалось ядро школы физиков-ядерщиков – Э. Амальди, Дж. Бернардини, Дж. Вик, Э. Майорана, Дж. Оккиалини, Б. Понтекорво, Дж. Рака, Ф. Разетти, Б. Росси, Э. Сегре, и вскоре в международных научных кругах ее стали называть группой Ферми. Они принимали участие в семинарах Римского института физики. По утверждению Б.М. Понтекорво, «Ферми был прирожденным учителем, его лекции в университете по квантовой механике, атомной физике, математической физике, термодинамике и его любимый курс по геофизике отличались большой ясностью и строгостью изложения, что, однако, не было результатом особой подготовки к лекциям (Ферми почти никогда не готовился к ним), но объяснялось глубокими знаниями и исключительной ясностью ума учителя. В конечном счете, качество лекций являлось отражением его самостоятельной работы, проводимой еще школьником, когда он пытался осознать и понять различные

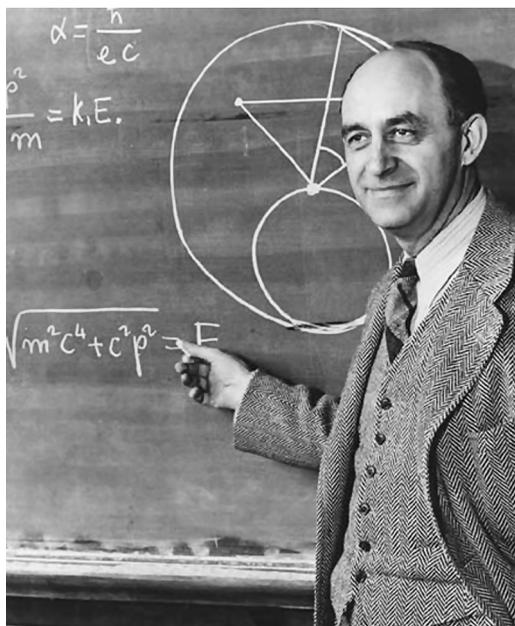
явления природы. Собственным примером он учил их страстно любить физику, равно как и понимать дух и этику науки. Ферми упорно подчеркивал исключительную моральную ответственность ученого при опубликовании научной работы... В физике, по мнению Ферми, нет места для путаных мыслей, а физическая сущность любого, действительно понимаемого вопроса может быть объяснена без помощи сложных формул. Правильность такого мнения иллюстрировалась замечательной способностью Ферми быть понятным слушателям самого различного уровня. 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, теорий потенциала, относительности, распространения тепла, диффузии и упругости... Пленительная ясность мыслей, характерная для лекций Ферми, выделяет также все его книги (Ферми написал их семь) и статьи... двухтомный «Курс элементарной физики» для средних школ и великолепное «Введение в атомную физику», служащее в качестве учебника теоретической физики в Римском университете».

Теоретическая деятельность Ферми в 1926–1933 гг. шла по трем главным направлениям. Первое – квантовая механика, он успешно объяснял и пропагандировал ее в научных кругах. Второе направление было связано со статической механикой. Третье – изучение структуры атомов и молекул. Свои исследования в данной области он изложил в книге «Молекулы и кристаллы». В 1929–1930 гг. Ферми внес принципиальный вклад в становление квантовой электродинамики, он подготовил канонические правила квантования электромагнитного поля, отличные от подхода Гейзенберга – Паули.

Вот как оценил научный подход Ферми американский астрофизик, Нобелевский лауреат Х. Бете: *“Метод работы Ферми над теоретическими проблемами больше всего поражал меня своей простотой. Он мог проникнуть в существо любой задачи, какой бы сложной она ни казалась. Он срывал с нее покров математических усложнений и ненужного формализма. С помощью такого метода он мог, часто не более чем за полчаса, решить весьма сложную физическую задачу. Он был мастером получения важных результатов минимальными усилиями и простейшим математическим аппаратом”*.

В начале 1930-х гг. Ферми перенес свое внимание с внешних электронов атома на атомное ядро. В 1933 г. он предложил теорию бета-распада, с ее помощью удалось объяснить, каким образом ядро спонтанно испускает электроны и роль частиц нейтрино, лишенных электрического заряда и не поддававшихся тогда экспериментальному обнаружению. Существование таких частиц было постулировано Паули, а название придумал Ферми (нейтрино экспериментально обнаружено в 1956 г.). Теория бета-распада Ферми затрагивала новый тип сил, названных слабым взаимодействием. Статья Ферми о бета-распаде была отвергнута из-за своей новизны английским журналом “Нэйчер” (Природа), но опубликована в итальянском и немецком журналах.

После 1933 г. Ферми перенес свое внимание на атомную физику. Это случилось после открытия И. и Ф. Жолио-Кюри искусственной радиоактивности. Ферми пришел к выводу, что нейтроны должны быть наиболее эффективным орудием для получения радиоактивных элементов. В 1934 г. Ферми опубликовал свою теорию сильных и слабых взаимодействий элементарных частиц. С этого времени он проводит эксперименты по бомбардировке нейтронами элементов периодической таблицы в надежде синтезировать но-



Э. Ферми читает лекцию. 1930-е гг.

вые радиоактивные изотопы. Первого успеха удалось достичь при бомбардировке фтора. 22 октября 1934 г., поместив между источником нейтронов и активируемым серебряным цилиндром парафиновый клин, Ферми заметил, что клин не уменьшает активность нейтронов, а несколько увеличивает ее. Проведя опыт сначала с парафином, потом с водой, Ферми констатировал увеличение активности медленных нейтронов в сотни раз. Результаты опытов Ферми опубликовал в статьях “О возможном нахождении элемента с атомным номером выше 92” и “Искусственная радиоактивность, создаваемая нейтронной бомбардировкой”. В опытах, выполненных в Риме в 1934–1935 гг., Ферми и его группа получили сотни новых радиоактивных изотопов. В эксперименте с ураном образовалась смесь изотопов, вскоре ошибочно объявили о синтезе 93-го элемента. Как оказалось впоследствии, в действительности это были продукты деления урана. Деление урана было от-



Вручение Нобелевской премии Э. Ферми. Стокгольм. 1939 г.

крыто в 1938 г. О. Ганом, Л. Майтнер и Ф. Штрассманом.

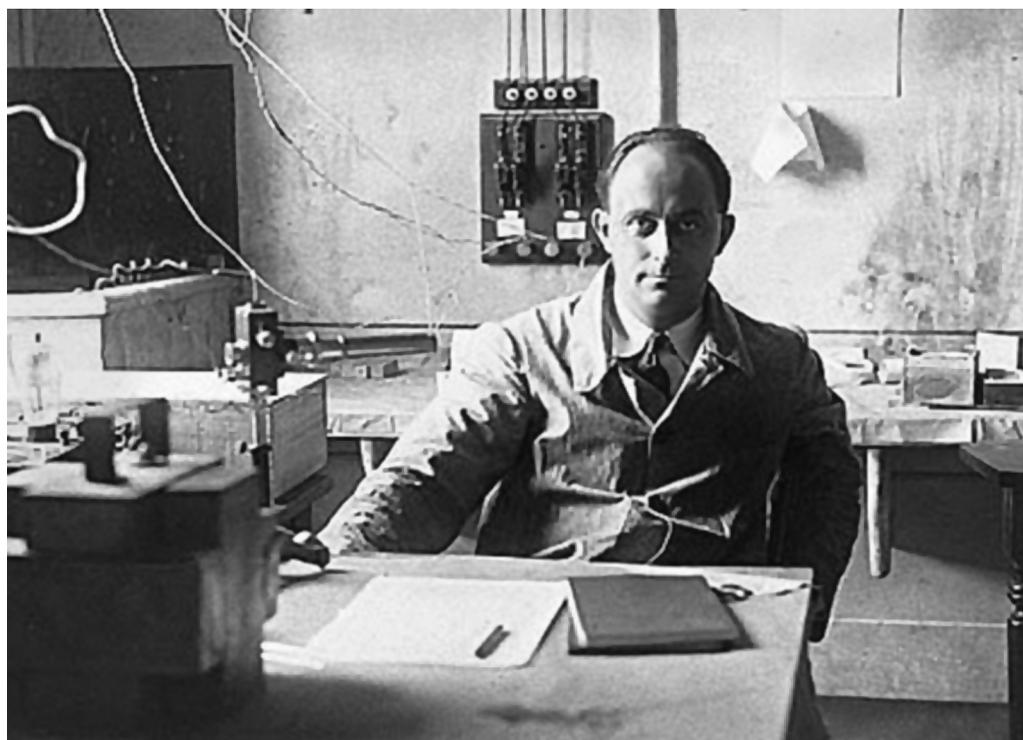
Работу группы Ферми очень высоко оценили в научном мире. Эти исследования привели к рождению новой области знаний – нейтронной физики. Открытие эффекта замедления нейтронов (эффект Ферми), по словам Б. Понтекорво, заложило основы *“ядерной физики, а также новой области техники, как мы говорим сегодня – атомной техники”*.

Еще в 1928 г. Ферми вступил в брак с Лаурой Капон, принадлежавшей к известной в Риме еврейской семье. У супругов Ферми родились сын и дочь. После принятия итальянским правительством в сентябре 1938 г. антисемитских гражданских законов Ферми и его жена решили эмигрировать. В декабре 1938 г. он был награжден Нобелевской премией по физике “за доказательства существования новых радиоактивных элементов, синтезированных при облучении нейтронами, и связанное с этим открытие ядерных

реакций, вызываемых медленными нейтронами”. *“Наряду с выдающимися открытиями Ферми всеобщее признание получили его искусство экспериментатора, поразительная изобретательность и интуиция... позволившая пролить новый свет на структуру ядра и открыть новые горизонты для будущего развития атомных исследований”*, – заявил, представляя лауреата, Х. Плейель из Шведской королевской академии наук. После вручения премии, в начале 1939 г., Ферми с семьей поехал из Стокгольма в Нью-Йорк. В США сразу пять университетов предложили ему должность профессора физики. Выбрав Колумбийский университет в Нью-Йорке, Ферми читал там лекции до июля 1942 г.

В январе 1939 г. в США из Копенгагена прибыл Нильс Бор, чтобы провести несколько месяцев в Институте фундаментальных исследований в Принстоне. Он сообщил об открытии расщепления урана при бомбардировке его нейтронами. Многие физики начали обсуждать возможность цепной реакции; если бы удалось ею управлять, уран стал бы взрывчатым веществом неслыханной силы. Тогда же Ферми высказывает мысль, что при делении урана следует ожидать испускания быстрых нейтронов и если число вылетевших нейтронов станет больше, чем число поглощенных, то путь к цепной реакции будет открыт.

В конце 1939 г. на переговорах с Управлением военно-морского флота Ферми упомянул о возможности создания атомного оружия на основе цепной реакции с мощным выделением энергии. Управление финансировало его для продолжения исследований. Ферми и Э. Сегре сделали вывод, что плутоний можно использовать в качестве “взрывчатки” для атомной бомбы. Хотя плутоний (Pu), элемент с порядковым номером 94, еще не был известен, оба ученых были убеждены в том, что элемент ^{239}Pu должен расщепляться и может быть синтезирован в урановом



Э. Ферми в лаборатории во время строительства ядерного реактора в Чикаго. 1942 г.

реакторе при захвате нейтрона ураном-238. После открытия искусственной радиоактивности в лабораториях развернулись исследования, чтобы получить новые изотопы.

К весне 1941 г. Ферми разработал теорию цепной реакции в уран-графитовой системе, он планирует осуществить ряд экспериментов по делению урана. Летом была реализована серия экспериментов по измерению потока нейтронов. Совместно с Ф.В. Андерсоном он выполнил около 30 опытов по замедлению и диффузии нейтронов в графите, в июне 1942 г. коэффициент размножения нейтронов достиг значения больше единицы. Это означало, что цепная реакция в достаточно большой решетке из урана и графита и выбор конструкции реактора возможны. Тогда же в США начали реализовывать Манхэттенский проект по

созданию атомной бомбы. Ферми назначили одним из его руководителей. Он придумал метод определения критических размеров котла и конструкцию ядерного реактора. Боясь, что атмосферный азот будет хорошо поглощать нейтроны, Ферми настоял на том, чтобы все огромное устройство было помещено в гигантскую палатку из материи для оболочек аэростатов. Так появилась возможность поддерживать соответствующий состав атмосферы, окружающей реактор. С октября по декабрь 1942 г. реактор строился на площадке для игры в сквош под трибунами университетского футбольного стадиона Стэгг-Филд в Чикаго. Воздвигаемый реактор был сложен из брусков графита (чистого углерода), чтобы замедлять нейтроны и сдерживать скорость протекания цепной реакции. Уран и оксид урана размещались меж-



Э. Ферми – один из руководителей Национальной лаборатории в Лос-Аламосе. 1945 г.

ду графитовыми брусками. 2 декабря 1942 г. сотрудники лаборатории медленно выдвинули кадмиевые регулирующие стержни, поглощающие нейтроны, и запустили цепную реакцию. *“Было ясно, – писал впоследствии английский физик, лауреат Нобелевской премии Дж. Кокрофт, – что Ферми открыл дверь в атомный век”*. Ферми назвал первый ядерный реактор “pila”, в переводе с итальянского – что-то сложенное из многих одинаковых слоев вещества. Используя свой реактор в качестве источника нейтронов, он открыл новое направление в области ядерной физики – нейтронную оптику, ряд важных вопросов которой изложил в книге “Лекции по атомной физике”.

Эксперименты на ядерном реакторе в Чикаго продолжались до июля 1944 г., когда Ферми принял американское гражданство, в следующем месяце семья переехала в Лос-Аламос, так как он стал одним из руководителей Национальной лаборатории в

Нью-Мексико. Несколько позднее Ферми был назначен руководителем отдела современной физики, входившего в Национальную лабораторию в Лос-Аламосе по созданию атомной бомбы, которой руководил Р. Оппенгеймер. 16 июля 1945 г. близ Аламогордо (штат Нью-Мексико) Ферми стал свидетелем первого взрыва атомной бомбы.

После завершения в 1945 г. строительства в Чикаго циклотрона (ускорителя частиц) Ферми начал эксперименты по изучению взаимодействия между пи-мезонами и нейтронами, незадолго до того открытыми. Ферми принадлежит также теоретическое объяснение происхождения космических лучей и источника их высокой энергии. В 1946 г. Ферми вернулся в Чикаго и занял должность профессора в Институте ядерных исследований, который сейчас носит его имя. Он продолжил свои исследования в области ядерной физики и физики элементарных частиц, чтение лекций. Среди его учеников в 1940–1950-е гг. в Чикаго можно выделить Г. Андерсона, М. Гелл-Манна, М. Гольдбергера, Ц. Ли, Ч. Яна, Дж. Чу, О. Чемберлена, М. Розенблюта, Дж. Штейнбергера. Помимо этого, в 1950 г. Ферми стал одним из первых членов Комитета советников при Комиссии по атомной энергии США.

В науке Ферми всегда оставался молодым, энергичным. В возрасте около 50 лет, имея богатейшие знания в области ядерной энергетики и прекрасную базу для исследований, Ферми изменяет направление своей научной деятельности и начинает заниматься частицами высоких энергий и астрофизикой. Он и здесь достиг замечательных результатов. В частности, его привлекает одна из центральных проблем современной физики – мезон-нуклонное взаимодействие. Его научный труд о рассеянии положительных и отрицательных пи-мезонов разных энергий протонами (1953) открыл новую главу в экспериментальной и теоретической физике. В исследованиях по рассеянию

пи-мезонов на водороде Ферми особенно ярко проявил себя как выдающийся теоретик и экспериментатор. Он был не только руководителем, но и непосредственным исполнителем.

Особенность физических идей Ферми – их долголетие. Ряд последних работ великого ученого был оценен лишь после его смерти. Одна из них – совместные исследования Э. Ферми и Ч. Янга по составным моделям элементарных частиц. На их основе появились новые модели (одна из последних – модель кварков), сыгравшие большую роль в развитии физики элементарных частиц. Ферми создал теорию происхождения космических лучей и раскрыл механизм ускорения частиц в них (1949), разработал статистическую теорию множественного рождения мезонов (1950), открыл изотопический квадруплет, ставший первым адронным резонансом (1952). Именем Ферми названы единица длины в ядерной физике и физике элементарных частиц (1 ферми = 1×10^{-15} м), элементарная частица (фермион), энергия Ферми (системы невзаимодействующих фермионов).

На склоне лет Ферми, по словам Э. Сегре, собирался написать книгу, посвященную тем трудным вопросам физики, о которых часто говорят “как хорошо известно”. Ферми даже собирал вопросы, лишь кажущиеся элементарными. Но, к сожалению, у него не осталось на это времени. Ферми считал, что к 1946 г. выполнил лишь треть из задуманного, а две трети собирался осуществить, до предела уплотняя свой рабочий день. По словам Б. Понтекорво, даже за то, что Ферми успел сделать, он достоин шести-восьми Нобелевских премий.

30 октября 1954 г. Э. Ферми умер от рака желудка у себя дома в Чикаго. На следующий год в честь него новый, 100-й элемент был назван фермием.



Советник при Комиссии по атомной энергии Э. Ферми. США. 1950 г.

Незадолго до смерти Э. Ферми Комиссия по атомной энергии США учредила для него специальную премию, в 1956 г. получившую его имя. Премией награждаются ученые, внесшие выдающийся вклад в исследование, использование и производство энергии. Его имя носят Чикагский институт ядерных исследований, Национальная ускорительная лаборатория и космический телескоп, а также улицы во многих итальянских городах. Именем Ферми названа американская космическая гамма-обсерватория, запущенная на околоземную орбиту в 2008 г. (см. статью И.В. Москаленко в этом номере журнала). На сайте Аргоннской национальной лаборатории Министерства энергетики США он назван “последним универсальным ученым”.

С.А. ГЕРАСЮТИН