

XIX Международная конференция по физике высоких энергий

Конференции такого рода (их часто называют также «рочестерскими») собираются раз в два года и по традиции являются наиболее представительными форумами для обсуждения физики элементарных частиц. Традиция не была изменена и на этот раз: присутствовало около 950 физиков, представляющих крупнейшие лаборатории мира. Ко времени начала конференции (август 1978 г.) были завершены важные эксперименты. Новостью в организационном отношении было место проведения конференции: если раньше они проходили поочередно в СССР, США и Западной Европе, то теперь она была проведена в Японии.

Развитие, имевшее место в физике элементарных частиц за последние годы, было подытожено на секционных (первые три дня работы) и пленарных (вторые 3 дня) заседаниях. В связи с большим объемом материала, представленного на конференцию, основное внимание было уделено обзорным докладам. Только часть времени на секционных заседаниях отводилась для оригинальных сообщений о наиболее крупных работах.

Последние несколько лет были важными в развитии физики элементарных частиц. Пожалуй, впервые можно сказать, что мы знаем лагранжиан взаимодействия, ответственный за все богатство явлений, наблюдаемых при доступной для эксперимента энергии нынешних ускорителей частиц (несколько десятков ГэВ в системе центра инерции). Это не означает, конечно, что каждое явление может быть описано в деталях, поскольку в большинстве случаев нет строгой расчетной схемы, позволяющей превратить знание об элементарных взаимодействиях в предсказания для наблюдаемых величин. Но случаи, поддающиеся расчету, также не редки, и они наряду с некоторыми качественными следствиями дают уверенность в правильности общей картины. Современная таблица элементарных частиц выглядит следующим образом:

Лептоны: (e, ν_e) , (μ, ν_μ) , (τ, ν_τ)
 Векторные бозоны: γ (фотон) W^\pm , Z^0 (промежуточные бозоны)

Скалярные бозоны: H (частицы Хиггса)

Кварки: u, d, s, c, b, t (?)

Глюоны: G^a_β (восемь векторных частиц)

Гравитон: g

Большинство частиц здесь, видимо, знакомо читателю, остановимся на недавнем «пополнении».

Ко времени конференции в Токио получены данные, полностью доказывающие существование новой пары лептонов: заряженного τ и соответствующего нейтрино ν_τ . Масса заряженного лептона

$$m(\tau) = (1782 \pm 3) \text{ МэВ},$$

масса нейтрального (нейтрино)

$$m(\nu_\tau) < 250 \text{ МэВ}.$$

Ожидается, что $m(\nu_\tau) = 0$.

Первые сведения о τ -лептоне получены в США (SLAC), наиболее детально его свойства исследованы в ФЭТ (DESY). К настоящему времени известны не только масса и спин (1/2) нового лептона, но и относительная вероятность разных мод его распада. Не входя в детали, отметим, что, по всей видимости, пара (τ, ν_τ) является простым повторением пар (e, ν_e) , (μ, ν_μ) : новый заряженный лептон появляется со своим нейтрино, распадается в результате $V - A$ -взаимодействия. Единственное известное различие в свойствах лептонов сводится к их массе.

Если лептоны наблюдаются непосредственно экспериментально, то этого пока нельзя сказать о промежуточных векторных бозонах W^\pm , Z^0 и скалярных частицах Хиггса. Их масса, видимо, слишком велика, чтобы их можно было наблюдать на имеющихся установках, и сейчас всерьез обсуждается несколько проектов ускорителей, нацеленных на открытие этих частиц.

Хотя W , Z , H не наблюдались экспериментально, можно рассчитывать на их открытие в будущем (в особенности это относится к W^\pm , Z^0). Такая уверенность связана с успехами теории Вайнберга — Салама, которая исходит из их существования и получила решающее подтверждение в опытах последних лет. Как известно, эта теория объединяет электромагнитные и слабые взаимодействия. Объединение следует понимать в том смысле, что константа связи в лагранжиане одинакова для слабых и электромагнитных взаимодействий. Наблюдаемая на опыте при низкой энергии разность в скорости реакции, вызванной слабыми и электромагнитными взаимодействиями, связана с тем, что частицы, обуславливающие слабое взаимодействие — промежуточные бозоны — массивны, а фотон безмассовый. Поскольку константа связи электромагнитных и слабых взаимодействий мала, то не представляет труда, зная затратный лагранжиан, вычислить сечения процессов с участием фотонов.

Модель Вайнберга — Салама содержит один параметр, так называемый угол Вайнберга, который следует определить из опыта. Критичными для проверки теории являются процессы типа

$$\nu_\mu N \rightarrow \nu_\mu N, \nu_\mu N \rightarrow \nu_\mu X, \nu_\mu e \rightarrow \nu_\mu e,$$

т. е. процессы, вызванные слабыми нейтральными токами (здесь X означает произвольное состояние, ν_μ — мюонное нейтрино). Как следует из материалов конференции, все эти процессы действительно описываются одним параметром, причем значение угла Вайнберга оказывается равным

$$\sin^2 \theta_W = 0,22 \pm 0,02.$$

Соответствующие предсказания для массы промежуточных бозонов выглядят следующим образом:

$$m(W^\pm) \simeq 75 \text{ ГэВ}, m(Z^0) \simeq 90 \text{ ГэВ}.$$

Единственной (по серьезной) проблемой для теории Вайнберга — Салама до последнего времени были отрицательные результаты опытов по поиску эффектов нарушения четности в eN -взаимодействиях, которые предсказываются теорией. Нарушение четности должно приводить к специфическим явлениям в атомной физике, однако в первых опытах (Оксфорд, Великобритания; Сиэтл, США) их не обнаружили. Однако уже за несколько месяцев до конференции в Токио сотрудники ИЯФ СО АН СССР Л. М. Барков и М. С. Золотарев обнаружили явление вращения плоскости поляризации света лазера при прохождении паров свинца, причем значение наблюдаемого эффекта согласуется с теорией. Косвенным подтверждением этого результата явилось измерение сечения рассеяния поляризованных электронов на водороде и дейтерии. Опыт, выполненный на ускорителе SLAC, подтвердил применимость (совершенно в другой области энергии, чем опыты по атомной физике) теории к eN -взаимодействиям. Поэтому в настоящее время нет сомнений в правильности модели Вайнберга — Салама. Некоторые детали могут, однако, меняться, и для окончательного выяснения структуры

слабых взаимодействий было бы важно, конечно, обнаружить на опыте промежуточные бозоны и частицы Хиггса. Если свойства векторных бозонов можно предсказать достаточно хорошо, то свойства хиггсовских частиц остаются в значительной степени неопределенными.

Обратимся теперь к кварковой части таблицы элементарных частиц. Наиболее важной новостью здесь является наблюдение новых узких мезонов Υ , Υ' :

$$m(\Upsilon) = 9,46 \text{ ГэВ}, \quad \Gamma(\Upsilon \rightarrow e^+e^-) \simeq (1,4 \pm 0,3) \text{ кэВ},$$

$$\Gamma_{\text{tot}}(\Upsilon) < 50 \text{ кэВ}, \quad m(\Upsilon') = 10,01 \text{ ГэВ},$$

$$\Gamma(\Upsilon' \rightarrow e^+e^-) / \Gamma(\Upsilon \rightarrow e^+e^-) \simeq 1/3.$$

Эти мезоны наблюдались в процессах $pN \rightarrow \Upsilon(\Upsilon') X$ и $e^+e^- \rightarrow \Upsilon(\Upsilon')$. Опытам первого типа принадлежит честь открытия явления (группа Ледермана, США), а второго — доказательного и детального исследования свойств новых объектов (DESY). Однозначной интерпретацией новых мезонов является гипотеза о том, что они представляют связанные состояния новых тяжелых кварков заряда $-1/3$:

$$\Upsilon, \Upsilon' \sim (\bar{b}b)$$

(b — начальная буква в слове beautiful, «прекрасный или прелестный» кварк). Для читателя, знакомого с историей открытия J/Ψ -частицы массой 3,1 ГэВ, такая интерпретация не является удивительной. История в известном смысле повторяется. Ожидается, конечно, что вслед за открытием Υ , Υ' последует наблюдение и частиц с новым квантовым числом типа $(\bar{b}u)$, $(\bar{u}b)$, $(\bar{b}d)$, $(\bar{d}b)$... Отметим, кстати, что аналогичные ожидания в случае s -кварка (очарованные частицы) подтвердились. В настоящее время получены детальные сведения о спектроскопии очарованных мезонов и их свойствах. Не перечисляя результатов, скажем, что все они находятся в согласии с теоретическими ожиданиями.

Наконец, в таблице со знаком вопроса упомянут еще один (t)-кварк (от слова top, верхний). Никаких прямых указаний на его существование пока нет. Это ожидаемый партнер b -кварка по дублету в модели Вайнберга — Салама. Пока что трудно сказать, какова масса частиц, содержащих t -кварки, но нет сомнений, что их поиски будут интенсивными на вступающих в действие ускорителях встречных e^+e^- -пучков высокой энергии.

Как кварки, так и глюоны непосредственно не наблюдаемы. Это так называемые «цветные» частицы, которые проявляются только на малых расстояниях, а при попытке их изолировать становятся (скорее всего — бесконечно) тяжелыми. Поэтому уверенность в их реальности принципиально основана только на успехе теоретических расчетов. Соответствующая теория сильных взаимодействий — квантовая хромодинамика — находится в центре внимания многих теоретиков и экспериментаторов. Квантовой хромодинамике было уделено много внимания на конференции. Не все еще понятно. Не решена одна из центральных проблем — почему цветные частицы не наблюдаются в свободном состоянии. Но эти нерешенные вопросы не затрагивают, на наш взгляд, уверенности в реальности их существования.

Мы остановились в основном на успехах теории и эксперимента, что, видимо, отвечает объективному состоянию дел. Читатель мог отметить, однако, некоторые «ядовитые» вопросы, которых мы не касались. В частности, теория не умеет вычислять спектр лептонов и кварков. Таким образом, число элементарных частиц берется теорией пока как данное, но не предсказывается ею, причем это число оказывается довольно большим. Вероятно, существует синтез не только слабого и электромагнитного, но и сильного взаимодействий. При более высокой энергии или на еще меньших расстояниях к ним, возможно, присоединяется гравитационное. Теория такого синтеза пока не известна, хотя делаются попытки ее построить. На эти и другие вопросы предстоит ответить будущим опытам, теориям и конференциям.

ЗАХАРОВ В. И.

Всесоюзный семинар «Электронные (автоматические) методы обогащения полезных ископаемых»

На семинаре, состоявшемся в октябре 1978 г. в Москве, впервые в общесоюзной практике были заслушаны и обсуждены доклады (всего 41) различных институтов, предприятий и ведомств о состоянии и перспективах развития автоматических методов сортировки руд цветных, черных, редких металлов, углей и других твердых полезных ископаемых и проведен обмен научно-техническим и производственным опытом.

Автоматические методы сортировки основаны на использовании различий в физических свойствах отдельных кусков или порций руды. Сортируют их на специальных сепараторах — рудосортировочных автоматах. При этом признаком, по которому разделяются куски, могут быть естественная или искусственная радиоактивность, цвет и люминесценция минералов и пород, их электро- и теплопроводность, магнитная восприимчивость и др. Соответственно этому выделяются различные методы (радиометрический, активационные, абсорбционные, фотометрические, люминес-

центные, кондукто- и магнитометрические, радиоволновые и т. п.).

Автоматические методы открыли новые широкие возможности в решении сложных и разнообразных задач технологии переработки полезных ископаемых. Они с наибольшим эффектом могут применяться к классам крупности от 300 (100) мм до 25 (5) мм. Их использование позволяет еще на начальных стадиях технологических схем выводить в отвал значительное количество хвостов (до 20—35% от исходной руды), а в некоторых случаях выделять и богатые концентраты, не прибегая к дорогостоящему измельчению руд и не расходуя реагентов.

Применение этих методов обеспечивает более высокую эффективность и рентабельность добычи и переработки минерального сырья. Большое внимание на семинаре было уделено состоянию и развитию ядерно-физических методов сортировки руд, основанных на применении различных источников ионизирующих