ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

Б.М.Барбашов

953

МЕТОД ЛАППО-ДАНИЛЕВСКОГО В ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ ПОЛЯ СО СТАТИЧЕСКИМ НУКЛОНОМ

Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
член-корреспондент АН СССР
Д.И.Блохинцев

Дубна 1962 год

Б.М.Барбашов

МЕТОД ЛАППО-ДАНИЛЕВСКОГО В ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ ПОЛЯ СО СТАТИЧЕСКИМ НУКЛОНОМ

Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
член-корреспондент АН СССР
Д.И.Блохинцев

Предположение о слабой связи и применение теории возмущений к уравнениям мезодинамики приводит к результатам, резко противоречащим опыту. Поэтому актуальной задачей является создание метода, в котором постоянная связи не использовалась бы как параметр нтераций, а приближения строились бы по другому принципу.

Несмотря на успешное развитие в последнее время метода дисперсионных соотношений, по-прежнему остается важной задачей исследование гамильтонова подхода в теории поля, так как на этом пути могут быть выяснены принципиальные проблемы внутренней самосогласованности теории. Ввиду непреодолимых трудностей, встречающихся при решении гамильтоновых уравнений релятивистской теории поля, определенный интерес представляет изучение моделей этой теории. Знание точных решений или математически обоснованных приближенных решений для моделей несомненно поможет выяснить ряд проблем в точной теории поля.

В настоящей диссертацин излагается новый способ решения моделей теории поля с неподвижным нуклоном. Предлагаемый формализм основывается на методе функционального усреднения [1] в теорин поля и развитом Лаппо-Данилевским [2] матричном методе решения линейных систем дифференциальных уравнений. Способ решения не связан с величиной константы связи, параметром итераций в нем является некоторая комбинация из инвариантов матриц, входящих в уравнение.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения.

В первой главе на примере нахождения S -матрицы модели скалярных заряженных мезонов без отдачи с гамильтонианом взаимодействия

$$H_I(t) = g \sum_{i=1}^{2} \tau_i \int \phi_i(x,t)\, \rho(x)\, d^3x \, , \qquad (1)$$

где τ_i - матрицы изотоп-спина 1/2;

$\phi_i(x,t)$ - операторы мезонного поля,

$\rho(x)$ - форм-фактор нуклона

излагается новый метод решения.

Сущность его состоит в том, что функциональное усреднение сводит проблему решения квантовых уравнений поля к задаче решения уравнений движения дираковской частицы в произвольном внешнем поле. Последняя решается для моделей со статическим нуклоном матричными методами Лаппо-Данилевского. Решения имеют такой вид (гауссовские функционалы), который допускает функциональное интегрирование по внешним полям и, следовательно, нахождение квантовых величин [3]. Таким способом находится S -матрица гамильтониана.

При изложения метода Лаппо-Данилевского не используются конкретные свойства матриц Паули τ_i, в частности, их антикоммутативность, поэтому изложенный способ распространяется без изменений и на другие модели с фиксированным нуклоном. Например, таким же приемом может быть решена модель Чу, гамильтониан которой есть

$$H_I(t) = f \sum_{i=1}^{3} \tau_i \int (\vec{\sigma}\vec{\nabla})\, \phi_i(x,t)\, \rho(x)\, d^3x \,, \qquad (2)$$

где уже матрицы $\tau_i\ \sigma_j$ не антикоммутируют.

Во второй главе развитый метод применяется для решения одной локальной модели теории поля, предложенной Беляницким-Бируля и имеющей самостоятельный интерес в свете проблемы внутренней замкнутости теории поля.

Модель представляет собой модифицированную в сторону приближения к точной теории модель Ли. В противоположность последней в модели Беляницкого-Бируля возможно бесконечное число виртуальных частиц, а также выполняется важное условие перекрестной симметрии.

Решения/4,5/, полученные методом Лаппо-Данилевского, представляются рядами по константе Δm (Δm-параметр, обуславливающий разность масс между двумя фермионными состояниями). После проведения перенормировок, устраняющих бесконечности, доказана сходимость этих рядов в ультрафиолетовой области $E \gg \Delta m$

Важным свойством модели является конечная перенормировка заряда для точечного взаимодействия, в противоположность модели Ли, где существует хорошо известная проблема нуль-заряда. Изучение перенормированного матричного элемента рассеяния мезона на нуклоне приводит к выводу, что модель внутренне не противоречива при условии ограничения на наблюдаемый заряд

$$\frac{g_r^2}{\pi^2} < 1 \,. \qquad (3)$$

Этот вывод согласуется с общим утверждением/6,7/, что если амплитуда содержит конечное число парциальных волн (в этой модели только s -волна), то соотношение унитарности и дисперсионные соотношения приводят к ограничению на константу связи.

В целом свойства этой модели, изученные с помощью метода Лаппо-Данилевского, полностью подтверждают концепцию перенормируемой теории поля/9/. Так, например, функция Грина в этой модели аналитична в плоскости t и при $t=0$ имеет точку ветвления, при $\frac{g_r^2}{\pi^2} < 1$ существует Фурье-образ, который допускает разложение в ряд около $g^2=0$.

В этой же главе с помощью метода Лаппо-Данилевского исследуется неперенормируемая модель локальной теории поля. Показана ошибочность вывода, сделанного в работах Арновита и Дезера/8/, а также Купера/9/, о том, что с помощью

процедуры аналитического продолжения по константе связи g можно устранить ультрафиолетовые расходимости в неперенормируемых, с точки зрения теории возмущений, моделях. Оказалось, что предлагаемая ими процедура приводит к комплексным значениям наблюдаемых величин для эрмитового гамильтониана.

Третья глава посвящена вопросу ограничений на константу связи в моделях с фиксированным нуклоном и сравнению решений, полученных методом Лаппо-Данилевского, с решениями уравнения Лоу для этих моделей. Как известно, при выводе уравнения Лоу из дисперсионных соотношений точное соотношение унитарности заменяется приближенным с учетом только двухчастичного вклада (двухчастичная унитарность). При этом предполагается, что многочастичные вклады в амплитуду упругого рассеяния для энергий, не превосходящих порога неупругих процессов, малы.

Путем сравнения амплитуды рассеяния мезона на нуклоне в модели Беляницкого-Бируля, полученной методом Лаппо-Данилевского, который учитывает в каждом порядке по Δm все вклады в амплитуду, с амплитудой, полученной из уравнения Лоу, установлено, что для энергий, меньших порога неупругих процессов $\omega < 2\mu$, вклад высших состояний не превосходит 15%. В интервале $2\mu \le \omega \le 3\mu$ этот вклад возрастает до 100%.

Далее рассматривается ограничение на наблюдаемую константу связи g_r, возникшее из решения уравнения Лоу

$$\frac{g_r^2}{4\pi} < \frac{\sqrt{\mu^2-\Delta^2}}{\Delta} \,, \qquad (4)$$

где Δ - наблюдаемая разность масс "протона" и "нейтрона". Если ограничение (3) возникло из гамильтоновой формулировки, как условие отсутствия расходимостей в перенормированных выражениях, то неравенство (4) при дисперсионном подходе возникает как условие отсутствия в амплитуде нефизического полюса, противоречащего аналитическим свойствам амплитуды.

Таким образом, как гамильтонов подход, так и дисперсионный приводят к ограничению на константу связи, причем оказывается, что максимально допустимый заряд в гамильтоновом подходе меньше, чем в уравнении Лоу (неравенство (4) сильнее, чем (3)). Этот факт, очевидно, связан с тем, что в уравнении Лоу не учитываются многочастичные вклады, которые ведут к более сильному ограничению на заряд.

В заключение рассмотрен вопрос о связи ограничения на константу g_r с наличием резонансов в амплитуде рассеяния/10/. Для всех рассмотренных моделей оказалось, что только для неперенормированных взаимодействий (связь с производными) возможны динамические резонансы (резонансы без участия нестабильных частиц). Для перенормируемых моделей ограничение на заряд вместе с нефизическим полюсом в амплитуде исключает возможность динамического резонанса.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах: препринт ОИЯИ, Дубна Д-498 (1960); Р-762 (1961); Р-841 (1961); Д-612 (1961); ЖЭТФ 40 848 (1961); 39, 450 (1960), 42, 520 (1962); D.I.Blokhintsev. Proc. of the 1960 Roch. Conf. p. 867.

Литература

1. R.P.Feynman. Phys. Rev. 84, 108 (1951).
2. Лаппо-Данилевский И.А. Приложение функций от матриц к теории линейных уравнений, Гостехиздат, 1957.
3. Б.М.Барбашов, Г.В.Ефимов. ЖЭТФ, 39, 450 (1960).
4. Б.М.Барбашов, Г.В.Ефимов. ЖЭТФ, 40, 848 (1961).
5. D.I.Blokhintsev. Proc. of the 1960 Roch. Conf. p. 867.
6. Л.Халфин. ЖЭТФ, 41, 1233 (1961).
7. А.А.Ансельм, В.Н.Грибов, Г.С.Данилов, И.Т.Дятлов, В.М.Шехтер. ЖЭТФ, 41, 619 (1961).
8. Arnowitt and Deser. Phys. Rev. 100, 349 (1955).
9. L.Cooper. Phys. Rev. 100, 362 (1955).
10. Б.М.Барбашов. Препринт ОИЯИ Р-841 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 апреля 1962 года.