

## СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

## ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ВОПРОСАМ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА

С. Я. Никитин, Ленинград

В ноябре прошлого года Академия наук СССР созвала в Харькове четвертое совещание по вопросам физики атомного ядра. На совещании было заслушано 35 докладов, в которых были рассмотрены следующие проблемы современной ядерной физики: 1) космические лучи, 2) свойства быстрых электронов и  $\gamma$ -лучей, 3) свойства тяжелых частиц и ядерные реакции, 4) пути практического использования достижений ядерной физики, 5) техника получения быстрых заряженных частиц.

Современное состояние проблемы космических лучей было освещено во вводном докладе Д. В. Скобельцына (ФИАН, Москва), который указал, что в настоящее время интерпретация всех явлений космического излучения базируется по сути дела на двух основных теориях. Лавинная теория должна, и по всей видимости в состоянии, объяснить поведение мягкой компоненты. Все явления, обусловленные жесткой компонентой, должны по современным представлениям укладываться в мезонную теорию, органически связанную с проблемой ядерных сил. Однако, как указал Скобельцын, результаты опытов К. И. Алексеевой, установивших практическое отсутствие электронов распада, ставят под сомнение самые основы мезонной теории. Далее, Скобельцын остановился на исключительных трудностях интерпретации природы неравновесной мягкой компоненты.

В оригинальных докладах, относящихся к первому пункту программы совещания, были затронуты наиболее существенные проблемы космического излучения: определение числа электронов распада, сопровождающих жесткую компоненту (доклад К. И. Алексеевой), экспериментальная проверка каскадной теории ливней (доклад С. Н. Вернова), исследование расщепления атомных ядер космическими лучами (доклад А. П. Жданова) и исследование вторичных медленных мезонов (доклад В. И. Векслера).

По современным представлениям мезоны — частицы, составляющие проникающую компоненту, — не являются стабильными, а могут спонтанно распадаться на электрон и нейтрино. Определенное из различных косвенных опытов среднее значение продолжительности жизни мезона оказалось равным  $2 \cdot 10^{-6}$  сек. Таким образом, если гипотеза о распаде мезона правильна, то мягкая компонента на уровне моря должна состоять из  $\delta$ -частиц (равновесная часть мягкой компоненты) и электронов распада. Вычисления показывают, что если принять приведенное выше значение продолжительности жизни мезона, то на уровне моря электроны распада должны составлять  $25\%$  от проникающей компоненты.

В опытах К. И. Алексеевой (ФИАН, Москва) измерялась относительная интенсивность мягкой компоненты по отношению к жесткой в воздухе и под фильтром из дерева, полностью поглощающим электроны распада.

Разность этих двух величин должна дать относительную интенсивность электронов распада, поскольку равновесные интенсивности мягкой компоненты ( $\delta$ -частицы) в воздухе и в дереве одинаковы. По данным Алексеевой искомый эффект составляет 80% вместо ожидаемых 25%.

Дискуссия, состоявшаяся по вопросу о распаде мезонов, показала, что в настоящее время нельзя высказать ни одной сколько-нибудь разумной гипотезы, объясняющей результаты опытов Алексеевой, не ставя при этом вопроса об отказе от гипотезы о распаде мезонов.

На сегодняшний день считается общепринятым, что взаимодействие с веществом быстрых электронов, входящих в состав космического излучения, хорошо описывается так называемой каскадной теорией. Эта теория в состоянии описать качественно все наблюдаемые эффекты. Однако, каскадная теория находится в резком противоречии с экспериментальными данными, если речь идет о прохождении электронов через вещества с большим атомным номером. Наиболее существенное противоречие заключается в том, что при падении электронов на свинец должно происходить значительное увеличение числа частиц; однако, на опыте такого увеличения не наблюдается. В докладе С. Н. Вернова (ФИАН, Москва) было показано, что это весьма резкое противоречие обуславливается не ошибочностью основной физической идеи каскадной теории, а связано с недооценкой роли потерь энергии на ионизацию и рассеяния электронов внутри вещества. Попытка учета этих двух факторов, произведенная С. Н. Верновым, приводит к значительно более близкому согласию каскадной теории с экспериментом.

Доклад В. И. Векслера (ФИАН, Москва) был посвящен исследованию медленных мезонов космического излучения при помощи пропорциональных счетчиков. Векслером было найдено, что в составе космического излучения имеется весьма большое количество медленных мезонов, обладающих пробегом приблизительно  $1,5 \text{ г/см}^2$ . Необходимо отметить, что наблюдаемое число медленных мезонов значительно превосходит число мезонов жесткой компоненты, заканчивающих свой пробег, вследствие потери энергии внутри пропорционального счетчика. Наличие медленных мезонов несомненно указывает на какой-то совершенно новый вид взаимодействия мезонов с веществом.

Наблюдение ядерных расщеплений, вызываемых космическими лучами обычными методами (например, при помощи камеры Вильсона или счетчиков Гейгера-Мюллера), не представляется возможным вследствие чрезвычайно малой вероятности этих процессов. Наиболее эффективным методом исследования этого явления является метод толстослойных фотографических пластинок, разработанный Л. В. Мысовским и А. П. Ждановым. Суть метода заключается в том, что космические лучи вызывают расщепление атомных ядер вещества фотографической эмульсии. Продукты расщепления при своем прохождении через эмульсию вызывают проявление отдельных зерен ее. Таким образом, след заряженной частицы на пластинке будет состоять из целой нити проявленных зерен.

А. П. Жданов (РИАН, Ленинград) продемонстрировал на совещании несколько чрезвычайно интересных случаев расщепления атомных ядер. Наиболее интересным расщеплением был случай ливня, состоящего приблизительно из ста тяжелых заряженных частиц.

Второй раздел докладов совещания был открыт докладом А. К. Вальтера (УФТИ, Харьков), посвященным измерению радиационных потерь энергии быстрыми электронами в свинце. Как известно, потери энергии быстрыми электронами слагаются из двух частей, играющих различную роль при различных энергиях электронов. Ионизационные потери играют главную роль при сравнительно малых энергиях (для свинца несколько миллионов вольт), тогда как основным механизмом потери энергии очень быстрыми электронами является радиационное торможение. В опытах А. К. Вальтера радиационные потери измерялись относительно калориметрическим методом. Пучок электронов, получивших ускорение в трубке электростатического генератора Ван-де-Граафа, попадал попеременно в литиевый и свинцовый калориметры. Толщина стенок калориметра выбиралась несколько больше пробега электронов в данном веществе. В литии практически вся

энергия электронов тратится на ионизацию, тогда как в свинце значительная доля энергии тратится на излучение и, следовательно, не регистрируется калориметром. Таким образом, в первом приближении, разность тепловых эффектов в литии и в свинце является мерой потерь энергии электронами на излучение. Найденное А. К. Вальтером значение радиационных потерь в свинце находится в хорошем согласии с теорией Бете и Гейтлера.

Вопросу о радиационных потерях энергии быстрыми электронами в алюминии, меди, олове и свинце был посвящен также доклад Л. А. Арцимовича (ЛФТИ, Ленинград). Особенностью этой работы Л. А. Арцимовича является использование для изучения тормозного излучения чрезвычайно тонких слоев вещества. В такой постановке опыта процесс тормозного излучения выступает в чистом виде. Полученные Л. А. Арцимовичем данные находятся в хорошем согласии с теорией.

За последние годы целый ряд работ был посвящен упругому рассеянию быстрых электронов. Однако, полученные различными авторами данные резко расходятся. Результаты некоторых авторов находятся в согласии с теоретическими данными (например, А. И. Алиханов, Сен-Гупта и др.); другие авторы, напротив, получают значение эффективного поперечного сечения для рассеяния, отличающееся от теоретического в несколько раз, а иногда и в несколько десятков раз (Д. В. Скобелецын и Е. Г. Степанова, Боте и Кларман). Этому весьма запутанному вопросу был посвящен доклад М. Д. Борисова (УФТИ, Харьков), в котором были изложены результаты исследования рассеяния электронов ядрами азота. Исследование было выполнено при помощи камеры Вильсона. Полученные Борисовым данные находятся в хорошем согласии с теоретическими.

В дискуссии по вопросу о рассеянии быстрых электронов А. И. Лейпунским было высказано предположение, что указанные выше расхождения между результатами отдельных авторов по всей видимости связаны с какими-то до сих пор неизвестными методическими недостатками камеры Вильсона.

Большой доклад Г. Д. Латышева (УФТИ, Харьков) был посвящен изучению свойства жесткого  $\gamma$ -излучения. Латышев чрезвычайно точно исследовал комптоновские электроны отдачи от  $\gamma$ -лучей  $\text{Th}(C + C'')$  и  $\text{RaC}$ . Исследование производилось при помощи спектрометра (по Данишу), в фокусе которого помещалась пластинка из легкого вещества, облучавшегося  $\gamma$ -лучами. Полученные данные о комптон-эффекте позволили измерить относительные интенсивности  $\gamma$ -линий. Интересный случай был отмечен Латышевым в отношении  $\gamma$ -линии  $\text{Th}(C + C'')$  3 200 MeV, которая была обнаружена Алихановым и сотрудниками по позитронам внутренней конверсии  $\gamma$ -лучей  $\text{Th}(C + C'')$ . Тщательные поиски электронов отдачи, соответствующих этой  $\gamma$ -линии, не привели к положительному результату. Таким образом, получается следующее положение:  $\gamma$ -линия проявляется в спектре позитронов внутренней конверсии, но отсутствует по данным спектра электронов отдачи; это объясняется по всей видимости тем, что непосредственный переход с излучением  $\gamma$ -кванта с уровня возбуждения 3 200 MeV на основной уровень запрещен, и поэтому разрядка уровня 3 200 может происходить только через непосредственное взаимодействие ядер с электронами на отрицательных уровнях энергий.

Доклад Л. В. Грошева (ФИАН, Москва) был посвящен вопросу об образовании пар  $\gamma$ -лучами в азоте. В работе Л. В. Грошева были исследованы некоторые существенные черты этого явления, как то: распределение компонент пар по энергии, угловое распределение пар и определение эффективного поперечного сечения. Значение эффективного сечения для образования пар, полученное Грошевым, находится в достаточно хорошем согласии с теоретическим.

В своем докладе А. Б. Мигдал (ЛФТИ, Ленинград) подверг теоретическому рассмотрению ионизацию атомов при внезапном изменении заряда ядра. Такой процесс имеет место, например, при радиоактивном распаде или при делении ядра урана. Как показывает расчет, вероятность ионизации оболочек при радиоактивном распаде для легких ядер приблизительно равна единице, что, по всей видимости, согласуется с эксперимен-

тальными данными. Оценка заряда осколков урана приводит к тому, что заряд  $Z$  этих осколков лежит приблизительно в пределах  $16 > Z > 7$ .

С. Я. Никитин (ЛФТИ, Ленинград) сделал доклад о новом методе двойного магнитного спектрометра для исследования  $\beta$ -спектров радиоактивных элементов. Разработанный метод представляет собой некоторо развитые метода Даниша. При помощи нового спектрометра был исследован конец  $\beta$ -спектра  $RaE$ , причем получено, что в непосредственной близости к верхней границе кривая  $\beta$ -спектра может быть представлена в виде двух прямолинейных участков и что она пересекает ось абсцисс под некоторым углом. Результаты опытов находятся в полном согласии с более ранними исследованиями конца  $\beta$ -спектра  $RaE$ , произведенными Алихановым, Алиханяном и Железловым.

А. И. Лейпунский (УФТИ, Харьков) сделал большой обзорный доклад о проблеме расщепления ядер урана и тория нейтронами. Как известно, одно из крупнейших достижений в области ядерной физики прошлого года заключалось в открытии нового вида расщепления ядра. При бомбардировке нейтронами урана и тория атомные ядра последних расщепляются на два ядра приблизительно одинаковой массы с выделением  $175 \text{ MeV}$  энергии. В настоящее время общепринято считать, что медленные нейтроны вызывают деление малораспространенного изотопа урана  $U^{235}$ , тогда как деление основного изотопа урана  $U^{238}$  и тория вызывается только быстрыми нейтронами. Далее, можно считать установленным, что хорошо известное резонансное поглощение нейтронов с энергией ( $25eV^1$ ) ядрами урана не вызывает деления, а приводит к образованию  $\beta$ -радиоактивного изотопа  $U^{239}$ . Вскоре после открытия деления урана было установлено, что процесс деления сопровождается испусканием быстрых нейтронов. Согласно наиболее точным данным Ферми на одно деление в среднем испускается полтора нейтрона. То обстоятельство, что деление урана сопровождается вылетом нескольких нейтронов, позволяет рассчитывать осуществить цепную реакцию деления урана. Новые нейтроны, получившиеся в результате деления, будут вызывать деление других ядер урана и т. д. Совершенно очевидно, что такая цепная реакция будет сопровождаться колоссальным выделением тепла.

Возможность получения цепной реакции ставит впервые на реальную основу вопрос о практическом использовании внутриядерной энергии.

А. П. Жданов (РИАН, Ленинград) продемонстрировал совещанию несколько снимков следов продуктов деления урана в камере Вильсона. Характерной чертой этих следов является чрезвычайно большая удельная ионизация.

Г. А. Петржак (РИАН, Ленинград) в работе, доложенной на совещании, изучал длины пробегов осколков урана. Им было обнаружено, что осколки урана представляют собой две группы, отличающиеся своим пробегом в воздухе. Это позволяет сделать вывод о том, что имеется два типа деления урана.

В. Г. Хлопин (РИАН, Ленинград) ост новился на химической природе осколков ядра урана. Химическими исследованиями было показано, что первичными продуктами деления урана могут быть ксенон и стронций или криптон и барий. Однако, полученные В. Г. Хлопиным с сотрудниками данные показывают, что ксенон и криптон, по крайней мере в некоторых случаях, являются промежуточными продуктами деления урана. По данным В. Г. Хлопина можно считать, что имеется два типа деления урана — на сурьму и ниобий и на молибден и олово.

Для выяснения возможности цепного деления урана необходимо знать эффективные сечения для деления урана, число нейтронов, испускаемых при делении, и эффективные сечения всех процессов, приводящих к бесполезному, с точки зрения деления урана, поглощению нейтронов.

Г. Н. Флеров (ЛФТИ, Ленинград) доложил результат своей работы по определению числа нейтронов, испускаемых при делении урана, и физическому доказательству того, что резонансный захват нейтронов с энер-

<sup>1</sup>) По новым данным  $5eV$  (С. Н.).

гией 25 eV ядром  $U^{238}$  не приводит к делению. Как показывает результат работы Флерова, число нейтронов, испускаемых при делении урана, равно  $3 \pm 1$ .

В обстоятельном докладе Ю. Б. Харитона (ЛИХФ, Ленинград) были подробно разобраны возможности цепной реакции деления урана. В докладе были рассмотрены следующие два основных вопроса — о возможности цепной реакции (имея ввиду экспериментальные данные об элементарных процессах, связанных с этим явлением) и кинетика реакции (если считать последнюю возможной).

Расчет показывает, что получение цепной реакции без замедления нейтронов, испускаемых при делении урана, возможно только при условии применения чистого металлического урана, при этом число нейтронов, испускаемых при делении, должно быть не меньше 2,5—3. Однако, по наиболее вероятным в настоящее время данным, число нейтронов на одно деление не превышает 1,5. Таким образом, получение цепной реакции на быстрых нейтронах, по всей видимости, не представляется возможным.

Качественная картина цепной реакции на медленных нейтронах отличается от только что упоминавшейся. Медленные нейтроны вызывают деление только малораспространенного изотопа  $U^{235}$ . Как показывает расчет, цепная реакция невозможна также и на медленных нейтронах, если в качестве замедлителя нейтронов к урану подмешивается водородосодержащее вещество. Имеется целый ряд возможностей уменьшения бесполезного поглощения нейтронов (например, применение в качестве замедлителя дейтерия, гелия или углерода). Наиболее реальным путем получения цепной реакции, по всей вероятности, является обогащение урана изотопом  $U^{235}$ . Что касается кинетики реакции, то здесь наибольший интерес представляет вопрос — приведет ли цепная реакция к чрезвычайно сильному взрыву или же есть те или иные пути уменьшения скорости протекания реакции.

Как показывает расчет, главным фактором, замедляющим течение реакции, будет тепловое расширение массы урана.

В настоящее время все элементарные процессы, определяющие возможность цепной реакции, еще недостаточно хорошо изучены, а поэтому выводы, к которым приводит расчет Ю. Б. Харитона и Я. Б. Зельдовича, могут весьма сильно измениться, в зависимости от дальнейших работ по изучению этих элементарных процессов.

И. И. Гуревич (РИАН, Ленинград) в своем выступлении дал весьма остроумное объяснение тому обстоятельству, что на опыте наблюдаются чрезвычайно большие эффективные сечения для захвата медленных нейтронов редкоземельными элементами. Этот факт необходимо интерпретировать как то, что среднее расстояние между резонансными уровнями ядер редкоземельных элементов имеет немонотонный ход с атомным весом.

Для объяснения такой зависимости среднего расстояния между уровнями от атомного веса Гуревичем была сделана гипотеза о том, что каждое тяжелое ядро может находиться, в зависимости от энергии возбуждения, в двух различных термодинамических состояниях. Тем самым мы приходим к гипотезе фазового перехода ядерной материи, аналогично хорошо известным фазовым переходам вещества. Эта гипотеза совершенно естественно объясняет ход эффективного сечения для захвата медленных нейтронов в зависимости от атомного веса.

Исследование рассеяния нейтронов ядрами представляет значительный интерес для построения теории взаимодействия нейтронов с атомными ядрами. В работе Т. Голобородько (УФТИ, Харьков), доложенной им на совещании, исследовалось рассеяние фотонейтронов ( $RaTh + Ne$ ) различными веществами. Результаты опытов Голобородько показывают, что эффективное сечение для рассеяния не изменяется монотонно с атомным весом, а изменяется неправильным образом от элемента к элементу.

В настоящее время нельзя привести однозначного объяснения этого явления.

Вопрос о взаимодействии нейтронов с ядрами был также посвящен доклад Д. В. Тимошука (УФТИ, Харьков) о поглощении быстрых нейтронов.

Эффективные поперечные сечения для поглощения быстрых нейтронов для целого ряда элементов чрезвычайно резко меняются от элемента к элементу; это несомненно указывает на то, что теоретическое рассмотрение этого вопроса должно учитывать ряд индивидуальных особенностей ядер.

Проблема ядерной изомерии была представлена докладом Л. И. Русинова (ЛФТИ, Ленинград). Как известно, около двух лет тому назад Л. И. Русиновым и А. А. Юзефовичем было обнаружено мягкое электронное излучение в  $\beta$ -спектре радиоактивного изомера брома  $\text{Br}^{80}$ . Тогда же было сделано предположение, что это мягкое излучение представляет собой электроны внутренней конверсии.

В доложенной Л. И. Русиновым работе ставилась задача о непосредственном доказательстве вышеуказанной гипотезы. Далее, в работе измерялся коэффициент внутренней конверсии мягкого  $\gamma$ -излучения, который практически оказался равным единице. Последнее обстоятельство позволяет сделать оценку разности угловых моментов основного уровня ядра  $\text{Br}^{80}$  и метастабильного уровня того же ядра.

Два доклада Я. И. Френкеля (ЛФТИ, Ленинград) касались дальнейшего развития боровской капиллярной модели атомного ядра. В первом докладе Я. И. Френкель разобрал поверхностные колебания ядра-капли, с учетом кулоновского отталкивания протонов. Было показано, что эти колебания могут привести к разрыву ядра на две части, как имеет место, например, при делении ядра урана. Второй доклад Я. И. Френкеля касался теоретического исследования спектра  $\gamma$ -лучей, испускаемых атомными ядрами. В основном рассмотрению была положена вышеуказанная капельная модель ядра.

Доклад И. П. Селинова (ЛФТИ, Ленинград) был посвящен обзору результатов и обсуждению ряда проблем в исследованиях стабильных и радиоактивных изотопов.

На совещании впервые обсуждался вопрос о практическом использовании радиоактивных веществ. Большой вводный доклад на эту тему был прочтен акад. В. Г. Хлопиным (РИАН, Ленинград).

Наиболее широкой областью применения радиоактивных веществ является использование их для химического анализа. Излучения, испускаемые этими веществами, служат чрезвычайно чувствительным и точным индикатором. С большим успехом радиоактивные вещества могут применяться при изучении кинетики химических реакций, а также в исследованиях химии комплексных соединений.

Далее следует указать на следующие пути использования радиоактивных веществ: медицинское использование радиоактивных веществ, главным образом при лечении злокачественных опухолей; биологическое использование, аналогично использованию рентгеновских лучей, и, наконец, использование жесткого  $\gamma$ -излучения для просвечивания металлических отливок и железобетонных сооружений на предмет обнаружения внутренних изъянов, расколки и т. д.

А. А. Гринберг (РИАН, Ленинград) сделал доклад об применении радиоактивных элементов для исследования комплексных соединений.

С. З. Рогинский (ЛИХФ, Ленинград) доложил совещанию о своей работе по применению радиоактивных индикаторов для изучения свойств жидких растворов.

Вводный доклад по последнему разделу программы совещания — о технике получения быстрых частиц — был прочтен Ф. Ф. Ланге (УФТИ, Харьков). Докладчик подробно осветил все современные методы ускорения заряженных частиц. Основное внимание докладчика было уделено трем основным в настоящее время методам ускорения — импульсному генератору, электростатическому генератору Ван-де-Граафа и циклотрону. Первые два иногда могут с успехом применяться для ускорения электронов, тогда как циклотрон является наиболее эффективным методом для ускорения ионов, получившим за последнее время чрезвычайно широкое развитие и распространение.

Б. М. Гохберг (ЛФТИ, Ленинград) доложил о большой работе по разработке нового компактного электростатического генератора, являющегося некоторым видоизменением генератора Ван-де-Граафа в сжатом газе.

В настоящее время им построена модель генератора на 1 MV. Такие генераторы могут найти применение в медицине для рентгенотерапии, а также в кабельной промышленности для целей испытания.

Чрезвычайно интересный доклад о новом ионном источнике был сделан В. С. Готт (УФТИ, Харьков). В качестве ионизирующего агента в новом ионном источнике применяются электроны, причем, для того чтобы максимально использовать пробег электронов, их пути закручиваются приложением магнитного поля. С помощью нового источника можно будет получать чрезвычайно большие ионные токи (порядка 10 А и более).

Л. И. Пивовар (УФТИ, Харьков) рассказал о разработанном в УФТИ компактном ударном генераторе на 1 MV. Разработанный генератор, благодаря своей компактности и простоте в обращении, может с успехом применяться в медицинских учреждениях, а также в заводских лабораториях.

Последний доклад на совещании был сделан В. С. Шпинелем (УФТИ, Харьков), который рассказал о характере катодного излучения импульсного генератора. Исследования показали, что спектр электронов в трубке импульсного генератора имеет линейчатый характер.

Совещание приняло ряд решений по организационным вопросам, в частности об издании литературы по вопросам физики атомного ядра, а также о ежегодном издании таблиц ядерных констант, поручив составление первой таблицы И. П. Селинову.

Было принято также решение о созыве очередного совещания осенью 1940 г.

---