

рака поле в точке пространства-времени x , $\bar{\psi}(x) = \psi^+(x)\gamma^0$ — его дираковское сопряжение ($+$ означает эрмитово сопряжение), γ^μ ($\mu=0, 1, 2, 3$), γ^5 — Дирака матрицы.

Если полей несколько, то можно составлять разл. комбинации аналогичного типа и А. т. классифицировать по представлениям группы внутренней симметрии, напр. изотопической. Так, триплет А. т. u -, d -кварков в терминах четырёхкомпонентных спиноров ψ имеет вид

$$A_\mu^\alpha(x) = \bar{q}(x) \gamma^\mu \gamma^5 \frac{1}{2} \tau^\alpha q(x), \quad (*)$$

где $q(x)$ — дублет кварковых полей, τ^α — Паули матрицы, действующие в пространстве изотопич. спина ($\alpha=1, 2, 3$ — изотопич. индекс).

А. т. A_μ^α удовлетворяет условию частичного сохранения (см. Аксиального тока частичное сохранение). В амплитуды слабых процессов матричный элемент А. т. входит, как правило, в сумме с матричным элементом векторного тока.

А. т. называют иногда не выражение (*), а матричный элемент тока для к.-л. перехода (чаще всего матричные элементы переходов $p \leftrightarrow r$, к-рые исторически впервые рассматривались при феноменологич. описании β -распада).

Лит.: Окунь Л. Б., Лептоны и кварки, М., 1981, гл. 2, 4. В. И. Захаров.

АКСИОМАТИЧЕСКАЯ КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ (АКТП) — квантовая теория поля (КТП), построенная по образцу аксиоматич. теории, т. е. таким образом, чтобы все её результаты выступали как строгие следствия единой системы фундам. физ. предположений — аксиом.

Возможность представления КТП в такой форме требует определ. условий. В отличие от аксиоматич. теорий в математике, физ. теория не может сразу строиться в виде аксиоматич. формализма. Если в математике система объектов и система аксиом для них прямо берутся в качестве исходных данных теории, то в физике исходят из определ. запаса эксперим. фактов и нек-рой совокупности закономерностей, отмеченных в этих фактах. Неизбежным образом разл. участки изучаемой области явлений (релятивистских явлений в микромире в случае КТП) сначала описываются разл. теоретич. схемами, к-рые часто не вполне согласуются между собой и, кроме того, как правило, являются лишь приближёнными, а не точными. На таком этапе физ. теория ещё не подготовлена к представлению в строгой аксиоматич. форме. Лишь когда надёжно установлены главные закономерности, управляющие данной областью явлений, выяснена степень их общности и точные закономерности отделены от приближённых, становится целесообразным выразить их в виде системы фундам. аксиом и представить осн. результаты теории как строгие следствия из этой системы аксиом. Т. о., «если в математике мы аксиоматизируем, чтобы понять, то в физике нам нужно сначала понять, чтобы аксиоматизировать» (Ю. Вигнер).

Эти особенности аксиоматич. метода в физике отразились и в формировании АКТП. Оно происходило в сер. 1950-х гг., когда после создания теории перенормировок возникли надежды на последовательность квантовополевого описания хотя бы на уровне теории возмущений, и шло одноврем. в неск. направлениях. В каждом из них построение аксиоматич. схемы включает в себя те же осн. этапы. Сначала выбираются исходные физ. объекты, в терминах к-рых и идёт дальнейшее развитие теории. Затем находится (а иногда и строится заново) матем. аппарат, пригодный для описания объектов. Последние два этапа — формулировка системы аксиом и вывод следствий из них.

Физ. содержание, вносимое в теорию её аксиомами, практически одинаково для всех направлений АКТП.

По существу системы аксиом — это одни и те же строго сформулир. предположения, из к-рых исходит традиционная КТП. Прежде всего сюда входит аксиома релятивистской инвариантности: в соответствии с принципом относительности Эйнштейна, все физ. законы не должны зависеть от выбора начала отсчёта, направления осей координат и времени и от равномерного прямолинейного (поступательного) движения системы отсчёта. Аксиома локальности (причинности) требует, чтобы к.-л. событие, происшедшее в физ. системе, могло повлиять на поведение системы лишь в моменты времени, следующие за этим событием. Наконец, аксиома спектральности утверждает, что энергии всех допустимых состояний физ. системы (её спектр энергий) должны быть положительны. Эта аксиома отражает фундам. факт положительности масс частиц, подтверждаемый всей физ. практикой. В конкретных вариантах к этим фундаментальным принципам добавляют также в качестве аксиом дополнительные требования, прежде всего положительность нормы векторов, представляющих физические состояния. Отличия между разными вариантами АКТП определяются выбором исходных физических величин. Возможности этого выбора весьма разнообразны, однако можно выделить три основных варианта, к-рым сводятся все остальные.

В аксиоматич. подходе Боголюбова (предложен в 1955 Н. Н. Боголюбовым) в качестве осн. физ. объекта выбрана матрица рассеяния, состоящая из набора величин (амплитуд процессов), определяющих вероятности всех возможных переходов системы из состояний до начала взаимодействия в состояния после его окончания (такие состояния наз. асимптотическими).

В аксиоматич. подходе Уайтмена [предложен в 1956 А. С. Уайтменом (А. S. Wightman)] исходным физ. объектом служит взаимодействующее квантованное поле (поле, описывающее взаимодействие). В принципе это — ненаблюдаемая величина, являющаяся обобщением развитой ещё при рождении КТП концепции квантованного поля свободных частиц.

В алгебраич. подходе [развит в 1957—64 Р. Хаагом (R. Haag), Х. Араки (H. Araki), Д. Кастлером (D. Kastler)] фундам. объектом является совокупность всех наблюдаемых — набор всех физ. величин, к-рые могут быть непосредственно измерены в эксперименте (или последовательности экспериментов). Алгебраич. подход — наиболее широкий и общий из всех направлений АКТП, поскольку в нём не налагается никаких ограничений на то, какими физ. характеристиками может обладать описываемая система (тем самым в форме теории локальных наблюдаемых может быть представлена, вообще говоря, любая физ. теория, как квантовая, так и классическая). Аксиомы Хаага — Араки формулируются для совокупности локальных наблюдаемых, к-рые можно определить с помощью измерений в фиксир. огранич. области пространства-времени. Для элементов такой совокупности можно ввести алгебраич. операции сложения, умножения и умножения на число, в связи с чем её называют алгеброй локальных наблюдаемых или локальной алгеброй (данной области пространства-времени). Концепция локальных наблюдаемых и правила действий с ними фактически обобщают формализм операторов обычной квантовой механики и вполне естественны для квантовой физики. Алгебраич. подход эффективен при изучении наиб. общих свойств КТП. Так, в его рамках дано простое и компактное описание свойств причинности в релятивистской квантовой теории, найдены строгие критерии эквивалентности физ. теорий и выяснено, при каких дополнит. условиях теория локальных наблюдаемых включает в себя квантованные поля.