

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ИГОРЬ ЕВГЕНЬЕВИЧ ТАММ

(К шестидесятилетию со дня рождения)

В. Л. Гинзбург и Е. Л. Фейнберг

8 июля 1955 года исполнилось 60 лет со дня рождения выдающегося советского физика-теоретика академика Игоря Евгеньевича Тамма. Родился И. Е. Тамм в 1895 г. во Владивостоке, но с 1899 г. жил в г. Елизаветграде (ныне Кировоград), где его отец многие годы был городским инженером. Окончив здесь в 1913 г. гимназию, И. Е. один год учился в Шотландии в Эдинбургском университете, а когда началась первая мировая война, перешёл на физико-математический факультет Московского университета. После окончания в 1918 г. университета И. Е. преподавал физику, причём в 1921 — 1922 гг. работал в Одесском политехническом институте, где профессором был в то время Л. И. Мандельштам, оказавший глубокое влияние на всё дальнейшее научное развитие И. Е. Тесную связь с ним И. Е. сохранял во все последующие годы, вплоть до самой кончины Л. И. Мандельштама в 1944 г.

С 1922 г. научная деятельность Игоря Евгеньевича протекает в Москве. Многие годы он руководил кафедрой теоретической физики Физического факультета МГУ, где и сейчас является профессором. После переезда в 1934 г. Академии наук СССР в Москву И. Е. стал заведующим теоретическим отделом Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, и с тех пор его научная деятельность всё больше сосредоточивается в этом институте. Здесь и сейчас, возглавляя воспитанный им большой коллектив теоретиков, И. Е. с успехом ведёт работу над фундаментальными проблемами теоретической физики.

Свои первые научные исследования И. Е. начал под влиянием Л. И. Мандельштама. Они посвящены электродинамике анизотропной среды и кристаллооптике в теории относительности^{1, 2}. Затем им был выполнен ряд работ в области теории относительности, борю-

1 УФН, т. LVI, вып. 4

ской квантовой теории и появившейся в это время нерелятивистской квантовой механики³⁻⁶. В 1930 г. появляется большая работа И. Е., в которой он дал законченную квантовую теорию рассеяния света в кристаллах⁷. В этой работе впервые было проведено квантование упругих (звуковых) волн в твёрдом теле и введено понятие о звуковых квантах (фононах). Как известно, сейчас понятие о фононах используется самым широким образом. В этой изящной и важной работе рассмотрено не только релеевское рассеяние света, но и комбинационное рассеяние света в кристаллах, незадолго до того открытое Л. И. Мандельштамом и Г. С. Ландсбергом. С квантовой точки зрения появление дублета Мандельштама — Бриллюена в спектре релеевского рассеяния света в кристаллах (то же относится и к жидкостям) связано с излучением или поглощением одного фонона. При этом энергия фонона либо вычитается из энергии фотона (в случае красного сателлита), либо (в случае фиолетового сателлита) складывается с ней. В случае же комбинационного рассеяния в кристаллах излучается или поглощается (исчезает) квант энергии борновских колебаний в решётке.

В том же 1930 г. появился цикл работ И. Е., посвящённых только что созданной дираковской релятивистской квантовой механике электрона. Эта теория при своём появлении завоевала симпатии потому, что она автоматически давала объяснение спиновых свойств электрона и приводила к естественному объяснению тонкой структуры в спектре атома водорода. Однако некоторые необычные элементы теории Дирака требовали тщательного изучения других допускающих сравнение с экспериментом выводов из неё. В связи с этим И. Е. обратился к рассмотрению, в рамках теории Дирака, рассеяния света на свободных электронах⁸, причём он исследовал это явление последовательным квантовомеханическим методом — методом квантовой теории излучения. Полученный И. Е. результат совпал с тем, к которому несколько раньше пришли, используя метод соответствия, Клейн и Нишина. Таким образом, так называемая формула Клейна — Нишины была подтверждена на основе более строгого и последовательного рассмотрения. Такое рассмотрение представляло несомненный самостоятельный интерес и вместе с тем привело к выяснению некоторых важных обстоятельств. Так, И. Е. показал, что рассеяние даже самых мягких, низкочастотных квантов света на свободных электронах в теории Дирака происходит через промежуточные состояния с отрицательной энергией электрона. Поэтому даже предельная формула Томсона для рассеяния света на свободном электроне не может быть получена из теории Дирака без учёта состояний с отрицательной энергией. Вследствие этого стали бесперспективными все предпринимавшиеся попытки изгнать из теории эти отрицательные уровни, не поддававшиеся в то время (до открытия позитрона) физической интерпретации. С этой работой связан также один сущест-

венный методический момент: здесь был предложен и применён сильно облегчающий подсчёты приём вычислений выражений, встречающихся в теории возмущений для дираковской частицы (впоследствии этот метод был развит Казимиром и известен под его именем).

Не ограничиваясь указанием на неустранимость уровней отрицательной энергии, И. Е. изучил и другие следствия из теории, в частности, — одновременно с Дираком и Оппенгеймером, — указал на неизбежность падения свободного электрона на отрицательный уровень и вычислил вероятность аннигиляции электрона с «дыркой».

В последующие несколько лет внимание И. Е. было обращено на другую область квантовой механики, которая в то время принадлежала к числу наиболее актуальных, — на квантовую теорию металлов. Здесь И. Е. и его ученики выполнили ряд работ, прочно вошедших в современное учение о металлах. Это прежде всего работа, заложившая основы теории фотоэффекта на металлах^{10, 12}, и, во-вторых, работа¹³, в которой было открыто существование уровней особого типа, именно таких, что находящийся на подобном уровне электрон, будучи связан на поверхности кристалла, не может ни выйти наружу, ни войти внутрь. Впоследствии эти «уровни Тамма» сыграли огромную роль в развитии теории поверхностных и контактных свойств твёрдых тел. Помещаемые в настоящем номере обзоры дают более подробное представление о значении работ И. Е. в области теории металлов и полупроводников.

В 1934 г. И. Е. Тамм начинает цикл работ, посвящённых центральной проблеме современной физики — проблеме атомного ядра и космических лучей. Работу в этом направлении И. Е. продолжает и до настоящего времени с неизменной настойчивостью и научной изобретательностью. Уже первые работы этого цикла занимают выдающееся место в истории развития учения о ядре и ядерных силах.

Опираясь на теорию бета-распада Ферми, И. Е. выдвинул идею о том, что в результате обмена частицами между нуклонами, а именно в результате обмена электронами и нейтрино, возникают ядерные силы. При этом И. Е. не ограничился указанием на наличие сил, но в первом же сообщении привёл полученную им формулу для потенциала, оценил величину сил и показал малость этих сил по сравнению с наблюдаемыми ядерными силами^{15, 17, 19}. Как известно, впоследствии выяснилось, что ядерные силы действительно обусловлены обменом частицами, но этими частицами являются не электрон и нейтрино, а неизвестные во время создания теории бета-сил π -мезоны. Однако все последующие теории ядерных сил строились в общем по той же теоретической схеме, что и теория бета-сил, созданная Таммом. Заметим, что в этот же период, анализируя имевшийся к тому времени экспериментальный материал, И. Е. пришёл (совместно с С. А. Альтшулером) к выводу^{14, 16} (совпавшему с выводами экспериментаторов Бачера и Шюлера) о том, что

нейтрон должен иметь магнитный момент, и правильно оценил знак этого момента. Существование магнитного момента у нейтральной частицы в то время казалось парадоксальным. Однако этот вывод оказался совершенно правильным.

Как известно, теория ядерных сил до сих пор находится в сложном и трудном положении. Усилия многочисленных теоретиков уже много лет направлены на изучение тонких вопросов, часто имеющих принципиальное методическое значение. Так, длительное время развивалась теория, в которой мезоны, переносящие взаимодействие между нуклонами, считались имеющими спин, равный единице. Поэтому, когда И. Е. показал²³, что такая частица не обладает стационарными уровнями в поле кулоновского центра, это имело существенное значение для теории мезона. В частности, это привело к интересной работе²⁴, выполненной И. Е. совместно с Л. Д. Ландау.

Новую серию исследований по ядерным силам И. Е. начал в 1945 г. работой²⁵, в которой был сформулирован метод рассмотрения взаимодействия частиц, отличный от метода теории возмущений, использовавшегося до тех пор почти во всех случаях. Предложенный в этой работе «метод Тамма», или, как его часто называют, метод Тамма — Данкова, вызвал поток исследований, анализу которых посвящён особый обзор в настоящем выпуске журнала.

Попытку построения теории частицы, способной находиться в состояниях с разными спинами, представляет работа, выполненная И. Е. в 1947 г. совместно с В. Л. Гинзбургом³¹.

В настоящее время И. Е. проводит исследование взаимодействия частиц сразу в двух направлениях. С одной стороны — это полуфеноменологическая теория, основывающаяся на учёте возможности существования изобарных состояний нуклонов (она отражена в работе³³). С другой стороны, совместно с В. П. Силиным и В. Я. Файнбергом, И. Е. развивает новую форму метода Тамма, предложенную Дайсоном.

В течение всего 20-летнего периода работы над проблемой ядерных взаимодействий И. Е. не оставлял изучения и других вопросов. Здесь можно несколько условно наметить три группы работ.

Во-первых, это изучение отдельных конкретных явлений, вызванное к жизни в основном потребностями народного хозяйства, возникшими в период Великой Отечественной войны. Проблемы этого рода И. Е. всегда решает с лёгкостью и с большим искусством. Таковы, например, работы^{25, 26, 30} и др.

Во-вторых, это работы по каскадной теории ливней в космических лучах (совместно с С. З. Беленьким)^{22, 29}, в которых впервые были последовательно учтены ионизационные потери частиц.

В-третьих, это созданная И. Е. (совместно с И. М. Франком) теория излучения электрона, движущегося со сверхсветовой ско-

ростью в среде^{20, 21}. Здесь была вскрыта природа излучения Черенкова — Вавилова, наблюдающегося при прохождении быстрых электронов через вещество. Явление это, открытие которого представляет собой одно из выдающихся достижений советской физики, приобрело особый интерес именно после разработки теории Тамма и Франка.

Интерес И. Е. к принципиальным вопросам отражает работа²⁷ (выполненная совместно с Л. И. Мандельштамом) о смысле соотношения неопределённостей между временем и энергией в квантовой механике.

Уже на основании сказанного выше можно сделать некоторые заключения о характерных чертах И. Е. как исследователя. Это прежде всего стремление на каждом этапе развития физики изучать наиболее актуальные, наиболее важные проблемы. Это, далее, превосходное владение техникой научной работы, тем, что принято называть аппаратом теоретической физики, такое владение аппаратом, при котором он ставится на службу основной цели, а не доминирует. Это, наконец, тонкое понимание физической сущности изучаемого явления, умение исходить прежде всего из качественных особенностей этого явления.

Таков далеко не голый очерк интенсивной и содержательной научной работы И. Е. Тамма в прошлые годы (при этом мы не коснулись здесь даже некоторых исследований, включённых в прилагаемый ниже список основных работ И. Е. Тамма). Но предстоящий очерк не может дать сколько-нибудь исчерпывающего представления о всём значении деятельности И. Е. для развития советской науки также и потому, что эта деятельность отнюдь не исчерпывается чисто научным творчеством.

Уделяя основное внимание научной работе, И. Е. тратит немало сил на педагогическую деятельность, на решение труднейших и важнейших практических и научно-организационных вопросов.

Будучи с 1924 г. доцентом, а с 1930 г. профессором МГУ и заведующим кафедрой теоретической физики, И. Е. в содружестве с Л. И. Мандельштамом пересмотрел характер и содержание курсов теоретической физики, читавшихся на физическом факультете Университета. В этот период им написан также широко известный и выдержавший целый ряд изданий курс «Основы теории электричества». И. Е. всегда придавал и придаёт большое значение подготовке не только студентов, но и аспирантов и молодых научных работников. Не случайно поэтому, что учениками и сотрудниками И. Е. является целый ряд советских физиков-теоретиков. К ним относятся: С. А. Альтшулер, С. З. Бельский, Д. И. Блохинцев, А. Д. Галанин, В. Л. Гизбург, А. С. Давыдов, С. И. Пекар, А. Д. Сахаров, Е. Л. Фейнберг, В. С. Фурсов, С. П. Шубин и многие другие.

Семинары по теоретической физике, много лет ведущиеся под руководством И. Е., приносят неоценимую пользу широкому кругу

московских физиков, а также нередко посещающим эти семинары физикам из других городов Советского Союза.

Заслуги И. Е. перед советской наукой, перед советской страной высоко оценены. Ему присвоено звание Героя Социалистического Труда, он награждён двумя орденами Ленина и орденом Трудового Красного Знамени. Дважды И. Е. получал Сталинскую премию 1-й степени. В 1933 г. И. Е. избран членом-корреспондентом, а в 1953 г. действительным членом АН СССР.

Своё шестидесятилетие И. Е. встречает не как успокоившийся на достижениях юбиляр, а как полный энергии и творческих замыслов учёный, работающий с напряжением и с неиссякающей энергией, с увлечением и убеждённостью.

СПИСОК

ВАЖНЕЙШИХ НАУЧНЫХ РАБОТ И. Е. ТАММА

1. Электродинамика анизотропной среды в специальной теории относительности, ЖРФХО, ч. физич., 1924, т. 56, стр. 248.
2. Кристаллооптика теории относительности в связи с геометрией биквадратичной формы, ЖРФХО, ч. физич., 1925, т. 57, стр. 209.
3. К квантовой теории парамагнетизма, Zs. f. Phys., 1925, т. 32, стр. 582.
4. Попытка количественной формулировки принципа соответствия и вычисление интенсивности спектральных линий, Zs. f. Phys., 1925, т. 34, стр. 58.
5. К квантовой механике ротатора. Там же, 1926, т. 37, стр. 685.
6. К электродинамике вращающегося электрона. Там же, 1929, т. 55, стр. 199.
7. О квантовой теории молекулярного рассеяния света в твёрдых телах. Там же, 1930, т. 60, стр. 345.
8. О взаимодействии свободного электрона с излучением по дираковской теории электрона и квантовой электродинамике. Там же, 1930, т. 62, стр. 545.
9. Замечание к дираковской теории рассеяния света и дисперсии. Там же, 1930, т. 65, стр. 705.
10. К теории фотоэффекта на металлах. Там же, 1931, т. 68, стр. 97 (совместно с С. П. Шубиным).
11. Обобщённые сферические функции и волновые функции электрона в поле магнитного полюса. Там же, 1931, т. 71, стр. 141.
12. К теории фотоэффекта на металлах, Phys. Rev., 1932, т. 39, стр. 170.
13. О возможной связи электронов на поверхностях кристалла, ЖЭТФ, 1933, т. 3, стр. 34.
14. Магнитный момент нейтрона, ДАН, 1934, т. I, стр. 455 (совместно с С. А. Альтшулером).
15. Обменные силы между нейтронами и протонами и теория Ферми, Nature, 1934, т. 133, стр. 981.
16. Магнитный момент ядра и свойства нейтрона. Там же, 1934, т. 134, стр. 380.
17. Взаимодействие нейтронов и протонов. Там же, 1934, т. 134, стр. 1010.
18. Нулевая энергия и физические свойства H_2O и D_2O . Там же, 1935, т. 135, стр. 229 (совместно с Дж. Д. Берналом).
19. β -радиоактивность и ядерные силы, Sow. Phys., 1936, т. 10, стр. 567.

20. Когерентное излучение быстрого электрона в среде, ДАН, 1937, т. 14, стр. 107 (совместно с И. М. Франком).
 21. Излучение равномерно движущегося электрона, Journ. of Phys., 1939, т. 1, стр. 439.
 22. Мягкая компонента космического излучения. Там же, 1939, т. 1, стр. 177 (совместно с С. З. Беленьким).
 23. Движение мезонов в электрических полях, ДАН, 1940, т. 29, стр. 551.
 24. О происхождении ядерных сил, ДАН, 1940, т. 29, стр. 555 (совместно с Л. Д. Ландау).
 25. Теория электромагнитных процессов в слонстом сердечнике, Изв. Академии наук, сер. физич., 1943, т. 7, стр. 30 (совместно с В. Л. Гинзбургом).
 26. О токах в ионосфере, обуславливающих вариации земного магнитного поля, Изв. Академии наук, сер. физич., 1944, т. 8, стр. 30.
 27. Соотношение неопределённости энергия—время в нерелятивистской квантовой электродинамике, Изв. Академии наук, сер. физич., 1945, т. 3, стр. 122 (совместно с Л. И. Мандельштамом).
 28. Релятивистское взаимодействие элементарных частиц, Journ. of Phys., 1945, т. 9, стр. 449.
 29. Энергетический спектр каскадных электронов, Phys. Rev., 1946, т. 70, стр. 660 (совместно с С. З. Беленьким).
 30. О вынужденных колебаниях бесконечной пластинки, соприкасающейся с водой, ЖТФ, 1946, т. 16, стр. 879 (совместно с Л. М. Бреховских).
 31. К теории спина, ЖЭТФ, 1947, т. 17, стр. 227 (совместно с В. Л. Гинзбургом).
 32. О некоторых математических методах теории рассеяния частиц, часть I, ЖЭТФ, 1948, т. 18, стр. 337.
 33. О некоторых математических методах теории рассеяния частиц, часть II, ЖЭТФ, 1949, т. 19, стр. 74.
 34. К релятивистской теории взаимодействия нуклонов, ЖЭТФ, 1953, т. 24, стр. 3 (совместно с В. П. Силиным и В. Я. Файнбергом).
 35. Полуфеноменологическая теория взаимодействия π -мезонов с нуклонами, ЖЭТФ, 26, 649 (1954) (совместно с Ю. А. Гольфандом и В. Я. Файнбергом).
-