1971 г. Сентябрь *Том 105, вып. 1*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

019.941:539.12.01

ТЕОРИЯ ПЕРЕНОРМИРОВОК

K. Hepp. Théorie de la renormalisation (Lecture Notes in Physics. 2), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1969, 215 p.

Прогресс, достигнутый в недавнее время в так называемой конструктивной теории поля, вновь после значительного перерыва привлек внимание к идеям и методам теории перенормировок. Новейшие работы этого направления синтезируют физические взгляды и математические приемы, заложенные в прежних вариантах теории, с новыми физическими представлениями и математическими достижениями самого последнего времени.

Книга проф. К. Хеппа, представляющая собой обработку лекций, читанных ее автором в l'Ecole Polytechnique в Париже, посвящена описанию основных характерных черт этого синтеза и одновременно демонстрации типичных результатов, достигнутых на таком пути.

Современная теория перенормировок, занимая промежуточное положение между аксиоматической теорией поля и феноменологическими моделями релятивистских взаимодействий, сочетает в себе точность и строгость аксиоматики с конкретностью и практичностью феноменологии. Точность и строгость влекут за собой необходимость оперирования массой математических определений, лемм, теорем, грозящих похоронить основные идеи. Конкретность требует проведения громоздких и скучных вычислений, также не способствующих уяснению сути дела. С другой стороны, абстрактное изложение голой схемы вряд ли целесообразно да и вообще возможно в случае теории, переживающей стадию становления и еще далекой от завершения. В книге найдены удачные пропорции между уровнем математической формализации и степенью физической конкретности. При этом все изложение подчинено одной цели: разъяснению современных подходов к решению главной проблемы теории — проблемы расходимостей.

Хорошо известно, что хотя перенормировки возможны и в теориях, не содержащих расходимостей, возникновение теории перенормировок и главное поле ее деятельности обусловлены существованием расходимостей, сопровождающих конкретные вычисления в области релятивистских квантовых явлений. Физические причины этих расходимостей понятны и могут быть разбиты на три категории. 1. Трансляционная инвариантность затравочного взаимодействия и бесконечность пространственного объема, в котором находятся физические поля (объемные расходимости). 2. Существование и локальность взаимодействия частиц с какими угодно большими импульсами (ультрафиолетовые расходимости). 3. Множественное рождение частиц в промежуточных состояниях, используемых в теории возмущений (многочастичные расходимости). Помимо проблем, порождаемых существованием перечисленных расходимостей, теория перенормировок должна преодолевать ряд чисто технических препятствий, таких, например, как комбинаторные сложности, возникающие из-за использования формализма вторичного квантования. При описании реальных взаимодействий все это переплетается в единый сложный узел, полностью распутать который пока не удалось. В такой ситуации наиболее оправданным представляется раздельное исследование трудностей полной теории, т. е. фактически изучение различных моделей. Именно такой подход принят К. Хеппом: в книге последовательно рассматриваются модели взаимодействующих фермионных полей с ограниченным взаимодействием и без поляризации вакуума (гл. II), модели Ли (гл. III), различные простые взаимодействия в пространствах с числом измерений, меньшим и большим трех (гл. IV и V).

В моделях гл. II отсутствуют объемные и ультрафиолетовые расходимости, что дает возможность корректно объяснить общую технику квантовополевой теории возмущений и обсудить комбинаторные трудности, вызываемые несохранением числа частиц. В отличие от общей ситуации, здесь все формальные манипуляции с рядами

теории возмущений, принятые в КТП, имеют точный смысл, что, в частности, позволяет доказать ряд интересных теорем о сходимости рядов теории возмущений. Модели Ли не имеют объемных и многочастичных расходимостей, так что в гл. III подробно изучаются ультрафиолетовые расходимости. Модели гл. IV имитируют трудности, порождаемые расходимостями типа 2 и 3. В гл. V приводятся результаты исследований различных взаимодействий в двумерном пространстве-времени, принадлежащих Джаффи и Глимму. Эти модели позволяют среди прочего продемонстрировать современные методы борьбы с объемными расходимостями. Несколько особняком стоит гл. VI. Учитывая, что существование даже нетривиальных модельных примеров квантованных полей никоим образом не может гарантировать существование полей, отвечающих истинным взаимодействиям, автор в гл. VI дает доказательство существования таких полей в рамках теории возмущений. Фактически здесь описывается уточненная версия регуляризационной процедуры Боголюбова и разъясняются основные моменты аналитической регуляризации Шпира. При этом общие положения теории опять-таки иллюстрируются целым рядом примеров.

Большинство обсуждаемых в книге моделей объединено общим методом рассмотрения, который может быть кратко охарактеризован как метод «регуляризации затравочных гамильтонианов». Суть его состоит в следующем: в формальный квантовополевой гамильтониан вводятся обрезающие формфакторы, ликвидирующие отмеченные выше расходимости, и добавляются контрчлены, призванные компенсировать бесконечности, неизбежно появляющиеся в различных физических величинах после снятия обрезаний при вычислении этих величин без использования контрчленов. После этого, с помощью такого, ренормированного, оператора энергии строятся обрезанные поля и вакуум, а затем исследуется возможность снятия обрезаний либо в самих полях и вакууме, либо в величинах, тесно с ними связанных, таких, например, как функции Грина. В простых случаях, обсуждаемых в книге, эта программа доводится до конца и венчается, скажем, теоремой 5.4, утверждающей существование локального ковариантного поля с нетривиальным взаимодействием φ^4 в двумерном пространстве-времени. В более сложных ситуациях до подобных теорем дело, конечно, не доходит. Но здесь приводятся результаты, касающиеся возможности снятия обрезаний в рамках теории возмущений. Как те, так и другие факты весьма поучительны и чрезвычайно важны для понимания общей структуры КТП.

Безусловно, точка зрения, принятая в книге, далеко не единственна. Весьма полезным могло бы быть, например, изложение с точки зрения «регуляризации S-матрицы». Но, во-первых, такой подход более известен и в сущности уже излагался в ряде монографий, а во-вторых, именно методы, описываемые К. Хеппом, приобретают в настоящее время все большую и большую популярность, и именно с их помощью были получены недавние интересные результаты в конструктивной теории поля.

В заключение хочется подчеркнуть, что независимо от точки зрения изложение современной теории перенормировок требует привлечения весьма изощренной математической техники. Здесь и разнообразные результаты теории функций комплексных переменных, и тонкие теоремы функционального анализа, и мощные алгебраические методы, и т. д. Многое из этого нашло свое отражение в рецензируемой книге. Конечно, полностью освоить соответствующие математические приемы по ней нельзя. Но книга позволяет сделать нечто более важное: она дает возможность увидеть математические методы непосредственно в действии и убедиться в уместности и эффективности их применения в физике квантованных полей.

Резюмируя, можно смело утверждать, что книга проф. К. Хеппа найдет себе читателя как среди людей, уже работающих в области КТП, так и среди новичков, лишь входящих в эту область. Последним трудно рекомендовать лучшего помощника в нелегком труде по овладению основами теории перенормировок.

В. Н. Сушко