

СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

V ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО АТОМНОМУ ЯДРУ

20—26 ноября 1940 года в Москве состоялось Пятое всесоюзное совещание по атомному ядру. В работе Совещания приняли участие физики Москвы, Ленинграда, Харькова и других городов.

Всего на Совещании было заслушано более сорока докладов, которые в основном были посвящены следующим вопросам:

1. Космические лучи (12 докладов).
2. Свойства быстрых электронов и жестких фотонов (6 докладов).
3. Изомерия ядер (3 доклада).
4. Деление тяжелых ядер (4 доклада).
5. Нейтроны и строение ядер (7 докладов).
6. Ядерные реакции внутри звезд (1 доклад).
7. Применение ядерной физики к химии, биологии и медицине (5 докладов).
8. Техника получения быстрых частиц (3 доклада).

Уже из этого списка ясно, что на настоящем Совещании подверглись обсуждению все наиболее актуальные проблемы физики атомного ядра и космических лучей.

Отличительной чертой последнего Совещания можно считать чрезвычайно большой процент теоретических работ — свыше 30% всех докладов. Этот процент несомненно отражает состояние физики атомного ядра и космических лучей в настоящий момент.

Совещание открылось большим докладом И. Е. Тамма, в котором докладчик дал весьма полный обзор современной теории мезотронов и ядерных сил¹⁾.

На том же заседании Л. Д. Ландау доложил свою работу «О радиусе элементарных частиц».

Под радиусом элементарной частицы r понимается следующее: если частица взаимодействует с электромагнитным излучением с длиной волны λ , то частицу можно считать точечной только при $\lambda \gg r$.

Радиусом электрона в классической электродинамике служит, как известно, величина $\frac{e^2}{mc^2}$. Это означает, что в классической электродинамике можно рассматривать взаимодействие точечного электрона лишь с такими электромагнитными волнами, длина которых больше радиуса электрона $\frac{e^2}{mc^2}$. Этот радиус может быть получен, независимо от соображений, связанных с собственной массой электрона, из условия малости обратного действия электромагнитного поля электрона на самый электрон.

Как известно, уравнение движения классического электрона во внешнем электрическом поле с учетом силы лоренцова трения имеет вид

$$m\ddot{\mathbf{r}} = e\mathbf{E} + \frac{2e^2}{3c^3}\dot{\mathbf{r}},$$

¹⁾ Подробное изложение этого доклада напечатано в настоящем выпуске, стр. 136.

где E — напряженность падающего поля, а второй член представляет лоренцову силу, действующую на электрон со стороны электромагнитного поля, создаваемого самим электроном. Для того чтобы можно было пользоваться классической электродинамикой, необходимо, чтобы лоренцова сила представляла малую поправку к уравнениям движения, т. е.

$$m \ddot{r} \gg \frac{2e^2}{3c^3} \ddot{r}.$$

Если падающее поле представляет электромагнитные волны с частотой ω , то легко найти, что длина падающей волны должна удовлетворять неравенству

$$m \gg \frac{e^2}{c^3} \omega,$$

откуда непосредственно следует, что роль электронного радиуса в классической электродинамике играет величина $\frac{e^2}{mc^2}$.

Таким образом, предел применимости классической электродинамики может быть получен без помощи каких-либо дополнительных физических допущений из условия малости обратного действия электрона на самого себя.

В действительности, однако, предел применимости классической электродинамики лежит значительно выше, при $\lambda \sim \frac{h}{mc}$, т. е. при комptonовской длине волны, так как при меньших длинах волн начинают играть существенную роль квантовые эффекты.

В последнее время появился ряд работ, в частности, Гейзенберга и Вейскопфа, в которых обсуждался вопрос о границах применимости квантовой механики. Однако все эти работы исходили из некоторых, совершенно произвольных, физических предположений.

Л. Ландау показал, что в квантовой теории может быть развит метод для отыскания предела ее применимости, т. е. того предела, за которым теория приходит в противоречие сама с собой без каких-либо произвольных допущений, а исходя из соображений малости обратного действия поля, аналогичных тем, которые делаются при нахождении предела применимости классической электродинамики.

Пренебрежение обратным действием поля на частицу означает, что мы считаем частицу движущейся под влиянием внешнего поля, не учитывая изменения последнего, произведенного самой частицей. Это соответствует некоторому слабому взаимодействию частицы с полем. Формально слабость этого взаимодействия означает, что взаимодействие частицы с электромагнитным полем можно рассматривать как слабое возмущение. В этом случае матричные элементы взаимодействия частицы с фотоном вычисляются с помощью волновых функций «свободных» фотонов и частицы.

Таким образом, малость обратного действия поля на частицу в квантовой механике соответствует применимости теории возмущений к рассмотрению взаимодействия заряженной частицы с фотоном.

Рассмотрим эффективное сечение σ_1 для рассеяния частицы с угловым моментом l . Как показывается в общей теории рассеяния¹⁾, в системе отсчета, движущейся с центром инерции

$$\sigma_1 = 4(2l+1) \pi \lambda^2 \sin^2 \delta_l,$$

где λ — длина волны частицы, а δ_l — фаза ее волновой функции на бесконечности.

Условие применимости теории возмущений имеет вид $\delta_l \ll 1$ или

$$\sigma_1 \ll 4(2l+1) \pi \lambda^2.$$

¹⁾ См., например, Мотт, Теория атомных столкновений, ОНТИ, 1936.

Так как рассеяние падает с увеличением углового момента l , то достаточно, чтобы условие это было выполнено, например, для частиц с $l \sim 1$, т. е. чтобы

$$\sigma_l \ll \lambda^2.$$

Если в последней формуле σ_l означает эффективный поперечник рассеяния частицы с длиной волны λ на фотоне (комpton-эффект), то справедливость этой формулы и представляет условие малости обратного действия поля, т. е. критерий применимости квантовой теории. Если применить этот критерий к электрону, то с помощью соответственно преобразованной (к системе координат, движущейся с центром инерции) формулы Клейна—Нишины его можно записать в виде

$$e^2 \ll \hbar c.$$

Последнее неравенство всегда выполняется. Это означает, что в квантовой механике электрона нет вытекающих из нее самой пределов применимости ее для коротких длин волн. Электрон можно «освещать» фотонами любой малой длины волны и при этом рассматривать его как точечный. Уменьшая длину волны, можно локализовать электрон во все меньшем и меньшем пространственном интервале. В этом смысле радиус электрона в квантовой теории равен нулю.

Применение того же критерия к частице со спином единица («мезотрону») приводит к совершенно иным результатам. Именно, оказывается, что радиус частицы со спином 1 равен

$$r_0 = \frac{e^2}{\mu c^2},$$

где μ — масса частицы. Таким образом, радиус в этом случае совпадает с классическим радиусом частицы. Мезотрон, как и электрон, в классике можно считать точечным только если он взаимодействует с полем длины волны $\lambda \gg r_0$.

Этот результат объясняет происхождение трудностей, связанных с тем, что различные эффективные поперечники для рассеяния мезотронов быстро увеличиваются с ростом их энергии, что находится в противоречии с опытом. Именно, в случае больших энергий мезотронов оказывается неприменимой теория возмущений.

Л. Ландау разработал метод нахождения эффективных сечений и в той области, в которой теория возмущений уже является неприменимой. Метод этот основан на том, что независимо от применимости теории возмущений всегда должно выполняться неравенство

$$\sigma_l < 4(2l+1)\pi\lambda'^2, \quad \text{где } \lambda' = \frac{\lambda}{2\pi}$$

(т. е. $\delta_l < 1$).

Невыполнение этого условия означало бы, что частиц с моментом l рассеивается больше, чем падает, что явно абсурдно.

Величина $4(2l+1)\pi\lambda'^2$ дает верхнюю границу для поперечника рассеяния.

Можно предположить, что если теория дает для эффективного сечения значение, большее чем $4(2l+1)\pi\lambda'^2$, то это означает, что точная теория дала бы вместо этого

$$\sigma_l = 4(2l+1)\pi\lambda'^2.$$

Это позволяет оценить эффективное сечение даже в той области, где теория уже заведомо неприменима.

Работы Берестецкого «Образование мезотронов при действии γ -лучей на ядра», Смородинского «Радиационный эффект частиц со спином 1», Померанчука «Взаимодействие космических мезотронов с веществом» были посвящены применению метода Ландау к получению эффективных сечений для различных процессов с быстрыми мезотронами.

В дискуссии была подчеркнута не только очень большая принципиальная важность работы Ландау, но также и большая ее практическая важ-

ность, так как разработанный им метод является единственным известным в настоящее время способом для рассмотрения эффектов с быстрыми мезотронами.

Исследованию свойств мезотронов были посвящены две доложенные на Совещании экспериментальные работы.

В работе В. И. Векслера и Н. А. Добротина «О вторичных мезотронах» изучалось образование вторичных мезотронов космической радиацией на высоте 4200 м над уровнем моря. Измерялась зависимость числа вторичных мезотронов в зависимости от толщины фильтра, помещенного между счетчиками Гейгера-Мюллера и пропорциональными счетчиками. Уменьшение числа регистрируемых мезотронов с увеличением толщины фильтра показывало, что регистрируемые мезотроны действительно являются вторичными частицами, а не концами пробегов быстрых частиц проникающей компоненты.

Измерения показали, что основная масса вторичных мезотронов имеет полный пробег, меньший $2-3 \text{ г/см}^2$. Равновесная интенсивность вторичных мезотронов составляет около 1% от интенсивности жесткой компоненты.

В работе С. Я. Никитина и Н. О. Федоренко (ЛФТИ АН СССР) «К вопросу о распаде мезотронов» измерялось время полураспада мезотронов.

С помощью установки из трех счетчиков Гейгера-Мюллера, работавших по методу совпадений, сравнивалась вертикальная интенсивность мезотронов на уровне моря с интенсивностью на высоте h под углом, определенным θ с вертикалью. Измерения интенсивности мезотронов производились на высоте 3000 м. Отношение интенсивности мезотронов на этой высоте (под углом 45° к вертикали) к вертикальной интенсивности на уровне моря оказалось равным 0,81.

Принимая среднюю энергию мезотронов равной $2,8 \cdot 10^9 \text{ eV}$ и считая, что образование большей части мезотронов происходит на высоте, соответствующей $1/10$ всей атмосферы, из наблюдаемого отношения интенсивностей можно найти время жизни мезотронов. Оно оказывается равным $\tau = (2,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-6} \text{ сек.}$

Произведенные в этой же работе измерения отношения интенсивности мягкой и жесткой компонент под различными углами показали, что это отношение остается постоянным. Это означает, что на высоте 3000 м мягкая компонента находится в равновесии с жесткой. Авторами было также измерено возрастание интенсивности мягкой и жесткой компонент с высотой от уровня моря до 3000 м. При этом оказалось, что относительный рост интенсивности мягкой компоненты по сравнению с жесткой составил 1,37. Это возрастание относительной интенсивности мягкой компоненты, по мнению авторов, можно полностью отнести за счет увеличения числа электронов распада с высотой.

Полагая, что число электронов распада возрастает с высотой обратно пропорционально давлению, можно из этих данных оценить время жизни мезотрона, которое оказывается равным

$$\tau = (2 \pm 0,4) \cdot 10^{-6} \text{ сек.}$$

Оба значения τ , полученные независимым образом, находятся в хорошем согласии друг с другом.

В дискуссии по работе Никитина и Федоренко Д. В. Скобельцын вызвал сомнение в справедливости результатов указанных авторов, указав на то, что их измерения противоречат литературным данным и предварительным опытам самого Скобельцына и его сотрудников. В свою очередь А. И. Алиханов указал на то, что опыты Скобельцына и его сотрудников недостаточно чисты и из них нельзя делать каких-либо выводов, в частности, выводов об отсутствии в должном количестве электронов распада. В результате дискуссии Совещание не пришло к единодушному выводу.

Несомненно, однако, что если измерения Никитина и Федоренко, указывающие на наличие равновесия между мягкой и жесткой компонентами, являются достаточно точными, то они вносят большую ясность в вопрос

о прохождении космических лучей через атмосферу. Именно, в этом случае все явления, связанные с прохождением космических лучей через атмосферу, укладываются в следующую общую схему: приходящие из мирового пространства первичные частицы, в основном электроны и позитроны и γ -лучи, образуют в верхних слоях атмосферы мезотроны с большой энергией и поглощаются с помощью лавинного механизма. Мезотроны, в свою очередь, проходя через атмосферу, создают на своем пути δ -электроны, т. е. быстрые электроны, выбитые из атомов непосредственным ударом мезотронов, и спонтанно распадаются на электроны и нейтрино.

Мягкая компонента космических лучей на уровне моря является целиком третичного происхождения и находится в равновесии с жесткой компонентой.

Ряд работ, доложенных на конференции, был посвящен исследованиям ливней, вызываемых космическими лучами.

В работе О. Н. Вавилова, С. Н. Вернова и Н. Л. Григорьева были произведены измерения переходного эффекта в свинце, с учетом рассеяния электронов.

Измерения производились с помощью тонкостенной ионизационной камеры, окруженной со всех сторон свинцом, на высоте 4 200 м и в субстратостате, поднимавшемся на высоту до 9 км. При этом оказалось, что при учете рассеянного излучения переходная кривая имеет максимум, в точности совпадающий с максимумом, предсказываемым каскадной теорией. Ионизация в максимуме оказалась вдвое больше, чем ионизация, вызываемая мягкой компонентой в воздухе на той же высоте.

Измерения показали, что рассеяние мягкой компоненты в свинце очень велико. Например, введение слоя свинца под ионизационную камеру показало, что около 40% мягкой компоненты рассеивается снизу вверх.

Этот результат также находится в полном согласии с лавинной теорией ливней, как это было указано Ландау в его докладе «К каскадной теории ливней».

В своем докладе Л. Д. Ландау рассказал о ряде новых результатов, полученных им в лавинной теории ливней. Выяснилось, что средние углы рассеяния частиц в ливне очень велики уже при энергии электронов $E \sim 30$ kV и почти не зависят от вещества, в котором распространяется ливень. Вычисления показали также, что горизонтальный разброс ливня чрезвычайно велик и составляет, например, в воздухе около 250 м.

Высокую оценку на Советании получила работа Спивака (ЛФТИ), исследовавшего переходный эффект в свинце под большими толщами. Была применена весьма совершенная методика для устранения вредного фона, обусловленного ливнями, образованными у краев свинцового экрана (частицами, проходящими не всю толщину экрана, а лишь часть его), и сильно преувеличивающего число регистрируемых ливней.

В опытах Спивака вдоль края свинцового экрана были установлены защитные счетчики, включенные в схему «антисовпадений», так что ливни, проходящие через эти счетчики, не регистрировались совсем.

В результате измерений, произведенных на уровне моря и высоте 2 900 м, было показано, что рост числа ливней над большими слоями свинца с высотой соответствует росту интенсивности жесткой компоненты и что эти ливни производятся проникающими ионизирующими частицами.

Касаясь общей ситуации, существующей в настоящее время в физике космических лучей, следует признать, что в этой области эксперимент не может еще ответить на ряд запросов теории и находится в далеко не блестящем состоянии. Существует большое количество противоречащих друг другу экспериментальных работ, и методика многих работ еще очень несовершенна. В настоящее время весьма актуальным вопросом является улучшение методики измерений и получение более чистых результатов, не искажаемых множеством встречающихся в этой области помех.

Значительное число работ, доложенных на Советании, было посвящено изучению свойств быстрых электронов и жестких лучей.

Большая часть этих работ имела своей целью выяснение реальности тех разногласий между теорией рассеяния быстрых частиц и экс-

периментом, на существование которых указывали многие авторы и которые неоднократно дискутировались на предыдущих совещаниях по ядру.

В работе Петухова и Вышинского исследовалось рассеяние электронов сравнительно небольших энергий ($40 - 120$ KeV) в тонких алюминиевых пленках. Толщина пленок составляла от $5 \cdot 10^{-6}$ до $3 \cdot 10^{-5}$ см.

Электроны, фокусированные продольным однородным магнитным полем, пропускались через пленки, причем изучалось рассеяние на большие углы ($119 - 122^\circ$). Точность измерений была столь велика, что эффективные сечения рассеяния измерялись с точностью до 100% . При этом оказалось, что измеренные поперечники рассеяния находятся в очень хорошем согласии с теоретическими значениями эффективных сечений, полученными Моттом в нерелятивистской области скоростей.

Опыты Петухова и Вышинского позволяют совершенно однозначно утверждать, что никакого аномального неупругого рассеяния электронов этих энергий на ядрах, о котором неоднократно сообщалось различными авторами, — не существует.

А. И. Алиханов, А. И. Алиханьян и А. О. Вейсенберг исследовали однократное рассеяние монохроматических пучков электронов ядрами на большие углы в релятивистской области скоростей. Энергия электронов составляла $600 - 1200$ kV. Они рассеивались в весьма тонких пленках Al, Ni, Ag и Au. Рассеяние считалось однократным при таких толщинах пленок, при которых наблюдалась прямая пропорциональность между интенсивностью рассеяния и толщиной пластинки (т. е. числом рассеивающих атомов).

При энергии электронов в 1 MeV это имело место при толщинах порядка $3 - 6$ мг/см² Al и $1 - 2$ мг/см² Ag.

Если выбрать за единицу сечения рассеяния в Al, где по всем данным можно ожидать хорошего согласия теории и эксперимента, то для случая Ni и Ag сечения находятся в хорошем согласии с формулой Мотта в релятивистской области. Однако, для Au экспериментальное сечение оказывается несколько меньшим, чем этого требует точная формула Мотта, полученная численным вычислением. Ход интенсивности рассеяния с энергией также находится в согласии с теорией Мотта.

Л. А. Кульчицкий и Г. Д. Латышев наблюдали многократное рассеяние быстрых электронов в Al и Pb. Энергия электронов составляла 2000 kV. Полученные кривые углового распределения рассеянных электронов сравнивались с теоретическим распределением электронов по углам в случае многократного рассеяния, полученным Вильямсом. Для случая Al было получено хорошее совпадение с теорией, для случая же свинца наблюдалось несколько меньшее значение среднего угла рассеяния, чем это следует из теории Вильямса.

Л. В. Грошев (ФИАН СССР) доложил о своей работе «Образование пар γ -лучами в газах». В работе изучалось образование пар γ -лучами в азоте, криптоне и ксеноне. Был найден ход эффективного сечения как функции от атомного номера вещества, в котором происходит парообразование. Кроме того, изучались средние углы вылета электрона и позитрона по отношению к направлению полета γ -кванта. Ход всех этих величин в зависимости от атомного номера z оказался в полном согласии с точной теорией Хэльма и Егера.

В других доложенных работах также наблюдалось общее согласие экспериментальных данных с предсказаниями теории. Таким образом, на Совещании выяснилось, что предсказания теории безусловно точно оправдываются для γ -лучей и нерелятивистских электронов. В случае релятивистских электронов наблюдаются отдельные отклонения от теории. Однако, в целом теоретические формулы достаточно хорошо оправдываются и здесь. Поэтому можно, повидимому, думать, что наблюдавшиеся незначительные разногласия опытных данных с теорией обусловлены побочными причинами и в общем теория рассеяния как медленных, так и быстрых электронов находится в полном согласии с опытом.

Явлению ядерной изомерии был посвящен обзорный доклад Русина, помещенный в этом выпуске «Успехов физич. наук» ¹⁾.

Г. Завелевич сообщил о результатах произведенных им расчетов относительной вероятности внутренней конверсии на K - и L -оболочках для излучения различной мультипольности. Вычисления производились в нерелятивистском приближении. Не рассматривалось также магнитное дипольное излучение. В частности для брома ($Z=35$), при энергии конвертирующих γ -квантов $h\nu=49$ KeV, отношение числа электронов, выбиваемых из L -оболочки, к числу электронов, выбиваемых из K -оболочки, $\frac{N_L}{N_K}$ составляет 8, 17, 52, 160 и 3100% при дипольном, квадрупольном, октупольном и т. д. излучении. Экспериментальные результаты, полученные Русиновым и Юзефовичем, указывают на октупольный характер излучения ядер Br.

Обзорный доклад о делении урана был сделан И. В. Курчатовым. Содержание его приведено в настоящем выпуске ²⁾.

Г. Н. Флеров и К. А. Петржак доложили об обнаруженном ими спонтанном делении урана ³⁾.

Опыты по делению урана γ -лучами показали, что для осуществления деления необходима сравнительно небольшая энергия возбуждения (деление вызывается γ -квантами с энергией 6 MV). Это обстоятельство заставило предположить наличие спонтанного деления ядер урана.

Измерения Либби показали, что если такой спонтанный распад и существует, то время полураспада $T > 10^{14}$ лет. Имевшаяся у Либби аппаратура не позволяла регистрировать столь редких процессов.

Флеровым и Петржаком была построена ионизационная камера с площадью 1000 см^2 , которая покрывалась окисью урана U_3O_8 . Увеличение площади достигалось тем, что камера была сделана многослойной. Снаружи камера покрывалась слоем кадмия, который должен был поглощать имеющиеся в воздухе космические нейтроны. Ионизационная камера соединялась с усилителем.

Осколки деления уранового ядра давали большие импульсы в усилителе, тогда как α -частицы давали фон слабых импульсов.

При помещении камеры в достаточно чистые условия усилитель регистрировал шесть больших импульсов в минуту.

Были проанализированы и устранены все возможности возникновения больших импульсов: газовое усиление ионизации α -частиц; перекрытие ионизационных толчков от нескольких α -частиц; реакции, вызываемые α -частицами и имеющие своими продуктами нейтроны, исключались тем, что при наполнении камеры радоном — заведомым источником α -частиц, — число больших толчков не возрастало.

Космические нейтроны исключались кадмиевой защитой. Ионизационные толчки Гофмана в камере устранялись тем, что в пустой камере, не покрытой слоем Cd, они отсутствовали. Таким образом, было установлено, что наблюдавшиеся толчки обусловлены делением ядер урана. Для подтверждения этого предположения к камере подносился источник нейтронов и наблюдалось распределение числа толчков в усилителе, вызываемых делением, по их величине. Сравнение показало, что это распределение совпадает с тем, которое наблюдалось без источников нейтронов.

Наблюдавшееся деление ядер урана могло иметь двойное происхождение: либо оно могло вызываться космическими частицами, например, мезонами, поглощавшимися ядрами, либо оно являлось спонтанным делением.

Опыты с камерой, произведенные на глубине эквивалентной $100 \text{ м H}_2\text{O}$ под землей, позволили окончательно решить вопрос в пользу спонтанного деления. Именно, хотя на такой глубине интенсивность космических лучей уменьшалась в несколько десятков раз, интенсивность больших импульсов не падала.

¹⁾ См. стр. 144.

²⁾ См. стр. 159.

³⁾ См. стр. 171.

Если приписать спонтанный распад изотопу урана U_{92}^{238} , то время жизни его T оказывается равным

$$T = (4 \pm 1) \cdot 10^{16} \text{ лет.}$$

Подобные же опыты проделывались с Th, однако, наблюдать спонтанное деление ядер тория не удалось. Это показывает, что для тория $T > 5 \cdot 10^{18}$ лет.

В. Берестецкий и А. Б. Мигдал подвергли критике количественную теорию деления тяжелых ядер, развитую Н. Бором и Уиллером. Исходным предположением теории Бора и Уиллера является предположение о том, что деформации ядра, приводящие к его делению, являются малыми деформациями. Однако, как подчеркнули Берестецкий и Мигдал, это предположение не выполняется у реально существующих тяжелых ядер.

Это приводит, например, к тому, что применение теории Бора и Уиллера к явлению спонтанного деления дает период жизни $\tau \sim 10^8$ сек., что явно противоречит опыту. В действительности деформации, приводящие к делению реальных тяжелых ядер, велики. Поэтому количественная теория деления ядер в настоящее время не может быть построена.

Т. А. Голобородько и А. И. Лейпунский доложили о произведенном ими исследовании рассеяния монокроматических нейтронов различными ядрами. Энергии нейтронов составляли 130, 220 и около 900 kV. На опыте измерялось полное сечение рассеяния. Для наиболее быстрых нейтронов, с энергией 900 eV, в полное сечение входило также и сечение неупругого рассеяния. Было обследовано большое число ядер. У ряда легких были обнаружены новые резонансные уровни. Например, у Mg был обнаружен резонансный уровень при энергии 130 kV, у Si — при 200 kV и т. д. Измерения показали, что для тяжелых ядер полное сечение падает с энергией.

Большой интерес представляет тот факт, что измеренные эффективные сечения рассеяния быстрых нейтронов в некоторых случаях оказывались большими, чем сечения рассеяния тепловых нейтронов. Этот факт не укладывается в рамки боровской капельной теории ядра.

А. И. Лейпунский обратил внимание также и на другой факт, который противоречит боровской теории. Именно, оказывается, что сечения реакций захвата нейтронов с последующим излучением γ -лучей меняются хаотически от элемента к элементу. У некоторых элементов, как, например, у висмута, вообще не обнаружено захвата нейтронов.

На заседании Совещания, посвященном вопросу об энергии звезд, был заслушан обзорный доклад И. Я. Померанчука. В настоящее время можно указать ряд ядерных процессов, могущих послужить источниками энергии звезды. Такими источниками являются, во-первых, большое количество экзотермических ядерных реакций с легкими ядрами и, во-вторых, предложенный Л. Ландау механизм образования нейтронного ядра. Поэтому можно утверждать, что принципиальная возможность выделения в результате ядерных реакций достаточного количества энергии установлена.

Однако в настоящее время мы еще весьма далеки от фактического разрешения вопроса о внутренней структуре звезд и источниках звездной энергии. При изучении физических условий в звездах придется сталкиваться с рядом трудностей. В первую очередь к этим трудностям принадлежит трудность, связанная с вопросом об устойчивости звезд достаточно большой массы: как было показано Л. Ландау, если масса звезды достаточно велика, она должна непрерывно сжиматься (если бы звезда находилась при температуре абсолютного нуля, то критическая масса, после которой звезда должна была бы непрерывно сжиматься, составляла $3/2$ массы Солнца). В настоящее время неизвестны причины, которые предотвращают сжатие звезды до ничтожно малых размеров. Второй фундаментальной трудностью, с которой приходится сталкиваться при изучении вопроса об источниках звездной энергии, является то, что в настоящее время совершенно неизвестны физические условия внутри звезд — распределение температур, плотности, давлений и т. п. Однако, самый механизм источника звездной энергии может в сильнейшей степени зависеть от этих условий,

Так, например, выход энергии ядерных реакций зависит от температуры, царящей в той области, в которой происходит реакция, экспоненциальным образом. Характер ядерных реакций может в сильнейшей степени зависеть также от процентного содержания различных ядер в области, в которой идет реакция, условий транспорта вещества к этой области и т. д. Изменение всех этих факторов приводит к совершенно иным источникам звездной энергии.

Положение еще более усложняется возможностью образования нейтронных ядер в звезде. Поэтому можно утверждать, что разрешение вопроса об источниках звездной реакции упирается в необходимость выяснения условий равновесия и физических условий внутри звезд.

Только после того, как удастся выяснить физические условия внутри звезд, станет возможным полное решение вопроса о механизме выделения звездной энергии. В настоящее же время этот вопрос является открытым.

Задаваясь теми или иными, в значительной степени произвольными, значениями температуры внутри звезды, можно указать на ряд ядерных реакций, могущих послужить источниками звездной энергии, по крайней мере у звезд главной последовательности. Однако, при настоящем положении вещей невозможно остановиться на какой-либо одной из них. Это станет возможным лишь в связи с выяснением общих физических условий внутри звезд.

Одно из заседаний конференции было посвящено применениям ядерной физики.

Большой доклад о применении искусственно-радиоактивных изотопов в биологии и медицине сделал Г. М. Франк. Доклад Г. М. Франка помещен в настоящем выпуске «Успехов физич. наук» ¹⁾.

А. Е. Браунштейн сделал обзорный доклад о применении стабильных изотопов в биохимии. Применение метода искусственно-радиоактивных ядер как индикаторов обмена веществ в организме ограничено тем, что отсутствуют достаточно удобные радиоактивные изотопы наиболее важных в биохимических процессах элементов — водорода, углерода и кислорода. Поэтому важное значение при изучении процессов обмена веществ в организме имеет метод стабильных изотопов. Стабильные изотопы указанных элементов вводятся в различные органические соединения. Например, дейтрон вводится вместо водорода и т. д. Меченые таким образом атомы служат для изучения обмена веществ в организме. Несмотря на то, что метод стабильных изотопов имеет меньшую чувствительность по сравнению с методом радиоактивных изотопов, он несомненно будет иметь большое значение в биохимии.

Заключительное заседание Совещания было посвящено технике получения быстрых частиц.

В. Г. Левич, Москва

¹⁾ См. стр. 179.