ным в процессе столкновения или распада частиц. Такой механизм Р. п. наз. также **конверсией фотона**. Если энергия фотона (реального или виртуального) очень велика, то он может породить любую пару частица — античастица, напр. мюонов $\mu^+\mu^-$.

Если при эл.-магн. переходе в ядре образование реального фотона запрещено законом сохранения полного момента, то такой переход происходит только за счёт процесса *конверсии внутренней* γ-кванта или (при достаточно большой энергии) за счёт конверсии γ-кванта в электрон-позитронную пару (парная конверсия).

В столкновениях частиц высоких энергий наблюдается также рождение мюонных пар. В адронных столкновениях Р. п. $\mu^+\mu^-$ связывают с эл.-магн. аннигиляцией *кварков* и антикварков, входящих в состав *адронов*, или с процессами конверсии фотонов тормозного излучения, образованных при столкновениях кварков с кварками или *глюонами*. Поэтому процессы Р. п. $\mu^+\mu^-$ и e^+e^- с большими поперечными (по отношению к оси соударения) импульсами анализируют в рамках *квантовой хромодинамики* и кварк-партонной модели (см. *Партоны*). В Р. п. $\mu^+\mu^-$ с малыми поперечными импульсами важную роль могут играть эл.-магн. распады адронов (напр., $\eta \to \gamma + \mu^+ + \mu^-$, $\omega \to \pi^0 + \mu^+ + \mu^-$).

Изучение процессов Р. п. (конверсии) в эл.-магн. распадах адронов позволяет получить информацию об эл.-магн. *формфакторах* адронов. Процессы Р. п. новых тяжёлых частиц — c- и b-кварков или *тау-лептонов* и их последующие лептонные распады являются источником пар т. н. прямых лептонов в адронных столкновениях.

В общем случае любой процесс образования пары частиц с противоположными лептонными или барионными зарядами можно рассматривать как процесс Р. п. лептонов или кварков, напр. $e\tilde{\nu}_e$, $u\tilde{d}$.

Лит.: Тинг С., Открытие j-частицы, пер. с англ., «УФН», 1978, т. 125, в. 2, с. 227.

R-ОПЕРА́ЦИЯ в квантовой теории поля — матем. процедура, применяемая к коэффициентным ф-циям (см. *Операторное разложение*, *Производящий функционал*) матричных элементов *матрицы рассеяния* с целью устранения из них *ультрафиолетовых расходимостей*.

В простых случаях процедуру *перенормировок* удобно и наглядно проводить с помощью *контрчленов*. Однако для коэффициентных ф-ций высших порядков, отвечающих *Фейнмана диаграммам* сложной топологии, напр. содержащим т. н. перекрывающиеся расходимости, операция вычитания расходимостей требует чёткой и однозначной формулировки. Такая формализация в импульсном представлении была получена в сер. 1950-х гг. Н. Н. Боголюбовым и О. С. Парасюком в виде теоремы о перенормировках (см. *Боголюбова — Парасюка теорема*). Рецептурная часть этой теоремы, известная под назв. R-О. Боголюбова, устанавливает относительно простое правило получения конечного, т. е. не содержащего УФ-расходимостей, выражения для коэффициентной ф-ции T, соответствующей произвольной диаграмме G (обобщённому узлу) данного порядка теории возмущений.

Теорема о перенормировках утверждает, что конечная коэффициентная ф-ция T'_n, отвечающая данной связной диаграмме n-го порядка G, может быть получена из первонач. выражения T_n применением операции

$$R(G)=1+\sum_{2\leqslant m\leqslant n-1}\Delta(G_1)\ldots\Delta(G_m)+\Delta(G),$$

причём сумма берётся по всем возможным разбиениям совокупности элементарных вершин $x_1, \ldots, x_n$ (и соединяющих их линий) диаграммы G на поддиаграммы (обобщённые узлы) G_i:

$$G=G_1 * G_2 * \ldots * G_m$$

($*$ — топологич. произведение). Операция Δ определяется следующим образом: для несвязных и слабосвязных (т. н. одночастично приводимых) диаграмм, а также сходящихся диаграмм $\Delta(G) = 0$. Если к.-л. из поддиаграмм G_i совпадает с элементарной вершиной x_i, то $\Delta(G_i) = 1$. Для слабосвязных расходящихся диаграмм

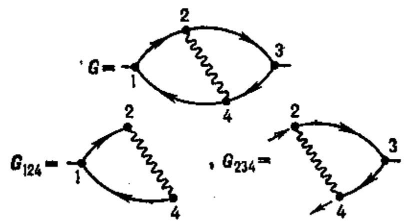
$$\Delta(G)=-M(G)\sum_m\Delta(G_1)\ldots\Delta(G_m),$$

где символ M отвечает операции вычитания из исходного выражения $f(k)$ его $\omega(G)+1$ первых членов разложения в ряд Лорана (или Тейлора) $\{f(k)\}_\omega$ по внешней импульсной переменной k:

$$M(G)\,f(k) = \{f(k)\}_\omega,$$

причём степень ряда $\omega(G)$ равна степени расходимости импульсного фейнмановского интеграла, отвечающего диаграмме G.

Для иллюстрации рассмотрим диаграмму 4-го порядка (рис.), описывающую один из двухпетлевых вкладов



в *поляризацию вакуума* в квантовой электродинамике. Эта диаграмма $G = G_{1234}$ содержит две логарифмически расходящиеся поддиаграммы G_{124} и G_{234}, так что $\omega_{124} = \omega_{234} = 0$. Диаграмма G в целом расходится квадратично $\omega(G) = 2$. Поэтому в данном случае

$$R(G) = [1 - M(G)]\,(1 + \Delta_{124} + \Delta_{234}) =$$

$$= [1 - M(G)]\,(1 - M_{124} - M_{234}).$$

Операторы M_{124} и M_{234} вычитают логарифмич. расходимости поддиаграмм G_{124} и G_{234}. Оператор $M(G)$ вычитает квадратичную расходимость диаграммы G в целом.

Как видно, при формулировке R-О. используются в основном топологич. понятия, а устранение расходимостей выполняется путём вычитания из первонач. формального выражения конечных отрезков рядов Тейлора по внешним импульсным переменным. Поэтому R-О. можно рассматривать как операцию вычитания расходимостей, к-рую можно реализовать без использования вспомогат. регуляризаций и употребления контрчленов. Такой взгляд отвечает подходу к УФ-расходимостям, основанному на переопределении произведения пропагаторов, рассматриваемых как обобщённые ф-ции в окрестности световых конусов.

Лит.: Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В., Введение в теорию квантованных полей, 4 изд., М., 1984, § 29, 30; Завьялов О. И., Перенормированные диаграммы Фейнмана, М., 1979, гл. 2.

Д. В. Ширков.

РОСТ КРИСТА́ЛЛОВ — см. *Кристаллизация*.

РОСЫ ТО́ЧКА — темп-ра (τ), до к-рой должен охладиться воздух, чтобы находящийся в нём водяной пар достиг состояния насыщения (при данной *влажности воздуха* и неизменном давлении; рис.). При достижении Р. т. в воздухе или на предметах, с к-рыми он соприкасается, начинается конденсация водяного пара. Р. т. может быть вычислена по значениям темп-ры и влажности воздуха или определена непосредственно конденсац. гигрометром. При относит. влажности воздуха 100% ($r = 1$) Р. т. совпадает с темп-рой воздуха (r определя-