

фавитном порядке все известные автору названия арабских, персидских и турецких научных трудов (свыше 14 тыс.) и определения всех наук, развивающихся на Востоке. В классификации Хаджи Халифы выделено гораздо больше побочных дисциплин, чем у его предшественников. Особо определяется «наука о классификации наук» [21, т. II, с. 385]. Геометрия подразделена на 15 наук (добавлена наука о мореплавании, о весах, о плавающих телах и т. п.), астрономия дополнена географией, науками о движущейся сфере, о созвездиях и т. д. (всего 27 дисциплин) [21, т. I, с. 198—199], к арифметике добавлено несколько частных вычислительных приемов [21, т. III, с. 60—66]. Эта энциклопедия содержит много интересных для истории математики сведений, включая данные о некоторых малоизвестных или вообще неизвестных ученых.

Литература

1. *Tannery P.* La classement des mathématiques d'après Geminus.— Bull. sci. mathém. Paris, 1885, t. XX (1).
2. *Крачковский И. Ю.* Арабские энциклопедии средневековья (Предварительное сообщение).— Тр. Ин-та книги, документа и письма. Т. II. Л., 1932.
3. *Abū Nasr al-Fārābi.* Ihsā' al-'ulūm. Cairo, 1949.
4. *Григорян С. Н.* Из истории философии Средней Азии и Ирана VII—XII вв. М., 1960.
5. *Wiedemann E.* Über al Farabis Aufzählung der Wissenschaften (De scientiis).— Sitzungsber. phys.-med. Soz. in Erlangen, 1907, B. 39.
6. *Матвиевская Г. П.* Учение о числе на средневековом Ближнем и Среднем Востоке. Ташкент: Фан, 1967.
7. *Van Vloten G.* Liber Mafātih al-olūm explicans vocabula technica scientiarum... auctore Abū Abdallah Mohammed ibn Ahmed ibn Jusuf al-Kātib al-Khowārezmi, Lugduni Bat., 1895.
8. *Wiedemann E.* Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften.— Sitzungsber. phys.-med. Soz. in Erlangen, VI (1906), X (1906), XIV (1908), XVIII (1909), XXII (1910), XXIV (1911), XXVII (1912), XLVII (1916), LVII (1918), LXVI (1925).
9. *Bosworth C. E.* A pioneer Arabic encyclopedia of the sciences: al Khwārizmī's Keys of the sciences.— Isis, 1963, v. 54, pt 1, № 175, p. 97—111.
10. *Ibn Abī Ja'qub an-Nadīm.* Kitāb al-Fihrist/Eds Flügel G. Roediger J., Muller A./Leipzig, 1871—1872, B. I—II.
11. *Suter H.* Das Mathematiker-Verzeichnis im Fihrist des Ibn Abi Ja'qub an-Nadim.— Abhandl. Gesch. math. Wiss., 1892, № 6, S. 1—87.
12. *Nasr S. H.* Science and civilization in Islam. Cambridge, 1968; *Rosenthal F.* Das Fortleben der Antike im Islam. Zürich—Stuttgart, 1965. *Goldstein B.* A treatise on number theory from a tenth century Arabic source.— Centaurus, 1964, v. 10, № 3.
13. *Каримов У. И.* Классификация наук по Ибн Сине.— В кн.: Материалы I Всес. конф. востоковедов в Ташкенте. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1958.
14. *Wiedemann E.* Auszüge aus arabischen Enzyklopädien und Anderes (Beitrag V). Auszüge aus Ibn Sina's «Teile der philosophischen Wissenschaften» (mathematischen Wissenschaften).— Sitzungsber. phys.-med. Soz. in Erlangen, 1905, B. 37, p. 425—429.
15. *Шамурин Е. О.* Очерки по истории библиотечно-библиографической классификации. Т. I. М., 1955.
16. *Ruska J.* Kazwinistudien. Islam, 1913, B. 4, S. 14—66, 236—262.
17. The Nasirean ethics (Transl. Wiskens G. M.). London, 1961.
18. *Al-Akfani.* A survey of the Muhammedan sciences (Ed. Sprenger A.) Calcuta, 1849.
19. *Ibn Khaldūn.* The Muqaddimah or Introduction to history (Trans. Rosenthal F.) London, 1958, V. 1—4.
20. *Wüstenfeld F.* Die Geschichtsschreiber der Araber und ihre Werke (Abt. 1—3).— Abhandl. Kgl. Ges. Wiss. zu Göttingen, 1881, B. 28; 1882, B. 29.
21. Lexicon bibliographicum et encyclopaedicum a Mustafa ben Abdallah Katib Jelebi dicto et nomine Haji Khalfa celebrato compositum. T. I—VII. Lipsiae, 1835—1838.

CLASSIFICATION OF MATHEMATICAL SCIENCES

IN THE MEDIEVAL ARAB ENCYCLOPEDIAE

G. P. MATVIYEVSKAYA

The paper deals with the problem of classification of mathematical sciences in the medieval arab encyclopaediae, such as «Messages of Brothers of Purity» and in the scientific works of the medieval thinkers Al-Farabi, Al-Khoresmi, Ibn Sina, At-Tusi and others.

ОТКРЫТИЕ МЕЗОНОВ

И. В. ДОРМАН

Давно известное и надежно установленное обычно кажется довольно простым и даже очевидным. Фактически же большинство достижений в науке (и не только в науке) является плодом огромной работы, рождается в итоге мучительных сомнений и разочарований. В этом плане характерным примером может послужить история открытия нескольких элементарных частиц, а именно семейства мезонов.

В истории физики атомного ядра и элементарных частиц 1932 год оставил заметный след. В этом году были открыты две новые элементарные частицы: позитрон и нейтрон, создана протонно-нейтронная модель ядра, начал работать первый циклотрон. Появление протонно-нейтронной модели ядра [1, с. 798; 2, с. 1] позволило объяснить многие спорные вопросы и выдвинуло на первый план проблему происхождения ядерных сил. В 1934 г. Э. Ферми [3, с. 161], учитывая гипотезу Паули о том, что при β -распаде появляется еще одна нерегистрируемая в опыте частица — нейтрино, предложил свою замечательную теорию β -распада. Ферми, как и Гейзенберг, рассматривал протон и нейтрон «как два внутренних квантовых состояния тяжелой частицы». По аналогии с теорией испускания квантов света из возбужденного атома в обычном процессе излучения он предположил, что нейтрон, переходя в протон, испускает электрон и нейтрино. В результате сразу же стало ясно, что открывается возможность нового типа взаимодействия между нуклонами, переносимого парами частиц — электроном плюс нейтрино.

Первая количественная теория обменных электронно-нейтринных ядерных сил (β -сил) была создана в 1934 г. советским физиком И. Е. Таммом [4, с. 981]. Однако при этом Тамм показал, что β -силы необычайно слабы по сравнению с силами, которые могли бы объяснить устойчивость ядра. Идеи, взятые за основу теории β -сил, были развиты при построении дальнейшей теории ядерных сил. В 1935 г. Х. Юкава [5, с. 48], сохраняя основную идею переноса сил частицами конечной массы, отнес ядерные взаимодействия за счет существования новых гипотетических частиц, сильно взаимодействующих с нуклонами. Эти кванты поля ядерных сил имели массу, которая определяется радиусом действия ядерных сил и равнялась, согласно оценкам Юкавы, примерно 200 электронным массам.

Фантастическая, как представлялось в то время, идея Юкавы была действительно необычайно смелой. Даже простую связь массы полевых частиц с радиусом сил, замеченную Юкавой (в наши дни она представляется столь очевидной!) было трудно осознать. Потребовалось несколько лет, чтобы большинство физиков во всем мире согласилось с этой мыслью. Юкава тем временем, развивая свою теорию, чтобы объяснить слабый β -распад, предсказал, что частица, связанная с полем ядерных сил, должна быть нестабильной и распадаться на электрон и нейтрино (следовательно, спин частицы должен быть целочисленным). Среднее время жизни «частицы Юкавы» (юкона, как ее называли на первых порах) составляло, согласно оценкам, $0,5 \cdot 10^{-8}$ с.

Хотя введение гипотетической частицы было связано с квантованием поля ядерных сил, Юкава в конце своей работы отмечал, что она, веро-

ятно, входит в состав космического излучения, где встречаются энергии, достаточные для генерации таких частиц в веществе. Уже тогда из экспериментов было известно, что в космических лучах встречаются частицы с энергиями, достигающими десятков миллиардов электроновольт. И предсказанные частицы были найдены, но в отличие от открытия позитрона, не в результате единичного наблюдения, а как вывод из целой серии экспериментальных исследований. Еще в 1932 г. Б. Росси [6, с. 151] обратил внимание на тот факт, что космическое излучение может быть феноменологически разделено на две компоненты с различными коэффициентами поглощения в веществе. Частицы «мягкой» компоненты сильно поглощались в свинце, образуя при этом каскадные ливни. Частицы другой, «проникающей» компоненты¹, проходили через большие толщи вещества (до 1 м свинца), причем было установлено, что степень поглощения их различными веществами приблизительно пропорциональна массе вещества.

Кроме того, опыты Андерсона и Неддермейера [7, с. 325] по изучению потерь энергии частицами космического излучения в свинцовой пластине, помещенной поперек управляемой камеры Вильсона, находящейся в магнитном поле, также указывали на существование двух компонент, так как часть частиц испытывала гораздо меньшие потери энергии, чем остальные.

После того как в 1934 г. Бете и Гайтлер [8, с. 83] опубликовали расчеты вероятности тормозного излучения быстрых электронов в поле ядра и процесса рождения пар высокоэнергичными фотонами, появилась возможность объяснить поглощение мягкой компоненты, наблюдаемой Росси, и свойства сильно поглощающихся частиц в опытах Андерсона и Неддермейера. С другой стороны, приходилось признать, что если проникающая (жесткая) компонента в опытах Росси и менее поглощающиеся частицы в экспериментах Андерсона и Неддермейера — это электроны, то они испытывают гораздо меньшие потери в веществе, чем следует из теории Бете и Гайтлера. В связи с этим в середине 30-х годов даже обсуждалась возможность неприменимости квантовой электродинамики для электронов при энергиях выше примерно $137m_e c^2$ — некоей магической величины, о которой много говорилось в те годы. Почти вынужденным оказался выбор из двух возможностей: либо расчеты Бете и Гайтлера перестают быть справедливыми при энергиях, превышающих некоторую критическую величину, либо проникающая компонента состоит из частиц тяжелее электронов (согласно теории, потери энергии на излучение обратно пропорциональны квадрату массы). Каждое из этих предположений имело сторонников среди физиков, изучающих космические лучи. Вначале казалось, что более вероятна первая возможность, но по мере того, как измерялась величина потери энергии для электронов все более высоких энергий, не появлялось никаких указаний на несостоятельность теории. Затем, когда К. Вейцеккер и Э. Вильямс на основании теоретических соображений пришли к выводу, что расчеты Бете и Гайтлера должны быть справедливы даже при энергиях в несколько Гэв, началось серьезное обсуждение второй возможности. При этом Вильямс высказал предположение, что проникающие частицы космических лучей, возможно, обладают массой протона. Однако эксперименты Андерсона и Неддермейера с камерой Вильсона в магнитном поле показали, что проникающие частицы имеют заряды обоих знаков и массу значительно меньшую, чем масса протона.

Таким образом, к концу 1936 г. считалось несомненным, что в космических лучах имеются частицы до тех пор неизвестного типа с массой, промежуточной между массой электрона и массой протона. Окончатель-

¹ Экспериментально было выяснено, что на уровне моря проникающая (или жесткая) компонента составляет около 70% от всего потока космического излучения.

ное суждение о природе частицы было отложено до 1937 г., когда существование частиц с промежуточной массой было окончательно доказано экспериментами К. Андерсона и С. Неддермейера и Дж. Стрита и Е. Стевенсона — на основании исследования следов частиц в камере Вильсона, которая помещалась в магнитное поле, и при изучении потерь энергии проникающими частицами в веществе. Весной 1937 г. Неддермейер и Андерсон [9, с. 884] поместили внутри камеры Вильсона платиновую пластинку толщиной 1 см (платина была использована из-за большой плотности) и провели измерения потерь энергии для отдельных частиц путем определения кривизны следа частицы до и после прохождения пластины. Было изучено около 6000 фотографий, исследование которых позволило установить, что частицы в отношении потерь энергии определенно распадаются на две группы: одиночные частицы как больших, так и малых энергий, которые теряют при прохождении через пластину малую долю своей энергии, и ливнеобразующие частицы, теряющие большую долю энергии. Поскольку потери энергии для частиц второй группы согласовались с расчетными значениями этих величин для электронов, в предположении, что они теряют энергию на ионизацию и тормозное излучение, частицы этой группы, несомненно, являлись электронами и позитронами.

Неддермейер и Андерсон сделали, таким образом, важный вывод о том, что большая проникающая способность частиц не является просто функцией энергии частицы. Частицы одной и той же энергии вели себя по-разному только в зависимости от того, были ли это одиночные частицы или ливневые и ливнеобразующие частицы. Отсюда можно было заключить, что электроны не могут вести себя как поглощаемые частицы при энергиях ниже некоторой критической величины и как проникающие частицы при энергиях выше критической величины. Напрашивался вывод о том, что проникающие частицы — не электроны. Для проникающих частиц потери энергии можно было полностью объяснить одними ионизационными потерями, т. е. потери на излучение были очень малы. Это еще раз подтвердило предположение, что наблюдаемые частицы обладают массой, большей массы электрона. Из предыдущих экспериментов было ясно, что эти частицы не могут быть и протонами. Существование нового типа частиц с промежуточной массой не вызывало больше сомнений.

Сделав предположение о существовании неизвестной частицы промежуточной массы, Неддермейер и Андерсон не могли, однако, определить ее массу со сколько-нибудь приемлемой точностью. Эту задачу поставили перед собой Стрит и Стевенсон, работавшие в Гарвардском университете в США.

Поскольку проникающие частицы малой энергии встречаются довольно редко, Стрит и Стевенсон [10, с. 1003] решили увеличить число полезных фотографий в камере, выбирая для регистрации только те частицы, которые останавливаются в камере. Осенью 1937 г. они получили первые фотографии и определили, что масса новой частицы составляет около 130 электронных масс.

Наиболее убедительное доказательство существования частицы промежуточной массы давала фотография, полученная Андерсоном и Неддермейером [11, с. 88] в 1938 г. Один из управляющих счетчиков был помещен внутри рабочего объема камеры, причем камера срабатывала только в том случае, когда частица проходила через счетчик, помещенный над камерой и счетчик, помещенный внутри камеры. Такая схема значительно увеличивала вероятность наблюдения частиц, останавливающихся в камере. На упомянутом снимке (рис. 1) отчетливо виден жирный след частицы, двигавшейся сверху вниз и обладавшей значительной энергией, но потерявшей почти всю свою энергию в стенках счетчика и остановившейся в нижней части камеры. Частица была заряжена положительно, но не могла быть позитроном, поскольку плот-

ность ионизации вдоль следа в верхней части камеры оказалась явно больше, чем плотность ионизации, вызываемой позитроном. Частица не могла быть и протоном, так как в этом случае он имел бы в верхней части камеры энергию 1,4 Мэв. Подобный протон должен создавать след с гораздо большей плотностью ионизации, чем обнаружено на фотографии. Пробег частицы после прохождения счетчика составлял 1,5 см, тогда как электрон или позитрон, имевший такую же кривизну следа, должен был бы иметь пробег значительно больший, а пробег протона должен был бы составлять меньше

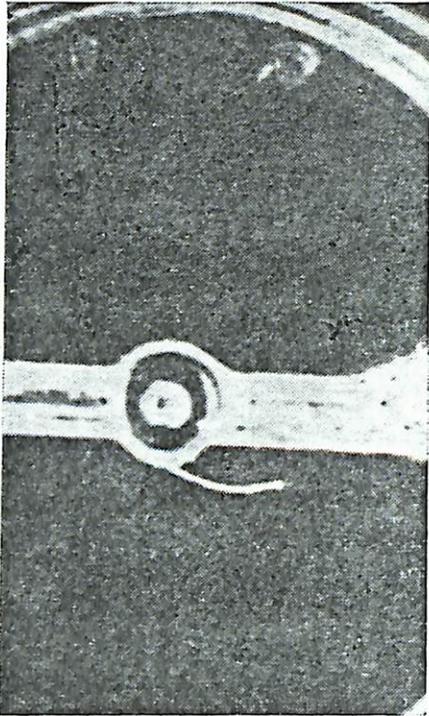


Рис. 1. Фотография, полученная в 1938 г. К. К. Андерсоном и С. Неддермейером, которая считается наиболее убедительным доказательством существования μ -мезона

0,02 см. Судя по расчетам, масса новой частицы была бы около 240 электронных масс. Новую частицу назвали мезон (от греческого слова $\mu\epsilon\sigma\omicron\varsigma$, что означает средний, промежуточный).

Мезон тотчас отождествили с квантом поля ядерных сил, предсказанным Юкавой. Однако это была только первая часть схемы, т. е. доказано было лишь само существование «полутяжелой частицы». Для справедливости всей картины еще требовалось, во-первых, чтобы эта частица распадалась на электрон плюс нейтрино, во-вторых, чтобы она имела целый спин, и, в-третьих, чтобы она сильно взаимодействовала с нуклонами, обеспечивая стабильность ядра. И здесь появились новые загадки.

Уже в середине 30-х годов при измерениях интенсивности космических лучей в атмосфере в зависимости от высоты, проводившихся группами исследователей в разных странах, были обнаружены некоторые аномалии, трудно объяснимые с точки зрения потери энергии частицами в атмосфере. Складывалось впечатление, что частицы космических лучей поглощаются в воздухе сильнее, чем в плотных веществах, если

сравнивать слои с одинаковой массой на единицу площади.

Аномалии можно было бы объяснить, если допустить, что мезоны нестабильны и имеют время жизни, сравнимое со временем их прохождения через атмосферу. В плотных поглотителях распад мезонов будет играть несущественную роль благодаря меньшей длине пути, на котором мезоны теряют свою энергию и останавливаются. В воздухе же к обычному поглощению мезонов добавляется эффект спонтанного распада, причем воздух оказывается тем более эффективным поглотителем, чем более он разряжен.

В 1938 г. Блеккет [12, с. 973] использовал идею о распаде мезона для изящного объяснения температурных вариаций интенсивности космических лучей, а Эйлер и Гейзенберг [13, с. 1] в обширном обзоре показали, что с помощью идеи о распаде мезона можно объяснить некоторые особенности космических лучей.

Первая фотография распада мезона в камере Вильсона (рис. 2) была получена Э. Вильямсом и Г. Робертсом [14, с. 10]. На ней виден след медленного мезона, остановившегося в газе камеры, и след позитрона, выходящий под большим углом из конца следа мезона.

Следующий важный шаг был сделан Ф. Разетти [15, с. 706] в 1941 г. Исследователь учел, что остановившийся мезон распадается не сразу, а через некоторое время, равное его среднему времени жизни, т. е. электроны, испускаемые при распаде мезонов, будут вылетать из поглотите-

ля, в котором произошел распад с задержкой в несколько мкс, и вычислил, что среднее время жизни покоящихся мезонов равно $1,5 \cdot 10^{-6}$ с. В следующие два года время жизни «космического» мезона было измерено более точно (оно равно примерно $2 \cdot 10^{-6}$ с), но все же оказалось в 100 раз больше, чем нужно было для объяснения β -распада по теории Юкавы, хотя это расхождение казалось необъяснимым, оно все же не создавало больших осложнений. Гораздо более существенной была проблема спина. Для объяснения спиновой зависимости ядерных сил предполагалось, что спин мезона равен единице. Но при этом вычисление тормозного излучения и других процессов приводило к нелепо сильному росту сечений взаимодействия с энергией.

И наконец, третья загадка: если мезон сильно взаимодействует с нуклонами, как требуется из теории Юкавы, то почему из экспериментов по поглощению «проникающей» компоненты космических лучей следует, что мезоны легко проходят через атмосферу и экраны из плотных веществ?

В 1940 г. японские физики С. Томонага и Дж. Араки [16, с. 90], исходя из предположения, что мезоны, наблюдаемые в космических лучах, — это частицы, предсказанные Юкавой, указали на то, что положительные и отрицательные мезоны после остановки в веществе должны вести себя существенно различным способом, а именно: положительный мезон никогда не может подойти очень близко к атомному ядру, поскольку он испытывает отталкивание со стороны положительно заряженного ядра. Поэтому положительный мезон через некоторое время испытывает распад и исчезает. Отрицательный мезон, напротив, притягивается ядром и поэтому может быть им захвачен, прежде чем успеет распасться. Если предположить, что взаимодействие между мезонами и ядрами достаточно сильное, то почти все отрицательные мезоны будут захвачены ядрами и лишь немногие распадутся на электроны. Если же взаимодействие слабое, то часть мезонов будет поглощаться ядрами, а часть будет распасться. В любом случае ожидаемое время жизни отрицательных мезонов в веществе должно быть меньше, чем время жизни положительных мезонов. Кроме того, при захвате отрицательного мезона ядром выделяется дополнительная энергия, что должно приводить к взрыву ядра.

Изучая поведение положительных и отрицательных мезонов в поглотителях с различным Z , М. Конверси, Е. Панчини и О. Пиччиони [17, с. 209] с помощью магнитной линзы смогли выделить мезоны одного знака и установили, что в веществах с большим Z (например, в железе) только положительные мезоны испытывают спонтанный распад, все отрицательные мезоны захватываются ядрами прежде, чем успеют распасться. Но удивительным оказался тот факт, что в веществах с малым Z (например, в углероде) спонтанный распад испытывали и отрицательные мезоны, что совершенно противоречило теоретическим предсказаниям Томонаги и Араки. Для объяснения результатов этих экспериментов приходилось предположить, что в действительности взаимодействие между космическими мезонами и нуклонами гораздо слабее, чем предполагалось в теории. Это резкое противоречие между теорией

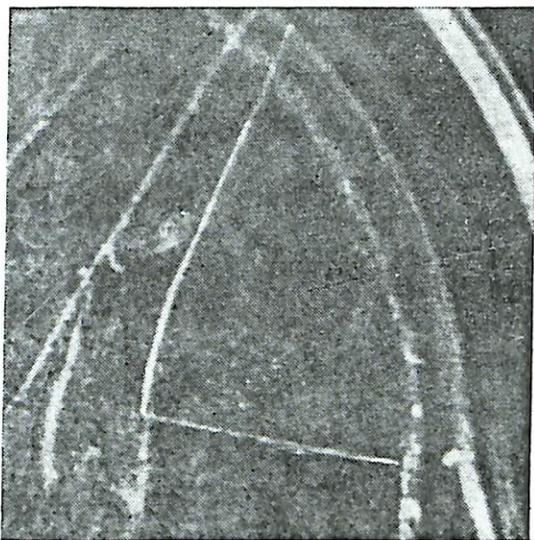


Рис. 2. Первая фотография распада μ -мезона в камере Вильсона, полученная Э. Вильямсом и Г. Робертсом в 1940 г.

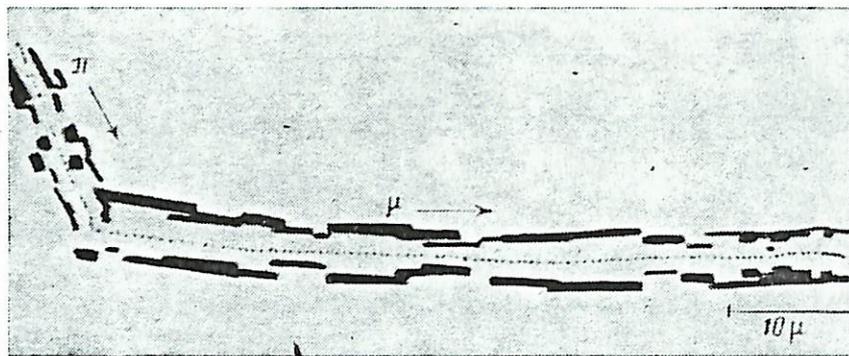


Рис. 3. Микрофотография следов π -мезона и μ -мезона, полученная в 1947 г.

Юкавы и экспериментом вызывало недоумение.

Надо заметить, что еще до экспериментов Конверси, Панчини и Пиччиони японские физики, работавшие в годы второй мировой войны в условиях полной изоляции, пришли к некоторым выводам, которые, как выяснилось позднее, оказались совершенно правильными. Они установили, что мезоны в космических лучах не взаимодействуют с веществом так сильно, как постулировал Юкава, и поэтому проходят большие толщи вещества, а не поглощаются вследствие сильных ядерных взаимодействий. Чтобы преодолеть эту трудность, С. Саката и Т. Иноуэ [18, с. 143] и И. Таникава [19, с. 220] в 1946 г. выдвинули гипотезу о существовании двух различных типов мезонов, один из которых тождествен мезону Юкавы, а другой наблюдается в жесткой компоненте космических лучей.

Не зная о работе японцев, Р. Маршак и Г. Бете [20, с. 506] в 1947 г. также предложили гипотезу о существовании двух видов мезонов. Более того, они предположили, что «ядерный» мезон распадается на мезон, наблюдаемый в космических лучах, и на нейтральную частицу.

Окончательно положение прояснилось после того, как в этом же 1947 г. группа физиков из Бристоля Ч. Латтес, Дж. Оккиалини с С. Пауэлл [21, с. 453] получили экспериментальное доказательство существования двух типов мезонов, используя незадолго до того разработанные ими эмульсии для ядерных исследований Илфорд С2. Экспонируя эти эмульсии на высоте 2800 м в обсерватории на вершине Пик-дю-Миди и на горе Чакалтай в Боливии на высоте 5500 м, группа Пауэлла получила в общей сложности 644 следа мезонов, остановившихся в эмульсии. На полученных микрофотографиях (одна из которых представлена на рис. 3) был хорошо виден след частицы, вошедшей в эмульсию и остановившейся. Постепенное возрастание плотности зерен, обусловленное снижением скорости, позволяет без всяких сомнений определить направление движения частицы. Сравнение со следами протонов в той же эмульсии показало, что частица, о которой идет речь, является мезоном². Из точки, в которой мезон остановился, вылетела другая частица, которая остановилась в эмульсии, пройдя путь несколько больший 0,5 мм. Оценка массы второй частицы позволила идентифицировать эту частицу тоже как мезон. Однако более точные измерения плотности зерен на различных расстояниях от конца пробега показали, что вторая частица немного легче первой. Проанализировав несколько возможных интерпретаций, Латтес, Оккиалини и Пауэлл истолковали свои наблюдения как доказательство существования двух различных видов мезонов с несколько отличающимися массами. Более легкий мезон возникает в результате спонтанного распада более тяжелого мезона. Они назвали первичный мезон π -мезоном, вторичный (более легкий) — μ -мезоном.

² Выполненные на ускорителях точные измерения массы π -мезонов дали величину в 273 масс электрона.

Возник вопрос: какой же из этих двух мезонов может быть отождествлен с мезоном, входящим в состав проникающей компоненты космического излучения? Этим мезоном не мог быть π -мезон, поскольку при его распаде возникает вторичный мезон, а не электрон. Поэтому Латтес, Оккиалини и Пауэлл отождествили вторичный, более легкий μ -мезон с мезоном, наблюдаемым в проникающей компоненте космического излучения. Если это предположение было справедливо, то следовало ожидать, что после остановки μ -мезона в эмульсии в результате его спонтанного распада должен образоваться электрон. Но эмульсии, которыми пользовались Пауэлл и его сотрудники в 1947 г., были недостаточно чувствительными для регистрации минимально ионизирующих частиц, и электроны распада не были зарегистрированы.

В 1948 г. с помощью электронно-чувствительных эмульсий сразу же был обнаружен ожидаемый распад вторичного мезона и тем самым подтвердилось предположение относительно природы этих частиц.

Открытие π -мезона в значительной степени прояснило загадку мезонов. Именно π -мезоны, а не μ -мезоны оказались «квантами поля ядерных сил», предсказанными Юкавой. Перестал казаться удивительным факт, что μ -мезоны не взаимодействуют с ядрами: ведь они рождаются не в ядерных взаимодействиях, а при распаде π -мезонов. Множественное рождение π -мезонов в свою очередь происходит при взаимодействии частиц высокой энергии с ядрами атомов вещества. Естественно, возникло предположение, что μ -мезоны, наблюдаемые в космических лучах, возникают исключительно в результате распада π -мезонов. Поскольку отношение числа μ -мезонов к числу π -мезонов в атмосфере велико, а на уровне моря мезонная компонента почти полностью состоит из μ -мезонов, то было сделано заключение, что время жизни π -мезонов много меньше, чем время жизни μ -мезонов. Позднее было установлено, что оно составляет около $2 \cdot 10^{-8}$ с, т. е. соответствует времени жизни мезона, постулированного Юкавой.

Итак, открытая группой Пауэлла ядерно-активная частица удовлетворяла всем условиям, сформулированным Юкавой для материальных носителей сильного взаимодействия. Оставался только один неясный вопрос, касающийся спина мезонов.

В 1949 г. Р. Лейтон, К. Андерсон и А. Шерифф [22, с. 1432] измерили энергетическое распределение электронов распада и определили, что кроме электрона при распаде каждого μ -мезона возникает не одна, а две нейтральные частицы. Дополнительные исследования показали, что эти частицы несомненно являются нейтрино. Следовательно, спин μ -мезона должен быть полуцелым, что хорошо согласовалось с данными, по-



Рис. 4. На I Международной конференции по космическим лучам (Краков, 1947 г.). С. Пауэлл сделал доклад, посвященный доказательству существования мезонов различной массы, — один из первых, посвященных открытию π -мезонов

лученными при изучении больших ионизационных толчков, создаваемых мезонами.

Что касается спина π -мезона, то, поскольку он распадается только на две частицы — μ -мезон и нейтрино, его спин оказался целочисленным.

Загадка двух мезонов, на протяжении многих лет волновавшая физиков, перестала существовать. В 1950 г. были открыты нейтральные π^0 -мезоны. Их открытие явилось уже результатом объединенных усилий физиков, изучающих космические лучи, и физиков, работающих на ускорителях. Но это совсем не означало, что история изучения мезонов окончилась, напротив, в какой-то мере она только достигла стадии зрелости. Прежде всего возник вопрос: ограничивается ли дело существованием в природе только двух видов мезонов? Оказалось, что это не так. В конце 40-х годов в космических лучах были найдены заряженные и нейтральные K -мезоны, обладающие различными схемами распада и имеющие массы около 1000 электронных масс. В ходе дальнейших исследований на ускорителях были открыты и другие мезоны.

Литература

1. *Iwanenko D.* The neutron hypothesis.— *Nature*, 1932, v. 129.
2. *Heisenberg W.* Über den Bau der Atomkerne.— *Z. Phys.*, 1932, B. 77.
3. *Fermi E.* Versuch einer Theorie der β -Strahlen: *Z. Phys.*, 1934, B. 88.
4. *Tamm I.* Exchange forces between neutrons and protons and Fermi's theory.— *Nature*, 1934, v. 133.
5. *Yukawa H.* On the interaction of elementary particles.— *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, 1935, v. 17.
6. *Rossi B.* Über die Eigenschaften der durchdringenden Korpuskularstrahlung im Meeresniveau.— *Z. Phys.*, 1933, B. 82.
7. *Anderson C. D., Neddermeyer S. H.* Energy-loss and the production of secondaries by cosmic ray electrons.— *Phys. Rev.*, 1934, v. 46.
8. *Bethe H. A., Heitler W.* On the stopping of fast particles and on the creation of positive electrons.— *Proc. Roy. Soc.*, 1934, A146.
9. *Neddermeyer S. H., Anderson C. D.* Note on the nature of cosmic ray particles.— *Phys. Rev.*, 1937, v. 51.
10. *Street J. C., Stevenson E. C.* New evidence for the existence of a particle of mass intermediate between the proton and electron.— *Phys. Rev.*, 1937, v. 52.
11. *Anderson C., Neddermeyer S. H.* Cosmic ray particles of intermediate mass.— *Phys. Rev.*, 1938, v. 54.
12. *Blackett P. M. S.* On the instability of the barytron and the temperature effect of cosmic rays.— *Phys. Rev.*, 1938, v. 54.
13. *Euler H., Heisenberg W.* Theoretische Gesichtspunkte zur Deutung der kosmischen Strahlung.— *Ergebn. Exakt. Naturwiss.*, 1938, B. 17.
14. *Williams E. J., Roberts G. E.* Evidence for the transformation of mesotrons into electrons.— *Nature*, 1940, v. 145.
15. *Rasetti F.* Evidence for radioactivity of slow mesotrons.— *Phys. Rev.*, 1941, v. 59.
16. *Tomonaga S., Araki G.* Effect of the nuclear Coulomb field on the capture of slow mesons.— *Phys. Rev.*, 1940, v. 58.
17. *Convesi M., Pancini E., Piccioni O.* On the disintegration of negative mesons.— *Phys. Rev.*, 1947, v. 71.
18. *Sakata S., Inoue T.* On the correlations between mesons and Yukawa particles.— *Progr. Theor. Phys.*, 1946, v. 1.
19. *Tanikawa Y.* On the cosmic ray meson and the nuclear meson.— *Progr. Theor. Phys.*, 1947, 2.
20. *Marshak R. E., Bethe H. A.* On the two-meson hypothesis.— *Phys. Rev.*, 1947, v. 72.
21. *Lattes C. M. G., Occhialini G. P. S., Powell C. F.* Observations on the tracks of slow mesons in photographic emulsions.— *Nature*, 1947, v. 160.
22. *Leighton R. B., Anderson C. D., Seriff A. J.* The energy spectrum of the decay particles and the mass and spin of the mesotron.— *Phys. Rev.*, 1949, v. 75.

THE HISTORY OF MESONS DISCOVERY

I. V. DORMAN

In 1935 Yukawa to give an explanation to the nature of nuclear forces predicted an existence of nuclear field quantum which was called meson. After μ -meson discovery in cosmic rays in 1937 the assumption that it was that particle of Yukawa' had appeared. But so far as μ -meson properties was not in accordance with the Yukawa's model the two-meson hypothesis came into existence. Really mesons connected with nuclear forces called π -mesons had been discovered by Powell not until in 1947.

М. ПЛАНК — РЕДАКТОР «ANNALEN DER PHYSIK»: БОРЬБА ЗА УТВЕРЖДЕНИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ¹

ЛЬЮИС ПАЙНСОН [Канада]

Основой консолидации научной дисциплины является ее периодическая печать. Научные журналы контролируют качество и направление исследований, определяют допустимые границы научных дискуссий, обеспечивают критерии оценки индивидуальных достижений и фактически присваивают статус авторитетов в данной области. Поэтому ученые последних шести-семи поколений часто ощущали необходимость создания новых журналов, которые могли бы отвечать потребностям той или иной возникающей дисциплины. Так появились журналы, посвященные физической химии, коллоидной химии, прикладной математике, теории чисел, астрофизике и даже общей теории относительности.

Так как публикации строго контролируются в рамках дисциплины, неудивительно, что некоторые революционные научные идеи появляются в печати до того, как они получают одобрение или отвергаются официально в данной области. Те авторы, которые предлагают существенные изменения в системе научного знания, могут высказаться в научных журналах общего характера, записках научных обществ, популярных журналах и монографиях, напечатанных частным образом. На различных этапах своей деятельности к подобным публикационным «отдушинам» обращались такие новаторы, как Чарльз Дарвин, Оливер Хевисайд, Зигмунд Фрейд, Альфред Вегенер и Энрико Ферми. Поэтому для историка науки особенно интересны те ситуации, когда авторитетный научный журнал предоставляет свои страницы для теории, которая коренным образом изменяет направление научной мысли. В этом случае характер восприятия новшества в значительной мере определяется редакторами журнала. Редактор, обладающий тонкой интуицией, может обеспечить быстрое проникновение теории, которая подрывает старые представления, в систему существующего знания².

В этой статье я хочу показать, как в 1906—1918 гг. редактор самого престижного физического журнала в мире оценивал поступающие в редакцию рукописи, посвященные специальной и общей теориям относительности. Этим журналом были «Анналы физики» (*Annalen der Physik*), где неоднократно печатались ранние работы основоположника этой теории Эйнштейна. Редактором был Макс Планк, профессор Берлинского университета и наиболее выдающийся в то время физик-теоретик Германии. Мнение Планка о деятельности многих его современников, которые стремились внести свой вклад в революционные теории Эйнштейна,

¹ Основные идеи этой статьи были изложены на IX Международной конференции по общей теории относительности, состоявшейся в Йене (ГДР) в июле 1980 г. Я благодарен А. Ниделю за предоставленную им возможность ознакомиться с семистраничным текстом его доклада «Редакторская политика М. Планка и В. Вина как редакторов „Анналов физики“, 1906—1928», представленного на заседании Общества истории науки в Филадельфии в декабре 1976 г. Настоящее исследование финансировалось Канадским исследовательским советом по социальным и гуманитарным наукам и CAFIR — фондом Монреальского университета.

² О роли редакторов научных изданий см. [1, с. 216: 2; 3].