

Wolfgang Paulis Diskussionsbeiträge auf der 2. Unionskonferenz
über Kernphysik

Moskau, 20. - 26. September 1937

Deutsche Übersetzung aus:

Izvestija. Akademija nauk SSSR. Otdelenie matematičeskich i estest-
vennych nauk. Serija fizičeskaja. Moskva, [3] (1938), Nr 1 - 2,
S. 126 - 128; S. 154; S. 228, 231 - 232.

Aus der Diskussion zu den Beiträgen über kosmische Strahlung

A. F. I o f f e (Übersetzung der Diskussion zwischen Prof. Pauli und
Prof. Auger)

Prof. Pauli weist darauf hin, daß es für den Theoretiker äußerst wich-
tig wäre zu wissen, wie häufig Schauer mit schweren Teilchen vorkommen
und wie diese Erscheinung insbesondere von der Beschaffenheit derselben
abhängt.

Prof. Auger berichtet, er habe bei seinen Versuchen mit Argon schwere
Teilchen wahrgenommen, welche nur im Gas auftreten, nicht aber im Blei.
Argon habe jedoch einen schweren Kern. Könnten diese Erscheinungen
nicht auch bei leichten Kernen vorkommen? Es wäre äußerst wichtig fest-
zustellen, ob ein derartiger Schauer schwerer Teilchen aus der Heisen-
bergschen Theorie hervorgeht, welche ihrerseits auf der Fermischen
Theorie des β -Zerfalls beruht.

Beschränkt man die Fermi-Theorie nicht auf die erste Näherung, sondern
geht zu höheren Näherungen über, dann legt sie eine solche Erscheinung
nahe, wobei aus einem einzigen Kern Neutronen, Neutrinos und schwere
geladene Teilchen ausgestoßen werden.

Prof. Auger meint, er habe starke Zweifel an der Richtigkeit der
Heisenbergschen Theorie. Umso wichtiger sei deshalb die Klärung der
Frage, ob es Schauer mit schweren Teilchen gäbe oder nicht.

Es muß noch einmal betont werden, daß es in Heisenbergs Theorie neben jenen Schauern, die paarweise bei der lawinenartigen Photonenumwandlung entstehen, auch Schauer anderen Ursprungs geben kann, und daß gerade in diesen schwere Teilchen vorhanden sein müssen. Daneben ist natürlich auch eine wesentlich einfachere Erklärung für diese Erscheinung möglich, nämlich die von Prof. Auger. Nach seiner Meinung haben wir es hier einfach mit einer Kernspaltung unter der Einwirkung der kosmischen Strahlung zu tun. In diesem Fall beobachten wir das Herausschleudern mehrerer Teilchen aus dem Kern.

Prof. Pauli fügt dem hinzu, daß nach Heisenbergs Theorie die leichten Teilchen in einem Schauer überwiegen müssen, und daß die Teilchen, die ein derartiger Schauer erzeugt, schwere, leichte oder Neutrinos sein können.

In der Diskussion zwischen Prof. Auger und Prof. Pauli ging es desweiteren um zwei Fragen. Als erstes bezweifelte Prof. Auger, daß die unter Beteiligung von schweren Teilchen beobachteten Schauer durch die Heisenbergsche Theorie erklärt werden können, da sich die emittierten Teilchen in derselben Richtung bewegen müßten wie die Primärteilchen. Dazu bemerkte Pauli, daß sich der Erhaltungssatz von der Bewegungsgröße auf die Gesamtheit der Teilchen beziehe, und da es Teilchen mit großer Masse und geringer Geschwindigkeit gebe, seien auch einzelne Teilchen mit einer von der Richtung des Primärteilchens abweichenden Richtung möglich.

Prof. Auger vermutet, daß sich die gesamten Teilchen eines Bündels in derselben Richtung bewegen müssen wie das emittierte Teilchen.

Zur Überprüfung der Versuche von Anderson und Neddermeyer unternahmen Prof. Auger und seine Mitarbeiter folgendes: Sie nahmen zuerst nur die durchdringenden Teilchen und bestimmten, ob sie Schauer bilden oder nicht. Das wurde folgendermaßen gemacht: Man benutzte 3 Zählrohre. Zwischen das 2. und 3. Zählrohr wurde eine dicke Bleiplatte gestellt. Die Expansion in der Wilson-Kammer erfolgte, wenn alle 3 Zählrohre gleichzeitig ansprachen; d.h. in diesen Versuchen wurden solche Teilchen ausgewählt, die nicht nur durch die Kammer, sondern auch durch die dicke Bleischicht drangen und außerdem in das 3. Zählrohr gelangten. Dies waren die durchdringenden Teilchen. Trotz mehrerer hundert Aufnahmen konnte kein einziger Schauer festgestellt werden. In der Kammermitte befand sich eine Platinplatte, auf der sich

die Schauer hätten bilden müssen. Die durchdringenden Teilchen erzeugten jedoch keine Schauer.

Prof. Auger sonderte auch eine weichere kosmische Strahlungskomponente aus. Dies geschah bei gleicher Stellung der Zählrohre, nur wurde die Verstärkung der Zählrohre so aufeinander abgestimmt, daß es bei Koinzidenz aller drei Zählrohre zu keiner Expansion in der Wilsonkammer kommt. Sie tritt nur dann ein, wenn die ersten zwei Zählrohre koinzident sind, mit dem dritten jedoch keine Koinzidenz besteht. Demnach konnten mit dieser Anlage jene Teilchen ausgesondert werden, die durch die Kammer und zwei Zählrohre durchdrangen und im Blei steckenblieben; d.h. es wurden nur die stark absorbierten Teilchen registriert. In diesen Versuchen wurden beinahe 50 % der Schauer im Platin erzeugt.

Im Zusammenhang mit Prof. Augers Ausführungen möchte ich [A.F. Ioffe] darauf hinweisen, daß bei den schwach absorbierten Teilchen die Wahrscheinlichkeit der von ihnen erzeugten Schauer vielleicht nicht auf ein und denselben Teilchenverlauf, sondern auf ein und dieselbe Absorption bezogen werden muß. Um von einer durchdringenden Strahlung Schauer zu erhalten, muß man eine vielfach dickere Schicht wählen, weil die Strahlung selbst weniger absorbiert wird.

Prof. Williams ist der Auffassung, es sei nicht notwendig, die Teilchen so streng in zwei Kategorien einzuteilen; denn wenn man in der Wilsonkammer auch einzelne Teilchen feststelle, so bedeute dies noch lange nicht, daß es sich um andere Teilchen handelt als die in den Schauern. Ein einziges Teilchen kann bereits den Schauer erzeugen. Die Vermutung, daß jedes einzelne Teilchen eine neuartige Partikel sei, d.h. ein schweres Teilchen, ist unangebracht. Deshalb sei es trügerisch, eine strenge Aufteilung in zwei Kategorien wie bei Anderson vorzunehmen.

Aus der Diskussion zu den Beiträgen über den β -Zerfall

A. F. I o f f e (Übersetzung von Prof. Paulis Diskussionsbeitrag)

Prof. Pauli weist darauf hin, daß Wentzels Theorie eine dimensionslose Konstante enthält, welche zu denselben Schwierigkeiten führe, die in der Quantenelektrodynamik auftreten. Das Problem laufe darauf hinaus, daß bei Annäherung der Teilchen die Kräfte in dieser Theorie langsamer zunehmen als bei anderen Theorien.

Aus der Diskussion zu den Beiträgen über die Kernkräfte

I. E. T a m m (Übersetzung von Prof. Paulis Diskussionsbeitrag)

Prof. Pauli ist der Auffassung, daß die Annahme gleicher Kräfte zwischen den verschiedenartigen Teilchen durch die amerikanischen Physiker zu einfach und deshalb unrichtig sei.

Weiter nimmt Prof. Pauli an, daß in jeder zukünftigen Theorie zweifellos Neutron-Proton-Übergänge berücksichtigt werden müssen; in diesem Fall würde aber der Begriff eines Elementarteilchens vage, und man könne ihn dann kaum als ein ernsthaftes Argument gegen die Hypothese von der Monotonie der Kräfte zwischen den Elementarteilchen verwenden.

A. F. I o f f e (Übersetzung von Prof. Paulis Diskussionsbeitrag)

Prof. Pauli sagte zu den von mir [A.F. Ioffe] geäußerten Vorstellungen, er glaube nicht, daß die Wechselwirkungskräfte im Kern elektrischer Natur sein könnten; auf jeden Fall seien es keine elektromagnetischen Kräfte, wie I.E. Tamm richtig darlege. Er äußert, wenn man irgendein

magnetisches Moment voraussetze, dann müsse man auch eine Stromverteilung im Neutron annehmen; aber gerade diese magnetischen oder elektromagnetischen Wechselwirkungen sind äußerst gering. Sie betragen 1 % und weniger von den Wechselwirkungskräften, die tatsächlich zwischen den Neutronen festgestellt werden. Deshalb meint Prof. Pauli, aus diesen Darstellungen sei ersichtlich, daß sich durch dieselben - ungeachtet der Existenz elektromagnetischer Kräfte in den Neutronen - die Wechselwirkung dennoch nicht erklären lasse.

Ich hätte darauf nicht so erwidert. Selbstverständlich sind die magnetischen Kräfte sehr gering, aber man kann sich beliebige elektrische Systeme vorstellen und überlegen, welche **davon irgendwie sinnvolle Kräfte** liefern, unter Umständen von derselben Größenordnung wie die Molekularkräfte. Man stelle sich z.B. ein Modell mit positiver Elektrizität im Zentrum und umgeben von einer negativen Ladung vor. (wie ein elektrischer Kondensator), bei dem 40 positive und negative Entladungen erfolgen; dann beträgt die Wechselwirkungsenergie zwischen diesen Kernen 9 MeV., und die Aufspaltungswechselwirkung der positiven und negativen Teilchen 1 000 MeV. In diesen Abständen könnte man somit größenmäßig derartige Kräfte erhalten, woraus natürlich nicht hervorgeht, daß diese Kräfte tatsächlich elektrischer Natur sind.

Stuttgart, den 16. Januar 1981

übersetzt von

Ottmar Pertschi
(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer

ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

ОТДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ

BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE PHYSIQUE

№ 1—2

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва ★ 1938

От редакции

Этот номер целиком посвящен материалам II Всесоюзной конференции по атомному ядру, происходившей в Москве 20—26 сентября 1937 г. В работах Конференции участвовало около 120 советских физиков, непосредственно работающих в области физики ядра, а также иностранные ученые — В. Паули (Цюрих), П. Ожэ (Париж), Е. Дж. Вильямс (Манчестер) и Р. Пайерлс (Кембридж).

На первом заседании участниками Конференции единогласно было принято обращение к товарищу Сталину и товарищу Молотову. На Конференции было заслушано 23 доклада, из которых 18 — о работах советских физиков; кроме того были заслушаны 2 доклада о мощных установках для получения быстрых частиц, созданных за последние годы в Харьковском физико-техническом институте (доклад К. Д. Синельникова) и в Государственном радиовом институте в Ленинграде (сообщение В. П. Рукавишникова), и доклад о недавно открытом П. А. Черенковым явлении свечения чистых жидкостей под действием быстрых электронов (краткое содержание доклада см. стр. 29, подробная статья помещена в № 4—5 настоящей серии за 1937 г., стр. 455).

Из материалов Конференции в этот номер не вошли только два доклада (Е. Дж. Вильямса — Природа частиц в космических лучах, и Р. Пайерлса — Современное состояние теории β -распада), опубликованные ранее, в № 4—5 журнала за 1937 г., где помещена также статья Гайтлера — К теории космических лучей, присланная им на Конференцию. Остальные доклады представлены либо полностью либо в виде кратких резюме. В номере помещены также сокращенные стенограммы прений по пяти основным вопросам, рассматривавшимся на Конференции: 1) прохождению γ -лучей и быстрых электронов через вещество, 2) космическим лучам, 3) β -распаду, 4) взаимодействию нейтронов с ядрами и 5) теории строения ядра.

possible to
to that of

earance si-
ion of the
e data ob-

t was found
vers on the
v that the
o no more

ПРЕНИЯ ПО ДОКЛАДАМ О КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧАХ

А. Ф. ИОФФЕ

Сейчас мы обсудим те доклады о космических лучах, которые были нами заслушаны. При этом главное внимание необходимо обратить на соображения, говорящие за или против существования тяжелых частиц, а также обсудить вопрос о том, что с физической точки зрения представляют те основные два типа — поглощаемой и непоглощаемой — радиации, которые были совершенно четко очерчены в первом докладе, проф. Ожэ. Эти вопросы были центральной проблемой всех прослушанных докладов. Прямое отношение сюда имеет и приведенный здесь экспериментальный материал, в особенности опыты Вернова, показывающие резкое поглощение жестких лучей. Я думаю, что все это должно быть центральным пунктом нашей дискуссии.

Позвольте мне высказать несколько замечаний, хотя я ни в какой мере не являюсь специалистом по этим вопросам и потому, быть может, их смогут более глубоко разъяснить другие лица.

У меня есть некоторые сомнения, касающиеся новых частиц. Проф. Вильямс отчетливо высказал соображения, по которым для устранения ряда противоречий желательно введение таких частиц. Но надо сказать, что это относилось к той области, которая была достаточно хорошо изучена, т. е. к области частиц с энергиями между 100 и 400 eMV. Но дальше, для очень быстрых электронов, с энергиями порядка 10^{10} eV, такого расхождения видимо не получается. По этому поводу у меня были следующие соображения.

Вспомним ту диаграмму, которую здесь показывал проф. Вильямс, — диаграмму Андерсона и Неддермайера.

Если каждое из полученных ими значений потери энергии действительно принимать всерьез и считать, что все данные промерены достаточно точно, то получается, что имеются и медленные частицы, которые сильно поглощаются, и быстрые частицы, которые мало поглощаются. Но из диаграммы можно видеть, что полученным точкам нельзя придавать очень серьезного значения. Это следует из того, что имеется очень много точек, лежащих много ниже оси абсцисс, т. е. таких, для которых энергия после поглощения стала значительно больше, чем до поглощения, а не меньше. Это ясно показывает, что измерение энергии по кривизне в этой области 10^8 eV неточно. Вероятно ничтожное движение воздуха в камере или дватри случайных ничтожных отклонения в одну и ту же сторону, а не в разные стороны, дадут впечатление некоторой кривизны, определяемой не скоростью электронов, а вызванной самим методом измерения.

Мне кажется, что самое существование таких случаев увеличения

энергии ясно показывает, что этот метод не может претендовать на то, чтобы каждой точке приписывать полную силу того значения, которое она имеет на диаграмме Андерсона и Неддермайера.

Ошибки, о которых идет речь, распределены конечно случайно, иногда в одну, иногда в другую сторону. Поэтому, может быть, имеет физический смысл не каждая точка в отдельности, а некоторая совокупность этих точек. Статистически этому можно приписывать серьезное значение, но нужно иметь в виду, что в разных случаях ошибки могут быть различными.

Другие соображения я выскажу в дальнейшем. Сейчас же я хочу сделать только общее замечание по поводу всего того, что мы заслушали в докладах о космических лучах. Я думаю, что метод камеры Вильсона до сих пор еще недостаточно исследован как метод со следующей точки зрения. Метод следов в магнитных полях сейчас сделался основным экспериментальным методом, на котором строятся наши представления об энергии частиц. Особенно тщательно этот метод разработан Д. В. Скобельцыным. Этот метод конечно безупречен там, где имеется большая кривизна, но когда мы доходим до пределов, в которых такой метод вообще может быть применен, когда кривизна такова, как показывал проф. Вильямс, когда, прикладывая линейку на концах следа, мы замечаем только чуть заметное отклонение от прямой, то, может быть, при этом делается некоторое преувеличение точности метода камеры Вильсона. Может быть, мы придаем слишком большое значение 2-3-5 случаям, когда на самом деле имеется некоторое систематическое искажение следов. Мне думается, что, прежде чем придавать этому методу такое значение (как раз это относится и к рассматриваемому случаю), нужно было бы провести столь же многочисленные опыты без магнитного поля и посмотреть, какое число следов без всякого магнитного поля можно получить с кривизной того же порядка, как нам было показано. Нужно учесть, как велика случайная кривизна, которая получается в результате применения самого метода, в результате возможных небольших систематических движений воздуха и т. д. Насколько я знаю, систематическое обоснование этого метода не было проведено, и я хотел бы предложить, чтобы это было сделано.

Д. В. Скобельцын

По поводу предложения А. Ф. Иоффе — исследовать метод камеры Вильсона — я хочу отметить, что именно этим делом в последние годы занимался Блеккет. По этому вопросу имеется целый ряд работ.

А. Ф. Иоффе

Говоря о точности метода камеры Вильсона, я имел в виду следующее: перенести результаты Блеккета на камеры других размеров и находящиеся в других условиях невозможно. Каждый экспериментатор, который хочет придавать действительное значение своим наблюдениям в этой области, должен проделать со своей установкой работу, аналогичную работе Блеккета. Кроме Блеккета, никто этого не сделал. Поэтому я считаю, что данным Блеккета с методической стороны можно придавать значительно большее значение, чем всем другим данным.

А. Ф. Иоффе (перевод дискуссии между проф. Паули и проф. Ожэ)

Проф. Паули указывает на то, что для теоретиков было бы чрезвычайно важно знать, как часто встречаются ливни с участием тяжелых частиц и, в особенности, как это явление зависит от природы самого материала.

Про-
дались
имеет
Это был
с тяжелой
основны

Если
нием, а
такое я
рино, и

Про-
теории
ствуют

Еще
что пом

щения
и в них

возмож
явления

мнению
ствием

выбрас
Проф

в ливне
создает

Дал
о двух

наблюд
на осно

были б
вичные

ния кол
скольк
постоль

тельно
Про-

итти в
Про-

сона и
проника
ливни.

2-м и 3
ние в к
давали

ры пре
и кроме

В этих
наблюд
платин

Однако
Про-
лучей.
усилите
счетчик
происхо

етендовать на
того значения,
айера.

чно случайно,
может быть,
и, а некоторая
приписывать
разных слу-

нас же я хочу
го, что мы за-
что метод ка-
ван как метод
ых полях сей-
д, на котором
но тщательно
конечно без-
да мы доходим
ыть применен,
с, когда, при-
ко чуть замет-
дела я неко-
.. Может быть,
огда на самом
следов. Мне
такое значение
, нужно было
гнитного поля
о поля можно
было показано.
ая получается
те возможных
Насколько я
ило проведено.

метод камеры
и в последние
ный ряд работ.

ел в виду сле-
уги размеров
ий эксперимен-
ение своим на-
ней установкой
а, никто этого
методической
ение, чем всем

и проф. Ожэ)
было бы чрез-
частью тяже-
ит от природы

Проф. Ожэ говорит, что в его опытах тяжелые частицы наблю-
дались в аргоне, причем в самой газе, а не в свинце. Однако аргон
имеет сложное ядро. Встречается ли это явление в легких ядрах?
Это было бы чрезвычайно важно знать, потому что такого рода ливни
с тяжелыми частицами вытекают из теории Гайзенберга, который
основывается на теории β -распада Ферми.

Если развитие теории Ферми не ограничивать первым приближе-
нием, а взять более высокие приближения, то она предсказывает
такое явление, когда из одного ядра вылетают и нейтроны, и нейт-
рино, и тяжелые заряженные частицы.

Проф. Ожэ говорит, что у него имеются сомнения в правильности
теории Гайзенберга. Однако тем более интересно выяснить, суще-
ствуют ли ливни с участием тяжелых частиц или нет.

Еще раз надо подчеркнуть, что теория Гайзенберга показывает,
что помимо тех ливней, которые получаются при лавинном превра-
щении фотонов в пары, могут быть ливни и другого происхождения,
и в них как раз должны быть тяжелые частицы. Наряду с этим
возможно конечно и более тривиальное объяснение рассматриваемого
явления, а именно то, которого придерживается проф. Ожэ. По его
мнению мы здесь имеем дело просто с расщеплением ядра под дей-
ствием космического излучения. В этом случае мы будем наблюдать
выбрасывание из ядра нескольких частиц.

Проф. Паули добавляет к этому, что по теории Гайзенберга
в ливне должны преобладать легкие частицы, но частица, которая
создает такой ливень, может быть и тяжелой, и легкой, и нейтрино.

Дальше в дискуссии между проф. Ожэ и проф. Паули речь шла
о двух вопросах. Сначала проф. Ожэ выразил сомнение в том, что
наблюдавшиеся ливни с участием тяжелых частиц можно объяснить
на основе теории Гайзенберга, потому что выбитые частицы должны
были бы двигаться в том же направлении, в каком двигались пер-
вичные частицы. По этому поводу Паули сказал, что закон сохране-
ния количества движения относится к совокупности частиц, а по-
скольку имеются частицы с большой массой и малой скоростью,
постольку возможны и отдельные частицы с направлением, значи-
тельно отличающимся от направления первичной частицы.

Проф. Ожэ полагает, что вся совокупность частиц пучка должна
идти в том же направлении, что и выбивающая частица.

Проф. Ожэ со своими сотрудниками для проверки опытов Андер-
сона и Неддермайера делал следующее. Он сперва выделял только
проникающие частицы и определял, образуют они или не образуют
ливни. Это делалось таким образом: имелось три счетчика и между
2-м и 3-м счетчиком ставилась толстая пластинка свинца. Расшире-
ние в камере Вильсона производилось тогда, когда все три счетчика
давали совпадение, т. е. в этих опытах выделялись частицы, кото-
рые прошли не только через камеру, но и через толстый слой свинца
и кроме того попали в 3-й счетчик. Это были частицы проникающие.
В этих случаях на несколько сотен сделанных снимков ни разу не
наблюдалось ни одного ливня. В камере по середине находилась
платиновая пластинка, в которой ливни должны были зарождаться.
Однако проникающими частицами ливни не вызывались.

Проф. Ожэ выделял также более мягкую компоненту космических
лучей. Это делалось при том же расположении счетчиков, только
усилительная схема счетчиков была устроена так, что если все три
счетчика дают совпадение, то расширение в камере Вильсона не
происходит. Оно происходит только в том случае, если первые два

счетчика дают совпадение, а третий не дает. Таким образом эта установка выделяла те частицы, которые прошли через камеру и через два счетчика и застряли в свинце, т. е. регистрировала лишь сильно поглощаемые частицы. В этих опытах почти в 50% случаев в платине образовывались ливни.

В связи с этим сообщением проф. Ожэ я хочу заметить, что для малопоглощаемых частиц, быть может, вероятность образуемых ими ливней нужно относить не к одному и тому же пути частицы, а к одному и тому же поглощению. Для того чтобы от проникающей радиации получить ливни, нужно взять слой во столько же раз более толстый, во сколько раз сама радиация меньше поглощается.

Проф. Вильямс считает, что резкого разделения частиц на две категории и не может быть, потому что если в камере Вильсона наблюдаются одиночные частицы, то это еще не значит, что это частицы другого типа, чем частицы в ливнях. Это может быть одна из частиц, образовавших ливень. Ожидать, что всякая одиночная частица, это — частица нового типа, т. е. тяжелая частица, — невозможно. Поэтому полного разделения на две категории, как это было у Андерсона, ожидать нельзя.

В. И. Векслер.

В связи с вопросом об участии тяжелых частиц в ливнях можно отметить, что в работах Брода, Макферсона и Стара наблюдались ливни, состоящие из тяжелых частиц.

А. Ф. Иоффе (перевод выступления проф. Вильямса).

Очень важное замечание относительно вероятности появления ливней с тяжелыми частицами сделал проф. Вильямс. Обычно наблюдают ливень, получающийся из какого-нибудь тяжелого металла, — платины, свинца и т. д. Если в этих ливнях действительно участвуют тяжелые частицы, то следует учесть, что поглощение их гораздо больше, чем поглощение электронов. Поэтому, если мы наблюдаем выходящий из тяжелого металла ливень, в котором уже при выходе из металла в камере имеются тяжелые частицы, то, чтобы определить, какова вероятность появления тяжелых частиц внутри самого металла, нужно вероятность появления такого ливня умножить на отношение поглощаемостей тяжелых и легких частиц. Так как поглощаемость в металле тяжелых частиц гораздо больше, чем поглощаемость электронов, то, может быть, вероятность образования таких ливней в действительности гораздо больше, чем мы наблюдаем в камере.

А. К. Вальтер

Я хотел задать вопрос относительно возможности экспериментальной проверки механизма потери энергии частицами жесткой компоненты космического излучения. Если в основном эти потери имеют ионизационный характер, зависимость ионизации от пробега обязательно должна иметь характер брегговской кривой, т. е. в конце пробега должен быть максимум ионизации. Экспериментальное указание на такое обстоятельство было сделано Клеем, который на глубине 250 м в Красном море наблюдал подобный максимум ионизационной кривой. Более поздняя работа Корлина на севере Швеции дала такие же результаты в отношении железной руды, правда, максимум здесь лежал ниже, на глубине, эквивалентной 700 м воды. Поэтому нельзя утверждать, что эти эксперименты друг другу противоречат, поскольку Корлин не мог сделать измерения в том диапазоне, где у Клея получился максимум.

Мне
экспер

Д. I

Мне
в особе
тронны
зация
пробегу

И. I

Мне
предел
щается
лучей
поле 3
 $5.5 \cdot 10^9$
которая
порядка
неверна
вается
пробег
иначе ш

Исхо
ний пр
потерь
возможн
1 атм. С
 ~ 15 эле

Д. В

Я хо
рии лив
ненно, ч
окажетс
ваться,
ких эне
электрод
существ
ности ко
теории л
частицы

Преж
суются
Я приве
не объе

В до
много го
Это несп
также и

Мне
ший фак
видно, ч
суется
должно
соверше
ные час
имен, Сер

Мне представляется чрезвычайно важным, чтобы где-нибудь эти эксперименты были проверены.

Д. В. Скобельцын

Мне кажется, что такое предположение едва ли приемлемо. В особенности если речь идет о частицах с массой порядка 100 электронных масс, потому что длина участка пробега, на котором ионизация будет сравнительно велика, очень мала по отношению ко всему пробегу.

И. Е. Тамм

Мне кажется, что есть возможность очень грубо оценить нижний предел массы новых частиц. Известно, что примерно на 50° прекращается широтный эффект (изменение интенсивности космических лучей с широтой). Причина этого может быть двоякая. Магнитное поле Земли на 50° отсекает частицы с энергией, меньшей чем $5.5 \cdot 10^9$ eV. Старая гипотеза Клея предполагала, что компонента, которая обуславливает широтный эффект, имеет при энергии этого порядка пробег, равный как раз 1 атм. Повидимому эта гипотеза неверна, и надо предполагать, что при этой энергии просто обрывается спектр частиц, падающих на землю извне. Как бы то ни было, пробег частицы с энергией $5.5 \cdot 10^9$ eV не может быть меньше 1 атм, иначе широтный эффект обрывался бы при меньших широтах, чем 50° .

Исходя из этого нижнего предела пробега, можно вычислить нижний предел массы частицы. Сумма зависящих от массы частицы потерь на ионизацию и на излучение торможения, взятая вне других возможных потерь, должна делать возможным пробег не меньше 1 атм. Отсюда нижний предел массы частицы должен быть равным ~ 15 электронным массам.

Д. В. Скобельцын

Я хочу остановиться на двух основных вопросах — на новой теории ливней и на вопросе о существовании особых частиц. Несомненно, что эти два вопроса связаны между собой, потому что, если окажется, что выводы ливневой теории будут в точности оправдываться, это будет значить, что в отношении электронов очень высоких энергий верна обычная теория, справедливы выводы обычной электродинамики. Если это так, то непременно придется допустить существование новой частицы для объяснения проникающей способности космических лучей. Поэтому вопрос о правильности ливневой теории ливней связан с вопросом о существовании этой полутяжелой частицы.

Прежде всего я хочу сказать несколько слов о том, как согласуются выводы теории образования ливней с некоторыми фактами. Я приведу только некоторые данные, которые, как будто бы никак не объясняются указанной схемой.

В докладе проф. Ожэ было отмечено, и как раз сегодня об этом много говорилось, что имеются ливни с участием тяжелых частиц. Это непосредственно указывает на то, что кроме ливневого имеется также и какой-то другой механизм ливней.

Мне кажется, что столь же существенное значение имеет следующий факт. Из того материала, который был здесь доложен проф. Ожэ, видно, что угловое распределение частиц повидимому плохо согласуется с выводами теории: расходимость ливня больше, чем это должно быть по теории. Можно сказать даже больше, а именно: совершенно несомненно, что имеются в значительном числе вторичные частицы с довольно большой энергией, которые летят снизу

вверх. Мне пришлось наблюдать это явление, и существование его можно считать несомненным. В частности например свинец, находящийся под счетчиками, может довольно сильно сказаться на числе совпадений, регистрируемых ими.

А. Б. Вериго сообщил вчера совершенно поразительный факт. Если он подтвердится, т. е. если действительно окажется, что устранение балласта приводит к тому, что показания всех ионизационных камер сразу снижаются на 15%, то это придется рассматривать как серьезное противоречие той картине, которую мы сейчас рассматриваем. (Вопрос с места. — Какой был балласт?) Порядка нескольких сотен кг свинца. Следует подчеркнуть, что здесь мы имеем действие не на счетчик и регистрировались не совпадения, а измерялся ионизационный эффект и было найдено чрезвычайно сильное действие материала, находящегося под ионизационной камерой. Ливневыми эффектами согласно лавинной теории это конечно никак объяснить нельзя.

Мне бы хотелось указать еще на один факт. Может быть я здесь неправ и я должен оговорить, что до сих пор мне не пришлось еще изучить лавинной теории во всех ее деталях. Повидимому путем достаточно простых рассуждений из лавинной теории можно вывести следующие следствия.

Состав ливня на большой глубине определяется критической энергией, о которой здесь вчера было доложено. Для каждого материала имеется характерная критическая энергия. Ливень состоит из частиц со средней энергией, по порядку величины близкой к критической.

Грубо говоря, число частиц в ливне можно получить простым делением энергии первичной частицы на критическую энергию, т. е. для свинца на 10 eMV, а для воздуха на 100 eMV.

Отсюда как будто бы вытекает такое следствие, что там, где электронная компонента будет преобладать, — а совершенно несомненно, что в атмосфере на достаточной высоте она действительно преобладает, — там должно иметь место следующее явление. В воздухе будут иметься легкие частицы, производящие ливни с энергией частиц порядка 100 eMV. Если на пути космических лучей поставить свинец, то каждая такая частица, имеющая энергию в 100 eMV, должна будет распасться на 10 частиц, из которых каждая имеет энергию в 10 eMV, т. е. число частиц увеличится в 10 раз. Из этого как будто бы следует, что если в ионизационной камере измерять переходный эффект, то на кривой должен получиться весьма резкий пик. На самом деле ничего подобного не наблюдается. На кривой переходного эффекта имеется лишь весьма маленький бугорок. Возможно однако, что это связано с условиями измерения, а именно с тем, что в соответствующих работах Комптона и Юнга была применена толстостенная камера. Вчера А. Б. Вериго докладывал о своих наблюдениях на большой высоте. При довольно тонкой стенке ионизационной камеры, в 3-4 мм, у него получилось как будто бы небольшое уменьшение эффекта. Маловероятно, чтобы и в этих опытах большой переходный эффект остался незамеченным.

А. Ф. Иоффе

В связи с наблюдением А. Б. Вериго возникает вопрос: нельзя ли уменьшение ионизационного тока, наблюдавшееся при сбрасывании балласта, объяснить просто радиоактивностью свинца. Думаю однако, что такое предположение ничего не даст.

А. В. Вериге

Радиоактивность свинца не может объяснить эффекта уменьшения ионизации при сбрасывании балласта.

А. Ф. Иоффе (вопрос к Д. В. Скобельцыну)

Действительно ли в ливнях из свинца имеется очень много частиц с энергией в 10 eMV?

Д. В. Скобельцын

Я не могу сказать этого по своим данным, но это соответствует тому, что опубликовано Андерсоном. Надо сказать, что если взять те данные, которые Андерсон и Неддермайер дают в отношении распределения ливневых частиц по энергиям, то получается резкий пик при энергии порядка 10 eMV. Это довольно замечательное совпадение. Однако тут могут быть два сомнения. Во-первых, я не уверен в том, что все ливни, которые они регистрировали, возникли в свинце. Во-вторых, опыты делались в сильном магнитном поле, и может быть магнитное поле могло как-то влиять на распределение частиц.

А. Ф. Иоффе

Верно ли, что в воздухе имеются преимущественно электроны в 100 eMV?

Д. В. Скобельцын

Это совпадает со средней энергией частиц, наблюдаемых в камерах Вильсона. Но как обстоит дело в действительности,— сказать трудно. В опытах Кунце около камеры имелась медь (катушка соленоида), и какая часть наблюдавшихся им частиц возникала в воздухе,—я сказать не берусь.

Н. С. Иванова (ЛФТИ)

В лаборатории ЛФТИ изучались переходные эффекты для ливней из свинца и алюминия. По этим данным можно приближенно оценить энергию ливневых частиц. Установка была такая. Был взят свинец толщиной 1.6 см. Под свинцом помещался алюминий, толщина которого могла меняться. Ниже располагались счетчики, включенные по схеме совпадений. По лавинной теории из свинца выходят электроны с энергией 10 eMV, а критическая энергия для алюминия — 60 eMV. Поэтому ливневые частицы, которые попадают в алюминий, уже не могут образовать новых частиц. Они могут только поглощаться.

Полученная кривая имеет некоторый уступ, величина которого значительно превышает предел статистической погрешности. Если этому уступу соответствует некоторая преобладающая энергия частиц, то величина ее порядка 15—30 eMV.

Д. В. Скобельцын

Прежде чем перейти к дискуссии о новых частицах, я бы хотел еще высказаться по следующему вопросу. Мне кажется, что лавинная теория ливней, если она верна, обязана более или менее правильно объяснить ход кривой поглощения космических лучей в атмосфере. Сейчас повидимому нельзя с полной уверенностью сказать, насколько это хорошо получается. Тут прежде всего нужно обратить внимание на то, что все-таки коэффициент поглощения, который прямо вытекает из теории, расходится с тем коэффициентом поглощения, который до сих пор приписывался мягкой компоненте, преобладающей в атмосфере.

Известно, что можно произвести разложение кривой поглощения на определенное число экспоненциальных компонент, причем та

компонента, которая обуславливает ход кривой поглощения в атмосфере, имеет коэффициент поглощения, близкий к 0.5 на 1 м воды, тогда как теория дает 1.5 м воды для энергий, известных из данных о геомагнитном эффекте.

Для того чтобы это противоречие устранить, приходится согласно Гайтлеру допустить наличие в первичном спектре космических лучей частиц с энергией порядка 10^{14} eV. Не знаю, чем может быть ограничена энергия частиц, но 10^{14} eV это все-таки колоссальная энергия — порядка 100 эргов на одну частицу.

Затем из вычислений Гайтлера вытекает, что максимум кривой поглощения при перемещении к экваториальным широтам должен смещаться. Некоторые указания на это имеются, но к сожалению имеющиеся экспериментальные данные по этому вопросу не совсем хорошо согласуются между собой.

Наконец последнее замечание. Проф. Вильямс полагает, что если по данным геомагнитного эффекта получить кривую поглощения для более или менее определенных энергий, то она будет согласоваться с результатами лавинной теории. Данные о геомагнитном эффекте еще недостаточно точны, чтобы такой вывод можно было сделать. Вместе с тем можно утверждать следующее: ход кривой поглощения в атмосфере вблизи экватора свидетельствует непосредственно о наличии сильно поглощаемых частиц с энергией $> 10^{10}$ eV. Если бы электроны с такой энергией поглощались лишь путем ионизационного торможения, то на экваторе не наблюдалось бы сколько-нибудь заметного ослабления космического излучения при прохождении его через всю толщу атмосферы. Сейчас имеются только две возможные точки зрения: или что теория тормозного излучения правильна вплоть до самых больших энергий, или что теоретическая кривая потерь энергии при малых энергиях оправдывается, а при больших энергиях оказывается неверной: потери с увеличением энергии уменьшаются.

Если стать на вторую точку зрения и если принять во внимание тот ход кривой поглощения, который наблюдается на экваторе, то с совершенной однозначностью вытекает, что кроме электронов имеются еще и другие сильно поглощаемые частицы, которые производят ионизацию в атмосфере на экваториальных широтах.

Какие же это частицы? Быть может, это протоны? Тогда придется допустить, что поглощение их сопровождается какими-то катастрофическими процессами, аналогичными тем, которые рассматривал Гайзенберг. Но опять-таки это предположение представляется крайне невероятным и противоречит в частности наблюдениям В. И. Векслера, сделанным на больших высотах: первичных протонов на больших высотах не обнаруживается.

Если бы за ионизацию в верхних слоях атмосферы были ответственны протоны, то на достаточной высоте можно было бы обнаружить значительное количество медленных сильно ионизирующих протонов. Тяжелые частицы, которые наблюдал Векслер, безусловно вторичного происхождения, а первичных он не обнаружил.

Повидимому нет другого выхода, как стать на противоположную точку зрения, т. е. считать, что электронное поглощение соответствует теории (вплоть до энергий порядка 10^{10} — 10^{11} eV). А тогда уже неизбежно считать, что в космических лучах имеются какие-то новые частицы.

А. Ф. Иоффе

Во всяком случае изучение космических лучей на больших высотах и на экваторе представляет большой интерес.

Дискуссия по космическим лучам вращалась вокруг двух вопросов. Сначала относительно вопроса о тяжелых и легких частицах или, если говорить осторожно, о проникающих и не проникающих, жестких и мягких компонентах космического излучения, и о том, какие сейчас имеются основания говорить о двух различных частицах, а не приписывать это разному поведению одних и тех же частиц в различных интервалах энергии.

Следующий вопрос, который здесь дискутировался,— это вопрос о том, в какой степени лавинная теория, которая как будто бы с полной очевидностью вытекает из современных представлений, соответствует тем ливням, которые фактически наблюдаются в космических лучах.

Д. В. Скобельцын поставил этот вопрос и высказал по этому поводу ряд экспериментальных предложений. Конечно наша Конференция не могла поставить перед собой задачу как-то решить этот вопрос, но мне кажется, что из развернувшейся здесь дискуссии вытекает ряд утверждений, касающихся лавинной теории, тех пунктов ее, которые не совсем ясны, и, что очень интересно, касающихся того типа ливней, к которому относится теория Гайзенберга.

Интересен также вопрос о расщеплении ядер, вопрос о том, как нужно было бы поставить эксперимент для того, чтобы решить вопрос о роли явлений, связанных с расщеплением ядер в космических лучах.

Мне кажется, что из всей этой дискуссии вытекает очень большое число вопросов, на многие из которых соответственно поставленный эксперимент может дать ответ.

В этом смысле дискуссия была чрезвычайно продуктивной. Я думаю, что к следующей конференции могут быть получены и ответы на поставленные здесь вопросы. Во всяком случае такое стимулирующее действие в смысле постановки новых, более четко сформулированных вопросов эта дискуссия оказала. То же самое нужно сказать и относительно прослушанных докладов.

В. ПАУЛИ

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО
ТЕОРИИ β -РАСПАДА

Я хочу рассказать о некоторых еще неопубликованных исследованиях по теории β -распада, которые, правда, не привели к положительным результатам, но представляют несомненный интерес.

Вопрос заключается в следующем: в какой мере может быть оправдано пользование теорией возмущений в применении к теории Ферми о β -радиоактивности.

Вся эта теория целиком основывается на следующем допущении. Полная гамильтонова функция системы H рассматривается как сумма «невозмущенного» оператора H_0 и некоторого добавочного оператора Ω , учитывающего соответствующее β -радиоактивности взаимодействие частиц: $H = H_0 + \Omega$, причем этот оператор Ω считается малым, т. е. таким, что разумно искать решение проблемы в виде ряда по степеням этого малого оператора или, точнее, по степеням постоянной Ферми g , входящей множителем в Ω .

Для дальнейшего удобно измерять энергию в обратных единицах длины, а именно в единицах $\frac{\text{энергия}}{\hbar c}$, и соответственно вместо постоянной Ферми g ввести пропорциональную ей постоянную f , имеющую размерность квадрата длины.

Итак, основной вопрос заключается в том, законно ли разложение по последовательным степеням постоянной f ? В частности Иваненко и Соколов высказали предположение, что получающиеся на основании теории β -распада силы взаимодействия между тяжелыми частицами оказываются слишком малыми лишь потому, что при вычислении этих сил ограничиваются только первыми членами разложения по степеням f ; если это разложение плохо сходится, то первые его члены могут дать неправильные по порядку величины результаты. Хотя я и не думаю, чтобы точное решение задачи могло бы правильно объяснить ядерные силы, однако я поставил себе задачу провести рассмотрение проблемы, избегая разложения по степеням f .

Решение этой задачи становится возможным с помощью следующего приема. Обрежем сначала спектр длин волн наших частиц у некоторой минимальной длины волны или, что сводится примерно к тому же, будем рассматривать пространство как некую кристаллическую среду с периодом решетки d . Тогда волновые функции частиц, подобно упругим волнам в кристаллах, будут определены

лишь в узлах этой кристаллической решетки, которая имеет конечно чисто фиктивный характер и вводится лишь как некий вычислительный прием. Благодаря этому приему наша задача становится разрешимой. Получив решение, нужно конечно в окончательном результате перейти к пределу $d=0$.

Помимо этого мы еще сделаем следующее несущественное упрощение. Вместо того чтобы рассматривать возникновение и исчезновение двух легких частиц (электрона и нейтрино) при превращениях протона в нейтрон и обратно, мы будем рассматривать только легкие частицы одного сорта, которые, взаимодействуя между собой по закону, аналогичному закону Ферми, могут порождать новую пару таких же частиц. Понятно, что это образование пар ничего общего не имеет с образованием пары электрон-позитрон под влиянием электромагнитных сил.

Невозмущенная гамильтонова функция нашей системы имеет обычный вид

$$H_0 = -i \int \sum_{k=1}^3 \psi^* \alpha^k \nabla_k \psi dV, \quad (1)$$

в качестве же оператора возмущения можно взять

$$\Omega = f \int (\psi^* \beta \psi)^2 dV. \quad (2)$$

О других возможных выборах Ω будет сказано дальше.

Согласно сказанному допустим теперь, что пространство подобно решетке периода d . При этом удобно вместо волновой функции ψ ввести новую функцию a , определяемую соотношением

$$\psi = \frac{a}{\sqrt{v}},$$

где $v = d^3$. Правила перестановки для функции a имеют весьма простой вид:

$$a_n^* - a_{n'} + a_n a_n^* = \delta_{nn'},$$

где индекс n обозначает совокупность трех целых чисел n_1, n_2, n_3 , нумерующих узлы кристаллической решетки. Интегрирование по объему в формулах (1) и (2) заменяется теперь суммированием по узлам решетки:

$$\iiint \dots dx dy dz \rightarrow d^3 \sum_{n_1, n_2, n_3} \dots,$$

так что при введении функции a в невозмущенный оператор Гамильтона объем элементарной ячейки d^3 из него выпадает:

$$H_0 = -i \sum_n a_n^* \alpha^k \nabla_k a_n.$$

Однако в оператор возмущения Ω волновая функция входит не в квадрате, а в четвертой степени, и поэтому объем элементарной ячейки из Ω не выпадает:

$$\Omega = \frac{f}{v} \sum_n (a_n^* \beta a_n)^2.$$

Так как
будет
будем
над H_0
гией H_0
жений

Ока
облада
плотно

где A
ной пр
было б
горазд

где B
ной пр

Есл
было б
лишь
помимо

Одн
возмо
антных
возмо
ные A
этому
обсто
уже не
нию с
и собс
величи

т. е., в
ная же
сама о

где k

Так
только
ным з
ной э
вается
от все
и дол
результ
возлаг
 β -расп

Так как входящая в знаменатель этого выражения величина $v = d^3$ будет стремиться к нулю, когда мы в окончательном результате будем переходить к пределу $d = 0$, то член Ω будет превалировать над H_0 , и можно решать задачу, пренебрегая кинетической энергией H_0 по сравнению с энергией взаимодействия. В этом приближении задача может быть точно решена до конца.

Оказывается, во-первых, что пространство и в отсутствие частиц обладает определенной «энергией нулевой точки» (Nullpunktsenergie), плотность которой равна:

$$\epsilon = \frac{Af}{v^2}, \quad (3)$$

где A — некоторый численный множитель, и становится бесконечной при $d = 0$. Бесконечно большую энергию нулевой точки можно было бы откинуть как неизменную аддитивную постоянную, но, что гораздо хуже, собственная энергия частицы оказывается равной:

$$\epsilon_1 = \frac{Bf}{v}, \quad (4)$$

где B — некоторое число, и стало быть тоже оказывается бесконечной при $d = 0$.

Если бы этот результат был общим, то теорию Ферми нужно было бы считать опровергнутой, так как физический смысл имеет лишь предельный случай $d = 0$, поскольку введение конечного d , помимо всего прочего, нарушает лоренцеву инвариантность теории.

Однако выражение (2) для оператора Ω не является единственно возможным. Можно выбрать целый ряд иных релятивистски инвариантных выражений четвертого порядка в функции ψ . Среди этих возможностей есть одна определенная, при выборе которой постоянные A и B в формулах (3) и (4) оказываются равными нулю. Поэтому затруднения с бесконечностями отпадают, и все повидимому обстоит благополучно. Однако в этом частном случае, при $A = B = 0$, уже нельзя пренебрегать невозмущенным оператором H_0 по сравнению с Ω и нужно определить плотность энергии нулевой точки ϵ и собственную энергию частицы ϵ_1 , обусловленные членом H_0 . Эти величины не зависят от постоянной f , причем

$$\epsilon = \frac{A'}{d^4},$$

т. е., как и прежде, стремится к бесконечности при $d = 0$; собственная же энергия частицы при $d = 0$ не только не бесконечна, но и сама обращается в нуль при $d = 0$:

$$\epsilon_1 = Bk^2d,$$

где k — волновое число частицы.

Таким образом в этом специальном случае, характеризуемом не только определенным видом оператора Ω , но и вполне определенным знаком постоянной f , затруднения с бесконечностью собственной энергии действительно исчезают. Однако энергия эта оказывается зависящей не от характеристической постоянной f , а лишь от вспомогательной постоянной d , не имеющей физического смысла и долженствующей быть приравненной нулю в окончательном результате. Таким образом оказываются несостоятельными надежды, возлагавшиеся Гейзенбергом на то обстоятельство, что в теории β -распада встречается новая универсальная постоянная f размер-

ности квадрата длины. В своей теории космических ливней Гейзенберг надеялся связать эту универсальную длину \sqrt{f} с характеристической длиной волны λ_0 легких частиц в космических ливнях.

На основании изложенного теорию ливней Гейзенберга нужно признать неудовлетворительной, потому что она представляет собой попытку получить определенные физические результаты на основании высших приближений теории возмущений, тогда как последовательное проведение теории приводит либо к бесконечной собственной энергии частиц либо же, в некотором частном случае, к результату, из которого характеристическая длина \sqrt{f} вовсе выпадает.

Резюмируя, можно сказать, что теория β -распада имеет ограниченную область применимости. Обрезая спектр длин волн у некоторой минимальной границы λ_{gr} , можно условно пользоваться первыми приближениями этой теории, от рассмотрения же высших приближений теории возмущений нужно с самого начала отказаться.

В заключение я хотел бы отметить, что в последнее время становится все более и более ясным, что в настоящее время основной проблемой физики является нахождение правильного способа квантования систем, обладающих бесконечно большим числом степеней свободы. Те трудности, которые кладут предел применению современной квантовой теории и которые до последнего времени казались связанными с обстоятельствами другого характера, коренятся в действительности именно в этой основной проблеме квантования систем бесконечного числа степеней свободы. Быть может изучение поведения очень быстрых космических частиц подготовит экспериментальную базу для разрешения этой основной задачи современной теоретической физики.

W. PAULI. EINIGE PRINZIPIELLE BETRACHTUNGEN ÜBER DIE THEORIE DES β -ZERFALLS

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird gezeigt, dass die exakte Durchführung der Fermischen Theorie des β -Zerfalls zu einer unendlichen Selbstenergie der Teilchen führt und dass somit die Anwendung der höheren Näherungen der Störungstheorie auf den β -Zerfall (z. B. in der Heisenbergschen Theorie der kosmischen showers) unberechtigt ist.

Гв.
Я х
дов, ск
новой
что су
приветс
весьма.
Идея
 β -распа
антиней
происхо
а во в
менятьс
Венг
щается
скается
что ней
ных сос
й нейтр
остае
Ферми
Бозе.
Усто
что эн
в норма
Эта
ственно
позволя
таким о
выми к
взаимод
Взаи
прибли
нием че
ории Ве
частица
иметь о
Знач
ствовани
няющем
Возм

ивней Гейзен-
с характери-
ских ливнях.
йберга нужно
гавляет собой
гы на основа-
ак последова-
ной собствен-
к результату,
дает.

имеет ограни-
олн у некото-
сья первыми
ших прибли-
азаться.

е время ста-
эма основной
способа кван-
пом степеней
нению совре-
мени каза-
а, к нятся
квантования
ет изучение
вит экспери-
современной

IE THEORIE

Fermischen
der Teilchen
erungen der
yschen Theo-

* ПРЕНИЯ ПО ДОКЛАДАМ О β -РАСПАДЕ

Гв. Бек (Одесса)

Я хочу не столько высказаться по существу изложенных докладов, сколько дополнить их коротким сообщением об интересной и новой трактовке этого вопроса Венцелем. Принимая во внимание, что существующая постановка вопроса неудовлетворительна, можно приветствовать появление еще другой точки зрения, хотя тоже весьма проблематичной.

Идея Венцеля заключается в том, что в элементарном акте β -распада, когда одновременно испускаются электроны, нейтрино и антинейтрино, нужно видеть два последовательных акта, как это происходит при рассеянии света: в первом акте поглощается фотон, а во втором акте испускается. При этом свободная энергия может меняться.

Венцель предполагает, что в процессе β -распада сначала поглощается нейтрино с уровня отрицательной энергии, а потом испускается электрон. Эта мысль приводит к необходимости допустить, что нейтроны и протоны могут существовать в особых возбужденных состояниях, при которых они отличаются от обычных протонов и нейтронов поглощением нейтрино. При таких условиях масса их остается неизменной, но изменяется статистика; вместо статистики Ферми эти промежуточные образования подчиняются статистике Бозе.

Устойчивых образований такого рода мы не встречаем, потому что энергия их слишком велика, и они быстро превращаются в нормальные протоны.

Эта точка зрения Венцеля имеет, как мне кажется, одно существенное преимущество перед точкой зрения Ферми, а именно она позволяет описать силы взаимодействия между тяжелыми частицами таким образом, чтобы эти силы оказались приблизительно одинаковыми как при взаимодействии между двумя протонами, так и при взаимодействии между протонами и нейтронами.

Взаимодействие между двумя различными частицами описывается приближением второго порядка, а между одинаковыми — приближением четвертого порядка, и поэтому оно гораздо меньше. Но по теории Венцеля силы как между одинаковыми, так и между разными частицами в приближении четвертого порядка принципиально должны иметь одинаковую величину.

Значит, наибольшая трудность заключается в допущении существования протонов и нейтронов в возбужденном состоянии, подчиняющемся статистике Бозе.

Возможно, что такие состояния существуют.

А. Ф. Иоффе (перевод выступления проф. Паули)

Проф. Паули указывает, что в теории Венцеля имеется константа, не имеющая измерения, и что это приводит к тем же трудностям, какие имеются и в квантовой электродинамике. Вопрос сводится к тому, что при сближении частиц силы возрастают медленнее, чем по другим теориям.

А. И. Алиханьян

Прежде всего я хочу сказать о точности измерения кривой распределения электронов по энергиям. Статистическая точность измерения достаточно велика, и ошибка за счет статистических флуктуаций ничтожна.

Второй источник ошибок, который здесь может быть, это измерения магнитного поля. Эти измерения производились с возможной тщательностью.

Таким образом можно считать, что как с точки зрения измерения числа частиц, так и измерения самой энергии, т. е. магнитного поля, дело обстоит благополучно. Однако в виду того, что вопрос довольно важный, имело смысл проверить, не вызвано ли дополнительное число электронов рассеянием, вследствие которого в счетчики могли попадать электроны, рассеянные от краев и от стенок прибора, и т. д. Для этой цели был поставлен контрольный опыт, в котором между источником и счетчиками ставились небольшие поглощающие экраны. Этот опыт показал, что дополнительные электроны вылетают из источника.

Кроме того в виду важности вопроса мы проделали измерения с пучком различной расходимости.

Я хочу также отметить, что большой разницей между данными разных авторов при измерении границы спектра получается из-за неодинаковой методики и аппаратуры.

А. И. Алиханов

Могут ли геометрические факторы играть в этих опытах какую-либо роль? Дело в том, что в противоположность всем авторам, за исключением одного Лаймана, с которым у нас все результаты согласуются, мы пользуемся довольно большим прибором. Размеры его — радиус кривизны 10 см, диаметр 20 см.

Вследствие этого все геометрические условия опыта, в частности величина источника и ширина щели, могут сказываться на положении точек лишь в пределах 5—7 экВ. Поэтому мы можем быть спокойными, что это обстоятельство не может заметно сказаться на наших результатах.

А. Ф. Иоффе

Совершенно ясно, что положение вопроса с β -распадом, как показали сегодняшние выступления, нельзя признать удовлетворительным. Необходимо отметить, что это с несомненностью установлено экспериментальным путем, что все β -спектры можно свести к одному типу. Больше того, если учесть влияние ядра, то все спектры почти с необычайной точностью укладываются в формулу Уленбека-Конопинского. Это особенно интересно в связи с теми теоретическими сомнениями, которые, как показал проф. Пайерлс^{*1}, сама эта формула вызывает.

*1 См. доклад на стр. 594 № 4—5 настоящей серии ИМФН.

Так
эта фо
меньши
Экср
провер
касател
зонталл
Мож
Но так
электр
еще ну
Конс
сложны
нимая,
очень п
ной мас
Что
ком-Кон
рия ни

Проф
Это,
Паули.
момент
положен
получав
ближен
на это
электро
Паули т
товая эл
чающие

А. Ф.
Мож
с того,
взаимод
мом. дел
циалом
такую т
кажется

Проф
Не н
не при
тор β -р
На сам
смысла,
операто
То ж
которые
точно, п
ние в эл
И. Е.
Наде
чие от

Также несомненно и давно установлено, что для концов спектров эта формула заведомо не верна, заведомо уклоняется в сторону меньших энергий.

Экспериментальная обстановка опытов Алиханова была настолько проверенной, что, может быть, можно думать, что действительно касательная к кривой спектра около его верхней границы не горизонтальна, а пересекает ось абсцисс под некоторым конечным углом.

Может быть это как-то связано с конечной массой нейтрино. Но такое элементарное толкование, что к кинетической энергии электрона и к кинетической энергии нейтрино нужно прибавить еще нулевую энергию нейтрино, не выходит.

Конечная масса нейтрино может сказаться и каким-либо более сложным образом. Поэтому еще нельзя сказать, что эти опыты, принимая, что они экспериментально совершенно безупречны, допускают очень простую физическую интерпретацию — существование конечной массы у нейтрино.

Что касается самой теории Ферми и ее видоизменений Уленбеком-Конопинским, то доклад проф. Паули показывает, что эта теория ни в каком своем варианте не состоятельна.

Проф. Пайерлс

Это, может быть, некоторое преувеличение того, что сказал Паули. Верно, что последовательное применение теории в данный момент невозможно, но следует иметь в виду, что аналогичное положение имеется и в квантовой электродинамике, где также получаются всякие расходящиеся интегралы. Если в высших приближениях и получаются бессмысленные результаты, то несмотря на это я все же уверен, что первые приближения, как и в случае электродинамики, имеют определенный смысл. По-моему, мнение Паули таково, что теория Ферми в данную минуту не лучше, чем квантовая электродинамика, но что во всяком случае результаты, получающиеся в первых приближениях, имеют физический смысл.

А. Ф. Иоффе

Может быть я не совсем понял, но проф. Паули все-таки начал с того, что теория Ферми строится на допущении, что потенциал взаимодействия мал по сравнению с потенциалом частиц, а на самом деле, наоборот, он не мал, а велик, и можно пренебречь потенциалом частиц, а не их взаимодействием. Не знаю, как назвать такую теорию — первого, второго или третьего приближения. Мне кажется, что она и в нулевом приближении не верна.

Проф. Пайерлс

Не нужно писать полную гамильтонову функцию, так как это не приводит к правильным результатам. Ферми учитывает оператор β -распада в качестве возмущения в первом приближении. На самом деле это первое приближение вероятно имеет больше смысла, чем точная гамильтонова функция со включением этого оператора. По Паули эта функция смысла не имеет.

То же имеет место и в квантовой электродинамике. Те величины, которые обыкновенно рассматриваются как малые, если их учесть точно, приводят к бесконечностям. Известно, что второе приближение в электродинамике всегда приводит к бесконечности.

И. Е. Тамм

Надежды были вот на что. Так как в теорию β -распада, в отличие от квантовой электродинамики, входит постоянная, имеющая

размерность длины, то надеялись, что с этой теорией дело будет обстоять лучше, чем с квантовой электродинамикой, в которой приходится произвольно обрывать непрерывный спектр, чтобы избежать бесконечностей. Надеялись на то, что входящая в теорию β -распада постоянная с размерностью длины автоматически будет обеспечивать конечность результатов, ради чего в квантовой электродинамике приходится производить искусственную хирургическую операцию обрывания спектра. Оказывается, что надежда на то, что теория β -распада будет в этом отношении лучше квантовой электродинамики, не оправдалась. Но отсюда никак нельзя сделать вывод, что она вообще не годна.

А. Ф. Иоффе

Следовательно, сама теория Ферми может дальше развиваться в тех или иных вариантах, но ее нельзя рассматривать в качестве первого приближения точной теории, как предполагал Ферми, ибо если развить эту точную теорию дальше, то она приводит ко всякого рода математическим трудностям.

Но во всяком случае теория, которая построена только для высших приближений, приводящих к бесконечности, не имеет оправдания. Если можно считать, что основная часть кривой Уленбека-Конопинского превосходно согласуется с опытом, то вероятно отступление от нее в конце кривой и, может быть, в начале представляет чрезвычайно большой интерес. Поэтому очень тщательный и точный экспериментальный промер формы концов β -спектра особенно важен, ибо отсюда надо исходить, чтобы выяснить применимость того или иного варианта теории.

ПРЕНИЯ ПО ДОКЛАДАМ О ЯДЕРНЫХ СИЛАХ

И. Е. Тамм (перевод выступления проф. Паули)

Проф. Паули считает, что предположение о равенстве сил между различными тяжелыми частицами, которое делают американские физики, является очень упрощенным и потому неправильным.

Затем проф. Паули полагает, что во всякой будущей теории несомненно будут учитываться переходы от нейтронов к протонам, а в этом случае понятие элементарной частицы становится неопределенным, и вряд ли его можно принимать как серьезный аргумент против гипотезы о монотонности сил между элементарными частицами.

Я. И. Френкель

В ядерных явлениях обойтись без сил отталкивания невозможно, и они в прикритом виде вводятся под названием перестановочных сил, сил обменных. Ведь сущность этих обменных сил, если внимательно вдуматься, сводится к тому, что взаимодействие между двумя частицами носит характер притяжения или отталкивания. Так в мажорановых силах при движении протона с четным моментом количества движения мы имеем притяжение, а с нечетным — отталкивание. То же самое получается с силами Гайзенберга. Эти обменные силы приводят к тому, что в зависимости от характера движения взаимодействие между двумя частицами имеет характер притяжения или отталкивания. Я считаю, что, если мы не можем освободиться от сил отталкивания, лучше их ввести в самой простой форме, ввести как силы отталкивания на малых расстояниях. Я не хочу этим устранить эти обменные операторы, которые дают добавочные силы в зависимости от типа движения. И. Е. Тамм, который в свое время немало потрудился над обоснованием этой теории, теперь приходит к слишком радикальному выводу, что этих сил не существует. Я в этом вопросе склонен занять менее радикальную позицию. Я думаю, что если вести расчет на основании других представлений, связанных с новой венцелевской теорией, то, может быть, из теории обменных сил получатся приемлемые результаты. Но все-таки я думаю, что на малых расстояниях должны существовать силы отталкивания, главным образом потому, что плотность ядра не зависит от числа частиц. Мне трудно представить, что столь простое явление, как наличие у ядер постоянной плотности и энергии на

одну частицу, независимо от числа частиц, подчеркивающее аналогичность между ядрами и твердыми и жидкими телами, что это явление должно объясняться силами, столь непохожими на силы, которые мы встречаем в твердых и жидких телах.

А. Ф. Иоффе

Позвольте мне сделать некоторые замечания. Мне все-таки кажется, что здесь игнорируются некоторые факты, которые, быть может, имеют близкое отношение к рассматриваемым явлениям. Например не так давно установлено, что нейтрон кроме спина имеет также магнитный момент, и притом магнитный момент совершенно определенного характера, соответствующий как бы вращению отрицательного электричества. Самый факт существования магнитного момента несомненно говорит о том, что либо нейтрон представляет собой какую-то электрическую систему, которая ведет себя в ядре как элементарная частица, но на самом деле имеет еще какую-то структуру, либо, что в сущности то же самое, нейтрон хотя бы временами расщепляется на электрон и протон и потом снова соединяется. Во всяком случае в нейтроне есть электрически заряженные части. Трудно совместить опыты Штерна с представлением, что нейтрон совершенно лишен всякой электрической природы. Каково бы ни было его внутреннее строение — конечно не обязательно, чтобы это была точная копия атома, чтобы внутри сидел положительный заряд и вокруг него было бы отрицательное электричество, которое охватывало бы его и вращалось бы около него, — во всяком случае наличие магнитного момента свидетельствует конечно об электрическом характере этого явления.

Во-вторых, если сейчас различие между протоном и нейтроном еще больше стирается, то проще всего представлять себе ядро как некоторое собрание совершенно одинаковых частиц — нейтронов, к которым в какой-то форме присоединено половинное количество положительных зарядов. Словом, рассматривать ядро надо не так, что половина частиц нейтроны, а половина протоны, но что в каждом ядре в среднем на две нейтральные частицы имеется один положительный заряд, который с ними тесно связан. Если остановиться на таком толковании, то опять приходится сказать, что нейтрон обладает каким-то электрическим сродством, что на самом деле это частица не нейтральная, а взаимодействующая с положительным и отрицательным электричеством различным образом.

Нейтроны соединяются с положительным зарядом, и никогда не соединяются с зарядом отрицательным. Такая асимметрия реально существует в природе, и она, с другой стороны, мне кажется, указывает на то, что нейтрон электрически не нейтрален, т. е. он нейтрален на больших расстояниях, но с положительным и отрицательным электричеством взаимодействует по-разному; это значит, что эта частица электрически как-то полярна, хотя бы и не в смысле суммарного заряда. Целый ряд других соображений также заставляет поставить вопрос о том, что нейтрон нельзя рассматривать как нечто, совершенно лишенное электрической природы, а, наоборот, и со стороны магнитных свойств, и со стороны электрических свойств нейтрон явственно проявляет свою электрическую природу. Если это так, то, может быть, в вопросе, который поставил И. Е. Тамм, не следует отбрасывать представления о том, что ядерные силы могут быть электрического происхождения, что приводит к отталкиванию

ИЛАХ

равенстве сил
делают амери-
потому непра-

ушей теории не-
в к протонам, а
вится неопреде-
лезный аргумент
ментарными час-

ния невозможно,
перестановочных
сил, если внима-
ние между двумя
вания. Так в ма-
мом моментом ко-
отным — отталки-
га. Эти обменные
ктера движения
ктер притяжения
сем освободиться
стой форме, вве-
Я в хочу этим
добавочные силы
рый в свое время
теперь приходит
не существует.
о позицию. Я ду-
к представлений,
быть, из теории
. Но все-таки я
говать силы от-
ь ядра не зави-
о столь простое
и и энергии на

на малых расстояниях и к притяжению на больших. Если нейтрон обладает какой-то электрической природой и в то же время в целом представляет собой незаряженную частицу, то очевидно это система во всяком случае сложная, а в сложной системе может иметь место отталкивание на малых и притяжение на больших расстояниях. Поэтому единственное категорическое заключение, которое И. Е. Тамм сделал в своем докладе, а именно, что ядерные силы — не электрического характера, мне кажется неубедительным.

И. Е. Тамм

Я хотел бы в связи с выступлением А. Ф. Иоффе сделать несколько замечаний относительно электрической природы нейтронов. Что касается магнитного момента нейтрона, то это очень существенный факт. Но не нужно забывать, что это ничтожно малая, добавочная величина. Правда, самое наличие магнитного момента как-то нужно поставить в связь с электрическими свойствами. Но как это сделать, — этого мы не знаем. Гипотеза о связи ядерных сил с β -распадом давала возможность простого объяснения наличия магнитного момента у нейтрона на основании учета того, что нейтрон может превращаться в электрон и протон. Таким образом есть принципиальная возможность объяснить магнитные свойства нейтрона, не строя его из элементарных зарядов. Нельзя отрицать — и это существенный и очень важный факт, — что симметрии между зарядами различных знаков нет: мы имеем протоны положительные и не имеем протонов отрицательных. Это факт важный, но какие из него можно сделать выводы, я бы не взялся судить. Вообще из требований симметрии зарядов можно сделать неправильные выводы. Три года назад мы с присутствующим здесь С. А. Альтшуллером первые подсчитали величину магнитного момента нейтрона. Я об этом докладывал в Харькове, где на конференции присутствовал Н. Бор. Бор не хотел верить в существование у нейтрона магнитного момента. Исходя именно из соображений симметрии между зарядами различного знака, он утверждал, что если нейтрон не заряжен, то при наличии одного сорта нейтронов, у которых магнитный момент направлен противоположно спину, как мы это утверждаем, должен быть другой сорт нейтронов с обратным направлением магнитного момента. Эти соображения, основанные на требовании симметрии, оказались неправильными, и теперь наличие у нейтрона магнитного момента уже не вызывает сомнений. Поэтому, соглашаясь с тем, что факт отсутствия симметрии есть очень серьезный факт, я все-таки не склонен делать отсюда далеко идущие выводы о своеобразной электрической природе нейтрона.

Что же касается вообще принципиальной возможности объяснения междуядерных сил, исходя из определенной электрической структуры частиц, то я считаю, что это невозможно по той простой причине, что известные нам электрические заряды, т. е. электрон и позитрон, никак не могут быть локализованы в малом объеме нейтрона и протона. Если же говорить об электрической структуре нейтрона, отказавшись от представления, что входящие в его состав электрические заряды являются обычными электронами и позитронами, тогда конечно открывается новый ряд возможностей, никак однако не связанный с нашим представлением об атомистической структуре электричества.

А.
Ко
дельн
му, но
конеч
чество
троне
не за
котор
прото
Пото
момен
части
Та
трон
тарно
прото
с этой
ного

И.
По
просо
А. Ф.
нейтр
проф.
он ис
ладае
в том
магни
же те
ный м
его на
товой
магни
Паули
имен

А.
Пр
зал, с
элект
что I
преде
стави
гнитн
соста
ствит
думае
магни
взаим
Я
силы
элект

Если нейтрон
то же время
, то очевидно
жной системе
ение на больш-
ское заключе-
именно, что
ажется неубе-

е сделать не-
ды нейтронов.
очень существ-
но малая, до-
ного момента
войствами. Но
и ядерных сил
ения наличия
того, что ней-
м образом есть
сво гва ней-
трипать—и это
и между заря-
жительные и
, но какие из
ь. Вообще из
льные выводы.
Альтшуллером
йтрона. Я об
присутствовал
она магнитного
жду зарядами
е заряжен, то
итный момент
гдаем, должен
ем магнитного
и симметрии,
она магнитного
аясь с тем, что
кт, я все-таки
о своеобразной

ости объясне-
электрической
по той простой
. е. электрон и
ом объеме ней-
кой структуре
не в его состав
ми и позитро-
кностей, никак
атомистической

А. Ф. Иоффе

Конечно ни я, ни кто другой не думает, что в протоне есть отдельный нейтрон и отдельный позитрон и что протон подобен атому, но все-таки представление об электрической природе нейтрона конечно предполагает, что если там в каком-то виде есть электричество (как бы мало оно ни напоминало то, что мы знаем об электро-не), все-таки это будет какое-то конденсированное электричество—не заряд, состоящий из разных частиц, а какая-то большая частица, которая в этом объеме может поместиться. Конечно очевидно, что протон нельзя рассматривать как систему нейтрона с позитроном. Потому-то Бор и не верил в это соображение—симметрию магнитного момента. Он исходил из того, что нейтрон не состоит из каких-то частиц, а если состоит, то такая симметрия возможна.

Таким образом я бы сказал, что если исходить из того, что нейтрон обладает какой-то электрической природой—не в таком элементарном смысле, что он так же, как атом, состоит из электрона и протона, а просто, что он есть какая-то электрическая система, то с этой точки зрения правильно объясняется и значение его магнитного момента, и резкая асимметрия.

И. Е. Тамм

Позвольте мне привести одну историческую справку в связи с вопросом о возможности объяснения магнитного момента нейтрона. А. Ф. Иоффе говорил, что наличие этого момента заставляет его считать нейтрон электрически заряженной частицей. Я напомню, что, когда проф. Паули впервые высказал мысль о существовании нейтрино, он исходил из гипотезы о том, что нейтрино лишено заряда, но обладает магнитным моментом. Это была очень остроумная мысль. Дело в том, что с классической точки зрения нет возможности ввести магнитный момент без наличия электрических зарядов. В квантовой же теории есть возможность предположить, что существует магнитный момент, никак с электрическим зарядом не связанный, причем его направление определяется спином частицы. Таким образом в квантовой теории возможно существование частицы, которая обладает магнитным моментом, но не обладает электрическим зарядом, и проф. Паули лет пять тому назад в своей гипотезе нейтрино использовал именно эту возможность.

А. Ф. Иоффе (перевод выступления проф. Паули)

Проф. Паули относительно высказанных мною соображений сказал, что он не верит, чтобы силы взаимодействия в ядре могли быть электрическими, и во всяком случае они не электромагнитные, что И. Е. Тамм в этом отношении прав. Он говорит, что если представить себе какой-то магнитный момент, то нужно представить и распределение токов в нейтроне, но сами эти магнитные или электромагнитные взаимодействия очень малы и составляют 1% и меньше от сил взаимодействия, которые действительно между нейтронами наблюдаются. Так что проф. Паули думает, что уже из этих соображений видно, что хотя электромагнитные силы в нейтронах существуют, но не ими объясняется взаимодействие.

Я на это возразил бы следующим образом. Конечно магнитные силы очень малы, но можно себе представить и придумать любые электрические системы, которые дадут какие угодно силы, хотя бы

X
такого же порядка, что и молекулярные. Например если представить себе модель с положительным электричеством в центре и отрицательным вокруг (какое-то конденсированное электричество), по 40 зарядов положительных и отрицательных, то сила взаимодействия между такими ядрами составит 9 eMV, а работа отщепления положительных и отрицательных частиц—1000 eMV. Так что можно на этих расстояниях получить и подходящие по величине силы, из чего конечно не следует, что силы эти на самом деле электрические.

Class
mathemat

К С Т

воз
тел
воз
вер
ног
бий
а-ча
нов
ноннизи
к р
част
част
дви:
инт
ющи
сущ
част
ваю
дви:
сящ
част
прос
ваел
при
частПроц
тяжелых
бой, как
жидких
сильно
уровни я
При это
рости, с
частица:
ности е
де-бройл

*1 См.

весьма благо-
е будет чрез-
Конференции
имеется весьма
на
однако на
д, что нужно
веренным, что

лами идет на
асти науки —
енной помощи
ному ядру от-
орые вложения
замых зависит
составить наши
ней построить
й степени по-
то было про-

ли достаточно
ми Советского
ложения важ-

областей ядер-
оторых долж-
ческая работа.
основания для
мысли ее тема-
гношения тео-

идов я прежде
ошибок, недо-
придирчивая
ех точек зре-
ика, этот ана-
радскому фи-
ченная группа
. Такого рода
ех институтах
поднять на бо-

наш Конфе-
выразить на-
с учет уроки,

Оглавление

	Стр.
От редакции	3
Обращение II Всесоюзной конфе- ренции по атомному ядру к товарищу Сталину и това- рищу Молотову	5
И. М. Губкин. Вступительное слово	7
А. Ф. Иоффе. Вводное слово	8
А. К. Вальтер, К. Д. Синельников и А. Я. Таранов. Электроста- тический генератор и высо- ковольтная разрядная труб- ка УкрФТИ	13
В. Н. Рукавишников. Циклотрон Государственного радиевого института	25
И. Е. Тамм, И. М. Франк и П. А. Че- ренков. Свечение чистых жид- костей под действием бы- стрых электронов	29
А. И. Алиханов. Образование пар под действием γ -лучей	33
А. И. Алиханьян, Б. С. Дзелепов и П. Е. Спивак. Об углах между компонентами пар	47
Л. В. Грошев и И. М. Франк. Обра- зование пар в криптоне под действием γ -лучей	57
Прения по докладам об образо- вании пар	67
Е. Дж. Вильямс. Испускание излу- чения электронами с энерги- ей $\sim 2.0 \cdot 10^6$ eV	71
Д. В. Скобельцын. Аномальные явления, сопровождающие поглощение быстрых β -лучей	75
Е. Г. Степанова. Рассеяние бы- стрых электронов ядрами	91
Прения по докладам о прохожде- нии γ -лучей и быстрых элек- тронов через вещество	99
P. Auger. Deux groupes dans les rayons cosmiques	103
А. В. Вериге. Результаты иссле- дования космических лучей при полете стратостата СССР-1 бис	119

Sommaire

	Page
Editorial	3
Lettre à camarade Stalin et à ca- marade Molotov, adressé par la II-e Conférence nationale de l'URSS sur les problèmes de noyau d'atome	5
I. M. Gubkin. Discours d'ouverture	7
A. F. Ioffe. Discours d'ouverture	8
A. K. Valter, K. D. Sinelnikov and A. J. Taranov. The Electro- static Generator and the Dis- charge Tube of the Ukrainian Physico-Technical Institute	23
V. N. Rukavishnikov. The Cyclo- tron of the State Radium In- stitute	27
P. A. Cherenkov, I. M. Frank and I. E. Tamm. Visible Radiation of Pure Liquids Due to the Effect of Rapid Electrons	30
A. I. Alikhanov. Pair-Formation Under the Action of γ -Rays	45
A. I. Alikhanjan, B. S. Dzelepov and P. E. Spivak. On the Angles Between the Compo- nents of Pairs	56
I. M. Frank and L. V. Groshev. Production of Pairs in Kryp- ton by γ -Rays	65
Délibération au sujet des discours sur la formation des paires	67
E. Williams. Emission of Radi- ation by Electrons of Energy $\sim 2.0 \cdot 10^6$ eV	73
D. V. Skobelzyn. Les phénomènes anormaux accompagnants l'ab- sorption de rayons- β rapides	89
E. G. Stepanova. Scattering of Ra- pid Electrons by Nuclei	98
Délibérations au sujet des dis- cours sur les rayons- γ et les electrons rapides traversant une substance	99
П. Ожэ. Две группы в космиче- ских лучах	110
A. V. Verigo. Results of Researches on Cosmic Rays During the Flight of the Stratostat USSR-1 bis	120

<i>Стр.</i>	<i>Page</i>
С. Н. Вернов. Изучение космических лучей в стратосфере посредством передачи сигналов по радио	121
В. И. Векслер. Исследование ионизационных толчков методом совпадения на Эльбрусе	123
Прения по докладам о космических лучах	125
А. И. Алиханьян. Экспериментальные исследования по β -распаду	135
В. Паули. Некоторые принципиальные замечания относительно теории β -распада	149
Прения по докладам о β -распаде	153
И. В. Курчатов. Взаимодействие нейтронов с ядрами	157
А. И. Лейпунский, Д. В. Тимошук и Е. Федоров. Рассеяние и поглощение фотонейтронов	173
А. И. Лейпунский и Л. И. Русинов. О поглощении С-нейтронов в серебре, кадмии и боре при различных температурах	177
И. Я. Померанчук. Рассеяние медленных нейтронов в кристаллической решетке	189
Н. Н. Дмитриев. Образование легких искусственных радиоэлементов под действием бомбардировки нейтронами	191
Н. А. Добротин. Угловое распределение протонов при соударениях с быстрыми нейтронами	199
Прения по докладам о нейтронах	205
И. Е. Тамм. Ядерные силы	209
П. П. Павинский. О рассеянии протонов протонами	221
Прения по докладам о ядерных силах	228
Я. И. Френкель. К статистической теории распада атомных ядер	233
А. Ф. Иоффе. Заключительное слово	249
S. N. Vernov. Study of Cosmic Rays in the Stratosphere by Means of Transmitting Wireless Signals	122
V. I. Veksler. Investigation of Ionization Thrusts by the Method of Coincidence on Mt. Elborus	123
Délibérations au sujet des discours sur les rayons cosmiques	125
A. I. Alikhanjan. Experimental Researches on β -Desintegration	146
W. Pauli. Einige prinzipielle Betrachtungen über die Theorie des β -Zerfalls	152
Délibérations au sujet des discours sur β -désintégrations	153
I. V. Kurchatov. Interaction of Neutrons and Nuclei	170
A. I. Leipunskij, D. V. Timoschuk and E. Fedorov. Scattering and Absorption of Photoneutrons	176
A. I. Leipunskij and L. I. Rusinov. Absorption of C-Neutrons in Silver, Cadmium and Boron at Different Temperatures	188
I. J. Pomeranchuk. Scattering of Slow Neutrons in the Crystalline Lattice	189
N. N. Dmitriev. Formation of Light Artificial Radioelements Under the Action of Neutron Bombardement	197
N. A. Dobrotin. Angular Distribution of Protons in Collisions with Rapid Neutrons	203
Délibérations au sujet des discours sur les neutrons	205
I. E. Tamm. The Nuclear Forces	219
P. P. Pavinskij. On the Scattering of Protons by Protons	227
Délibérations au sujet des discours sur les formes nucléaires	228
J. J. Frenkel. On the Statistical Theory of α -Decay	248
A. F. Ioffe. Conclusion	249