

Все перечисленные подходы приспособлены в первую очередь для описания квантовых систем, не включающих частиц нулевой массы. Сюда относится, прежде всего, теория сильного взаимодействия в её традиц. форме. Реалистич. теории с безмассовыми частицами (и наиболее важная из них — квантовая электродинамика), как правило, принадлежат к разряду теорий калибровочных полей. Для таких теорий строго доказаны теоремы запрета, согласно к-рым принципы локальности и релятивистской инвариантности несовместимы с постулатом положительности нормы в пространстве физ. состояний. Поэтому здесь возникает необходимость модификации схемы АКТП. Попытки построения подобной модификации связываются с использованием пространств состояний, допускающих отрицат. норму для векторов состояний (пространств с индефинитной метрикой).

Подход Уайтмена — наиболее разработанное и изученное из направлений АКТП, давшее самый большой вклад в её развитие. Именно на его основе полностью выяснено, каким матем. аппаратом следует пользоваться для описания релятивистской квантовой системы с помощью взаимодействующего квантового поля. Этот аппарат позволил строго вывести из аксиом АКТП нетривиальные физ. следствия. Первым из них явилось обобщение теоремы СРТ, полученное Р. Йостом (R. Jost). СРТ-теорема Йоста раскрывает глубокую связь причинных свойств теории со свойствами симметрии пространства-времени и допускает непосредств. проверку на опыте. Следующее крупное достижение подхода Уайтмена — построение теории рассеяния Хаага — Рюэля [Хааг, Д. Рюэль (D. Ruelle), 1958—62], установившей, что в схеме Уайтмена, исходящей из понятия поля, а не частицы, асимптотич. состояния поля обладают свойствами частиц. Тем самым была успешно решена проблема корпускулярной интерпретации полевой теории, т. е. доказано, что теория поля одноврем. способна служить и теорией частиц.

Аксиоматич. подход Боголюбова, первый по времени появления, оказал наиб. влияние на развитие КТП и вообще теории элементарных частиц (в частности, тем, что выработал понятие об амплитуде процесса в его разл. каналах как о единой аналитической функции своих переменных). Хотя в систему его аксиом входит дополнит. предположения (по-видимому, вытекающие из осн. аксиом), оправданием таких допущений служит то, что с их помощью существенно сокращается путь к результатам, к-рые могут быть непосредственно проверены на опыте. Результаты такого рода в АКТП немногочисленны, но обладают особой ценностью, поскольку могут служить критериями справедливости осн. КТП. Значительная их часть получена в рамках аксиоматики Боголюбова. Прежде всего к ним относится доказательство дисперсионных соотношений в КТП (Боголюбов, 1956; см. *Дисперсионных соотношений метод*). Использование дисперсионных соотношений развилось в широкий метод изучения взаимодействия элементарных частиц, являющийся одним из основных рабочих средств КТП. Др. принцип. результат — доказательство аналитичности амплитуды рассеяния в нек-ром эллипсе в комплексной плоскости угла рассеяния [Х. Леман (H. Lehmann), 1958; А. Мартен (A. Martin), 1966]. Далее, для произвольных стабильных масс доказана аналитичность амплитуды (при фиксир. передаче импульса) вне окрестности начала координат разрезанной комплексной плоскости инвариантной энергии [Ж. Брос (J. Bros), В. Глазер (V. Glaser), А. Эрштейн (H. Epstein), 1965]. Последние результаты приводят к многочисленным, непосредственно проверяемым следствиям АКТП: *Померанчука теореме*, ограничениям на рост амплитуд упругого рассеяния (А. Мартен и др., 1963—66; А. А. Логунов и др., 1963) и *множественных процессов* и характеристик *инклюзивных процессов* (А. А. Логунов и др., 1967—74).

На рубеже 60—70-х гг. принципиальные проблемы этой традиционной АКТП были в осн. решены. Однако в то же время намечались новые проблемы для КТП в целом, связанные с обнаружением новых особенностей процессов взаимодействия элементарных частиц. Большую, если не гл. роль в них играют структуры, недостаточно учитывавшиеся или совсем не учитывавшиеся традиционной КТП: *суперотбора правила* разл. типов, *калибровочные поля*, фазовые переходы и *топологические заряды*. Аксиоматич. подход пока не занимает в их изучении видного места. Но и на этом новом этапе КТП фундам. аксиомы, лежащие в основе прежней АКТП, и её результаты сохраняют силу и ценность для совр. исследований. Новая АКТП должна быть не отменой, а обогащением прежней, включив в себя положения, которые отражают специфику новой структуры (что, возможно, потребует и перехода на новый матем. язык). К этому направлению относятся нек-рые результаты *конструктивной квантовой теории поля*, поиски строгого аппарата для теории калибровочных полей, алгебраич. теория правил суперотбора (см. *Алгебраический подход*). Наиб. актуальная задача в данный период — создание аксиоматич. формулировки калибровочной КТП.

Лит.: Йост Р., Общая теория квантованных полей, пер. с англ., М., 1967; Боголюбов Н. Н., Логунов А. А., Тодоров И. Т., Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля, М., 1969; Общие принципы квантовой теории поля и их следствия, М., 1977.

В. П. Павлов, С. С. Хоружий.

АКСИОН (символ a) — гипотетич. нейтральная псевдоскалярная частица, введенная для сохранения CP -инвариантности *квантовой хромодинамики* (КХД). A должен распадаться на 2 фотона. Лагранжиан КХД может содержать т. н. θ -член, не нарушающий перенормируемости теории:

$$\Delta \mathcal{L} = \frac{\theta}{8\pi} \epsilon_{\mu\nu\rho\sigma} G^{\mu\nu} G^{\rho\sigma},$$

где $G^{\mu\nu}$ — напряжённость глюонного поля, θ — безразмерная константа, $\epsilon_{\mu\nu\rho\sigma}$ — абсолютно антисимметрич. тензор. Такой член нарушает CP -инвариантность КХД. Её восстановление является одной из важных проблем теории. В 1977 Р. Д. Печчи (R. D. Peccei) и Х. Р. Куинн (H. R. Quinn) заметили, что если лагранжиан классич. хромодинамики обладает дополнит. $U(1)$ -симметрией [по имени авторов она наз. симметрией $U(1)_{PQ}$], соответствующей киральным преобразованиям (см. *Киральная симметрия*) кварковых полей, то в эффективном квантовом лагранжиане (см. *Лагранжиан эффективный*) вза *аномалии* в дивергенции аксиального тока возникает дополнит. член. Он имеет ту же структуру, что и θ -член, но коэф. при нём произволен и пропорционален углу поворота кварковых полей. В результате теории с разл. значениями θ становятся эквивалентными теории с $\theta=0$, и нарушение CP -инвариантности оказывается ненаблюдаемым. В 1978 С. Вайнберг и Ф. Вильчек показали, что *спонтанное нарушение симметрии* $U(1)_{PQ}$ вакуумными средними V Хиггса полей приводит к появлению лёгкого псевдоскалярного *голдстоуновского бозона*, получившего назв. « A » (из-за связи с аксиальным током). Если бы симметрия $U(1)_{PQ}$ не нарушалась явно аномалией в аксиальном токе, то A был бы безмассовым. В действительности масса A пропорциональна $1/V$ и изменяется в широких пределах в зависимости от вида взаимодействий полей Хиггса. В простейшем, стандартном, варианте теории $V \sim 100$ ГэВ, и возникнет A с массой ~ 100 кэВ. Однако существование такого A противоречит эксперим. данным [в частности, не обнаружено фотонов от распадов ψ - и Υ -частиц, $\psi(\Upsilon) \rightarrow \gamma + a$]. В теориях *великого объединения* взаимодействий имеются хиггсовские поля с большими значениями V , и в этих теориях возможно существование «призрачного» A , к-рый имеет очень малую массу и очень слабо взаимо-