

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

В июле 1959 г. в Киеве проходила IX Международная конференция по физике высоких энергий.

В конференции приняли участие около 150 делегатов от демократических стран и столько же делегатов от других стран.

До 1956 г. такого рода конференции происходили ежегодно весной в Рочестере (США). Однако в связи с большим развитием, которое получила физика больших энергий в Советском Союзе и в новом центре в Женеве (CERN), такие конференции собирались в Москве (1955, 1956 гг.) и Женеве (1956 г.).

Для того чтобы улучшить обмен информацией и привлечь к дискуссии большее количество физиков, Союз чистой и прикладной физики (УРАР) предложил сделать такие конференции международными и проводить их альтернативно в трех странах. Это предложение было поддержано большинством физиков, и очередная конференция в 1958 г. была созвана в Женеве, а местом конференции в 1959 году был выбран Киев.

Традиционной задачей таких конференций являлось подведение годового итога по экспериментальным и теоретическим исследованиям в области физики высоких энергий.

Обсуждение представленных работ на настоящей (как и на прошлой) конференции происходило за несколько дней до официального открытия конференции на секционных заседаниях, которые проводились так называемыми рапортерами и учеными секретарями. В результате этих обсуждений рапортер вместе со своими учеными секретарями составляли обзорный доклад по отдельным темам, в котором подводился итог исследований за год. Эти доклады гручались участникам конференции на двух языках (русском и английском) перед началом соответствующего пленарного заседания. На этом заседании рапортер выступал, как правило, лишь с кратким резюме своего доклада и тем самым открывал дискуссию.

Такой новый метод работы был впервые испробован в конференции 1958 года. Он был вызван тем, что на последних конференциях по физике высоких энергий, как, впрочем, и на большинстве других конференций, количество докладов возросло настолько, что их зачитание превращалось в простую формальность и исчезла возможность реальной дискуссии.

Несомненно, этот метод поднимает научный уровень дискуссии и позволяет очень быстро опубликовать отчет о конференции.

Выбор в качестве рапортеров и ученых секретарей активно работающих физиков, которые являются крупными специалистами по данному разделу, обеспечил успех конференции.

На пленарных заседаниях председательствовали ведущие физики из различных стран: Д. И. Б л о х и ц е в (СССР), В а н Г а н - ч а п (КНР), В. В о т р у б а (Чехословацкая республика), В. Г е й з е н б е р г (ФРГ), М. Г о л ь д х а б е р (США), Р. П е й е р л с (Англия), И. Е. Т а м м (СССР), Р. У и л с о н (США), Х. Ю к а в а (Япония).

В работе конференции приняли участие лауреаты Нобелевской премии: В. Г е й з е н б е р г, Е. М а к м и л л а н, С. П а у э л л, Э. С е г р е, И. Е. Т а м м, И. А. Ч е р е н к о в, Х. Ю к а в а.

Кроме заслушивания обзорных докладов, во время работы конференции были проведены семинары, на которых более подробно рассматривались отдельные проблемы: теория странных частиц (А. С а л а м), диаграммная техника в теории поля (И. Е. Т а м м), нелинейная теория поля и теория гравитации (Д. Д. И в а н е н к о), работы на электронных ускорителях (В. П а н о в с к и й), нуклон-нуклонные соударения (В. П. Д ж е л е п о в) — пузырьковые камеры (И. В. Ч у в и л о), фотоэмульсионная методика (Г. О к к а л и н и).

Конференция показала, что истекший год принес много новых интересных результатов как в экспериментальной, так и в теоретической физике. Так как подробные

материалы конференции опубликованы, мы ограничимся лишь кратким изложением основных результатов.

Пленарные заседания конференции начались с 20 июля. На первом заседании с обзорным докладом «Фоторождение и комптон-эффект на нуклонах» выступил Г. Бернардини (CERN). Учеными секретарями по данному докладу были А. Балдина и А. Белоусов (Москва).

На конференции 1958 г. были представлены данные о втором максимуме в сечении фоторождения пионов на водороде, свидетельствующие о существовании резонансного взаимодействия в состоянии с изотопическим спином $T=1/2$. В докладе Г. Бернардини основное внимание было уделено, естественно, работам, связанным с этим интереснейшим вопросом. Проанализировав угловое распределение фотопионов, Пайерлс пришел к выводу, что четность нового резонансного состояния противоположна четности первого резонанса, т. е. отрицательна. Для окончательной проверки этого вывода Сакурая предложил произвести измерение поляризации протона отдачи, так как из углового распределения нейтральных фотопионов в действительности нельзя различить варианты резонансных состояний с $T=1/2$, предложенные Вильсоном и Пайерлсом. Измерения поляризации протонов отдачи были проведены в Корнельском университете при энергии фотонов 550, 700 и 900 Мэв под углом 90° в с. ц. м. Найденные поляризации оказались соответственно равными $+0,30 \pm 0,12$, $+0,59 \pm 0,07$ и $+0,09 \pm 0,09$.

Эти результаты говорят в пользу предположения Пайерлса о резонансном состоянии $D_{3/2}$ при $T=1/2$.

Однако проделанный во Фраскати критический анализ показал возможность получения близких к экспериментальным значениям поляризации и в более сложной модели Вильсона.

Для фоторождения положительных пионов максимум второго резонанса несколько смещен в направлении меньших энергий по отношению к максимуму в сечении образования нейтральных пионов. Расчеты, проведенные в Калифорнийском технологическом институте, объясняют этот факт.

Как было отмечено Г. Бернардини, наличие высоких степеней $\cos \theta$ в угловом распределении фотопионов в области энергий 800—1000 Мэв указывает, что конечное состояние пиона при третьем резонансе характеризуется моментом $J \geq 5/2$.

Далее в докладе отмечалось, что в результате новых измерений отношения Пановского (Невис) и повторных измерений отношения сечений фоторождения отрицательных и положительных пионов на дейтерии вблизи порога, проведенных в Москве, Глазго и Беркли, устранено ранее существовавшее противоречие и, следовательно, приходится отказаться от интересного предположения А. Балдина о существовании нейтрального пиона с изотопическим спином 0.

Во Фраскати был выполнен эксперимент по поиску другого нейтрального мезона, так называемого ρ^0 -мезона с изотопическим спином 0 и массой, отличной от массы пиона. В этом опыте исследовались протоны отдачи. Отсутствие протонов отдачи от реакции $\gamma + p \rightarrow p + \rho^0$ позволило оценить верхний предел для дифференциального сечения образования ρ^0 -мезонов равным $5 \cdot 10^{-31}$ см²/стерадиан.

Говоря о фоторождении пионов на дейтерии, Г. Бернардини отметил, что остается неясным, почему отношение сечений отрицательных и положительных пионов уменьшается с энергией до величины, значительно меньшей единицы.

Точные измерения фоторождения нейтральных пионов на водороде вблизи порога были проведены Московской группой. Полученные результаты согласуются с феноменологическим анализом по методу Ватсона.

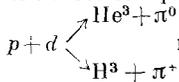
В конце своего доклада Г. Бернардини остановился на работах, посвященных исследованию рассеяния γ -квантов на нуклонах. В этой части доклада отмечались новые экспериментальные и теоретические работы, выполненные в Корнельском университете, Массачусетском технологическом институте, Калифорнийском технологическом институте и Физическом институте им. Лебедева АН СССР. В теоретических работах за счет учета второго возбужденного состояния протона ($T=1/2$; $J=3/2$) удалось получить результаты, согласующиеся с экспериментальными данными. Здесь следует отметить работу Джекоба и Мэтьюза (Калифорнийский технологический институт), в которой удалось получить разумные пределы для времени жизни нейтрального пиона: $3 \cdot 10^{-18}$ сек $< \tau < 10^{-16}$ сек. В этих вычислениях были использованы в основном экспериментальные данные в области энергии 150 Мэв, а также данные Иллинойской группы при 230 и 250 Мэв.

Интересные сведения об электрической и магнитной поляризуемости протонов в γp -рассеянии были получены в Физическом институте им. Лебедева на основе точных измерений дифференциальных сечений в интервале энергий 40—70 Мэв.

Доклад на тему «Рассеяние пионов нуклонами и одиночное рождение пионов нуклон-нуклонных и пион-нуклонных взаимодействий» был сделан Б. Понтекорво (Дубна). Учеными секретарями по данному докладу были А. Мухин, Ю. Прокошкин и Л. Сороко (Дубна).

Первая часть доклада была посвящена обзору новых экспериментальных данных по проверке принципа зарядовой независимости в процессах с участием пионов и нуклонов. Из данных, полученных для процессов рассеяния пионов и для полных сечений образования пионов в нуклон-нуклонных соударениях, следует, что степень возможного отклонения от соотношений зарядовой независимости не превышает погрешностей измерений, составляющих около 10%.

Данные по угловым распределениям нейтральных и заряженных пионов не столь хорошо согласуются с зарядовой независимостью, однако эти расхождения, по мнению докладчика, нельзя считать надежными. Согласующиеся с зарядовой независимостью результаты были получены в Чикаго при исследовании реакций



при энергии протонов 450 Мэв. В исследовании тех же реакций в CERN

при энергии 600 Мэв было обнаружено отступление от гипотезы зарядовой независимости, которое в значительной мере объясняется при учете кулоновского эффекта и поправки на разность масс.

Наиболее обещающий метод проверки принципа зарядовой независимости в процессах с участием пионов и нуклонов, предложенный в Дубне, относится к исследованию запрещенной реакции $d + d \rightarrow \pi^0 + \text{He}^4$. Проведенные в Дубне первые измерения при энергии дейтронов 400 Мэв уже показали, что сечение этой реакции не превышает 10^{-31} см². Имеющиеся возможности повышения точности измерений позволяют в дальнейшем наблюдать сечение, обусловленное электромагнитным взаимодействием. Полученная малая величина сечения указанной реакции говорит также об отсутствии нейтрального пиона с изотопическим спином, равным 0. Этот гипотетический пион был предложен А. Балдиним для объяснения расхождений, возникших прежде в пионной физике низких энергий. Цогун существование этого пиона Б. Понтекорво привел также ряд косвенных соображений.

Поискам ρ^0 -мезона была посвящена работа Дубненской группы. Эти поиски проводились оригинальным методом, использующим эффекты, исследованные в работах Виггера, База и др. В работе производились поиски аномалии в энергетической зависимости сечения рассеяния отрицательных пионов на водороде, которая должна появиться на пороге образования ρ^0 -мезона. В результате было получено, что в области энергий от 140 до 325 Мэв в сечении нет аномалии больше чем 2%.

Далее в докладе Б. Понтекорво отмечался ряд новых работ, выполненных в Чикаго, Дубне и Ливерпуле, по исследованию углового распределения пионов, рассеянных на протонах при различных энергиях. В докладе приводятся результаты фазового анализа πN -рассеяния, проведенного в Дубне для пяти значений энергий в области от 220 до 333 Мэв.

На конференцию были представлены три работы по измерению поляризации протонов отдачи в πp -рассеянии. В исследовании с положительными пионами при энергии около 310 Мэв применялся метод фотоэмульсий (Дубна) и метод сцинтилляционных счетчиков (Беркли). При измерении асимметрии рассеяния протонов отдачи при рассеянии отрицательных пионов с энергией 300 Мэв применялась годоскопическая система счетчиков с импульсным питанием (Дубна).

Поляризационными опытами в $\pi^+ p$ -рассеянии было установлено взаимодействие в D -состояниях ($T = 3/2$). Результаты поляризационного опыта в $\pi^+ p$ -рассеянии увеличивают достоверность ранее выбранного набора фазовых сдвигов при энергии пионов 300 Мэв.

Исходя из ранее обнаруженного второго максимума в сечении фоторождения пионов, Вильсон сделал вывод о том, что в энергетической зависимости полного $\pi^+ p$ -сечения должно быть два пика при энергии около 600 и 900 Мэв, соответствующие резонансным πN -взаимодействиям в состояниях с $T = 1/2$. На настоящую конференцию были представлены опыты, подтверждающие важный вывод о существовании этих резонансов. В работе группы Массачусетского технологического института в области энергий от 0,5 до 1,2 Бэв были измерены полные сечения $\pi^+ p$ - и $\pi^- p$ -взаимодействия. Пики были обнаружены при энергиях несколько больших, чем ожидалось. Резонансные пики были обнаружены также в работе, выполненной в Сакле. Найденные в этой работе резонансные значения энергий соответствуют данным, полученным при исследовании фоторождения пионов.

Касаясь проблемы, поднятой ранее Пуши и Штангелини, Б. Понтекорво отметил, что в настоящее время не существует серьезных расхождений между данными о πN -рассеянии и дисперсионными соотношениями.

По исследованию процессов одиночного образования пионов в нуклон-нуклонных соударениях в докладе Б. Понтекорво отмечались новые работы, выполненные при различных энергиях в Чикаго, Дубне и Бирмингеме. Основные экспериментальные данные согласуются с феноменологической теорией Мандельштама, учитывающей резонансное взаимодействие пиона с нуклоном в состоянии с изотопическим спином $T = 3/2$. Тем не менее теория Мандельштама должна быть усовершенствована, так как

согласно новым экспериментальным данным с ростом энергии становится существенным образование пионов нуклонами в состоянии с $T=0$.

Как было отмечено в докладе, исследование процессов образования пионов пионами на нуклонах находится в начальной стадии. Болонской группой с помощью жидководородной камеры с магнитным полем проведено исследование взаимодействия отрицательных пионов при энергии 960 *Мэв*. В Дубне методом фотоэмульсии изучалась реакция $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ при энергии 290 *Мэв*. Та же реакция изучалась в Беркли электронным методом в области энергий 260—430 *Мэв*.

Данные, полученные в этих исследованиях, удовлетворительно согласуются с предсказаниями «изобарной» модели, учитывающей известный резонанс ($T=3/2$; $J=3/2$). Экспериментальные результаты в настоящее время пытаются интерпретировать также с точки зрения π - π -взаимодействия. Так, большая величина сечения вблизи порога, видимо, связана с прямым взаимодействием пиона с пионом «шубы» нуклона.

Из работ по π -мезонам, которые стали известны на конференции, следует еще отметить обнаружение распадов на две пары $\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + e^-$ (Дубна и Брукхэвен). Кроме того, что этот распад является редким (его вероятность в $\sim a^2 \sim 5 \cdot 10^{-5}$ раза меньше обычного распада $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$), исследование углового распределения продуктов распада позволяет определить абсолютную четность π^0 -мезона. До сих пор экспериментально была измерена лишь четность π^- -мезона (из реакции $\pi^- + d \rightarrow 2n$), а четность π^0 -мезона определялась лишь соображениями зарядовой инвариантности. Штейнбергер показал, что вероятность распада максимальна, когда плоскости, в которых лежат две пары, перпендикулярны друг другу; это отвечает тому, что π^0 — псевдоскалярная частица. [Скалярному π^0 отвечал бы такой распад, когда все 4 частицы вылетали бы в одной плоскости.]

Доклад Э. Сегре (Беркли) «Антинуклоны и их взаимодействия» посвящен работам, в которых изучались свойства антипротонов. По докладу Э. Сегре учеными секретарями были М. Шафранов и В. Шахбазин (Дубна).

Наибольшие успехи в этом году были достигнуты в методических работах по обогащению антипротонных пучков в Беркли. Эти работы дают основу для дальнейшего более детального изучения свойств антипротонов.

Докладчик отметил, что в этом году в основном проводились опыты по уточнению результатов, полученных ранее.

В опытах с фотоэмульсиями Римской группе удалось уточнить совпадение масс протона и антипротона в пределах одного процента.

Была сделана попытка (Беркли) поставить опыты по измерению поляризации антипротонов, рожденных протонами (6 *Бэв*) под углом 5° в лабораторной системе в бериллиевой мишени.

Эти опыты могли дать сведения, касающиеся спина или магнитного момента антипротона. Однако при рассеянии антипротонов на углероде асимметрии обнаружено не было.

Далее Э. Сегре сообщил данные различных групп физиков, работавших над изучением упругого рассеяния антипротонов и их аннигиляции.

В заключение доклада Э. Сегре дал перечень основных проблем, которые наиболее интересны для изучения при работе с антипротонами, и выразил надежду, что увеличение числа лабораторий, занимающихся изучением антипротонов, ускорит эти исследования. При этом докладчик имел в виду сообщение предварительных данных об антипротонном канале в Дубне с импульсом 2,8 *Бэв/с*, которое он включил как дополнение к своему докладу.

После доклада Э. Сегре группа Беркли продемонстрировала очень интересную фотографию случая генерации антипротоном антилямбда-нуль частицы, которую мы приводим на рис. 1.

Эта фотография была получена на семидесятидвухдюймовой водородной камере, которая начала работать в Беркли в антипротонном канале с импульсом 1,8 *Бэв/с*. На этой камере было получено 1000 снимков, которые обрабатываются по специальной программе.

Доклад В. И. Векслера (Дубна) на тему «Нуклон-нуклонные и пион-нуклонные взаимодействия» представляет обзор экспериментальных результатов и сравнения их с теоретическими расчетами, выполненными физиками в последнее время в области энергий 1,5—10 *Бэв*. Учеными секретарями по докладу были Н. Богачев, В. Гришин, М. Подгорецкий (Дубна).

В докладе освещаются результаты работ за последние три года, поскольку на предыдущих двух конференциях эти вопросы не рассматривались сколько-нибудь подробно.

Анализ этих результатов представляет значительный интерес в связи с развитием в последнее время представлений о структуре нуклона.

В докладе проанализированы данные опытов целого ряда групп авторов по изучению упругого и неупругого рассеяния протонов и π -мезонов на нуклонах. Эти опыты проводились в области энергий 1,5—6,2 *Бэв* главным образом в Беркли, а при энер-

гиях 7—10 *Бэв* только в Дубне, поскольку к этому времени в других странах не было пущено ускорителя, на котором можно было бы получить столь высокие энергии.

Наиболее интересные результаты при изучении упругого рассеяния протонов протонами при энергии протонов 8,5 *Бэв* были получены группой Дубны, которая обнаружила заметное превышение эффективного сечения упругого (*pp*)-рассеяния под

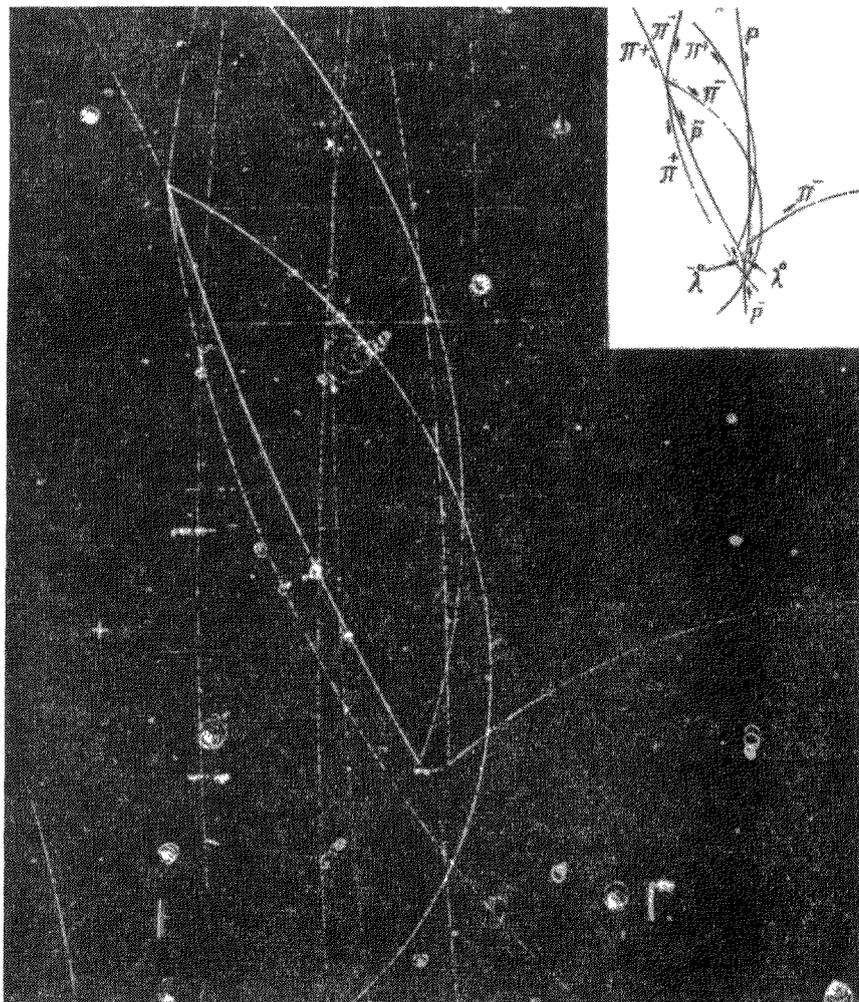


Рис. 1. Образование и распад Λ^0 - и анти Λ^0 -гиперонов. Справа сверху дано схематическое изображение событий, снятых на фотографии.

нулем градусов по сравнению с оценками, сделанными по оптической модели в предположении, что амплитуда рассеяния содержит только мнимую часть. Это обстоятельство заставляет предположить, что в амплитуде содержится также и действительная часть, вклад от которой сравним с вкладом от мнимой части.

Все остальные результаты по изучению упругого (*pp*)-рассеяния при энергии, меньшей 6,2 *Бэв*, так же, как и результаты по упругому (πp)-рассеянию, достаточно хорошо согласуются с расчетами, выполненными по оптической модели, в предположении, что действующей является только мнимая часть амплитуды.

К этому же выводу приходят авторы Дубненской группы, изучавшие упругое рассеяние пионов с импульсом 6,8 *Бэв/с*.

В Дубне получены также новые данные для полных сечений неупругих и упругих процессов в (*pp*)- и (πp)-столкновениях при энергиях 9 и 7 *Бэв* соответственно.

При изучении неупругих нуклон-нуклонных и пион-нуклонных столкновений (в Дубне и Беркли) были получены новые данные, противоречащие статистической теории.

При исследовании угловых распределений, а также спектров нуклонов и мезонов было показано, что эти противоречия, по-видимому, могут быть истолкованы на основе представления о периферических и центральных столкновениях нуклонов. Теоретический анализ этих данных был проведен теоретиками Дубны и Москвы. При этом И. Е. Таммом было указано на роль изобар в периферических столкновениях.

Обзору экспериментальных и теоретических работ, посвященных столкновению нуклонов, были посвящены два доклада: Я. А. Смородицкий (Дубна), рассеяние нуклонов нуклонами (уч. секретари Б. Г о л о в и н (Дубна) и Л. П у з и к о в (Москва)) и Д. Ж. Ч у (Беркли), теория сильной связи для обычных частиц (секретари Л. Л а п и д у с (Дубна) и Ю. Н о в о ж и л о в (Москва)).

В докладе Смородицкого была дана сводка экспериментальных данных по упругому рассеянию, накопленных к началу конференции.

Было отмечено, что в последнее время работы в этом направлении расширяются и что сейчас исследования проводятся по крайней мере в шести институтах мира, в которых имеются пучки протонов высокой энергии. Это следующие институты: Дубна—635 Мэв, Беркли—310 Мэв, Ливерпуль—320 Мэв, Рочестер—210 Мэв, Гарвелл—150 Мэв и Гарвард—150 Мэв.

Во всех этих институтах проводятся измерения, которые должны в конце концов привести к восстановлению амплитуды рассеяния из данных опыта. Основная трудность, с которой сейчас сталкиваются экспериментаторы и которая мешает закончить серию измерений, образующих «полный опыт» (в том смысле, как это было рассмотрено теоретиками в Дубне), связана с малой интенсивностью пучков поляризованных частиц. В этом направлении положение изменится фундаментально после того, как будут реализованы источники поляризованных частиц для ускорителей, так что ускорители будут выпускать уже заполяризованный пучок. Работы в этом направлении проводятся в Англии, Франции и других странах, и надо надеяться, что в ближайшем будущем физики смогут работать с пучками, не являющимися статистической смесью разных спиновых состояний. Другое направление—получение поляризованных мишеней—не обсуждалось на конференции, так как, по-видимому, здесь нет каких-либо существенных успехов.

Из экспериментальных работ, представленных на конференции, заслуживают быть отмеченными первые измерения корреляции поляризации рассеянных протонов, проведенные в Ливерпуле и Дубне при энергии 315 Мэв. Новые данные о поляризационных эффектах сообщили группы Рочестера и Гарвелла (параметр вращения).

Противоречивые данные о деполяризации протонов при рассеянии их протонами, полученные в двух лабораториях—Гарвелл и Гарвард,—свидетельствуют о том, что необходимо проводить исследования в разных лабораториях даже для одной и той же энергии.

Группа Дубны доложила о начале большой работы по исследованию поляризационных эффектов при энергии 635 Мэв, при которой существует неупругий канал—рождение π -мезонов.

Очень важными являются сообщения о начале работ по изучению поляризационных эффектов в рассеянии нейтронов протонами в Дубне и Гарварде. Такие опыты до последнего времени не проводились из-за их трудности, и эти сообщения свидетельствуют о возросшем искусстве экспериментаторов.

Теоретическая интерпретация полученных данных наталкивается прежде всего на неполноту экспериментальных результатов. Лишь при энергии 310 Мэв в системе протон—протон мы располагаем сейчас набором данных, приближающимся к «полному опыту», при других энергиях данные заведомо неполны.

На конференции обсуждались различные попытки описания данных по рассеянию введением потенциала взаимодействия, предложенные группой японских физиков, Рочестерской группой, группой Массачусетского технологического института, использовавшей для этой цели метод граничных условий. Все эти результаты, однако, имеют ограниченную применимость, и существенное продвижение вперед может быть достигнуто лишь тогда, когда новые теоретические идеи дополнят неполную информацию, полученную до сих пор из опытов.

Такие новые идеи обсуждались в докладе Чу, который рассмотрел вопросы применения дисперсионных соотношений к упругому рассеянию нуклонов и π -мезонов. Основные работы в этом направлении велись в Беркли и Москве. Идея их (впервые высказанная Чу) сводилась к тому, что на больших расстояниях между сталкивающимися частицами основной вклад во взаимодействие вносит обмен одним мезоном. Поэтому при больших значениях момента количества движения фазы рассеяния могут быть вычислены просто по формулам теории возмущений и лишь сравнительно небольшое число фаз остается необходимым найти из опыта. Вычисления обеих групп отличались второстепенными деталями; их результаты существенно помогли разобраться в вопросах однозначного анализа. Дальнейшие исследования важного вопроса о восстановле-

нии амплитуды рассеяния из данных опыта, которые продолжают в Москве, Дубне и Беркли, должны привести к построению амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния во всем исследованном диапазоне энергии.

Интересно отметить, что, как это следует из общих принципов теории, рассеяние антинуклонов антинуклонами описывается практически теми же формулами, что и рассеяние нуклонов нуклонами. В то же время рассеяние нуклонов антинуклонами дает существенно новую информацию о системе. Экспериментальное исследование таких процессов только еще начинается.

В докладе Чу подробно освещено новое направление в теории поля (в его применении к рассеянию), связанное с введенными Мандельштамом двойными дисперсионными соотношениями. Трудности, возникшие в последнее время в связи с доказательствами обычных дисперсионных соотношений и их расширения для углов рассеяния, отличных от нуля, потребовали пересмотра исходных позиций. Источник трудностей, как оказалось, по-видимому, лежал в том, что рассмотрение амплитуды рассеяния как функции только одного комплексного параметра слишком сузило задачу. Если амплитуду с самого начала рассматривать как функцию всех ее независимых переменных (двух в случае упругого рассеяния), то представляется очень правдоподобным, что ее аналитические свойства оказываются простыми и становится возможным представить ее в форме двойных интегралов (представление Мандельштама). Хотя это представление до сих пор не было доказано в общем виде, тем не менее оно кажется весьма правдоподобным, и на конференции обсуждались различные попытки применения его к решению конкретных задач.

В связи с этими вопросами обсуждалась и важная задача о взаимодействии π -мезонов с π -мезонами. Дело в том, что анализ многих процессов приводит теоретиков к заключению, что непосредственное взаимодействие π -мезонов друг с другом не только существует, но и оказывается большим. Теоретический анализ рассеяния π - π был проведен Мандельштамом и Чу.

Различные предложения экспериментального исследования этих процессов и измерения постоянной их взаимодействия также обсуждались в докладе. Из других вопросов заслуживает еще упоминания определение постоянной связи π -мезонов с нуклонами f^2 из данных по рассеянию нуклонов нуклонами. Хотя теоретические основания для такого определения не достаточно ясны, результаты анализа в Беркли и Дубне дают для этой постоянной величину порядка 0,05—0,08 в хорошем согласии с точными данными, полученными из рассеяния π -мезонов нуклонами ($f^2 = 0,08$).

На тему «Электромагнитные взаимодействия и структура нуклонов» на конференции было заслушано три обзорных доклада. Экспериментальные работы были освещены в докладах В. К. Панофского (Стэнфордский университет) и Р. Хофштадтера (ЦЕРН, Стэнфордский университет). Учеными секретарями по этим докладам были А. Варфоломеев и Л. Соловьев (Москва). Теоретическим работам был посвящен доклад Л. И. Шиффа (Стэнфордский университет). Учеными секретарями по данному докладу были С. Биленькин и Б. Барбанов (Дубна).

В своем докладе В. К. Панофский рассказал о подготовляемом в настоящее время в Стэнфордском университете опыте по исследованию рассеяния электронов методом встречных пучков. Этот опыт должен позволить произвести проверку применимости квантовой электродинамики до размеров около $3 \cdot 10^{-15}$ сек. Предполагается, что эксперимент будет начат в 1960 году.

Далее докладчик остановился на новых работах по исследованию электромагнитного взаимодействия, но не имеющих прямого отношения к проблеме структуры нуклона. В этой части доклада были отмечены работы Московской группы физиков, в которых изучалось тормозное излучение электронов с энергиями от 10^{11} до 10^{13} эв, и работы, выполненные на синхротронном ускорителе в Дубне, по исследованию электронно-позитронных пар от распада нейтральных пионов.

Во второй части доклада, посвященной работам по изучению структуры нуклона, В. К. Пановский остановился на результатах выполненного в Стэнфорде опыта по изучению магнитной структуры нейтрона. В предположении, что электрический форм-фактор нейтрона равен нулю, из данных этого эксперимента был получен средний квадратичный радиус магнитного форм-фактора, равный

$$\left(0,76^{+0,030}_{-0,025} \right) \text{ фемми.}$$

На корнельском синхротроне при энергии 1 Бэв было исследовано упругое рассеяние электронов на протонах. Полученные результаты согласуются с данными группы Хофштадтера.

В заключение своего доклада В. К. Панофский остановился на результатах работы, выполненной в Физическом институте им. Лебедева, по определению магнитной и электрической поляризуемости протонов.

В докладе Р. Хофштадтера подробно анализировался метод определения электрического и магнитного форм-фактора нуклона на основе измерений дифферен-

диальных сечений рассеяния электронов при двух различных значениях энергий и углов, соответствующих одному и тому же передаваемому импульсу.

Затем докладчик остановился на новых, более точных экспериментальных результатах, полученных для нейтрона в Стэнфордском университете. Были повторены измерения по упругому рассеянию электронов на дейтронах при энергиях до 650 Мэв .

Дополнительное уширение полученных кривых по сравнению с теоретическими может быть обусловлено, по мнению докладчика, взаимодействием протона и нейтрона в конечном состоянии. Результаты эксперимента согласуются с нулевым значением электрического форм-фактора нейтрона. Допустимые отклонения от нулевого значения малы для положительных значений и существенно больше для отрицательных.

Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные для протона могут быть описаны в терминах некоторой модели при помощи феноменологических экспоненциальных распределений плотности заряда и магнитного момента. Данные мезонной теории согласуются с этой моделью лишь на больших расстояниях. При описании же сердцевины протона, характеризующейся конечными электромагнитными плотностями, возникают, естественно, затруднения.

Следует отметить, что данная в докладе Р. Хофштадтера качественная картина структуры нуклона близка к той, которая давалась Дубненской группой теоретиков на основе разделения нуклона на центральную часть с очень сильным взаимодействием («кern нуклона») и область относительно слабого взаимодействия («периферия нуклона»).

В докладе Л. И. Шиффа отмечался ряд работ, посвященных анализу однофотонного приближения, широко используемого при вычислении электромагнитных форм-факторов нуклонов. В работе Туринской группы исследовалось нарушение однофотонного приближения, связанное с комптоновским рассеянием виртуального фотона на нуклоне.

Проведенные расчеты показали, что однофотонное приближение выполняется с точностью порядка 1% при энергиях вплоть до 1 Бэв .

Радиационные поправки к рассеянию электронов, представляющие другой вид отклонений от однофотонного приближения, были рассчитаны с учетом конечной плотности мишени (Ереван).

Форм-факторы, характеризующие распределение заряда и магнитного момента нуклона, определяют также поляризационные эффекты, связанные со спинами нуклона и электрона. Эти эффекты были рассмотрены в работе, представленной московскими теоретиками. В работе Туринской группы теоретиков были применены дисперсионные соотношения к рождению пионов при столкновениях электронов с протонами.

Большое место в докладе Л. И. Шиффа было уделено работам, в которых дисперсионная теория используется для вычисления изотопически векторной части магнитного форм-фактора с помощью двухпионного промежуточного состояния, а также для вычисления изотопических скалярных форм-факторов с помощью трехпионного промежуточного состояния.

Далее докладчик остановился на феноменологическом подходе к проблеме нуклонных форм-факторов, развиваемой в Дубне. Этот подход характерен тем, что плотность электрического заряда и магнитного момента выражается в виде суммы вкладов пионного облака и керна.

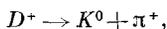
В заключение доклада Л. И. Шифф отметил ряд работ, в которых произведены вычисления, соответствующие возможным экспериментам по проверке справедливости квантовой электродинамики.

О генерации странных частиц доклад был сделан Д. Ж. Штейнбергером (Нью-Йорк). Учеными секретарями были Э. Оконов и Р. Рынди (Дубна).

Докладчику пришлось ограничиться по существу сообщением результатов трех работ, одна из которых (Беркли) была посвящена генерации Ξ^- -гиперонов в тридцатидюймовой пропановой пузырьковой камере, работавшей в пучке K -мезонов с импульсом $1,17 \text{ Бэв/с}$. Всего наблюдалось 12 случаев Ξ^- -гиперонов, два из которых были образованы на водороде. По этим данным удалось установить, что эффективное сечение генерации Ξ^- примерно в 1000 раз меньше сечения рождения обыкновенных гиперонов.

В дополнение к докладу Штейнбергера двумя Дубненскими группами, работавшими с пропановой и ксенонной пузырьковыми камерами в пучке π -мезонов с импульсами 7 и 3 Бэв/с соответственно, были сообщены предварительные результаты, полученные на десятибэвном синхрофазотроне по генерации странных частиц.

Группой, работавшей с пучком π -мезонов с энергией 7 Бэв , был показан интересный случай генерации нестабильной частицы (рис. 2). Этот случай можно объяснить либо существованием сильного взаимодействия между K^- и π -мезонами, либо распадом новой, ранее неизвестной, положительно заряженной частицы с массой около $1450 m_e$. Такая частица должна распадаться по схеме



при этом энергия распада

$$Q = 108 \pm 25 \text{ Мэв.}$$

Конечно, только дальнейшие исследования позволят решить вопрос о существовании такой частицы.

Эта же группа обратила внимание на то, что в исследуемой области энергий Λ -мезонов наблюдается значительный рост сечения парного образования K -мезонов и отчетливая асимметрия Λ^0 -частиц назад в системе центра инерции.

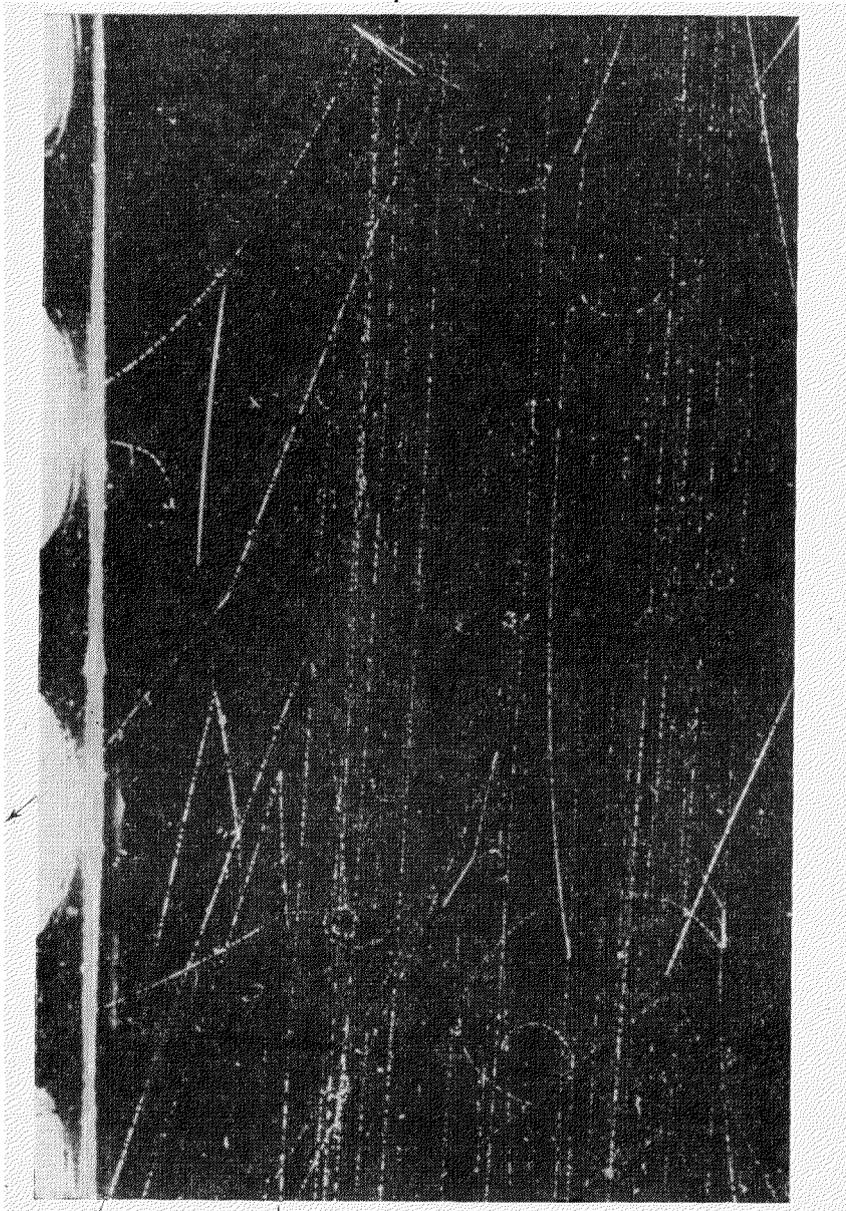
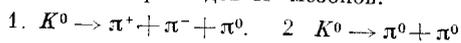


Рис. 2. «Дубненский» случай. Частица, летящая справа сверху, дает заряженный след (средняя часть левого края снимка) и «вилку», лежащую несколько ниже (распад нейтральной частицы).

Вторая группа сообщила предварительные данные по генерации странных частиц в ксеноне, характеристики угловых и импульсных распределений Λ^0 и Ξ^0 , а также случаи редко встречающихся распадов K^0 -мезонов:



Получено большое количество актов генерации странных частиц, которые находятся в стадии обработки.

А. А л ь в а р е ц (Беркли) сделал доклад на тему: «Взаимодействия странных частиц» (учеными секретарями были А. Л ю б и м о в и Н. П е т у х о в а

(Дубна). Большая часть результатов была получена в опытах, которые проводились несколькими группами авторов в Беркли при различных энергиях K -мезонов.

В самом начале своего доклада Альварец обратил особое внимание на то, что опытные данные, получаемые сейчас в Беркли с пузырьковыми камерами, обрабатываются с помощью специального полуавтоматического устройства с применением электронно-счетной машины. Это дает возможность за сравнительно короткий срок обработать большое количество материала. Например, при хорошо подготовленной программе на проверку выполнения кинематических соотношений для одного сложного случая взаимодействия странной частицы с водородом тратится всего лишь 4 секунды.

Такая методика позволила за год получить ряд интересных результатов.

При изучении реакции $K^- + D \rightarrow \Lambda^0 + \pi^- + p$ было уделено серьезное внимание проверке сохранения четности в сильных взаимодействиях с участием странных частиц.

Анализ углового распределения продуктов распада для полного числа Λ^0 -частиц, возникающих в этой реакции, показал, что нет данных, которые бы противоречили сохранению четности в сильных взаимодействиях с участием странных частиц. Гипотеза сохранения четности в сильных взаимодействиях подтверждается также и в анализе распадов поляризованных Σ^\pm -гиперонов. На большой статистике также подтверждается ранее сделанный вывод о спине Σ^\pm -гиперонов, который с большой достоверностью можно считать равным половине.

При сравнении частот генерации различных гиперонов при (Kp) -взаимодействии были получены данные, подтверждающие справедливость гипотезы зарядовой независимости для странных частиц.

Среди многочисленных данных по изучению поведения полного и упругого сечения (Kp) -взаимодействия в зависимости от энергии K -мезонов Альварец отметил, что при энергии 2,8 $B\bar{e}$ наблюдается равенство полных сечений для взаимодействия K^+ и K^- -мезонов с водородом. Это согласуется с выводом, сделанным Померанчуком о том, что полные сечения взаимодействия частиц и античастиц при достаточно больших скоростях должны становиться равными друг другу.

Обзорный доклад на тему «Теория странных частиц» был сделан А. С а л а м о м (Лондон). Учеными секретарями по докладу были Б. В а л у е в и В. С о л о в ь е в (Дубна).

Доклад был посвящен теоретической интерпретации экспериментальных данных о взаимодействии странных частиц, полученных в течение прошлого года. Разбирались следующие три группы вопросов:

а) исследование соотношений между различными каналами (Kp) и (KD) реакций на основе анализа изотопического спина при учете S - и P -состояний; в этой области разногласий между теорией и экспериментом не обнаружено;

б) для определения четности K -мезонов обсуждаются попытки применения дисперсионных соотношений в связи с пороговыми эффектами, на важность которых указывал Базз;

в) рассмотрение новых свойств симметрии сильных взаимодействий. Здесь, в частности, подробно рассматриваются работы по дублетному приближению и обсуждаются эксперименты, которые следует поставить для его проверки.

Специальное заседание конференции было посвящено вопросам дисперсионных соотношений. В докладе Д. В. Ш и р к о в а (Дубна) «Теоретические исследования по дисперсионным соотношениям» (учеными секретарями В. В л а д и м и р о в и А. Л о г у н о в) были подведены итоги работ по доказательству дисперсионных соотношений для амплитуды как функции одной переменной (для фиксированной переменной количества движения).

Этот круг работ был посвящен вычислению границ аналитичности амплитуд рассеяния (по величине переданного количества движения). В докладе были собраны все сделанные до сего времени оценки таких границ и методов доказательства аналитичности. Отметим, что наиболее сильные методы возникли в сочетании доказательств Боголюбова с интегральным представлением Дайсона. Второй доклад в той же области был сделан Л е м а н о м (ФРГ): «Общие свойства амплитуд перехода и спектральные функции» (учеными секретарями В. Ф а и н б е р г и О. П а р а с ю к (Москва)). В этом докладе обсуждались новые направления в развитии теории поля, в особенности представления Мандельштама. Работы в этих направлениях посвящены исследованию разных общих свойств амплитуд рассеяния, не связанных с конкретными свойствами взаимодействия (без рассмотрения гамильтониана). В этих работах изучаются общие аналитические свойства диаграмм (Москва, Англия, США), для чего предложены разные методы, изучаются свойства спектральных функций и т. д.

В развитии этого направления была показана, по крайней мере принципиально, возможность теоретического рассмотрения процессов без явного введения того понятия «виртуальных частиц», которое столь роковым образом всегда приводит к расходящимся интегралам в обычной теории поля. В этих новых теориях используются только общие свойства аналитичности и унитарности функций, описывающих только реальные частицы (только диаграммы со свободными концами).

Это свойство теории было исходным пунктом выступления Ландау, который предложил взять диаграммную технику в основу дальнейшего развития теории. При этом, по его мнению, теория будет основываться только на понятии свободных частиц и оперировать с величинами, описывающими переходы между состояниями таких частиц.

Возможность создания такой теории Ландау видит в успехах теории интегральных представлений для амплитуд физических реальных процессов.



В перерыве Д. Блохинцев беседует с Р. Далицем.

Совсем другая программа построения новой теории излагалась на конференциях и семинарах В. Гейзенбергом и его группой.

Как известно, развитая им несколько лет назад теория элементарных частиц, связанная с введением indefinitной метрики, натолкнулась на ряд трудностей. На этой конференции Гейзенберг рассказал о новых результатах, полученных его группой. Особенно интересные результаты были получены в исследовании свойств симметрии модели. Этот доклад еще раз показал, что возможности теории еще далеко не исчерпаны и может случиться, что новые результаты могут быть получены без кардинальной ревизии основ теории. Общие вопросы нелинейных уравнений теории поля обсуждались также и на еще одном специальном семинаре. К сожалению, все исследования по общим вопросам теории поля используют такую математическую технику, что их почти невозможно изложить популярно.

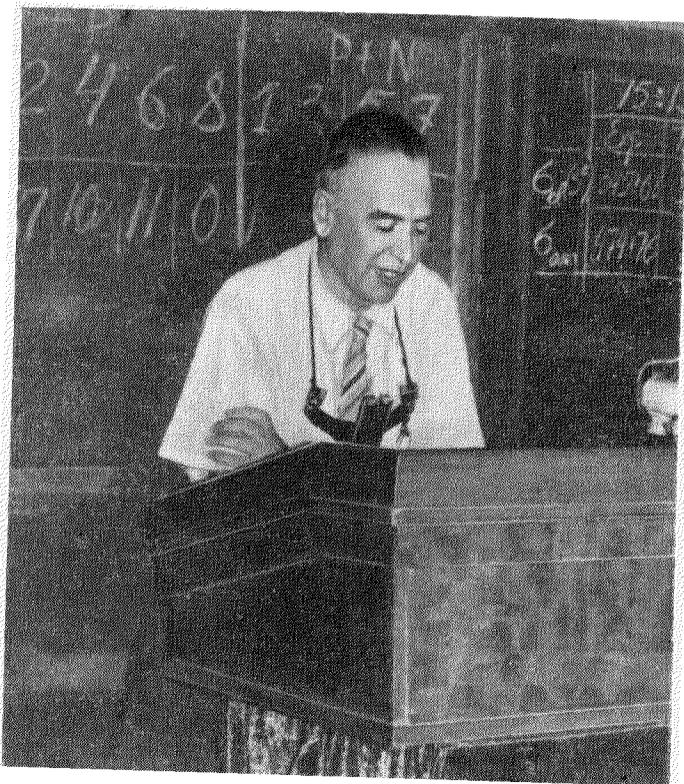
Количество теоретических работ и разнообразие их направлений привело к тому, что было выделено специальное заседание для отдельных теоретических сообщений. На этом заседании, которое называлось «Новые теоретические идеи», выступали: Ландау (о диаграммной технике), Марков и Комар (Москва), исследовавшие волновое уравнение с особенностями на гиперболоиде, Ватагин (Италия) (о нелокальных теориях), Гарибьян (Ереван) (излучение релятивистских частиц при прохождении границы двух сред), Уайтман (США) (неоднородные волновые уравнения в локальной релятивистской квантовой теории поля), Тушек (Италия) (о калибровке нейтринной группы), Вангов (Голландия) (сильные и слабые взаимодействия в простой модели), Дрел (США) (квантование полей с «неверной статистикой»), Швингер (США) (теория нестабильных частиц) и др.

На этом заседании и на семинарах состоялся очень широкий обмен мнениями между теоретиками разных стран о направлениях развития современной теории.

Следует надеяться, что к Рочестерской конференции, которая будет летом 1960 г., некоторая часть высказанных догадок будет оправдана в новых работах.

Вопросам слабого взаимодействия были посвящены два доклада: экспериментальный доклад А. А. Алиханова (Москва) «Слабые взаимодействия» (ученые секретари Б. Иоффе и В. Любимов) и доклад Р. Маршака (Рочестер) «Теоретические основы слабых взаимодействий» (ученые секретари Л. Окунь и И. Шапиро (Москва)).

В экспериментах по слабым взаимодействиям были получены дальнейшие подтверждения варианта $V-A$, обсуждавшегося на предыдущей конференции. Наиболее существенным фактом в этом направлении было открытие распада $\pi \rightarrow e + \nu$ и измерение его



Э. Сегре.

времени, которое оказалось в полном согласии с теорией. Можно считать установленным, что в общих чертах (в пределах $<10\%$) современная теория универсального взаимодействия правильно описывает все процессы.

На конференцию представлены очень точные измерения поляризации электронов при β -распаде (группа Спивака). В связи с этими опытами возник важный теоретический вопрос о возможных отклонениях значения поляризации электронов, вычисленных для свободного нуклона, от реальной поляризации, возникающей при распаде ядер (влияние форм-факторов ядер и другие эффекты).

Вопрос о сохранении временной четности в связи с распадом RaE исследовался группой ИТЭФ.

Данные по распаду μ -мезона также подтверждают схему универсального взаимодействия.

Интересные работы были проведены по захвату μ -мезонов ядрами. К сожалению, точность опытов (реакция Годфрея $\mu^- + C^{12} \rightarrow B^{12} + \nu$) еще недостаточна, чтобы можно было сравнить ядерные матричные элементы, вычисленные из β -распада B^{12} , с матричными элементами, вычисленными из реакции Годфрея. Среди очень большого числа работ, описанных в докладе Алиханова, следует отметить работу Телгди (Чикаго), который измерил вероятность захвата μ -мезона от взаимной ориентации спинов ядра и μ -мезона. Для ядра Al^{27} вероятность оказалась большей для состояний с антипараллельными спинами.

В связи с изучением деполяризации μ -мезонов в Дубне была измерена прецессия μ -мезона в магнитном поле и впервые прямым опытом доказано, что спин μ -мезона действительно равен половине.

Дискуссия важного вопроса о магнитном моменте μ -мезона и его согласии с теорией (с учетом радиационных поправок) не привела к определенным результатам, из-за недостаточной точности экспериментального значения массы μ -мезона.

Эффект безрадиационного захвата μ -мезона тяжелым ядром (возбуждение ядра), предсказанный З а р е ц к и м (Москва), был действительно обнаружен в опытах Дубненской группы.

В докладе обсуждаются также вопросы деполяризации μ -мезона, поляризация электронов конверсии при β -распаде (Московская группа) и некоторые другие вопросы.

Ряд новых вопросов, связанных с β -распадом, анализировался и в докладе Маршака. Одним из таких вопросов является проверка точности универсального взаимодействия. Обсуждались возможные эксперименты, связанные с этим вопросом, такие, как точное измерение корреляции электрон-нейтрино в распаде нейтрона и асимметрии электронов в этом распаде (Дубненская группа) и др. Эти опыты находятся пока на границе точности современного эксперимента. В связи с этим большой интерес приобретают радиационные эффекты, сопровождающие β -распад, которые также нарушают универсальность взаимодействия.

Много работ было посвящено различным свойствам распада K -мезонов и установлению формы взаимодействия K -мезонов с легкими частицами. В ряде работ продолжались исследования взаимодействия μ -мезонов с веществом (деполяризация μ -мезонов (Ленинград), μ -мезомолекулы (Дубна)). Общее положение в физике слабых взаимодействий можно резюмировать после докладов Алиханова и Маршака так, что в первом приближении современная теория универсального взаимодействия блестяще подтвердилась. Более же точная проверка связана как с увеличением точности опытов (по крайней мере на порядок), так и с необходимостью новых теоретических исследований.

В докладе Д. А. Г л а з е р а (Ани Арбор) (ученый секретарь И. К о б з а р е в (Москва)) «Распады странных частиц» дается обзор результатов, полученных в последний год целым рядом групп физиков (Беркли, CERN, Европейское сотрудничество и др.).

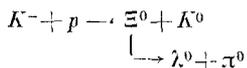
Автор доклада отметил, что фактически не было развито новых направлений и исследования велись по ранее изучавшимся проблемам. Поэтому новые экспериментальные данные лишь с большей очевидностью помогли установить ряд свойств странных частиц, изучавшихся уже ранее.

В последние годы физики стремились выяснить правило перехода по изотопическому спину при распаде странных частиц.

Результаты, полученные при изучении соотношений между разными типами распадов нейтральных гиперонов и K -мезонов, с большей достоверностью подтверждают правило $1 \rightarrow 2$.

На другой вопрос, о спине гиперона, который вызывал в последние годы большой интерес, получен ответ в опытах с водородной пузырьковой камерой. Анализ угловых распределений распадов гиперонов приводит к окончательному значению спина, равному $1/2$.

Рассказывая о некоторых редких видах распадов, Глазер обратил внимание на случаем, наблюдавшийся в Беркли:



В последний год большое беспокойство физикам доставил вопрос о сохранении четности в сильных взаимодействиях. В настоящее время благодаря опытам, выполненным с хорошей статистикой на пузырьковых камерах, экспериментаторам удалось отстоять справедливость закона сохранения четности в сильных взаимодействиях с участием странных частиц И, наконец, группой в Беркли при анализе $(K^- + p)$ -взаимодействий было окончательно подтверждено существование Ξ^0 -гиперона с массой $(1326 \pm 20) M_{эв}$. Это находится в хорошем соответствии с массой Ξ^0 -гиперона $1321 \pm 35 M_{эв}$.

С обзорным докладом по материалам Московской космической конференции выступил И. Ф. П а у э л л (Бристоль) (ученые секретари И. Г р а м е н и ц к и й (Дубна), В. М а к с и м е н к о (Москва), В. Х а р и т о н о в (Ереван)). Он коснулся опытов, выполненных с космическими частицами при энергиях больше $10 B_{эв}$.

Поскольку в докладе в основном изложены материалы опубликованных и доложенных на Космической конференции в Москве работ, мы не будем подробно останавливаться на результатах этих работ, отметим лишь, что профессор Пауэлл подчеркнул важность проведения исследований с помощью ракет и спутников.

Обзорный доклад по теориям множественного рождения частиц при сверхвысоких энергиях сделал Е. Л. Фейнберг (Москва) (ученые секретари Д. Чернавский (Москва), В. Брашеников (Дубна)).

Статья Фейнберга публикуется в этом же выпуске журнала.

В целом прошедшая в г. Киеве конференция была очень хорошо организована. Участники совершили ряд экскурсий по городу, а перед началом пленарных заседаний была организована поездка на пароходе в г. Канев.

В дни конференции участники посетили Институт физики АН УССР. После конференции многие иностранные ученые побывали в г. Дубне.

Конференция, проходившая в дружеской и деловой атмосфере, сыграла большую роль в установлении связей между учеными разных стран. Труды конференции являются, безусловно, лучшим обзором современного состояния вопросов по физике высоких энергий и физике элементарных частиц.

Р. Лебедев, И. Смородинский, А. Тяпкин