L. de Broglie: Théorie générale des particules à spin (méthode de fusion). Gautier Villars, Paris, 1943, p. 197.

Луи де Брогль. Общая теория спиновых частиц (метод слияния).

Центральной проблемой современной физики, как известно, является построение общей теории элементарных частиц и полей, из которых состоит по всем данным вещество в известной части вселенной за исследованный период времени. Ввиду относительной малости или даже отсутствия

масс покоя поведение элементарных частиц и полей в большинстве случаев подчиняется квантовой механике, так как выходы «действия» за периоды процессов не намного превышают планковский квант действия. Кроме того, разнообразные превращения частиц и полей друг в друга, имеющие место преимущественно при малых скоростях, например, трансмутация электрона-позитрона в фотоны и весьма частые случаи движения со скоростями, близкими к предельной, световой, требуют описания частиц на основе теории относительности. Таким образом теория частиц должна быть релятивистской квантовой (р. к.) механикой. Однако, в то время как нерелятивистская квантовая механика (уравнение Шредингера) сама по себе и неквантовая релятивистская теория сама по себе являются добротными, гарантированными в известных пределах теориями, прекрасно описывающими самые тонкие закономерности,—построение объединённой р. к. теории далеко ещё не закончено, несмотря на огромные успехи, достигнутые в этом направлении за последние 20 лет. Успехи эти относятся прежде всего к построению систем уравнений, описывающих частицы и поля с различными волновыми и спиновыми свойствами, истолкованию кинематических магнитных моментов, типа статистики, к теории вторичного квантования и общей теории взаимодействия частиц через поля и частицы. Развивая р. к. теорию, удалось, как известно, предсказать позитрон и взаимные превращения электронов-позитронов в фотоны и предсказать мезон. Общая, так сказать, формальная система релятивистской квантовой теории, исходящая обычно из вариационного принципа с соответствующей лагранжевой функцией и последовательно получающая тензор энергии, вектор тока и все другие фундаментальные величины, характеризующие поле, вся эта теория достигла большого совершенства. Изложение этой, так сказать, «официальной» теории можно найти в книгах Вентцеля (Введение в квантовую теорию волновых полей, М.—Л., ГТТИ, 1948) и Паули (Релятивистская теория элементарных частиц, М., ГИИЛ, 1947).

Несмотря на все эти достижения, невозможность избавится от трудности с бесконечной энергией поля (электромагнитного, гравитационного, мезонного и т. д.), порождённого любыми точечными частицами, и ряд других, близких к этому, затруднений не позволяют считать р. к. механику законченной теорией. Наиболее болезненно, пожалуй, ощущается фактическая невозможность построить теорию ядерных сил между нуклеонами, исходя из представления о реализации этих сил мезонным полем любого разумного вида. Впрочем, не исключено, что лишь какая-то часть этой трудности взаимодействия обязана общим недостаткам р. к. теории, главная же доля связана с недостаточными ещё эмпирическими сведениями о самих мезонах, переносящих силы. Во всяком случае ясно, что основная проблема природы собственной массы частиц (связанная с точки зрения полевой гипотезы с вопросом об энергии полей, порождённых частицами), как и проблема существования различных сортов частиц, может быть решена лишь после дальнейшего тщательного изучения мезонов. Открытие братьями Алихановыми целого спектра масс мезонов (варитронов) и обнаружение группой Поуэлла перехода одних мезонов в другие являются важнейшими новыми сведениями об элементарных частицах, выяснившимися за последние два года и наглядно иллюстрирующими, насколько преждевременными были попытки понимания ядерного поля на базе прежних недостаточных сведений.

При такой ситуации неудивительно, что часть теоретиков продолжает разрабатывать общую систему релятивистской квантовой механики и применять её к различным конкретным проблемам. Другие теоретики (пессимисты по адресу существующей теории) сосредоточили внимание на поисках новых радикальных средств устранения трудностей (нелинейные теории, уравнения с высшими производными, квантованые пространства и т. д.). Автор рассматриваемой книги, посвящённой реля-

тивистской квантовой механике, главным образом с точки зрения спиновых свойств, стоит в основном на «оптимистических» позициях и полагает более или менее явно, что теория элементарных частиц может в основном развиваться на базе существующего формализма. Поэтому в своей книге де Брогль лишь мельком касается тех или иных трудностей теории, упоминая, например, вскользь на стр. 194 о нелинейных обобщениях и борновской электродинамике и т. д. Нельзя не упомянуть, что «оптимисты» смогли в последний год достигнуть крупного успеха благодаря объяснению дополнительного некинематического магнитного момента электрона путём учёта его взаимодействия с нулевыми вибрациями электромагнитного поля, с необходимостью вводимыми релятивистской квантовой механикой и считавшимися ранее подлежащими отбрасыванию. Де Брогль в своей книге не просто излагает и анализирует уравнения Дирака, Максвелла и др., но даёт оригинальный метод трактовки полей любого спина, исходя из дираковского уравнения для частиц спина $1/2$. В этом заключается основной интерес его книги, продолжающей предыдущие исследования автора в монографии: «Волновая механика фотона» (франц.). Вместе с тем настоящая книга является в известной мере продолжением его курса теории Дирака «Магнитный электрон», вышедшего также в русском переводе.

Первая часть книги (стр. 1 — 91) посвящена изложению квантовой механики и теории Дирака (гл. 1. «Основные идеи и общие уравнения квантовой механики», гл. 2. «Физическая интерпретация волновой механики», гл. 3. «Квантовая механика кинетических моментов (т. е. моментов количества движения) и спина», гл. 4. «Собственные кинетические моменты с релятивистской точки зрения», гл. 5. «Теория спинового электрона Дирака», гл. 6. «Общий формализм и физическая интерпретация теории Дирака»).

Излагая в своей обычной ясной форме известные основы теории, де Брогль приводит ряд оригинальных замечаний о свойствах моментов количества движения. Изложение теории Дирака не может заменить полной его теории, включающей вариационное начало и анализ алгебр матриц Дирака. Кроме того, здесь и в дальнейшем де Брогль не касается вторичного квантования и теории взаимодействия частиц и полей. Невозможность обойтись без вариационного лагранжева принципа особенно ясно видна при трактовке де Броглем тензора энергии (точнее плотности энергии — импульса натяжений). В самом деле, вопрос о симметрии этой величины (стр. 127 и др.) может быть, очевидно, удовлетворительно проанализирован лишь при учёте как канонического, так и метрического тензоров энергии и привлечении анализа собственного спинового момента. В противном случае приходится прибегать к мало удовлетворительным дополнительным симметризациям. К сожалению, это обстоятельство не нашло ещё должного отражения в каком-либо изложении классической либо квантовой теории поля. Де Брогль не подчёркивает также явно в своей книге наличия псевдоскалярных и псевдовекторных величин в теории, обходя тем самым ряд тонких вопросов. Недостатком изложения де Брогля является также отсутствие ясного указания на то, что спин поля характеризуется тензором 3-го ранга (см., например, книгу Паули и нашу [1]).

Вторая часть книги де Брогля, в которой заключён её основной интерес, посвящена теории частиц спина 1, 2 и высшего спина, трактуемых методом «слияния» частиц спина $1/2$ (гл. 7. «Теория частиц спина 1 — фотоны, мезотроны...), гл. 8. «Волновая механика частицы максимального спина, продолжение, гл. 9. «Общая теория спиновых частиц, полученных путём слияния», гл. 10. «Изучение и номенклатура спиновых состояний; предвидение тензорных величин» и гл. 11. «Теория частицы с максимальным спином 2». В самом кратком виде здесь речь идёт о том, чтобы волновую функцию «сложной» частицы высшего спина взять в виде произведения

волновых функций «составляющих» частиц низшего спина: $\psi = \psi_1\psi_2$. Тогда в самом деле из двух уравнений Дирака для компонент де Брогль получает, учитывая, что ψ_1 и ψ_2 должны соответствовать тому же значению энергии и количества движения $\left(\psi_1 \frac{\partial\psi_2}{\partial t} = \psi_2 \frac{\partial\psi_1}{\partial t}\right.$ и т. д.$\left.\right)$ уравнения для частиц высшего спина (см. стр. 97—99 и др.).

Волновая функция ψ будет описывать не частицу какого-то определённого спина 0 или 1, но «частицу максимального спина 1», которая может находиться в двух состояниях спина 0 или 1. В конце концов для состояния 1 де Брогль получает уравнение Прока (стр. 108), т. е. уравнения Максвелла в пустоте, дополненные членами с массой, а для состояния спина 0 — уравнения, близкие к псевдоскалярным (см. 108). Все эти рассуждения могут быть обобщены на высшие спины и, в частности, использованы для построения теории частиц максимального спина 2. В случае отсутствия массы покоя частицы спина 2 подчиняются тем же линейным уравнениям, что и волны слабого гравитационного поля, как заметили Паули и Фирц. Напомним, что это обстоятельство привело нас далее к расшифровке квадрупольного характера слабого гравитационного поля, что даёт возможность с большой простотой развивать его теорию, непосредственно получая важные формулы для величины излученной энергии, для силы гравитационного лучистого торможения и т. д.[1]).

В теории де Брогля частицы спина 2 естественно стоят наряду с частицами спина 1 и спина 0. В этом обстоятельстве де Брогль пытается усмотреть какое-то объединение слабого поля гравитации (спин 2), электромагнетизма (спин 1) и ещё какого-то неясного «безродного» поля (спин 0 «не максвелловское» поле по терминологии де Брогля, стр. 188). Вряд ли эти последние соображения имеют какой-либо физический смысл. Сомнительно также, чтобы в изложенной теории речь шла о действительно «сложных», каких-то не совсем элементарных «корпускулах» (аналог «молекул», по словам де Брогля, стр. 95), составленных путём своеобразного «слияния» (fusion) из на самом деле элементарных «частиц» (так сказать, «атомов»). Близкие идеи, как известно, лежат в основе неудавшейся, или по меньшей мере «законсервированной» гипотезы нейтринной теории света, предложенной тем же де Бреглем (см. также цитированную книгу Паули, примечание на стр. 62). Тем самым мы вынуждены констатировать известный отрыв де Брогля от новейшего эмпирического материала физики элементарных частиц, значительно уменьшающий шансы на успех его попыток построения общей теории.

Как бы то ни было, метод слияния де Брогля всё же позволяет просто притти к теории частиц высшего спина и разделить затем состояния с отдельными значениями спинов, например 2, 1, 0, и с этой точки зрения заслуживает внимания. Открытие новых элементарных частиц, число коих, очевидно, далеко не исчерпано, так же как и не исключённая возможность существования возбуждённых состояний частиц, обладающих высшим спином, — все эти обстоятельства делают разработку теории высшего спина желательной. В последние годы наблюдается увеличение числа работ в этой области как советских, так и зарубежных авторов. Поэтому мы считали бы желательным ознакомить советских физиков с оригинальным изложением теории де Брогля, пожалуй лучше всего путём перевода весьма ясно, повторяем, написанных глав 2—3 рассматриваемой книги, если не ставить вопроса об её полном переводе. Такой перевод, снабжённый некоторыми комментариями, пополнил бы картину современного состояния р. к. теории. В заключение следует отметить, к сожалению нередкое, абсолютное замал-

---

[1]) Д. Иваненко и А. Соколов, ДАН. 58, 1633, 1947. „Классическая теория поля," Гостехиздат, М.—Л., 1949.

чивание де Броглем советских авторов, несмотря на использование их работ. В данной книге умалчивается, например, о теории Френкеля электрического момента электрона (наряду с магнитными) и обо всех советских работах по теории Дирака и гравитонам. Нельзя не упомянуть в этой связи, что в своей недавней двухтомной монографии по теории ядра де Брогль стал на худший путь прямой передачи приоритета и авторства наших советских работ по теории ядра и ядерных сил зарубежным физикам, в том числе даже лицам, высказывавшим свои идеи в этой области не в печати, но в частной переписке. Не лежит ли некоторая расшифровка подобного поведения де Брогля в том, что часть его трудов издавалась ещё во времена вишийского правительства?. Во всяком случае, поведение де Брогля служит ещё одной неплохой иллюстрацией, разоблачающей миф о беспартийности науки, о некоторой единой мировой науке и пр. С другой стороны, мы хорошо знаем, что подобное отношение к советской физике отнюдь не характеризует всей французской науки, блистающей в последнее десятилетие именами передовых учёных, мужественных борцов против фашистского мракобесия, таких, как Ланжевен и супруги Жолио-Кюри.

Д. Иваненко

Редактор *Г. В. Розенберг.* Техн. редактор *Р. П. Остроумова.*

Подписано к печати 16/VI 1949 г. 10,25+1 вклейка печ. л. 13,32 уч.-изд. л. 50 370 тип. зн. **в печ.** листе А-06983. Формат 60×92/16 Тираж 3350 экз. Цена книги 10 руб. Заказ № 331.

13-я типография Главполиграфиздата при Совете Министров СССР.
Москва, Гарднеровский, д. 1а