

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**Х МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

Конференции по физике частиц высоких энергий проводятся в трех странах — СССР, США и Швейцарии поочередно.

Х Международная конференция по физике частиц высоких энергий проходила в Рочестере (США) с 25 августа по 1 сентября 1960 г. На этой конференции были подведены основные принципиальные итоги развития физики высоких энергий за прошедший год.

В этом году работа конференции была организована несколько иначе, чем на двух предшествующих конференциях в Женеве — 1958 г. и Киеве — 1959 г. В течение двух первых дней проходили одновременные заседания секций. На этих заседаниях участники конференции выступали с индивидуальными докладами. Часть заседаний была занята суммированием индивидуальных докладов.

Обсуждение докладов проводилось в сравнительно узком кругу специалистов, работающих в данной области физики.

Всего было четыре секции:

1. Сильные взаимодействия пионов и нуклонов (экспериментальная секция) — под председательством Д. Кассельса.

2. Сильные взаимодействия пионов и нуклонов (теоретическая секция) — под председательством Дж. Опенгеймера.

3. Сильные взаимодействия странных частиц — под председательством Д. Глазера.

4. Слабые взаимодействия — под председательством Ч. Янга.

Материалы секционных заседаний были суммированы в обзорных докладах, которые зачитывались на утренних пленарных заседаниях.

Первое пленарное заседание было посвящено обзорному докладу о сильных взаимодействиях пионов и нуклонов, сделанному по экспериментальным работам Ю. Ашкенизи и теоретическим — Г. Вико. Председательствовал Г. Бернардини.

На втором заседании обзорные доклады по сильным взаимодействиям (нуклонные и антинуклонные процессы) сделали О. Чемберлен (эксперимент) и М. Леви и К. Симанзик (теория). Председателем этого заседания был Е. Амальди.

Третье утреннее пленарное заседание было посвящено сильным взаимодействиям странных частиц. Обзорные доклады об экспериментах сделали М. Шварц и Д. Миллер, а по теории — П. Метьюз. Председатель заседания — Л. Альварец.

На последнем утреннем заседании под председательством Р. Маршака были зачитаны доклады о слабых взаимодействиях обычных частиц В. Телегди (эксперимент) и странных частицах — М. Шварц (эксперимент). Доклад о состоянии теории слабых взаимодействий был прочитан М. Гольдбергером.

На вечерних заседаниях обсуждались индивидуальные сообщения об экспериментальных и теоретических работах:

- а) о структуре элементарных частиц,
- б) о новых результатах при сверхвысоких энергиях,
- в) о теории элементарных частиц.

Председателями на этих заседаниях были Д. И. Блохинцев, Ч. Андерсон, В. Гейзенберг.

А. ВОПРОСЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Теоретические проблемы, рассматривавшиеся на прошедшей Рочестерской конференции, можно условно разбить на три главных направления:

1. Дисперсионные соотношения.
2. Теория элементарных частиц.
3. Полуфеноменологические теории различных эффектов.

1. Дисперсионные соотношения в теоретическом и прикладном аспектах

В этой области представленные исследования естественно распределились на две группы:

- а) вопросы теоретического вывода и обоснования дисперсионных соотношений, исследование аналитических свойств элементов матрицы рассеяния;
- б) практическое приложение различных дисперсионных соотношений к исследованию задач о сильном взаимодействии.

В первой группе исследования проводились на основе использования теории возмущений. Большой интерес вызвали доклады Р. Идена и Дж. Полкинхорна, в которых были даны схемы доказательств двойных дисперсионных соотношений типа Мандельштама. В настоящее время еще нет полной ясности в вопросе о законченности и убедительности представленных аргументов, но тем не менее уже можно сказать, что разработанные ими приемы анализа оригинальны и перспективны в смысле дальнейшего развития. Как отмечалось в обзорном докладе Симанзика, существенный вклад в исследование аналитической структуры матричных элементов был сделан в докладе А. А. Логунова с сотрудниками, в котором излагалась разработанная ими новая мажорационная техника для фейнмановских диаграмм.

Следует отметить также доклады А. П. Рудика об особенностях амплитуды рассеяния в теории возмущений, а также о представленных работах Берестецкого, Грибова и Померанчука об асимптотике для области сверхвысоких энергий.

В одном из обзорных докладов было, в частности, подчеркнуто экспериментальное подтверждение ранее опубликованной теоретической работы Померанчука об асимптотике эффективных сечений.

На конференции широко обсуждались также работы Симанзика и ряда японских авторов по формулировке основных уравнений для функций Грина, которые можно было бы решить без теории возмущения, но конкретных результатов еще не было получено.

По прикладной тематике (б) большое внимание было уделено использованию двойных дисперсионных соотношений для исследования $\pi\pi$ -, πN - и NN -рассеяний и т. д.

С большим докладом по этому вопросу выступил Дж. Чу, являющийся одним из основателей этого направления. Однако доклад Чу и доклады его сотрудников не содержали новых конкретных численных результатов.

Значительный интерес представили доклады М. Чини о новых численных результатах по πN -рассеянию, полученные в ЦЕРНе, и Д. В. Широкова с сотрудниками (Дубна) о новом методе получения уравнений для парциальных волн, содержащий ряд численных данных о $\pi\pi$ - и πN -рассеяниях у порога.

Большой интерес и оживленное обсуждение вызвал доклад А. М. Балдина (ФИАН) о новой численной обработке данных по фоторождению с использованием релятивистских дисперсионных соотношений.

2. Вопросы теории элементарных частиц

Вопросы общей теории элементарных частиц в основном были предметом обсуждения на специальной сессии под председательством В. Гейзенберга. Пожалуй, наиболее привлечшим внимание на этой сессии был доклад И. Намбу. Намбу сделал попытку перенести в теорию поля математические методы, применяющиеся в теории сверхпроводимости (Боголюбов). Как известно, этот метод в теории сверхпроводимости приводит к решению, описывающему сверхпроводящее состояние, которое нельзя получить, используя обычную теорию возмущений.

Аналогичным образом (работа Тавхелидзе, сообщенная Н. Н. Боголюбовым) в простых примерах использования метода Боголюбова в теории поля возникают решения, которые можно интерпретировать как решения, описывающие новые частицы с массами покоя, отличными от нуля, если даже исходное фундаментальное поле представляется квантами, не обладающими массой покоя. Возникновение покоящейся массы частиц в простых вариантах теории поля и возникновение соответствующей

энергетической щели в теории сверхпроводимости имеют одну и ту же математическую природу.

В. Гейзенберг всячески подчеркивал желательность продолжения исследований в этом направлении, так как ранее применявшийся им и его сотрудниками для тех же целей метод Тамма—Данкова очень несовершенен.

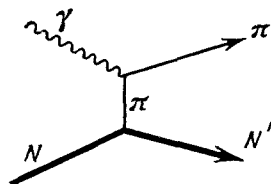
В докладе самого В. Гейзенберга нельзя отметить каких-либо существенных новых успехов в развитии его теории. Гейзенберг, игнорируя фундаментальные вопросы, еще не решенные в аспекте его теории (совместимость его функции распространения с уравнением и т. д.), продолжает исследовать некоторые общие групповые свойства написанного им уравнения (симметрия $e \rightarrow -e$ и т. д.). Им же была частично доложена уже известная работа Шлидера об условиях согласования индефинитной метрики с унитарностью S -матрицы. К сожалению, эта работа не имеет непосредственного отношения к нелинейной теории самого Гейзенберга.

В докладе И. Онуки излагались попытки нагойской группы физиков-теоретиков, возглавляемой Сакатой, построить на основе старой модели Сакаты и так называемой киевской симметрии (Маршак) единую теорию элементарных частиц, используя ν , e , μ -частицы и некоторую, введенную ими, так называемую B^+ -материю как основу для построения всех наблюдаемых частиц. Основное предложение, возможно, не лишено известного интереса, но применяемый несовершенный математический аппарат не оправдывает далеко идущие конкретные вычисления и попытки сравнения этой теории с экспериментом.

На этой же секции Д. И. Блохинцевым докладывалась работа, в которой предложен метод решения некоторых задач теории элементарных частиц без применения разложения по малости констант связи. Это — интересная и важная попытка искать другие методы в противоположность традиционной теории возмущения, основанная на математических работах Лаппо-Данилевского.

3. Полуфеноменологические теории различных эффектов

На заседаниях различных секций значительное место занимали попытки расчета сечений для сильных взаимодействий, использующие простейшие диаграммы и феноменологически заданные из эксперимента сечения, которые входят как часть процесса. В этом направлении идут работы, использующие однопionные приближения для обмена импульсов с нуклоном. Это — работы Д. И. Блохинцева и Ван Жуна (Дубна) по πN -столкновениям и работа Д. С. Чернавского (ФИАН) по NN -столкновениям, в которых дается интерпретация результатов, полученных в Дубне. В этом же направлении идут оценки многочисленных эффектов Дреллом. В частности, им показано, что в условиях линейного ускорителя электронов Панофского от фотонов возникают более интенсивные пучки π -мезонов, чем на протонных ускорителях, — речь идет об оценке эффектов вида, изображенного на рисунке.



Можно отметить интерес ведущих физиков-теоретиков Америки Ли, Янга, Файнмана, Гелл-Манна к проблемам слабых взаимодействий, вплоть до очень конкретных расчетов эффектов, способных в какой-то мере прояснить некоторые особенности слабых взаимодействий.

Так, доклад Т. Ли был посвящен возможному промежуточному мезону в слабых взаимодействиях и оценкам различных эффектов его проявления.

Доклады Р. Файнмана и М. Гелл-Манна были посвящены обсуждению вопросов, связанных с сохранением или несохранением векторного тока в слабых взаимодействиях. В этих работах обсуждаются конкретные примеры реакции (например, β -распад O^{14} в докладе Файнмана), из расчета которых при многочисленных поправках можно получить значения константы слабого векторного взаимодействия в β -распаде и сравнить с соответствующей константой μ -распада. Файнман не очень настойчиво указал на наличие небольшого расхождения между универсальной теорией с сохраняющимся векторным током и экспериментом (порядка 2%). Но наличие логарифмической расходимости при оценке эффекта и ряда других моментов заставляет осторожно относиться к выводам на основе подобных количественных сравнений.

Большой интерес вызвало обсуждение процессов с участием нейтрино, в частности, идея Б. М. Понтекорво о двух сортах нейтрино. Впервые на международной конференции обсуждались вопросы физики нейтрино высоких энергий.

Советские работы в этой области, главным образом из Дубны (Д. И. Блохинцев, Б. М. Понтекорво, М. А. Марков и др.), были представлены в докладе М. А. Маркова и привлекли интерес участников конференции.

Б. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

1. Сильные взаимодействия пионов и нуклонов

Основные результаты экспериментальных исследований, посвященных изучению этой проблемы, были изложены в докладах Ю. Ашкена и О. Чемберлена, а также в докладах представителей крупных ядерных центров и физических лабораторий В. И. Векслера, В. П. Железова, В. В. Петрижика и др. (Дубна), Фон-Дарделла (ЦЕРН), Л. Альвареса, В. Венцеля и др. (Беркли), Г. Валладаса (Саклэ), Р. Вильсона (Харвард), Ж. Тинлота (Рочестер), Б. Розе (Харуэлл), Р. Уокера (Калтэк), Г. Сальвини (Рим) и др.

В истекшем году получены первые количественные данные о непосредственном измерении времени жизни π^0 -мезона (Глассер, Симен, Стиллер) $\tau_0 = (2,3 \pm 0,8) \cdot 10^{-16}$ сек. В фотоэмульсии определялось расстояние, на котором происходит распад π^0 -мезона известной энергии, возникшего в результате распада остановившегося K^+ -мезона: $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$. Это расстояние $d = (0,122 \pm 0,045)$ получено из наблюдения 33

$$\downarrow \gamma + e^- + e^+$$

пар Далицца. (Результат предварительный.)

В связи с запутанностью вопроса большое число работ было посвящено определению отношения Панофского

$$P = \frac{W(\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n)}{W(\pi^- + p \rightarrow \gamma + n)}.$$

Используя электронные методы регистрации, в Дубне, Ливерпуле и ЦЕРНе получены следующие значения этой величины: $(1,40 \pm 0,08)$, $(1,56 \pm 0,05)$ и $(1,53 \pm 0,02)$. Наблюдая электроны внутренней конверсии в водородных камерах, помещенных в магнитное поле в лабораториях Карнеги и Колумбии, получены соответственно $P = (1,51 \pm 0,10)$ и $P = (1,62 \pm 0,06)$.

На конференции вызвали интерес теоретические и экспериментальные работы лаборатории фотомезонных процессов (ФИАН) по исследованиям фоторождения π -мезонов в околопороговой области, доложенные А. М. Балдиным. Как показали результаты последних конференций, одной из наиболее актуальных задач пионной физики является обсуждение основных параметров взаимодействия пион — нуклон при $p \rightarrow 0$ (импульс мезона). Метод, изложенный в докладе А. М. Балдина, позволяет осуществить надежную экстраполяцию сечений фоторождения к порогу. В результате анализа экспериментальных данных по фоторождению было показано, что отклонение от предсказаний, получаемых на основе дисперсионных соотношений, можно объяснить большим вкладом нефизической области. Была выдвинута программа экспериментальных исследований по дальнейшей проверке этого предложения.

В области энергий γ -квантов до 1 Бэв была проведена большая работа по исследованию параметров второго и третьего резонансов в фоторождении π -мезонов: измерение поляризации протонов в реакции $\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p$ (Фраскати, Италия), исследование дифференциальных сечений π^+ -фоторождения в области резонансов (Фраскати и Калифорнийский технологический институт). Вся эта совокупность данных хорошо согласуется с предположением, что за второй резонанс ответствен электрический дипольный переход в $d_{3/2}$ -состояние, а за третий резонанс — электрический квадрупольный переход в $f_{5/2}$ -состояние.

При определении зависимости от энергии полного сечения (π^- , p)-рассеяния вблизи высоких резонансов все еще имеется некоторая экспериментальная разница в энергетическом положении максимумов сечения (данные Саклэ и Беркли). Наиболее точные данные в этой области энергий были получены в этом году в Саклэ. В частности, получены следующие значения полных сечений во втором и третьем максимумах:

$$\sigma_t(\pi^-, p) = (45,8 \pm 1,8) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2, \quad E_\pi (\text{лаб.}) = 605 \pm 5 \text{ Мэв},$$

$$\sigma_t(\pi^-, p) = (58,0 \pm 1,8) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2, \quad E_\pi (\text{лаб.}) = 890 \pm 9 \text{ Мэв}.$$

Из наблюдений упругого $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ и неупругого $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + n$ процессов (4 π -сцинтилляционный счетчик) следует, что третий максимум для последних реакций заметно смещен в сторону низких энергий.

Оценка сечения реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + n$ показывает, что в интервале энергий от 600 до 1000 Мэв оно порядка 2 мбарн.

Сочетание данных о $\pi^- - p$ -взаимодействии с данными о фоторождении позволяет сделать вывод о том, что нет противоречия с предположением о резонансном взаимодействии отрицательных пионов с протонами в состояниях $d_{3/2}$, $T_{1/2}$ (второй максимум) и $f_{5/2}$, $T_{1/2}$ (третий максимум).

В ближайшее время будет доступна более детальная информация об угловых распределениях, получаемая в экспериментах с пузырьковыми камерами.

В течение прошедшего года продолжались работы по выяснению строгости выполнения закона сохранения изотопического спина. Наиболее точные данные по изучению этого вопроса были получены в Дубне при исследовании запрещенной реакции $d+d \rightarrow \pi^0 + \text{He}^4$; верхний предел сечения $\sigma_t(d+d \rightarrow \pi^0 \alpha) < 1,6 \cdot 10^{-32} \text{ см}^2$ сравним с сечением электромагнитного процесса $d+d \rightarrow \text{He}^4 + \gamma$.

В ЦЕРНе продолжали изучение отношения $R = \frac{d\sigma(\text{H}^3)}{d\sigma(\text{He}^3)}$ в реакциях мезонообразования $p+d \rightarrow \begin{cases} \text{H}^3 + \pi^+ \\ \text{He}^3 + \pi^0 \end{cases}$. Наблюдается удовлетворительное согласие экспериментального ($R_{\text{эксп}} = 2,13 \pm 0,06$) и теоретического ($R_{\text{теор}} = 2,20 \pm 0,07$) значений отношения R .

Из опытов в Дубне с нейтронами высоких энергий получены данные о рождении мезонов в состоянии двух нуклонов с изотопическим спином $T=0$. При этом обнаружено резкое различие в интенсивности образования мезонов в различных состояниях системы по изотопическому спину ($T=0$, $T=1$).

В последние годы внимание физиков все больше и больше начинает приковываться к проблеме взаимодействия π -мезонов с π -мезонами. Вследствие того, что нельзя сделать мишени из свободных пионов, в экспериментах исследовались корреляции между парами π -мезонов, возникающих в конечном состоянии при некоторых реакциях. В интерпретации подобных экспериментов имеется, конечно, неопределенность, так как может существовать ряд побочных причин, кроме сильного взаимодействия пары мезонов, которые могут вызвать подобные корреляции.

Кроме известных попыток получить сведения о $\pi\pi$ -взаимодействии из кинематического анализа продуктов τ -распада, на конференции был представлен ряд экспериментальных и теоретических работ, посвященных изучению этой проблемы. В частности, докладывались интересные результаты экспериментов (Дубна) по изучению процесса $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n$ при двух энергиях первичных π^- -мезонов 245 и 290 Мэв. Обработка экспериментальных данных, полученных при энергии 290 Мэв по методу, предложенному Ансельмом и Грибовым, позволила получить сечение $\pi-\pi$ -рассеяния с обменом заряда

$$\sigma(\pi^- + \pi^+ \rightarrow \pi^0 + \pi^0) = (4 \pm \frac{1}{4}) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2.$$

Существование двухнуклонного взаимодействия следует из наблюдения разными группами таких процессов:

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n, \quad \pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^0 + p$$

при энергиях первичных отрицательных пионов около 1 Бэв. Так, группа, работающая в Беркли, проследила 150 миль π -мезонного трека в 72-дюймовой жидководородной пузырьковой камере. При обработке данных по методу Чу и Лоу была получена информация о сечении π^0 -взаимодействия. В интервале полной энергии двух π -мезонов от трех до пяти пионных масс сечение составляет 150—300 мбарн.

Сообщены предварительные результаты очень интересной работы, выполненной в Беркли. На магнитном спектрометре наблюдался спектр импульсов He^3 и H^3 от реакций

$$p+d \rightarrow \begin{cases} \text{He}^3 + \pi^0 \\ \text{He}^3 + \pi^+ + \pi^- \\ \text{He}^3 + \pi^0 + \pi^0 \end{cases}, \quad p+d \rightarrow \begin{cases} \text{H}^3 + \pi^+ \\ \text{H}^3 + \pi^+ + \pi^0. \end{cases}$$

Измерения проводились при четырех энергиях протонов (от 624 до 743 Мэв). В полученном спектре импульсов He^3 обнаружен четкий максимум в жесткой части непрерывного спектра от трехчастичной реакции. Ширина максимума близка к аппаратной. Данные о спектре H^3 были только предварительными. Авторы не дают пока окончательной интерпретации результатов своих измерений. Предполагая, что имеется связанная система π -мезонов (или новая частица), получено значение массы этой системы (310 Мэв).

Ряд ядерных лабораторий (Дубна, Рочестер, Харвард, Харуэлл) представил новые данные по программе исследования упругого рассеяния нуклонов нуклонами, выполняемой с целью восстановления амплитуды рассеяния. Следует упомянуть, что данные, полученные в Дубне, о тройном рассеянии протонов при энергии 630 Мэв (фактор корреляции поляризаций C_{nn}) свидетельствуют о резком возрастании интенсивности спин-орбитального взаимодействия. Укажем также, что экспериментальные данные, полученные в Харварде и Харуэлле, о факторе деполаризации D для энергии 140 Мэв теперь согласуются лучше, однако в области углов около 60° полного согласия все еще нет.

Большой интерес на конференции вызвало сообщение о новом высокоскоростном методе фазового анализа данных о нуклон-нуклонном рассеянии, предложенном И. М. Гельфандом.

Ряд работ был посвящен определению константы π -мезон-нуклонного взаимодействия из опытов по упругому рассеянию нуклонов на нуклонах. Среди работ, посвященных этому вопросу, отмечались результаты, полученные в Дубне, Ливерпуле, Беркли. Как показано в Дубне, к значительно лучшему согласию со значением f^2 , полученным из мезонных опытов, приводит обработка данных с учетом не одного, а обоих полюсов, лежащих справа и слева от границ физической области.

Из работ по сильному взаимодействию обычных частиц, выполненных при энергиях свыше 1 *Бэв*, следует отметить следующее. В Саклэ выполнены измерения поляризации протонов в p - p -взаимодействиях при начальной энергии протонов до 1,7 *Бэв*. Опытами показано наличие поляризации протонов, которая имеет величину порядка 0,3—0,4, начиная с энергий $\sim 0,2$ *Бэв*. Измерения зависимости величины максимальной поляризации от энергии протонов в p - Ve - и p - C -взаимодействиях показали, что она имеет максимальное значение $\sim 0,8$ при энергиях около 0,2—0,3 *Бэв* и падает как при увеличении, так и при уменьшении энергии взаимодействия.

В Беркли исследовалось двойное $\tilde{p}p$ -рассеяние в 72-дюймовой водородной пузырьковой камере при импульсе антипротонов $1,5 \div 2,0$ *Бэв/с*. Всего найдено 1100 взаимодействий, из которых было 200 \tilde{p} - p -рассеяний в интервале $6 \div 25^\circ$ в системе центра масс. Для величины поляризации антипротонов найдено значение $p = 0,51 \pm 0,09$. Знак поляризации пока не определен. Указанная величина поляризации получена в предположении, что магнитный момент антипротона равен по величине и обратен по знаку магнитному моменту протона.

Наблюдалась также аннигиляция протон-антипротонной пары в два K - или π -мезона. Найдено, что при импульсе 1,61 *Бэв/с* их доля не превышает 1/1000 и 1/400 соответственно от полной вероятности аннигиляции. В Беркли проводились также измерения рассеяний $\tilde{p}-p$ и $\tilde{p}-n$ в жидководородных мишенях с помощью электроники с кинетической энергией до 1,2 *Бэв*. Показано равенство сечений полного, упругого и неупругого $\tilde{p}p$ - и $\tilde{p}n$ -взаимодействий, причем при энергии 940 *Мэв* $\sigma_{\text{неупр}}(pn) = 64 \pm 6$ *мбарн* и $\sigma_{\text{анниг}} = 44 \pm 6$ *мбарн*, что дает для сечения неупругого рассеяния без аннигиляции величину (20 ± 9) *мбарн*.

В интервале энергий от 3 до 10 *Бэв* в ЦЕРНе выполнены измерения полных сечений $\pi^\pm p$ - и $\tilde{p}p$ -рассеяний. Сечения $\pi^\pm p$ -рассеяний в этом интервале энергий постоянны и имеют величину порядка 30 *мбарн*. Сечение $\tilde{p}-p$ -рассеяния уменьшается с ростом энергии и при 10 *Бэв* имеет величину 42 *мбарн*. Данные о π^\pm -рассеянии получены также в Дубне:

$$\begin{aligned}\sigma(\pi^- p, \text{ при } 7 \text{ Бэв}) &= 27,8 \pm 0,8 \text{ мбарн}, \\ \sigma(\pi^- p, \text{ при } 9,2 \text{ Бэв}) &= 25 \pm 4 \text{ мбарн}, \\ \sigma(\pi^+ p, \text{ при } 3,7 \text{ Бэв}) &= 30 \pm 1,3 \text{ мбарн}, \\ \sigma(\pi^+ p, \text{ при } 4,75 \text{ Бэв}) &= 30 \pm 1 \text{ мбарн}.\end{aligned}$$

На конференции были представлены доклады В. И. Векслера (Дубна) по нуклон-нуклонному взаимодействию при энергии 8,5—9 *Бэв* и В. В. Петрика (Дубна) по пион-нуклонному взаимодействию при энергии 6,8 *Бэв*. В этих докладах был суммирован большой материал по изучению взаимодействия пионов и нуклонов, полученных на синхрофазотроне в Дубне.

Совокупность экспериментальных данных по генерации обычных и странных частиц (см. раздел Б.4) показывает, что имеется налицо интересный факт — средние поперечные импульсы как для обычных, так и для странных частиц одинаковы и равны приблизительно 400 *Мэв/с*. Это свидетельствует о том, что размер области, ответственной за генерацию этих частиц, приблизительно одинаков и что взаимодействия пионов и нуклонов происходят в основном в мезонных оболочках (периферический характер столкновения), об этом же говорят и угловые распределения рожденных частиц в системе ц. м.

Теоретическая концепция периферических столкновений развивалась в Дубне Д. И. Блохинцевым с сотрудниками и в ФИАНе Дреминым и Чернавским.

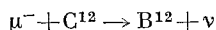
Представленные результаты вызвали большой интерес и привлекли внимание ряда теоретиков (Леви, Сольцман, Сакура и др.).

ЦЕРН выступил с сообщением, что при столкновении ускоренных протонов с ядрами мишени происходит выбивание дейтронов большой энергии. Однако это само по себе интересное явление было открыто в космических лучах и наблюдалось, в частности, в Беркли и Дубне. Теория этого явления была дана в 1957 г. Д. И. Блохинцевым, предсказания этой теории оказались в согласии с новыми данными ЦЕРНа, что и было отмечено на конференции.

2. Слабые взаимодействия обычных частиц

Экспериментальные работы по слабому взаимодействию, докладывавшиеся на конференции в этом году, так или иначе были связаны с μ -мезонами.

После неудавшихся попыток (ЦЕРН, Карнеги) определить спиральность μ^- -мезона в опытах по анализу β -распада B^{12} в реакции



в ряде лабораторий были предприняты измерения спиральности другими методами. Полученные в Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) предварительные результаты по исследованию рассеяния продольно-поляризованных μ^\pm -мезонов в космических лучах на поляризованных электронах $p_+ = -(0,15 \pm 0,21)$, $p_- = (0,65 \pm 0,22)$ не противоречат представлению о том, что в $\pi \rightarrow \mu$ -распаде μ^- имеет правую спиральность, а μ^+ — левую.

На синхротронном ускорителе в Дубне (ОИЯИ, ИТЭФ) продолжались исследования, посвященные интенсивности безрадиационных переходов в мезотомах Pb, Bi, Th, U²³⁵ и U²³⁸. В мезотомах тория и урана наблюдается заметное уменьшение интенсивности линии от $2P \rightarrow 1S$ -перехода по сравнению с интенсивностью этой линии в свинце и висмуте. Экспериментальные результаты удовлетворительно объясняются предположением, что основным механизмом излучения полученной ядром энергии является механизм, аналогичный комбинационному рассеянию в оптике.

Ряд работ был посвящен изучению углового распределения нейтронов, испускаемых ядрами при поглощении поляризованных μ^- -мезонов. В связи с малой наблюдаемой асимметрией нет полного согласия в результатах различных групп:

Колумбия: $\alpha_n = 0$ в магнии и сере,

Ливерпуль: $\alpha_n = (4,5 \pm 1,5)\%$ в сере,

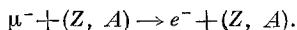
Чикаго: $\alpha_n = (1,8 \pm 0,8)\%$ в сере,

$\alpha_n = (2,0 \pm 0,5)\%$ в магнии.

Однако из этих опытов можно сделать определенный вывод, что знак асимметрии нейтронов и электронов (от $\mu \rightarrow e$ -распада) одинаков.

Поискам γ -квантов высокой энергии ($\sim 10 \div 20$ Мэв) при поглощении μ^- -мезонов в железе, меди и цинке была посвящена работа, выполненная с μ -мезонами космических лучей (Ют).

Интересная работа была выполнена в Беркли, где с помощью магнитного спектрометра искался безнейтринный переход μ^- -мезона в реакции



Найдено, что верхний предел отношения

$$R = \frac{[\mu^- + (Z, A) \rightarrow e^- + (Z, A)]}{[\mu^- + (Z, A) \rightarrow \nu + (Z-1, A)^*]} = \left(\begin{smallmatrix} 4 & +3 \\ & -2 \end{smallmatrix} \right) \cdot 10^{-6}.$$

Экспериментаторы из Дубны представили на конференцию результаты исследования деполаризации отрицательных мюонов в Cr, Mo, Pd и W. Изучение зависимости вероятности поглощения μ -мезонов в изотопах Cl³⁵ и Cl³⁷ производилось в Карнеги. Полученное отношение $\frac{\Delta Cl^{37}}{\Delta Cl^{35}} = 0,694 \pm 0,034$ отличается от значения, которое следует из формулы Примакова.

Большой доклад Вольфенштейна был посвящен теоретическому анализу процессов поглощения μ^- -мезонов ядрами.

В настоящее время открытым является вопрос о тождественности нейтрино, испускаемых при β - и в μ -распадах. Неизвестно также, до сколь высоких энергий слабое взаимодействие сохраняет присущий ему в области малых энергий характер четырехфермионного взаимодействия.

В упоминавшемся выше докладе М. А. Маркова (Дубна) рассматривался ряд интересных экспериментальных возможностей для ответа на эти вопросы как при изучении космических частиц, так и при изучении частиц, получаемых на ускорителях.

Г. Бернардини (ЦЕРН) рассказал о планируемых в ЦЕРНе экспериментах с нейтрино высоких энергий.

Конференция, таким образом, подчеркнула, что наиболее важными вопросами физики слабых взаимодействий сегодняшнего дня, которые ждут экспериментального разрешения, являются вопрос о тождественности или различии электронного и мюонного нейтрино, вопрос о существовании промежуточного бозона и характере слабых взаимодействий при больших энергиях.

3. Структура элементарных частиц

Новые данные об электромагнитной структуре нуклона были освещены в докладах Р. Хофстадтера (Стенфорд) и Р. Вильсона (Корнельский университет). Измерения форм-факторов были произведены для $q^2=25$ (обратные Ферми).

Основной результат заключается в установлении различия магнитного и электрического форм-факторов. При этом первый уменьшается, а второй стремится к некоторому постоянному значению. обстоятельного теоретического анализа этих факторов не имеется. Следует заметить, что все более ранние работы предполагали равенство этих форм-факторов.

Нет никаких новых данных о структуре нейтрона, и предположение о равенстве нулю его электрического радиуса продолжает оставаться совместимым с опытными данными.

Два сообщения были посвящены измерениям магнитного момента μ -мезона. Резонансные опыты по определению частоты прецессии μ -мезона в магнитном поле не давали возможности точного определения g_μ из-за неточности измерения массы μ -мезона. Поэтому усилия физиков были направлены в двух направлениях: уточнение массы μ -мезона и измерение разности частот прецессии и циклотронной.

В Колумбийском университете получено значение $m_\mu = (206.78 \pm 0.03) m_e$, которое в сочетании с более ранними резонансными экспериментами дает:

$$g_\mu = 2 \left[1 + \frac{\alpha}{2\pi} \left(1.0 + {}^{+0.14}_{-0.10} \right) \right]^{-1}$$

В ЦЕРНе получены предварительные результаты измерения разных частот прецессии и циклотронной (так называемый $g-2$ -эксперимент) в небольшом магните длиной в 1 м. Получен результат $\frac{g-2}{2} = (1.8 \pm 0.3) d/2\pi$.

В Колумбийском университете увенчалась успехом работа по обнаружению мюония (μ^+e^-), который долго и безуспешно искался в ряде лабораторий с 1957 г. Из экспериментов следует, что степень поляризации мюония в газообразном аргоне очень сильно зависит от примеси других газов, например кислорода.

Впервые докладывались работы по изучению рассеяния μ -мезонов, выполненные на ускорителях. Так, в Беркли изучалось рассеяние на свинце μ -мезонов с импульсом 1.95 ± 0.04 Бэв/с. Аномального рассеяния не обнаружено.

В фотопластинках наблюдалось рассеяние положительных мюонов с энергией 27 Мэв на ядрах серебра и брома. Найдено отклонение от рассеяния на точечном заряде. В связи с тем, что присутствие нуклонов сильно усложняет непосредственное экспериментальное исследование π - π -взаимодействия, особое значение приобретают эффекты, в которых пионы взаимодействуют с электромагнитным или лептонным полями. Большой интерес с этой точки зрения представляет проблема форм-фактора пиона, обсуждавшаяся в докладе профессора Дж. Чу.

4. Сильные взаимодействия странных частиц

Материалы по исследованию процессов с участием странных частиц были представлены от большого числа лабораторий. Здесь мы изложили содержание докладов почти в той же последовательности, как они были сообщены на сессиях.

В Корнельском университете (США) проводилось изучение проблемы фоторождения странных частиц. Об этой интересной работе по взаимодействию электромагнитного излучения с нуклонами при энергиях γ -квантов 911–1146 Мэв сделал сообщение Ф. Туркот. Подробно исследовалась реакция $\gamma + p \rightarrow \Lambda + K^+$. Угловое распределение изотропно. Дифференциальное сечение этой реакции имеет величину порядка $1 \cdot 10^{-31}$ см²/стерад при 980 Мэв. При энергии γ -квантов в 1070 Мэв намечается небольшое преимущество для вылета K^+ -мезонов вперед под углами $(30 \div 60)^\circ$, где сечение достигает величины порядка $2 \cdot 10^{-31}$ см²/стерад. Сопоставление дифференциальных сечений и кривой возбуждения свидетельствует в пользу того, что разлет ΛK^+ -системы в конечном состоянии у порога этой реакции осуществляется в S -состоянии.

Получены сведения о реакции $\gamma + p \rightarrow \Sigma^0 + K^+$. Кривая возбуждения в этом случае, по-видимому, пропорциональна кубу импульса K^+ -мезона.

Исследовалось также рождение K^+ -мезонов на дейтерии при двух энергиях γ -квантов: 1122 Мэв под углом 82° и 1146 Мэв под углом 75° . Отношение выхода K^+ -мезонов в реакции $\gamma + n$ к выходу K^+ -мезонов в реакции $\gamma + p$ в первом случае равно 1.6 ± 0.7 , во втором 0.8 ± 0.6 .

В Брукхевене (США) начато изучение генерации странных частиц в протон-протонных взаимодействиях при энергии 2,85 Бэв. Сообщение о результатах исследований сделал Р. Рау. Работа проводится с использованием разных методов (камер, фотоэмульсий, электроники). Эти данные носят предварительный характер. Поскольку в конечном состоянии имеется система из трех частиц, то интерпретация событий затруднена. Так, при 2,85 Бэв в диффузионной водородной камере сечение рождения странных частиц найдено равным 40 мб/арн, по фотоэмульсионной методике 200 мб/арн, а в пузырьковой водородной камере оно имеет величину 130 ± 30 мб/арн.

При энергии протонов в 2 Бэв сечение генерации странных частиц оценено по 11 случаям и равно приблизительно 14 мб/арн. Сравнение этих сечений говорит о заметном росте генерации странных частиц с ростом энергии протонов. Однако статистическая точность и трудности в интерпретации событий в этой реакции не позволяют сделать окончательного вывода.

Проведено сравнение сечений, полученных в эксперименте, с сечениями, рассчитанными в модели с одномезонным взаимодействием.

Для реакции:

	$\sigma_{\text{теор}}/\sigma_{\text{эксп}} =$
1. $p + p \rightarrow \Lambda + K^+ + p$	2,2
2. $\rightarrow \Sigma^+ + K^+ + n$	2,6
3. $\rightarrow \Sigma^0 + K^+ + p$	1,0
4. $\rightarrow \Sigma^+ + K^0 + p$	1,5

Пар $K\bar{K}$ не обнаружено.

В этой работе исследуется также зарядовая независимость.

В Сакле (Франция) изучалось рождение странных частиц положительными π -мезонами с импульсом 1,15 Бэв/с на водороде. Сообщение о результатах этой работы сделал А. Бертло. В пропановой пузырьковой камере зарегистрировано 81 событие реакции $\pi^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + K^+$, причем 51 случай по распадам $\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n$ и 30 случаев по распадам $\Sigma^+ \rightarrow \pi^0 + p$. (Из других данных известно, что отношение вероятностей этих распадов должно быть приблизительно равным 1.) Но статистика очень мала и авторы считают этот эффект результатом пропуска при просмотре событий с протонным распадом из-за меньшего изменения угла между заряженными частицами (Σ^+ и p) по сравнению с нейтронным распадом (Σ^+ и π^+). Поэтому сечение $\pi^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + K^+$ рассчиталось по распадам $\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n$ и оказалось равным $\sigma = (0,26 \pm 0,05)$ мб/арн.

Об исследовании генерации странных частиц отрицательными π -мезонами около порога рождения $\Sigma^- K^0$ на водороде доложил Ф. Солмиц. Работа проводилась в Беркли на 72-дюймовой водородной пузырьковой камере.

Установлена зависимость для сечения рождения $\Sigma^- K^+$ в S -состоянии от энергии π -мезонов $\sigma(\Sigma^- K^+) = 0,149 E^{1/2}$ мб/арн.

Если разлет происходит в S -состоянии, то из общих соображений, развитых в свое время Базем и Окунем, в энергетической зависимости амплитуд рождения Λ -гиперона должны наблюдаться особенности у порога рождения ΣK .

Делается попытка обнаружить эти особенности в поведении различных членов выражения для углового распределения рождения и распада Λ :

$$d^2N = \frac{d\mu}{2} \frac{d\xi}{2} [A_0 + A_1\mu + A_2\mu^2 + \alpha\xi(1-\mu^2)^{1/2}(A_3 + A_4\mu)]$$

(где μ — косинус угла в системе ц. м. рождения, ξ — косинус угла между импульсом пиона распада и $[p_\pi, p_\Lambda]$ -направлением).

При энергии до порога рождения Σ -гиперонов у всех членов выражения для дифференциального сечения Λ -гиперонов особенностей не найдено. У порога рождения Σ -гиперонов при $1033 \div 1034$ Мэв в поведении коэффициентов A_1 и A_3 имеется выброс. Заметных особенностей в поведении A_0 , A_2 и A_4 не обнаружено. Из экспериментальных данных нельзя еще сделать вывода об относительной $\Sigma\Lambda$ -четности.

В Дубне проведено подробное изучение генерации странных частиц отрицательными π -мезонами при энергиях 2,85 Бэв в ксенонной камере и $7 \div 8$ Бэв в 55-сантиметровой пропановой камере. Сообщение по этим работам сделали И. В. Чувило и М. И. Соловьев. Для сечения рождения ($\Lambda\Sigma^0$)-гиперонов и K^0 -мезонов на водороде при энергии π^- 7 Бэв в пропановой пузырьковой камере получено:

$$\sigma(\Lambda, \Sigma^0) = 0,8 \pm 0,25 \text{ мб/арн}$$

$$\sigma(K^0) = 1,2 \pm 0,25 \text{ мб/арн.}$$

Отношение сечения рождения гиперонов к сечению рождения K -мезонов имеет величину

$$R = \frac{\sigma(Y^0 K^0) + \sigma(Y^0 K^+)}{\sigma(K^0 \bar{K}^0) + \sigma(K^0 K^-) + \sigma(\bar{K}^0 K^+)} = 0,7 \pm 0,2$$

и при условии равенства сечений рождения $K^0 \bar{K}^0$ и $K^+ K^-$ с учетом сечения заряженной пары это отношение становится равным

$$R' = \frac{\sigma(Y^0 K^0) + \sigma(Y^0 K^+)}{\sigma(K^0 \bar{K}^0) + \sigma(K^0 K^-) + \sigma(\bar{K}^0 K^+) + \sigma(K^+ K^-)} \approx 0,5.$$

По предварительным результатам этой же группы (Ван Ган-чан, В. И. Векслер и др.) рост сечения образования $K\bar{K}$ -пар при энергии 8 $B\bar{e}v$ продолжается.

В ксеноновой пузырьковой камере при энергии 2,85 $B\bar{e}v$ для отношения сечения генерации только нейтральной пары найдено

$$R^0 = \frac{\sigma(K^0 \bar{K}^0)}{\sigma(\Lambda \bar{K}^0) + \sigma(\Sigma^0 K^0)} = 0,54 \pm 0,18.$$

О росте сечения образования $K\bar{K}$ -пар с ростом энергии π -мезонов свидетельствует также наблюдение в пропановой камере нескольких случаев с $3 - 4 V^0$ -частицами, рожденными в одном взаимодействии при энергии π -мезонов 8 $B\bar{e}v$. Один из случаев идентифицирован как $\pi^- p$ -взаимодействие.

Полученный экспериментальный результат о росте сечения пар с ростом энергии находится в согласии с предсказанием М. А. Маркова на основе рассмотрения им схемы Гольдгабера, где гиперон считается как связанное состояние K -мезона и нуклона.

В угловых и импульсных распределениях гиперонов и K^0 -мезонов наблюдается различие. Λ -гипероны в системе ц. м. рождения преимущественно вылетают в заднюю полусферу. Отношение числа Λ -гиперонов, вылетающих вперед к числу Λ -гиперонов, вылетающих назад, около 0,15 или $\sim 0,15$. Угловое распределение Λ -гиперонов не зависит от множественности других заряженных частиц. Импульсный спектр Λ -гиперонов, вылетающих назад, более жесткий, чем для Λ -гиперонов, вылетающих вперед.

Для углового распределения K^0 -мезонов наблюдается зависимость от множественности других заряженных частиц. Для множественности 0 и 2 отношение числа K^0 -мезонов, вылетающих в системе ц. м. вперед, к числу K^0 -мезонов, вылетающих назад, равно 2,2. Для большой множественности это распределение близко к изотропному.

Были измерены поперечные импульсы рожденных частиц. Оказалось, что для гиперонов, K^0 -мезонов, протонов и π^- -мезонов их средние значения равны приблизительно 400 $M\bar{e}v/c$. Если использовать соотношение неопределенностей $\Delta p \Delta r \geq \hbar$, то можно определить область взаимодействия, ответственную за генерацию как странных, так и обычных частиц. Интересно заметить, что эти области имеют почти одинаковый размер (см. раздел Б. 1):

$$\Delta r \geq \frac{\hbar}{\Delta p} \approx \frac{\hbar}{3m_{\pi c}} = 4 \cdot 10^{-14} \text{ см.}$$

Большой интерес и оживленную дискуссию вызвало сообщение об исследовании асимметрии в угловом распределении протонов от распада Λ -гиперонов в системе покоя Λ -гиперонов, особенно асимметрия вперед — назад относительно направления импульса Λ -гиперона. Эта асимметрия свидетельствует о несохранении четности в сильных взаимодействиях с участием странных частиц.

В пропановой камере получено

$$\alpha_{\bar{p}} = -0,37 \pm 0,15 \text{ для } P_{\Lambda} \leq 1200 \text{ } M\bar{e}v/c.$$

Для P_{Λ} больше 1200 $M\bar{e}v/c$ некоторые V^0 нельзя разделить на Λ и K^0 , и если их все считать Λ -гиперонами, то все же нижнее значение этой асимметрии остается равным

$$\alpha_{\bar{p}} = -0,24 \pm 0,12.$$

В ксеноновой камере при энергии π^- 2,85 $B\bar{e}v$ для углового распределения протонов эта асимметрия равна $\alpha_{\bar{p}} = -0,32 \pm 0,15$.

В ряде работ с π -мезонами в области энергий около порога генерации Λ -гиперонов такой асимметрии не наблюдается. Не наблюдалось асимметрии и при поглощении K^- -мезонов в гелии. Так как полученный эффект не превышает двух статистических ошибок, то для окончательного решения этого вопроса нужно увеличение статистической точности. Возможно, что появление асимметрии связано с импульсом Λ -гиперона, т. е. зависит от скорости сталкивающихся частиц.

Изучалась также генерация заряженных Σ^- и Ξ^- -гиперонов. Найдено сечение рождения отрицательного каскадного гиперона при энергии π -мезонов

$$\text{для } 7 \text{ Бэв: } \sigma(\Xi^-) = \begin{pmatrix} 3,6 & +2,5 \\ & -2,1 \end{pmatrix} \text{ мкбарн на нуклон,}$$

$$\text{для } 8 \text{ Бэв: } \sigma(\Xi^-) = \begin{pmatrix} 10,6 & +4,4 \\ & -3,2 \end{pmatrix} \text{ мкбарн на нуклон.}$$

В работе У. Поуэлла

169

$$\sigma(\Xi^-) = \begin{pmatrix} 2,3 & +3,1 \\ & -1,6 \end{pmatrix} \text{ мкбарн на нуклон (5,5 Бэв/с).}$$

На 102 тысячах фотографий, полученных в 55-сантиметровой пропановой камере, найдено 11 Ξ^- -гиперонов. Из них четыре случая идентифицированы как результат взаимодействия отрицательного π -мезона с водородом. При анализе установлено, что во всех случаях нет противоречия со схемой рождения Ξ^- с двумя K^- -мезонами.

Впервые наблюдалось рождение $\tilde{\Sigma}^-$ -гиперона. Полученные данные по рождению заряженных Σ -гиперонов имеют предварительный характер. В угловом распределении в системе центра масс рождения наблюдается та же тенденция, что и для Λ -гиперонов. Средний поперечный импульс Σ -гиперонов несколько больше среднего поперечного импульса Λ , p , K^0 и π^- .

Вопрос о перезарядке по схеме $K^\pm + N \rightarrow K^0 + \pi^\pm + N$ или распаде новой частицы $D^\pm \rightarrow K^0 + \pi^\pm$ окончательно не решен, однако полученные результаты говорят больше в пользу перезарядки с рождением π -мезона и малой передачей импульса нуклону: т. е. о сильном $K\pi$ -взаимодействии.

В ЦЕРНе (Швейцария) на ускорителе 25 Бэв начаты эксперименты по изучению рождения странных частиц. О предварительных результатах взаимодействия отрицательных π -мезонов с водородом при энергии 16 Бэв доложил С. Пейру. Работа проводится на водородной пузырьковой камере диаметром 32 см. Проанализировано 45 тысяч фотографий. Сечения генерации Λ , Σ^0 -гиперонов и K^0 -мезонов имеют следующие значения:

$$\sigma(\Lambda\Sigma^0) = \sim 1 \text{ мбарн,}$$

$$\sigma(K^0) = \sim 3 \text{ мбарн.}$$

Следует также отметить, что Λ -гипероны имеют резкую направленность назад в системе ц. м. рождения.

Этот результат подтверждает в области 16 Бэв те же закономерности, которые были обнаружены в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в Дубне и докладывались в Киеве в 1959 г. и на прошедшей конференции.

В ЦЕРНе измерены полные поперечные сечения для p , \tilde{p} , K^+ - и π^\pm -мезонов на водороде в интервале энергий 3–10 Бэв/с. Работа проводилась с помощью черенковских счетчиков. Сообщение о результатах сделал Г. Фон-Дарделл.

При импульсе 4–8 Бэв/с для K^\pm - и π^\pm -мезонов определен относительный выход частиц с мишени при энергии ускоренных протонов в 25 Бэв

$$\frac{K^+}{\pi^+} = 0,2 \div 0,3, \quad \frac{K^-}{\pi^-} = 0,04 \div 0,07, \quad \frac{K^+}{K^-} = 3 \div 5.$$

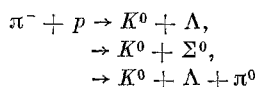
При энергии 8 Бэв полное сечение взаимодействия для K^- -мезонов на (5 ± 2) мбарн выше, чем для K^+ -мезонов, которое равно 28 мбарн. Если для K^+ сечение остается постоянным в интервале от 4 до 8 Бэв, то для K^- -мезонов наблюдается тенденция к уменьшению сечения. Таким образом при очень больших энергиях, по-видимому, имеет место стремление сечений рассеяния частиц и античастиц на водороде к одному и тому же предельному значению, что находится в согласии с выводами И. Я. Померанчука.

По измерениям, проведенным в Дубне, для полного сечения K^+ на водороде при 4,7 Бэв найдено $(23,0 \pm 4,0)$ мбарн и для 3,7 Бэв $(22,0 \pm 4,3)$ мбарн.

В Беркли на 72-дюймовой водородной пузырьковой камере проводилось изучение реакции $\tilde{p} + p \rightarrow \tilde{\Lambda} + \Lambda$. Камера стояла в сепарированном пучке антипротонов. Имели возможность получать антипротоны с импульсом от 1,61 до 2,0 Бэв/с, т. е. генерировать пары $\tilde{\Lambda}\Lambda$, $\tilde{\Lambda}\Sigma^0$, $\Lambda\tilde{\Sigma}^0$, $\Sigma\tilde{\Sigma}$.

На 20 тысяч антипротонных взаимодействий с импульсом 1,61 Бэв/с получено 11 пар $\tilde{\Lambda}\Lambda$. Сечение этой реакции равно 57 ± 15 мкбарн. Интересно отметить, что из 11 парных рождений $\tilde{\Lambda}\Lambda$ два $\tilde{\Lambda}$ -гиперона вылетают назад в системе ц. м. рождения, один $\tilde{\Lambda}$ -гиперон около 90° и остальные $\tilde{\Lambda}$ -гипероны летят вперед. Следовательно, Λ -гипероны вылетают преимущественно назад.

Конкурирующие фоновые реакции:



вносят малый вклад (по оценке авторов — порядка 10^{-5}).

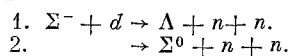
На конференции было представлено много работ как по взаимодействию K^- -мезонов с нуклонами и ядрами при остановках, так и по взаимодействиям при больших энергиях K^\pm -мезонов. Обзорное сообщение по K^\pm -взаимодействиям сделал Д. Миллер.

Получены данные по выходу Λ - и Σ -гиперонов в результате поглощения K^- -мезонов:

	В водороде	В дейтерии	В гелии
Прямое рождение Σ	82%	67%	38%
Прямое рождение Λ	18%	15%	27%
Рождение Λ через Σ^0	—	18%	35%

Безмезонный захват K^- -мезонов составляет 15%. О взаимодействиях K^- -мезонов с дейтерием и гиперон-нуклонных взаимодействиях доложил Д. Миллер. Проводился поиск Σn -гиперфрагмента. Указаний на его существование не найдено. Оценена вероятность существования ($\Sigma^- n$)-системы: она оказалась равной $(0,51 \pm 1)\%$.

Исследовалась также реакция



Анализ импульсного спектра показывает, что большинство реакций идет по первому каналу.

В сообщении Г. Сноу было рассказано о захвате K^- -мезона в водороде и гелии. Теоретическое рассмотрение этого процесса было доложено в Киеве в 1959 г. Захват K^- -мезонов в молекулярном водороде — сложный процесс. Образуется нейтральная $K^- p$ -система, которая проникает внутрь n_2 и в сильном электрическом поле ядра испытывает Штарк-эффект. Для ширины радиационного перехода получено значение $2 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1}$. Для гелия картина более сложна.

Проводилась проверка разных типов симметрии. Вопрос о глобальной симметрии исследовался Саламом для отношения Σ^-/Σ^+ в реакциях

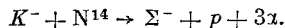


Глобальная симметрия не выполняется. Найдена сильная зависимость отношения различных каналов Σ^-/Σ^+ гиперонов от энергии K^- -мезонов. Это отношение сначала равно 1,5; затем растет до 2 при импульсе K^- -мезона, равном 90 Мэв/с, и снова падает вплоть до величины порядка 1 при дальнейшем увеличении импульса K^- -мезона.

Наиболее достоверным методом определения внутренней четности ΛK является изучение реакций $K^- + \text{He} \rightarrow \Lambda \text{He}^4 + \pi^-$, $K^- + \text{He} \rightarrow \Lambda \text{He}^4 + \pi^0$; если ΛHe^4 образуется в основном состоянии, то это свидетельствует об отрицательной четности $K\Lambda$. С этой целью был поставлен эксперимент по поглощению K^- -мезона в гелии. О результатах этой работы доложили М. Блок и Г. Пуппи. Был получен большой выход $\Lambda \text{He}^4 (1,8 \pm 0,3)\%$ и малая энергия связи Λ в ядре He, что свидетельствует о том, что реакция идет через основное состояние ΛHe^4 и четность ΛK таким образом, отрицательна.

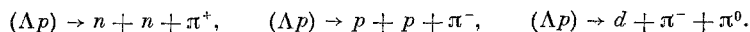
Для генерации разных гиперонов получено следующее отношение: $\Sigma^-:\Sigma^0:\Sigma^+:\Lambda = 317:224:130:252$, т. е. $\Sigma^-/\Sigma^+ = 0,4$, все $\Sigma/\Lambda = 2,7$.

И. Айзенберг и Р. Фаулер доложили о работах, где исследовались многонуклонные поглощения K^- -мезонов. Среди 1000 захватов K^- -мезонов найдено 16 быстрых Σ -гиперонов, из них два случая $K^- + \text{C}^{12} \rightarrow \Sigma^- + p + d + 2\alpha$ и два случая



Энергия этих Σ -гиперонов превышает ожидаемую из кинематических расчетов для реакции $K^- + \text{N} \rightarrow \Sigma + \pi$. В наблюдаемых случаях энергия доходила до 60 Мэв. Это обстоятельство интерпретируется как захват K^- -мезонов многонуклонными системами.

В докладе К. Готтштейна были суммированы данные европейских и американских лабораторий по исследованиям остановок K^- -мезонов в фотоэмульсиях. Найдено 8912 захватов K^- -мезонов; среди образовавшихся гиперфрагментов ΛHe^6 не найдено. Не найдены также и случаи:



Для отношения числа мезонных гиперфрагментов к числу остановок K^- -мезонов найдены значения в Чикаго 0,66%, в Мюнхене 0,40%.

Выяснялся вопрос о существовании (ΣN) -гиперфрагмента. В 527 Σ^+ -распадах его не было найдено.

$$(\Sigma^+ p) \rightarrow p + p \quad \text{и} \quad (\Sigma^+ p) \rightarrow p + n + \pi^+,$$

что касается $(\Sigma^- n)$, то два возможных случая также допускают и другую интерпретацию.

Обнаружено 46 случаев взаимодействия Σ^- -гиперона с водородом. Отношение каналов реакции

$$\frac{\Sigma^- + p \rightarrow \Sigma^0 + n}{\Sigma^- + p \rightarrow \Sigma^- + p} = 0,56 \pm 0,12.$$

При поиске «по площади» найдено 345 Λ -гиперонов. Измерены угловые распределения π -мезонов в распадах Λ -гиперонов. Для части из них Мюнхенской группой найдена асимметрии вперед — назад $\alpha p = 0,275 \pm 0,138$. В данных Туринской группы асимметрия имеет обратный знак. Если взять все имеющиеся случаи, то получится распределение, близкое к изотропному.

М. Г у д о м были доложены интересные результаты по взаимодействиям K^- -мезонов с импульсом 1,15 $B\bar{e}/c$ с водородом. Работа проводилась в Беркли на 15-дюймовой водородной пузырьковой камере. Изучалась реакция.

1. $K^- + p \rightarrow \Lambda + \pi^+ + \pi^-$.
2. $\quad \quad \rightarrow \Sigma^0 + \pi^+ + \pi^-$.
3. $\quad \quad \rightarrow \Lambda + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$.

Сечение 1 и 2 реакций равно 4 мбарн. Отношение сечений $\sigma(\Lambda)/\sigma(\Sigma^0) = 3 \pm 1$

Наибольший интерес представляет результат анализа импульсных спектров π^\pm -мезонов в реакциях с рождением Λ -гиперонов.

Для анализа было взято 50 случаев $(\Lambda + \pi^+ + \pi^-)$ и 92 случая $(\Lambda(\Sigma^0) + \pi^+ + \pi^-)$ т. е. когда Λ - и Σ^0 -гипероны невозможно разделить.

Проведенный авторами анализ дает указание на возможное существование возбужденных состояний гиперонов, например реакция 1 идет по схеме

$$K^- + p \rightarrow Y^{*\pm} + \pi^\mp \\ \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \Lambda + \pi^\pm$$

Это состояние с изотопическим спинном 1 и массой $MY^* = 1370 \pm 25 \text{ Мэв}$, $Q_{\Lambda\pi} = 115 \text{ Мэв}$, $PY^* \approx 200 \text{ Мэв}/c$ соответствует известной изобаре $3/2, 3/2$. Угловые корреляции Λ -гиперона и π^\pm -мезонов говорят в пользу существования такой системы.

Однако данные о спектре Λ -гиперонов и небольшая статистика не позволяют пока сделать окончательного заключения.

Об измерении полных поперечных сечений рассеяния K^- -мезонов на протонах и нейтронах с энергией от 0,6 до 3,5 $B\bar{e}$ рассказал Л. К е р т с. Работа сделана в Беркли с помощью методики пороговых черенковских счетчиков.

Получены полные сечения K^-p , K^-n и Kd -рассеяний в исследуемом интервале энергий. Полное сечение K^-N от 1,5 до 3,5 $B\bar{e}$ почти не меняется и имеет величину порядка 22 мбарн. Сечение $K^- + p$ равно 25—28 мбарн в этом же интервале 1,5—3,5 $B\bar{e}$.

Измерены дифференциальные сечения рассеяния на водороде при 1,5 и 2 $B\bar{e}$ под углами $(4-25)^\circ$ в лабораторной системе координат. Данные анализировались по оптической модели. Для 1,5 $B\bar{e}$ радиус взаимодействия определен в 0,9 f и сечение под нулем $(16 \pm 4) \text{ мбарн/стерад}$ и для 2 $B\bar{e}$ $(d\sigma/d\Omega)_{\theta=0} = (14,0 \pm 0,7) \text{ мбарн/стерад}$ и радиус взаимодействия $(0,80 \pm 0,02) f$.

Измерено также сечение перезарядки K^- -мезонов на водороде и дейтерии, причем сечение перезарядки имеет максимум при 606 $M\bar{e}$ для водорода 9 мбарн и дейтерия 13 мбарн и затем с ростом энергии падает у водорода до 1,7 мбарн при 2 $B\bar{e}$ и у дейтерия до 1,2 мбарн при 3,49 $B\bar{e}$. При 3,49 $B\bar{e}$ сечение перезарядки у водорода снова возрастает до 5,4 мбарн.

Об экспериментах по рассеянию положительных K -мезонов на водороде и дейтерии доложил Г. Т и х о. Работа выполнена на пузырьковой камере.

Дифференциальное сечение рассеяния K^+ -мезонов на водороде изотропно и имеет величину порядка 1,16 мбарн/стерад при 812 $M\bar{e}/c$, сечение упругого рассеяния при этой же энергии равно $(14,6 \pm 0,1) \text{ мбарн}$. Это рассеяние идет в S -состоянии с $\delta_{10} = 50,5 \pm 3$.

Для сечения неупругого рассеяния с перезарядкой и рождением π -мезонов всех знаков заряда найдено значение $1,4 \pm 0,4 \text{ мбарн}$.

Зарядово-обменное рассеяние K^+ -мезона на дейтоне: $K^+ + d \rightarrow K^0 + p + p$, не изотропно; дифференциальное сечение для K^0 -мезона в этой реакции при 350 Мэв/с примерно изотропно и имеет величину около 0,4 мбарн/стерад; в дифференциальном сечении при 530 Мэв/с наблюдается отступление от изотропии. Для 642 Мэв/с сечение примерно изотропно и имеет величину около 0,8 мбарн/стерад.

5. Слабые взаимодействия странных частиц

Проведено несколько экспериментов по относительному определению разных мод распада гиперонов и K^0 -мезонов. Получены подтверждения по уже имевшимся результатам ($\Delta I = 1/2$).

Для распадов

$$\Lambda \rightarrow \pi^- + p$$

и

$$\Lambda \rightarrow \pi^0 + n$$

получено следующее отношение:

$$B_{\Lambda} = \frac{(\Lambda \rightarrow \pi^- + p)}{(\Lambda \rightarrow \pi^0 + n) + (\Lambda \rightarrow \pi^- + p)} = \begin{matrix} 0,72 \pm 0,08, \\ 0,63 \pm 0,03, \\ 0,65 \pm 0,05, \\ 0,64 \pm 0,05. \end{matrix}$$

Параметр асимметрии $\frac{\alpha(\text{нейтр.})}{\alpha(\text{заряж.})} = 1,10 \pm 0,27$, т. е.

$$\alpha(\pi^- p) = \alpha(\pi^0 n)$$

Для распадов K^0 -мезонов на заряженные и нейтральные пары получено с хорошей точностью следующее отношение:

$$B_K = \frac{(K_1^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0)}{(K_1^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-) + (K_1^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0)} = \frac{1}{3}.$$

По разным измерениям для B_K получены следующие величины: $0,32 \pm 0,04$; $0,30 \pm 0,04$; $0,30 \pm 0,08$; $0,26 \pm 0,06$; $0,37 \pm 0,08$.

Для Σ -гиперонов определены параметры асимметрии:

для

$$\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n \quad \alpha_{\bar{p}}(+)=0,04 \pm 0,08,$$

$$\Sigma^+ \rightarrow \pi^0 + p \quad \alpha_{\bar{p}}(0)=0,75 \pm 0,17,$$

$$\Sigma^- \rightarrow \pi^- + n \quad \alpha_{\bar{p}}(-)=0,01 \pm 0,17,$$

откуда найдено

$$|\alpha(-)_{\Sigma}| = 0,14 \pm 0,20,$$

$$|\alpha(0)_{\Sigma}| = 0,99 \pm 0,01, \quad 0,05,$$

$$|\alpha(+)_{\Sigma}| = 0,04 \pm 0,11.$$

Для редких распадов Σ -гиперонов получено:

$$\frac{(\Sigma^+ \rightarrow p + \gamma)}{(\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0)} < 1\%$$

и

$$\frac{(\Sigma^+ \rightarrow p + e^+ + e^- + \gamma)}{(\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0)} = \frac{2}{527}.$$

Получены данные для времени жизни гиперфрагментов:

$$\tau_{\Lambda \text{He}^4} \geq 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ сек},$$

$$\tau_{\Lambda \text{H}^4} = (1,5_{-0,5}^{+4,0}) \cdot 10^{-10} \text{ сек},$$

$$\tau_{\Lambda \text{H}^3} = 1,8 \cdot 10^{-10} \text{ сек}.$$

Для времени жизни каскадного гиперона получено значение $\tau_{\Xi^-} = (3,5_{-1,2}^{+3,4}) \cdot 10^{-10} \text{ сек}$ и для его массы $M_{\Xi^-} = (1317,0 \pm 2,2) \text{ Мэв}$.

Для разных каналов распада Σ^+ -гиперона наблюдаются два значения времени жизни:

$$\begin{aligned}\tau(\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n) &= (0,65 \pm 0,10) \cdot 10^{-10} \text{ сек}, \\ \tau(\Sigma^+ \rightarrow \pi^0 + p) &= (0,95 \pm 0,20) \cdot 10^{-10} \text{ сек}.\end{aligned}$$

Для времени жизни $\tilde{\Lambda}$ -гиперона найдено:

$$\tau_{\tilde{\Lambda}} = (2,8_{-0}^{+1}, \frac{1}{7}) \cdot 10^{-10} \text{ сек}.$$

Новые данные получены в Дубне, где изучались распадные свойства K_S^0 -мезонов с помощью методики камеры Вильсона. Было зарегистрировано более 500 распадов долгоживущих K_S^0 -мезонов, среди которых обнаружен случай распада K_S^0 -мезона на четыре заряженные частицы. Этот случай был идентифицирован как распад $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0 + \pi^0$ с последующим распадом π^0 -мезона через пару Далица. Этим получено прямое подтверждение существования такого типа распада K_S^0 . Были также получены прямые указания на существование распада $K_S^0 \rightarrow 3\pi^0$. Измерена вероятность распада $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + e^+ + e^- + \nu$, она оказалась равной удвоенной вероятности соответствующего распада K^+ , что свидетельствует в пользу правила $\Delta I = 1/2$ и для лептонных распадов. В отличие от имевшихся данных число распадов на π^+ в пределах ошибок равно числу распадов на π^- , среди 200 проанализированных K^0 -распадов не было обнаружено ни одного распада на π^+ и π^- . Эти факты говорят в пользу CP -инвариантности в распадном взаимодействии K_S^0 -мезонов.

Об интересной работе по измерению разности масс K_S^0 - и K_L^0 -мезонов доложил О. Пиччони. Работа была проделана на 30-дюймовой пропановой пузырьковой камере в Беркли. Для перевода K_S^0 в K_L^0 посередине камеры ставился железный конвертер. Измерялось число K_L^0 -мезонов после конвертера как функция его толщины.

Найденная разность масс $\Delta m = (1,5 \pm 0,5) \frac{\hbar}{\tau}$ находится в соответствии с замечанием Л. Б. Окуня и Б. М. Понтекорво относительно распадов с изменением странности на 2.

6. Эксперименты со сверхвысокими энергиями

На пленарных заседаниях было сделано несколько сообщений об экспериментах, выполненных со сверхвысокими энергиями.

О работе Бристольской группы физиков рассказал Ф у л е р. Стопки эмульсий были прослоены свинцом и составляли 220 г/см^2 . Найдено 1500 ливней вне эмульсии и 1500 ливней в эмульсии. Обработку приходится проводить методом фотометрирования, так как никакие другие методы не пригодны. Найдены каскады с выделившейся энергией от 15 тысяч до 200 тысяч $B\text{эв}$. Интересно отметить, что в этих взаимодействиях отношение длины для взаимодействия к радиационной длине равно 25. Очень большое количество ливней, по-видимому, обусловлено преимущественно генерацией K -мезонов и их последующим распадом

$$K^0 + 2\pi^0 \rightarrow 4\gamma.$$

Н. А. Добротин (СССР) рассказал об экспериментах советских физиков с космическими лучами при 10^{11} — 10^{12} эв. Постановка опытов и полученные результаты были заслушаны с большим интересом. К о н и б а (Япония) рассказал о предварительных результатах исследования в космических лучах с помощью фотоэмульсий, облученных в стратосфере. Изучались ливни и быстрые γ -кванты. К о к к о н и рассказал о работах на 25 $B\text{эв}$ протонном синхротроне.

* * *

В работе X конференции по физике частиц высоких энергий в Рочестере приняло участие 350 делегатов, из них 170 делегатов от США (согласно договоренности страна, где проходит конференция, имеет право на половину делегатских мест), от Англии и Франции по 15 делегатов, от Италии 12, Индии 2 и т. д. Делегация Советского Союза на этой конференции была самой крупной делегацией советских физиков, когда-либо приезжавших в США. Она состояла из 28 человек. Возглавляли делегацию Д. И. Блохинцев и В. И. Векслер. В состав делегации входили крупные физики нашей страны: Н. Н. Боголюбов, Н. А. Добротин, В. П. Дженелов, М. А. Марков, С. А. Азимов, С. Я. Никитин, А. А. Логунов, Д. В. Ширков, А. П. Рудик и другие.

Особенностью конференции было то, что многие интересные и разносторонние результаты были представлены нашей страной.

Как во время конференции, так и после ее окончания советские делегаты имели возможность ознакомиться с работой ряда научных центров США, в частности, посетили Корнельский электронный синхротрон, Принстонский протонный синхротрон на 3 *Бэв* (строительство будет закончено через год), циклотрон Колумбийского университета, циклотрон Массачусетского технологического института, электронный ускоритель на 6 *Бэв* в Кембридже (оканчивается строительство), Брукхевенскую национальную лабораторию, где осмотрели ускорители на 3 и 32 *Бэв*, циклотрон Rochesterского университета. Кроме того, часть делегатов побывала в Стенфорде и Беркли.

Необходимо отметить исключительно радушный прием, который был оказан членам нашей делегации физиками США как в Рочестере в период конференции, так и во время посещения научных центров.

Наши делегаты познакомились лично с рядом ведущих зарубежных физиков, с постановкой работ и т. п.

Прошедшая конференция внесла свой вклад в установление контактов ученых и их лучшее взаимопонимание.

Во время конференции проходило заседание комиссии по физике высоких энергий Международного союза чистой и прикладной физики на котором было принято решение об изменении периодичности проведения конференции. Отныне конференции будут собираться не ежегодно, а раз в два года. Следующая конференция состоится в Женеве летом 1962 года.

* * *

Авторы благодарны другим членам советской делегации, которые любезно представили им свои записи докладов конференции.

А. Музин, М. Соловьев, И. Чувило

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СОДЕРЖАНИЕ

Э. Л. Андроникашвили, Ю. Г. Мамаладзе, С. Г. Матинян, Д. С. Цакадзе. О свойствах квантованных вихрей, возникающих при вращении гелия II	3
А. И. Алексеев. Применение методов квантовой теории поля в статистической физике	41
Ф. Г. Басс, С. Я. Брауде, Э. А. Канер, А. В. Мень. Флуктуации электромагнитных волн в тропосфере при наличии поверхности раздела	89
У. Бардсли. Влияние дислокаций на электрические свойства полупроводников	121
Б. А. Багаряцкий. Радиолокационные отражения от полярных сияний	197
В. П. Игнатьенко. Принципы формирования и фокусировки интенсивных пучков заряженных частиц	243
А. А. Чернов. Слоисто-спиральный рост кристаллов	277
Дж. Дю-Монд. Состояние вопроса об основных константах физики и химии на январь 1959 г.	333
В. Л. Левшин. Сергей Иванович Вавилов. (К 70-летию со дня рождения)	373
И. Е. Дзялошинский, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. Общая теория ван-дер-ваальсовых сил	381
Г. В. Скроцкий и Т. Г. Изюмова. Оптическая ориентация атомов и ее применения	423
А. Л. Картужанский. Элементарные фотографические процессы в электрическом поле	471
Д. М. Васильев и Б. И. Смирнов. Некоторые рентгенографические методы изучения пластических деформированных металлов	503

ПАМЯТИ ИГОРЯ ВАСИЛЬЕВИЧА КУРЧАТОВА

Игорь Васильевич Курчатов (Биографический очерк)	593
<u>И. В. Курчатов</u> . О некоторых результатах исследований по управляемым термоядерным реакциям, полученных в СССР	605
<u>А. Ф. Иоффе</u> . И. В. Курчатов — исследователь диэлектриков	611
<u>Л. И. Русинов</u> . Изомерия атомных ядер	615
В. И. Гольданский, Л. К. Пекер. Некоторые вопросы изомерии атомных ядер	631
К. А. Петржак и Г. Н. Флеров. Спонтанное деление ядер	655
И. Н. Головин, Л. И. Артеменков, Г. Ф. Богданов, Д. А. Панов, В. И. Пистунович, Н. Н. Семашко. О работах на термоядерной экспериментальной установке Огре	685

А. А. Веденов, Е. П. Велихов, Р. З. Сагдеев. Устойчивость плазмы	701
--	-----

ФИЗИКА НАШИХ ДНЕЙ

Ван де Холст. Структура Галактики и радиоизлучение на волне 21 см	161
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

И. И. Першин. Физические измерения по фотографиям следов частиц в пузырьковых камерах	559
Г. П. Мельников. Измерение многомерных спектров в ядерной физике	767

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

X Международная конференция по физике частиц высоких энергий (А. Мухин, М. Соловьев, И. Чувило)	775
---	-----

PERSONALIA

<u>Лев Ильич Русинов</u> (Л. Слив, Е. Мазец)	183
--	-----

БИБЛИОГРАФИЯ

Молекулярная спектроскопия и ее применения (Э. В. Шпольский)	187
В. В. Маляров. Основы теории атомного ядра (И. С. Шапиро)	367
Новые книги по физике (Т. О. Вреден-Кобецкая)	368
И. В. Радченко Молекулярна физика (Б. Н. Финкельштейн)	583
Новые книги по физике (Т. О. Вреден-Кобецкая)	584

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Поправки и дополнения к статье «Сечения взаимодействия частиц при больших энергиях» (В. С. Барашенков)	589
--	-----

Успехи физических наук, т. LXXIII, вып. 4.

Редакторы В. В. Власов, Г. В. Розенберг, В. А. Узаров.

Техн. редактор К. Ф. Брудно.

Корректор С. Н. Емельянова.

Сдано в набор 8/II 1961 г. Подписано к печати 17/IV 1961 г. Бумага 70×108/16
Физ. печ. л. 12,50+2 вкл. Условн. печ. л. 17,47. Уч.-изд. л. 17,63. Тираж 4775 экз. Т-03145.
Цена книги 1 р. 20 к. Заказ 819

Государственное издательство физико-математической литературы

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Московская типография № 5 Мосгорсовнархоза. Москва, Трехпрудный пер., д. 9