

приборах и высокоориентированных ZnO-пленок для акустико-электронных приборов. П. Вебер (ГДР) обрабатывал поверхность Nb-плазменным разрядом. Сверхпроводящие свойства зависят от окисной пленки на поверхности. Для устранения этого явления была предложена обработка поверхности сверхпроводника в плазменном разряде смеси аргона и углекислого газа. В этих условиях образуется диффузионный барьерный слой, сохраняющий сверхпроводящие свойства материала. В технологии изготовления наиболее распространение получают многокомпонентные пленки с особыми физическими и техническими свойствами, что дает возможность заменить драгоценные металлы (золото, серебро) обычными. Была показана уста-

новка для получения сложных многослойных покрытий в составе Cu—Cr—Ni, позволяющая экономить 1 т серебра в год. В напылительной технике предпочтение отдается мощным электродуговым и плазменным установкам низкого давления ($1,33-1,33 \cdot 10^{-2}$ Па) с автоматическим контролем процесса комбинированного напыления. Производительность таких установок достигает $1 \cdot 10^6$ м² пленочных покрытий в год.

Национальные вакуумные конференции, проводимые в ГДР каждые три года, становятся представительными встречами специалистов различных стран по обмену научно-технической информацией.

МАСЛЕННИКОВ Е. А.

16-я Морионская встреча по физике элементарных частиц

С 15 по 21 марта 1981 г. в Лез-Арке (Франция) в рамках 16-й Морионской встречи проходила сессия «Пертурбативная КХД и электрослабые взаимодействия». В ней участвовали около 100 специалистов из 10 стран, в основном США, Франции, ФРГ. Большую часть программы (всего было сделано около 50 докладов) составили экспериментальные сообщения о последних результатах главных научных центров Европы и США (CERN, DESY, SLAC, FNAL, BNL). Среди тем выступлений — e^+e^- -физика (трехструйные события, проверка квантовой электродинамики, ограничения на параметры слабых взаимодействий), свойства Γ , B -мезонов и τ -лептона, νN - и μN -рассеяние (полные сечения, структурные функции, многолептонные события), поиск осциллирующей нейтрино и др.

Содержанием большей части работ являлась проверка «стандартной» картины, включающей модель Вайнберга — Салама — Глэшоу и квантовую хромодинамику (КХД). Соответственно в центре внимания были основные параметры этих моделей: $\sin^2\theta_W$ (θ_W — угол Вайнберга) и Λ , определяющий поведение сильной константы $\alpha_s(Q^2)$. Анализ полных сечений $\sigma(s)$ и угловых распределений $d\sigma/d\Omega$ реакций $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$, $\rightarrow \mu^+\mu^-$, $\rightarrow \tau^+\tau^-$, $\rightarrow \gamma\gamma$ позволяет получить ограничения на Λ_{\pm} -импульсы, при которых могла бы нарушаться квантовая электродинамика (доклад М. Пола, DESY). Наиболее сильные из них $\Lambda_{\pm}^u \approx 194$ ГэВ (группа MARK-J) и $\Lambda_{\pm}^e \approx 234$ ГэВ (PLUTO) означают отсутствие структуры у лептонов и справедливость квантовой электродинамики до расстояния 10^{-16} см. При энергии 30 — 35 ГэВ в системе центра инерции должны становиться заметными эффекты слабых взаимодействий. Для обусловленной ими асимметрии назад-вперед в реакции $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ модель Вайнберга — Салама — Глэшоу предсказывает $A_{\text{им}} = -6,7\%$, усредненное по результатам разных групп экспериментальное значение $\langle A_{\text{им}} \rangle = -2,8 \pm 3,4\%$. Данные TASSO $A_{\text{им}} = -6 \pm 8\%$ соответствуют с 68% CL $\sin^2\theta_W = 0,13 \pm 0,35$. Более строгие ограничения получены при вычислении вклада слабых взаимодействий в отношение $R \equiv \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны}) / \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$: $\sin^2\theta_W = 0,22 \pm 0,08$ (А. Вагнер, DESY).

В согласии со стандартной картиной находятся новые данные SLAC по τ -лепτονу (имеются в виду распады $\tau \rightarrow \rho\nu_{\tau}$, $K^*\nu_{\tau}$, $\rho\nu_{\tau}$ и др.) (Д. Дорфан, США). По верхней границе энергетического π -спектра в распаде $\tau \rightarrow \pi\nu_{\tau}$ получен предел для массы ν_{τ} : $m < 245$ МэВ с 95% CL. Большая статистика (59 тыс. событий) позволяет поставить более строгие на уровне 0,05% с 90% CL ограничения на распады τ -лептона с несохранением лептонных чисел $\tau \rightarrow e\nu$, $\tau \rightarrow eee$ и др. Это свидетельствует в пользу того, что третья генерация частиц, включающая кроме τ и ν_{τ} также b - и t -кварки, аналогична двум первым.

Продолжается изучение свойств мезонов, содержащих b -кварк, на e^+e^- -кольцах CESR (США). Наиболее интересны здесь результаты полуплептонных распадов B -мезонов,

рождаемых в распаде Γ^{*0} : $BR(B \rightarrow e\nu X) = 15 \pm 4\%$ (Е. Райс), что согласуется с измеренными ранее $BR(B \rightarrow e\nu X) = 13 \pm 4\%$ и $BR(B \rightarrow \mu\nu X) = 9,4 \pm 3,6\%$ (Д. Эндрюс). Наряду с ограничениями на двухлептонную моду $BR(B \rightarrow l\bar{l}X) < 1,3\%$ (CLEO) эти результаты свидетельствуют, что B -кварк также вписывается в стандартную картину, являясь аналогом d - и s -кварков в третьей генерации.

Информация о сечении рождения Γ -мезона в μN -рассеянии может быть получена по трехмюонным событиям: $\mu^+N \rightarrow \mu^+\mu^+\mu^-X$. Оценивая их число в области инвариантной массы пары $\mu^+\mu^- \sim 10$ ГэВ, группа ВРР (сообщение С. Лоукена, США) нашла $\sigma(\mu N \rightarrow \mu\Gamma X) BR(\Gamma \rightarrow \mu^+\mu^-) < 22 \cdot 10^{-39}$ см² и, принимая $BR(\Gamma \rightarrow \mu^+\mu^-) \sim 3,1\%$, $\sigma(\mu N \rightarrow \mu\Gamma X) < 7,9 \cdot 10^{-37}$ см² с 90% CL. Интерпретация трехмюонных событий с «неправильными» знаками зарядов ($\mu^+N \rightarrow \mu^+\mu^+\mu^+X$), зарегистрированных группой ЕМС (доклад К. Беста, Великобритания) как каскадных распадов B -мезона $\mu^+N \rightarrow \mu^+B\bar{B}X$, $\bar{B} \rightarrow \mu^+\nu X$, $B \rightarrow XD \rightarrow \mu^+X$, дает оценку сечения рождения $B\bar{B}$: $\sigma(\mu N \rightarrow \mu^+B\bar{B}X) = (5 \pm 3) \cdot 10^{-36}$ см² ($E_{\mu} \approx 250$ ГэВ).

Подтверждением КХД являются наблюдение трехструйных событий, доказательство того, что спин глюона равен 1. (С. Ллойд, Великобритания), измерение таких характеристик аннигиляции $e^+e^- \rightarrow$ адроны, как рост средней множественности заряженных частиц $\langle n_{ch} \rangle$, распределение по P_{\perp} , угловая корреляция энергия — энергия (Х.У. Мартин, ФРГ). Динамика сильных взаимодействий на большом расстоянии может быть прослежена во фрагментации кварков и глюонов в адроны. Изучение трехструйных событий показывает, что нет заметной разницы в поведении q - и g -струй в отношении $\langle n_{ch} \rangle$, среднего продольного и поперечного импульсов, а также распределения энергии в струе по направлениям. Различие во фрагментации, видимо, связано с тем, что трехструйные события лучше описываются моделью фрагментации вдоль оси цвет-антивет, чем вдоль партонного направления (Б. Нароска, DESY).

Проблемой остается значение R в e^+e^- -аннигиляции. В согласии с предыдущими измерениями находится результат CRYSTAL BALL-эксперимента (Е. Блюм, SPEAR, США): $R^{\text{экс}} \approx 3,6$ систематически больше четырех в интервале $s = 20-50$ ГэВ² и соответственно больше предсказания КХД с учетом двух порядков теории возмущений $R^{\text{теор}} \approx 3,6$ (неопределенность в $R^{\text{теор}} \leq 5\%$). Пока не ясно, является ли это расхождение результатом систематических ошибок, или за ним стоит новый физический эффект, например, рождение заряженных хиггсовских бозонов. Фундаментальной проверкой КХД является сравнение значений параметра Λ , найденных из разных экспериментов. Особый интерес к Λ обусловлен сейчас тем, что его значение определяет предсказания времени жизни прото-

на $\tau_p \sim \Lambda^4$. В докладе Х. Вала (США) содержится новый анализ структурных функций нуклонов в νN -рассеянии. Данные GGM с учетом второго порядка по КХД и эффектов высших твистов приводят к $\Lambda_{\overline{MS}} = 0,15^{+0,12}_{-0,09}$. Аналогичный анализ результатов CDHS дает $\Lambda_{\overline{MS}} = 0,21^{+0,08}_{-0,07}$ ГэВ. Поведение структурных функций, найденных группой HPWFOR (США), согласуется с измеренным CDHS. Таким образом, параметр Λ , найденный из нейтринных данных, уменьшился по сравнению с предыдущими оценками: $\Lambda = 0,3$ (1980) $\rightarrow 0,2$ (1981) и находится в грубом согласии с результатом $\Lambda \sim 0,1$ высокоэнергичного μN -рассеяния. В то же время на сессии отмечалось, что заметно большие значения Λ не исключены. $\Lambda_{\overline{MS}} \simeq 0,4$ ГэВ, по мнению Р. Робертса (Великобритания), может быть согласована с данными о глубоконеупругом рассеянии, распадам ϕ и Γ , $e^+e^- \rightarrow$ три струи, эксклюзивным реакциям.

Неожиданно большими оказались сечения реакций $\nu_\mu (\bar{\nu}_\mu) N \rightarrow \mu^- (\mu^+) x$, измеренные группой CFRR (Т. Кондо, FNAL): $\sigma^{\nu}/E = 0,729 \pm 0,036$ и $\bar{\sigma}^{\nu}/E = 0,376$ (в единицах 10^{-38} см²/ГэВ) в области энергии 30—300 ГэВ. По отношению к данным CDHS: CFRR/CDHS = 1,16 для ν и 1,24 для $\bar{\nu}$, аналогичные отношения к результатам CHARM: 1,21 и 1,27. Кроме того, сравнение зависимостей σ/E от E у CFRR и CDHS (последняя установка расположена на 600 м ближе к распадному каналу, чем CFRR) дает картину, которая могла бы соответствовать осцилляциям $\nu_\mu \rightarrow \nu_x$ с $\delta m^2 = 380$ эВ² и $\sin^2 2\theta = 0,2$. Впрочем, необходим дальнейший анализ результатов, такая интерпретация, по мнению авторов, представляется маловероятной.

Эксперименты с солнечными нейтрино, сравнительный анализ e^+ -спектров от реакторных $\bar{\nu}_e (\bar{\nu}_{ep} \rightarrow e^+n)$ на разном расстоянии (6,7, 8,7 и 11,2 м), а также подвергаемые критике измерения отношения $\sigma(\nu_d \rightarrow e^+nn)/\sigma(\bar{\nu}_{ed} \rightarrow \bar{\nu}_{ep}n)$ Райнесом и др., являются сейчас единственными указаниями на осцилляции. Остальные эксперименты дают лишь ограничения на осцилляционные параметры. Так, отсутствие ослабления потока мюонов, рожденных нейтрино, пришедшими из нижней полусферы Земли, по сравнению с расчетным позволяет поставить предел для разности квадратов массы $\delta^2 m < 4 \cdot 10^{-3}$ эВ² при максимальном смешивании $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ (Баксанская нейтринная обсерватория, ИЯИ АН СССР). В докладе Л. Джонеса (США) перечисляются находящиеся в стадии подготовки эксперименты, в которых предполагается искать осцилляции. Среди них эксперимент IBM по нестабильности нуклона, эксперимент Дэвиса (BNL), где в качестве источника нейтрино будет использован ⁶⁵Zn (⁶¹Cr) и в качестве мишени ³⁷Cl (⁷¹Ga), новые эксперименты на мезонной фабрике в Лос-Аламосе, эксперимент в BNL с нейтрино низкой энергии ($E \simeq 150$ МэВ) и осцилляционной длиной $L \simeq 110$ м, эксперимент группы MOWWF во FNAL с ν_e и $\bar{\nu}$ в интервале энергии 20—200 ГэВ и $L \sim 60$ м.

Наиболее важным осцилляционным экспериментом является измерение потоков нейтрино от одного и того же источника на разном расстоянии. Проект такого эксперимента в Гребле (BUGEY) представил Д. Н. Коанг (Фран-

ция). Предполагается использовать реактор мощностью 2800 МВт (57 МВт в старом эксперименте) и два детектора на расстоянии 13,5 и 18 м. Начало физических измерений намечено на июль 1981 г.

Х. Файсснер (ФРГ) сообщил об обнаружении легкой проникающей частицы, распадающейся на два γ -кванта. Эксперимент проводился в SIN (Швейцария) на установке, которая использовалась для поиска распада аксиона $a^0 \rightarrow e^+e^-$. Результат: 19 событий — три или четыре следа в искровых камерах от конверсии двух γ -квантов в e^+e^- пары под малым углом γ -квантов относительно направления на beam dump: $\alpha < (7^\circ)$. События характеризуются равенством средней энергии γ -квантов. Приписывая оставшиеся после вычитания фона 15 ± 5 событий распаду аксиона, можно оценить в наиболее простой модели его массу и время жизни $m \sim 300$ кэВ, $\tau \sim 10^{-3}$ с. Действительно ли это аксион, открытие которого означало бы решение проблемы P - и CP -нарушений в КХД и доказывало бы существование класса хиггсовских частиц? Вопрос состоит, видимо, и в правильности интерпретации данных SIN, и в возможности их согласования уже имеющимися отрицательными результатами поиска аксиона.

Дальнейшее развитие теории частиц связывается прежде всего с идеей большого объединения. Новым и, возможно, единственно проверяемым следствием последнего, является нестабильность нуклона. Кроме известных ограничений на время жизни протона $\tau < 2 \cdot 10^{30}$ лет (CWI) и $\tau < 3 \cdot 10^{30}$ лет (KGF, Пенсильвания) в обзоре Д. Элліса (CERN) сообщалось о двух событиях — двух треках с изломами, зарегистрированных установкой КГФ (Индия). Их интерпретация не ясна, хотя не исключается, что лучи треков соответствуют e , π или μ , угол между лучами ($\sim 143^\circ$) обусловлен фермиевским движением нуклонов, а все событие является распадом $n \rightarrow e^+\pi^-$. При этом получается оценка $\tau_p = (2 - 4) \cdot 10^{30}$ лет. Из теоретических оценок наиболее интересно предсказание τ_p в «минимальной» SU_5 -модели. Для массы лентокварковых бозонов Д. Элліс приводит $M_X \simeq (1 - 2) \cdot 10^{15}$ $\Lambda_{\overline{MS}}$ и для $\tau_p = 8 \cdot 10^{30 \pm 2}$ лет с центральным значением, соответствующим $\Lambda_{\overline{MS}} \simeq 0,4$ ГэВ. В согласии с этим новые расчеты К. Ллевеллин-Смита: $M_X = 6,6^{+6,4}_{-6,2}$ ГэВ ($\Lambda = 0,05 \div 1$ ГэВ и $\tau_p = 1,6 \cdot 10^{30}$ лет с неопределенностью 0 (4) при $M_X = 4,4 \cdot 10^{14}$ ГэВ. Отсюда следует, что если малые значения Λ ($\sim 0,1$ ГэВ), полученные из νN - и μN -рассеяния в дальнейшем подтверждаются, то минимальная SU_5 -модель окажется на грани противоречия с уже имеющимися ограничениями на τ_p и потребует переход к более сложным схемам (введение новых хиггсовских мультиплетов, SO_{10} -схемы с промежуточным масштабом нарушения и т. п.).

Интересным выходом за рамки стандартной картины является привлечение идей техницвета и суперсимметрии. Обнаружение новых частиц, предсказываемых этими теориями, находится в пределах возможностей ведущихся и тем более находящихся в стадии подготовки (УНГ, LEP, $p\bar{p}$ -встречные пучки CERN и др.) экспериментов (доклад П. Файе, Франция и П. Сикивие, CERN).

СМИРНОВ А. Ю.