

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

53.

**ТОМОНАГА, ШВИНГЕР И ФЕЙНМАН — ЛАУРЕАТЫ
НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ *)***Ф. Дайсон*

В 1965 г. Нобелевские премии по физике присуждены трем выдающимся физикам-теоретикам: Син-Итиро Томонаге (Токийский университет), Юлиану Швингеру (Гарвардский университет) и Ричарду Фейнману (Калифорнийский технологический институт). Премии присуждены за создание современной теории квантовой электродинамики — теории, которая внесла порядок и гармонию в громадные области физики: теорию атома, квантовую теорию излучения, рождение и аннигиляцию частиц, физику твердого тела, физику плазмы, технологию мазеров и лазеров, оптическую и микроволновую спектроскопию, электронику и химию, — т. е. всюду, исключая лишь гравитацию и теорию ядерных сил.

Квантовая электродинамика объединяет указанные различные проявления физической реальности в незначительное число принципов большой общности и изящества, сплетает специальную теорию относительноности с квантовой механикой в ткань высокой прочности, и является в некотором смысле самой совершенной и наиболее развитой частью физики.

С момента своего завершения в 1948 г. теория проверялась серией экспериментов с постоянно возрастающей точностью. Так, например, недавно Крэйн (Мичиганский университет) измерил магнитный момент электрона с точностью до одной десятиллионной. Тем самым точность была повышена сразу на два порядка. Этот изящный и чрезвычайно трудный эксперимент, результаты которого, к сожалению, привлекли к себе мало внимания, еще раз доказал справедливость квантовой электродинамики.

Недавно появились сообщения физиков-экспериментаторов, указывающих на возможное отклонение от теории в поведении электрон-позитронных пар, образующихся при энергии в миллиарды электрон-вольт**). Если упомянутое отклонение и будет подтверждено, оно никоим образом не аннулирует теорию, но впервые покажет, где лежит граница между квантовой электродинамикой и миром частиц больших энергий. Среди бесчисленных «отчего» и «почему», с которыми исследователь обращается к природе, вопрос о том, каким образом квантовая электродинамика — теория, которая намеренно игнорирует рассмотрение всех элементарных частиц, за исключением широко известных электрона, позитрона и фотона, смогла дать с такой изумительной точностью изображение действительности при таком разнообразии условий, является одним из самых интригующих в физике.

*) F. J. Dyson, Tomonaga, Schwinger and Feynman — Awarded Nobel Prize for Physics, Science 150, 588 (1965). Перевод А. П. Хвлюзова.

***) В настоящее время уже проведены более точные эксперименты, в которых никакого отклонения от теории не наблюдалось. (Прим. ред.)

Творцы современной теории квантовой электродинамики работали над ней в разное время независимо друг от друга. Томонага в Японии в течение второй мировой войны руководил школой теоретической физики, которая в некоторых областях физики занимала ведущее место в научном мире. В условиях полной изоляции он публикует на японском языке свой фундаментальный научный труд по квантовой электродинамике. Тем временем Швингер был занят разработкой радиолокационных установок, а Фейнман участвовал в работах, связанных с использованием ядерной энергии.

Вернувшись после окончания войны к академической жизни, Швингер и Фейнман заинтересовались результатами серии экспериментов по тонкой структуре атома водорода. Эксперименты стали возможны в результате развития в военное время микроволновой техники, причем точность измерений возросла в тысячу раз по сравнению с лучшими предвоенными опытами. С постановкой новейших экспериментов стало очевидным отсутствие теории, удовлетворительно объясняющей процесс излучения. Швингер и Фейнман приступили, каждый своим методом, к созданию такой теории. Они закончили свою работу в течение зимы 1947—1948 г., как раз в то время, когда был осуществлен первый перевод на английский язык трудов Томонага, а его ученики стали прибывать из Японии. Интересно отметить, что если в размышлениях Швингера и Фейнмана решающую роль сыграли результаты новейших экспериментов, то Томонага сумел достичь, по существу, аналогичных результатов, руководствуясь только теоретическими выкладками.

Тот факт, что у истоков теории стоял не один, а сразу три исследователя, оказался чрезвычайно плодотворным для ее дальнейшего развития. Каждый из троих внес в создание современной квантовой электродинамики и индивидуальность своего образа мышления, и свой стиль работы, отчего теория выиграла как глубиной изложения, так и шириной ее обобщений. Томонага более всего интересовали основные физические принципы; его язык прост, ясен и свободен от тщательной разработки деталей. Швингер был занят построением законченных основополагающих математических формулировок; его научные статьи были образцами искусства формального построения. Один сердитый критик как-то сказал: «Некоторые печатают свои произведения для того, чтобы показать всем, как это делается, а Юлиан Швингер публикует свои работы, чтобы показать вам, что только он один и может это сделать». Швингер был первым из тех, кто расчистил себе дорогу в математических джунглях, добившись успеха в определении точного численного значения магнитного момента электрона.

Подход Фейнмана к решению проблемы был самым оригинальным: он не пожелал воспользоваться готовыми рецептами, а потому был вынужден реконструировать все здание квантовой механики и электродинамики по своим чертежам. Он вывел простые правила для непосредственного подсчета физически наблюдаемых величин. Изобретение «фейнмановских диаграмм» и «фейнмановских интегралов» сделало возможным применение теории к решению конкретных проблем. Фейнмановская расчетная методика стала стандартным приемом в теоретических анализах, причем не только в квантовой электродинамике, но и во всей физике высоких энергий. Настойчивость Фейнмана на обсуждении непосредственно регистрируемых численных значений физических величин привела к более широкому употреблению « S -матрицы», которая теперь доминирует в теории элементарных частиц и их взаимодействий.

Пионеры квантовой механики Дирак, Гейзенберг, Паули и Ферми заложили основы квантовой электродинамики в конце 1920 г. Суть теории состоит в непосредственном применении методов квантовой механики

к уравнениям Максвелла, описывающим электромагнитное поле. При таком подходе теория только качественно объясняла процессы излучения — точные прогнозы оказались ей не под силу. Все результаты, полученные в первом, отличном от нуля, приближении теории, были подтверждены экспериментами. Однако попытки вычисления последующих приближений встретились с принципиальной трудностью. Поправки выражались через расходящиеся интегралы, что делало теорию бессмысленной. Столкнувшись с подобной ситуацией, физики в 1930 г. надеялись выйти из создавшегося положения путем радикальных изменений теории. В то время считалась общепринятой точка зрения, что трудности, вызванные «расходимостью», являются симптомами фундаментальных ошибок, и единственный способ их избежать — подвергнуть теорию коренной ломке. Таким подходом к разрешению принципиальных трудностей и объясняется серия безрезультатных попыток, предпринятых в период с 1935 по 1945 г., вылечить квантовую электродинамику от болезни «расходимости» методами радикальной хирургии.

Томонага, Швингер и Фейнман обошлись без фундаментальных нововведений. В этом смысле их победа — это победа консерватизма. Они полностью сохранили физические основы теории, заложенные Дираком, изменив только математическую надстройку. Доведя до совершенства формальный математический аппарат, они сумели показать, что теория предсказывает разумные результаты для всех регистрируемых величин. Расходящиеся и абсурдные выражения, тем не менее, присутствуют в теории, но они проявляются таким образом, что автоматически устраняются из любых непосредственно наблюдаемых величин. Точное соответствие между предсказанными теорией и полученными экспериментальным путем величинами и составляет основное достоинство теории.

Теория квантовой электродинамики в том виде, который ей придали Томонага, Швингер и Фейнман, прошла испытание временем в течение 17 лет. Она описывает только часть физической реальности и не претендует на законченность. Но успехи современной квантовой электродинамики в областях ее применения настолько впечатляют, что она, по-видимому, сохранит свое значение, по крайней мере до тех пор, пока ей на смену не придет другая, более всеобъемлющая теория.

Принстонский институт
усовершенствования