

СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

III ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО АТОМНОМУ ЯДРУ

1—6 октября 1938 г. в Ленинграде состоялось III Всесоюзное совещание по атомному ядру, созванное Отделением математических и естественных наук АН СССР. На совещании было заслушано 29 докладов. Тематика совещания была посвящена следующим основным вопросам: 1) космические лучи, 2) прохождение быстрых частиц через вещество, 3) теория новых частиц и 4) свойства тяжелых частиц и строение ядер.

Первые заседания совещания были посвящены работам в области космических лучей. Исследованиями последних лет было установлено, что в составе космических лучей имеются две компоненты: проникающая и мягкая. Последняя в настоящее время изучена сравнительно полно, хотя и здесь не всегда имеется полная ясность. Установлено, что мягкая компонента состоит, в основном, из электронов и позитронов. Кроме того, в состав ее входит известная доля γ -лучей. Ливни, вызываемые мягкой компонентой, также получили, по крайней мере качественное, объяснение в так называемой ливинной теории ливней. Что же касается свойств и состава проникающей компоненты, то здесь сведения более скудны и поэтому изучение их представляет наибольший интерес.

Исследованию свойств и состава проникающей компоненты космических лучей были посвящены работы В. И. Векслера и его сотрудников, о которых доложил В. И. Векслер на первом заседании. В своих опытах авторы пользовались разработанным Векслером оригинальной методикой, состоящей в применении так называемых пропорциональных счетчиков, позволяющих измерять не только количество частиц, проходящих через счетчик, но также и ионизацию, вызываемую этими частицами. Был произведен ряд опытов, на уровне моря и на Эльбрусе, позволивших по длине пробега в веществе и ионизации судить о том, что проникающая компонента состоит из частиц с массой порядка 200 электронных масс и зарядом, равным по абсолютной величине заряду электрона и обоих знаков. Таким образом было еще раз доказано, что проникающая компонента состоит из полутяжелых частиц в согласии с гипотезой Андерсона и Неддермайера. Заметим, кстати, что за последнее время для новых частиц было предложено несколько названий. Наиболее употребительными являются бэритрон и мезотрон. Кроме того, этими опытами было установлено, что мезотроны не являются первичными частицами. Этот вывод имеет весьма существенное значение. Он означает, что существует какой-то, пока неизвестный, механизм образования мезотронов легкими частицами (электронами и позитронами). Это можно считать в такой же мере точно установленным, как и сам факт существования мезотронов.

С. Н. Верно в рассказе о своих измерениях интенсивности космических лучей в стратосфере на различных широтах. Измерения велись на широтах Ленинграда, Еревана и близ магнитного экватора, в районе Индийского океана. Исследование интенсивности космических лучей в стратосфере производилось при помощи счетчиков Гейгера-Мюллера, поднимавшихся на шарах-зондах. Данные счетчиков передавались по

радио. Разряды в счетчиках усиливались и приводили в движение реле, в результате чего передавался радиосигнал. Следует заметить, что при работе на низких широтах встретились весьма существенные экспериментальные трудности. Измерения установили наличие большого широтного эффекта в стратосфере, значительно превышающего широтный эффект на уровне моря. Это позволяет сделать вывод относительно состава первичного излучения. Именно, характер широтного эффекта на большой высоте показывает, что не менее 75% первичных лучей должны представлять электроны. Если воспользоваться формулами каскадной теории ливней и сопоставить их с экспериментальными данными, то оказывается, что заряженные легкие частицы составляют около 90% всего первичного излучения. Кроме того, опыты Вернова позволяют судить и о поглощении космических частиц. Полученные данные находятся в качественном согласии с каскадной теорией ливней, особенно хорошим для больших высот.

Н. А. Добротин сделал предварительное сообщение о весьма интересных опытах по исследованию так называемых обратных ливней, которые велись группой сотрудников ФИАН на Эльбурсе. Явление обратных ливней было обнаружено Росси сравнительно давно. Оно состоит в том, что число разрядов счетчика увеличивается не только при помещении свинца над ним, но также и под ним, т. е. оказывается, что существуют ливни, направленные не сверху вниз, а снизу вверх.

Явление обратных ливней представляется весьма загадочным потому, что согласно каскадной теории все частицы ливня должны обладать резкой направленностью вдоль направления полета частицы, вызывающей ливень (здесь слово частица относится в равной мере и к фотонам). Таким образом объяснить появление частиц, движущихся снизу вверх, исходя из каскадной теории ливней, невозможно. Нельзя также предположить, что обратный ливень создается γ -квантом, получившимся в результате аннигиляции позитрона в веществе под счетчиком, так как это привело бы к неправильной зависимости от z вещества под счетчиком.

Явление обратных ливней было исследовано рядом авторов, причем в полном согласии друг с другом они утверждают, что число обратных ливней зависит не только от толщины пластинки под счетчиками, но и от толщины пластинки, помещенной одновременно над счетчиками. Именно, у всех авторов число обратных ливней с помещением свинцовой пластинки над счетчиками возрастало в 2,5—6 раз. Измерения, о которых докладывал Добротин, показали прямо-противоположный результат — число обратных ливней убывало при помещении материала над счетчиком. Это расхождение нельзя отнести ни за счет высоты (опыты Гильберта велись на той же высоте 3000 м), ни за счет геометрических условий, от которых эффект сильно не зависит. Единственный путь к разрешению противоречия состоит, по мнению Добротина, в том, что следует принять существование двух видов обратных ливней — ливней, состоящих из большого числа частиц, и из малого, подчиняющихся каким-то разным механизмам. Благодаря малой чувствительности установок, применявшейся в описываемых опытах, измерялись, главным образом, обратные ливни первой модификации. Другие же авторы измеряли, главным образом, ливни, состоящие из малого числа частиц. Авторами было также доказано, что обратные ливни вызываются мягкой компонентой космических лучей. Хотя данные эти и носят предварительный характер, но сам факт открытия новой модификации обратных ливней представляет большой интерес.

Доклады Ивановой и Франк-Каменецкого были посвящены исследованию мягкой компоненты космических лучей вблизи поверхности земли. Именно, исследовался вопрос о том, какая часть мягкой компоненты у поверхности земли является вторичной, т. е. порожденной проникающей компонентой. Мягкая компонента вырезалась слоем свинца в 10 см толщиной, после чего по методу совпадений изучалось количество мягкой компоненты, рожденной проникающей в толстых блоках веществ различного атомного номера. Оказалось что равновесная

интенсивность мягкого излучения под блоком почти совпадает с интенсивностью мягкой компоненты на уровне моря. Отсюда следует, что большая часть мягкой компоненты на уровне моря является вторичной. Кроме того, было установлено, что равновесная интенсивность мягкой компоненты в легких элементах больше, чем в тяжелых. Именно, равновесная интенсивность мягкой компоненты в воздухе составляет 33%, в Al 11% и в Pb всего 4½%.

А. П. Жданов сообщил о предварительных результатах опытов, проведенных им совместно с Гуревичем и Филипповым, в которых с помощью толстослойных фотопластинок наблюдалось расщепление ядер космическими лучами. Метод основывался на том, что заряженные частицы, проходя через эмульсионный слой фотопластинки, оставляют в нем следы. Хотя данные и носили предварительный характер, но новый метод, предложенный атомами, несомненно, представляет интерес.

Большой обзорный доклад И. Е. Тамма был посвящен имеющимся в настоящее время теоретическим представлениям о мезотронах. Возможные теоретические толкования природы мезотронов опираются на следующие экспериментальные факты. 1) Мезотроны обладают массой, промежуточной между массой электронов и массой тяжелых частиц; заряд их по абсолютной величине равен заряду электрона и может быть как положительным, так и отрицательным. 2) Мезотроны образуются в верхних слоях атмосферы легкими частицами. 3) Мезотроны могут в свою очередь превращаться в электроны или позитроны. 4) Проникающая компонента космических лучей при следовании в веществе сопровождается равновесным количеством мягкой компоненты; при этом часть последней состоит из так называемых δ -электронов, т. е. электронов, выбитых из атомов вещества непосредственным ударом мезотрона.

Вопрос о рождении и поглощении мезотронов является тесно связанным с ядерными силами и представляет основной интерес. Действительно, силы взаимодействия, приводящие к рождению и поглощению мезотронов, не могут иметь характера электрических сил. Если бы это были силы электрического происхождения, то наблюдалась бы зависимость вероятности образования мезотронов от z^2 . Можно привести и ряд других соображений, указывающих на неэлектрический характер взаимодействия мезотронов с ядрами. Поэтому необходимо принять, что силы взаимодействия имеют существенно-квантовый характер и являются какой-то разновидностью так называемых обменных сил. Тогда становится весьма существенным вопрос о спине мезотронов.

Если спин мезотронов $s = \frac{1}{2}$, то рождение их в одиночку невозможно, а лишь парами, так, чтобы полный спин сохранялся или изменялся на целое число. Напротив, если $s = 0$ или 1, то возможно образование мезотронов в одиночку.

В настоящее время нет никаких экспериментальных данных о спине мезотронов, и приходится пользоваться тем или иным предположением как некоторой рабочей гипотезой. Предположение, что $s = \frac{1}{2}$, было высказано Андерсоном и Неддермайером и развивалось Таммом. Предположение же о целом спине ($s = 0$ или 1) было выдвинуто Юкавой еще задолго до открытия мезотронов (в 1935 г.) Для объяснения ядерных сил он предложил ввести гипотетическую частицу с массой порядка ста электронных масс и целым спином.

Принимая то или иное значение спина, можно делать довольно однозначные суждения о характере сил взаимодействия мезотронов с тяжелыми частицами. Это позволяет, в свою очередь, строить теорию взаимодействия между тяжелыми частицами в ядрах. В случае полуцелого спина теория строится по образу фермиевской теории β -распада. Согласно этой теории в поле ядра возможно превращение мезотрона в электрон и обратно — электрона в мезотрон. Подчеркнем, что все сказанное в равной мере относится и к позитронам. Таким образом из теории следует, что мезотроны могут создаваться быстрыми электронами в верхних слоях атмосферы. Эффективный поперечник для образования мезотронов имеет приемлемый порядок величины ($\sim 10^{-25}$). Далее

исходя из этой теории, можно построить теорию ядерных сил взаимодействия между тяжелыми частицами. Однако здесь возникают существенные трудности, связанные с тем, что получаемые силы не имеют характера сил насыщения, как это имеет место в действительности.

Мезотронам с целым спином было посвящено за последнее время большое количество теоретических работ (Гейтлер, Фрелих, Баба, Кемер). Мезотроны с целым спином описываются волновой функцией, имеющей векторный характер (т. е. имеющих три слагаемых). Эта волновая функция удовлетворяет системе уравнений, весьма сходных с максвелловскими. Причину этого легко понять, если вспомнить, что согласно квантовой механике набор частиц, подчиняющихся статистике Бозе — Эйнштейна, т. е. обладающих четным целым спином, эквивалентен некоторому волновому полю. В частности, с формальной стороны описание мезотронов весьма сходно с описанием фотонов. Из теории получаются ядерные силы правильного знака и порядка величины, действующие между протоном и нейтроном. Однако силы взаимодействия между одинаковыми тяжелыми частицами (протон — протон или нейтрон — нейтрон) получаются из этой теории лишь в высших приближениях, что само по себе является скверным, так как последовательные приближения плохо сходятся. Кроме того, между одинаковыми частицами получаются силы отталкивания, что противоречит опыту. Для описания сил взаимодействия между одинаковыми частицами приходится вводить новую гипотетическую частицу «нейтретто», представляющую мезотрон без заряда, что является очень слабым пунктом в теории. Однако теория наряду с этими недостатками имеет также и ряд достоинств. В частности, можно вычислить вероятность различных процессов, сопровождающихся появлением мезотронов, как, например, $h\nu + {}^1_0u \rightarrow {}^1_0n + M^-$, где M^- означает отрицательный мезотрон. Получается приемлемый эффективный перечень, хотя угловое распределение мезотронов оказывается неправильным.

Таким образом каждая из теорий имеет свои достоинства и недостатки, и в настоящее время нельзя отдать предпочтение какой-либо из них.

Необходимо отметить, что применение законов квантовой механики к мезотронам с энергиями, большими 10^8 V, является уже незаконным. Как показал Гейзенберг, поведение мезотронов в области больших энергий может не подчиняться законам квантовой механики, границы применимости которой лежат у мезотронов при энергиях порядка 10^8 V. Это тем более существенно, что большая часть мезотронов обладает энергиями порядка 10^9 V¹.

А. К. Вальтер доложил собранию о проделанной им совместно с К. Д. Синельниковым работе по измерениям потерь энергии электронами на ионизацию при прохождении через вещество. От генератора Ван-Граффа с помощью соответствующей фильтрации получался пучок монохроматических электронов с энергией до $2\frac{1}{2}$ MV при токе 80—100 mA. Пучок электронов пропусклся через образцы исследуемых веществ разных толщин, причем были проведены серии измерений при различных энергиях электронов в пучке. Конструкция прибора позволяла на-

¹ Уже после окончания совещания была опубликована весьма важная работа Эйлера и Гейзенберга, в которой указывается на неустойчивость мезотронов, могущих распадаться на электроны и нейтрино. Длительность жизни мезотрона тем больше, чем больше его скорость. При прохождении через вещество, мезотрон теряет энергию на ионизацию, что ведет к его замедлению и увеличению вероятности распада. При этом играет существенную роль время в течении которого мезотрон движется в веществе. Так например, на пути от верхних слоев атмосферы к поверхности земли, значительная часть мезотронов успевает распасться и у поверхности земли имеется значительное количество вторичных электронов. Напротив, при прохождении эквивалентного слоя свинца успеет распадаться, лишь небольшая часть мезотронов.

ходить потери энергии косвенным образом, по пробегаем электронами в веществе. Оказалось, что наблюдаемые потери энергии находятся в хорошем согласии с квантово-механической формулой для потерь энергии у легких элементов (литий, углерод), у более тяжелых (алюминий и медь) наблюдаются уже значительные расхождения, и в случае свинца расхождение с теоретическими данными весьма значительно.

Работа А. К. Вальтера и К. Д. Синельникова подверглась критике со стороны ряда лиц, указавших на то, что благодаря большому толщине неизбежно играет существенную роль многократное рассеяние. Электрон, особенно в тяжелых элементах, проходит гораздо больший путь, чем это наблюдается непосредственно. Поскольку же точной теории многократного рассеяния не существует, непосредственное сравнение результатов опыта с теорией, не учитывающей многократное рассеяние, незаконно.

Тому же вопросу о потерях энергии электронами при прохождении через вещество были посвящены работы Алиханова и Алиханьяна, доложенные конференции. Однако они пользовались совершенно иной методикой, поставив перед собой задачу — по возможности исключить влияние многократного рассеяния. Они пользовались монохроматическими электронами от радиоактивного препарата $\text{Th}(\text{B} + \text{C})$ с энергией в 2,6 MV, представляющими результат внутренней конверсии γ -лучей. Эти электроны пропускались через весьма тонкие пластинки алюминия и свинца. Методика позволяла измерять число электронов, потерявших данное количество энергии, и из ряда измерений построить кривую потерь энергии на единицу пути. Полученные кривые оказались в согласии с теоретическими формулами Блоха и Бете — Гейтлера у алюминия с точностью в пределах опыта. В случае свинца также результаты оказались, в первом приближении, в согласии с теорией, но резко отличались от данных большинства других авторов. Повидимому, это расхождение следует отнести за счет того, что другие экспериментаторы работали с достаточно толстыми пластинками, в которых играло существенную роль многократное рассеяние.

В дискуссии, развернувшейся по поводу потерь, разделились мнения в оценке работ ряда американских экспериментаторов (Крэн, Ласлет и др.), получивших значения потерь, превышающие теоретические. К концу дискуссии согласия достигнуто не было, но мнение большинства склонилось к той точке зрения, что большие потери в этих опытах были обусловлены многократным рассеянием.

В связи с этим же вопросом о характере потерь энергии быстрыми электронами при прохождении через вещество были поставлены опыты Ардимовича и Храмова, исследовавших ту часть потерь, которая обязана излучению торможения. Для тяжелых элементов, при энергии около 10kV, потери энергии на излучения составляют 10—15% от ионизационных потерь. При еще больших энергиях практически все потери энергии связаны с излучением торможения. В опытах Ардимовича и Храмова получались весьма монохроматические пучки электронов с помощью магнитной линзы, выделявшей монохроматический пучок из быстрых электронов радиоактивного препарата. Эти монохроматические пучки электронов пропускались через пластинки из меди и алюминия. Наблюдавшиеся потери энергии на излучения оказались в очень хорошем согласии с теорией Бете — Гейтлера как в зависимости от энергии, так и в зависимости от атомного номера.

Д. В. Скобельцын доложил конференции о нормальных и аномальных δ -электронах. Как упоминалось выше, δ -электроны называют быстрые электроны, выбитые из атомов вещества. Д. В. Скобельцын, наблюдая в камере Вильсона пути δ -электронов с энергией 0,1—2 MV, проверял выполнимость закона сохранения импульса при столкновениях δ -электронов с электронами вещества и правильность формулы Мельера для рассеяния электронов в области релятивистских скоростей. Оказалось, что в большинстве случаев никаких аномалий не наблюдалось и теория оказывалась в хорошем согласии с экспериментом. Однако, кр-

ме таких нормальных δ -электронов, были обнаружены δ -электроны, поведение которых является совершенно загадочным и неожиданным. Именно, в легких сравнительно веществах, как неон и аргон, наблюдались δ -электроны с аномально большими значениями потерь энергии без всяких видимых причин. В некоторых случаях потери энергии были настолько велики, что треки внезапно закручивались без разветвления. В других случаях наблюдались аномальные вилки, у которых угол раствора не зависел от величины передававшегося импульса. Таким образом наблюдалось резкое расхождение с теорией. Явление аномальных потерь, открытых Д. В. Скобельцыным и его сотрудниками, особенно неожиданно потому, что в этих областях энергии законы квантовой механики, казалось бы, должны были выполняться очень хорошо. В настоящее время трудно сказать что-либо о природе этих аномальных потерь, так как число наблюдений недостаточно, хотя они замечены уже многими экспериментаторами. Существенно лишь отметить, что вероятность этих потерь если и растет с ростом атомного номера Z вещества, то не очень быстро.

И. Е. Тамм доложил конференции о проделанных им вычислениях эффекта так называемого изотопического смещения, т. е. относительного смещения спектральных линий у различных изотопов одного вещества. Одним из причин изотопического смещения является изменение объема ядра при увеличении числа нейтронов в нем. Изменение объема ядра влечет за собой изменение потенциала, действующего на внешний электрон, что и приводит к появлению изотопического смещения. Вычисления Брайта показывают, что спектральный терм более тяжелого изотопа должен лежать выше, что действительно наблюдается у тяжелых элементов. У легких же элементов наблюдается прямо-противоположная картина.

И. Е. Тамм, допустив существование новых слабых сил притяжения между нейтронами и электронами на близких расстояниях, вычислил изотопическое смещение как результат наложения эффекта роста радиуса ядра и эффекта, вызванного притяжением между нейтронами и электронами. Полученная формула качественно правильно описывает характер изотопического смещения и у легких и у тяжелых элементов. Говорить же о количественных выводах в этой области явления, в которой играют роль внутриядерные силы, как подчеркнул докладчик, в настоящее время является преждевременным.

Большой интерес представляет замечание, которое сделал в своем докладе И. И. Гуревич, о характере поглощения медленных нейтронов в ядрах. Согласно статистической теории ядра Н. Бора ядерные уровни в области тепловых нейтронов расположены весьма густо, причем число уровней в единичном интервале энергии должно возрастать с увеличением массы ядра. Поэтому можно ожидать, что вероятность резонансного поглощения медленных нейтронов должна расти к более тяжелым элементам. И. И. Гуревич обратил, однако, внимание на тот факт, что сильнее всего поглощаются нейтроны группой редких земель, где наблюдается довольно резкий максимум вероятности поглощения. Пока объяснить это явление невозможно.

М. А. Марков доложил о своей работе «Неупругое рассеяние квантов с образованием пар». По методу Вильямса вычислялась вероятность неупругого рассеяния γ -квантов на ядрах с образованием пар. В этом методе все процессы рассматриваются в такой системе координат, в которой фотон покоится, а ядро движется с огромной скоростью ему навстречу. Тогда поле ядра можно представить в виде наложения системы плоских волн, и вычисление эффекта оказывается сведенным к вероятности образования пары двумя фотонами. Хотя вычисленный Марковым эффект является эффектом третьего порядка, вероятность его оказывается больше, чем вероятность эффектов второго порядка.

Л. И. Русинов доложил об исследованиях изомеров брома, проведенных им совместно с Юзефовичем. Как известно, бром обладает тремя изомерами с периодами 18 мин., 4,2 часа и 36 час.

Авторы обнаружили в одном из изомеров брома мягкое электронное излучение, которое следует приписать электронам внутренней конверсии. Этот факт можно рассматривать как некоторое качественное указание в пользу теории изомерии, предложенной Вейцзеккером. Согласно этой теории возникновение изомерии связано с тем, что при возбуждении ядро может попасть в метастабильное состояние. Из метастабильного состояния оно не может выйти в течение достаточно большого промежутка времени из-за наличия правил отбора, однако тогда ядро может перейти в нормальное состояние, передав энергию возбуждения одному из электронов оболочки. Это явление и наблюдается, как будто бы, в опытах Русинова и Юзефовича. По энергии электрона можно оценить порядок величины энергии возбуждения. Она оказывается равной всего 40 kV, а не несколько сот тысяч, как это предполагалось раньше.

Л. В. Грошев доложил о продолжении работ по изучению процесса образования пар в легких веществах, приводимых их совместно с И. М. Франком. Изучался процесс образования пар γ -лучами в азоте по методу камеры Вильсона. В отличие от криптона, где раньше исследовалось образование пар и где измерение энергии обоих компонент было затруднено сильным рассеянием, в азоте можно было довольно точно измерять энергию электрона и позитрона.

Небольшой разброс экспериментальных значений энергии компонент пары позволил заключить о выполнимости закона сохранения энергии при образовании пар. Для эффективного поперечника образования пар было получено значение, совпадающее, в пределах ошибок, опыта с теоретическим. Однако наблюдалось неожиданное распределение энергии между позитроном и электроном. Поскольку последний притягивается к ядру, а позитрон отталкивается, энергия электрона всегда должна быть несколько меньшей. Вычисления Егера и других показывают, что в азоте эта разность должна быть порядка 20 kV. Экспериментальное же значение разности энергий у позитрона и электрона достигает 200 kV.

Алиханов сообщил о результатах точных измерений $\frac{e}{m}$ у β -электронов RaC , имевших целью установить присутствие в β -лучах частиц с различными массами.

Результаты опытов сводятся к тому что в β -спектре не содержится никаких частиц с массой, большей электронной.

А. С. Папков сообщил о получении им мощных ионных токов с напряжением порядка сотен киловольт, с помощью которых он предполагает получать интенсивные источники нейтронов. Именно, известно, что при столкновении дейтронов таких энергий друг с другом идет реакция с выходом нейтронов. Этот весьма экономичный способ получения нейтронов представляет несомненный интерес.

Кроме указанных выше, на совещании были заслушаны следующие доклады: Хургин, «К теории циклотрона», сообщение Рукавишников о постройке циклотрона Радиевого института, Латышева, «О спектре позитронов радия С», Алиханьян и Никитин, « β -спектр RaC », Вальтера, «О границе ядерного фотоэффекта в бериллии», Мещерякова, «Поглощение медленных нейтронов», Черенкова, «Абсолютный выход и распределение энергии в спектре свечения быстрых электронов, движущихся в веществе», в котором сообщалось о хорошем согласии теории обнаруженного им излучения с экспериментами, Флеров, «Поглощение медленных нейтронов», Ланге, «Постройка и эксплуатация импульсного генератора и разрядной трубки на 4 млн. вольт».

В конце совещания были обсуждены организационные вопросы, связанные с постановкой исследований по атомному ядру в СССР.

В. Левич, Москва