

**Министерство Высшего и Среднего Специального
Образования Республики Узбекистан**

Национальный Университет Узбекистана
Имени Мирзо Улугбека
Физический факультет

РЕФЕРАТ

На тему: Элементарные частицы

Выполнил:

Ахмедов М

Принял:

План:

1. Введение_____стр 2.
2. Развитие идеи о планетарной модели атома_____стр.3
3. Краткие исторические сведения _____стр.5
4. Электроны и позитроны _____стр.8
5. Открытие нейтрона_____стр.10
6. Открытие мезона_____стр.12
7. Вывод_____стр.16
8. Список использованной литературы _____стр.17

Введение.

Элементарные частицы в точном значении этого термина — первичные, далее неразложимые частицы, из которых, по предположению, состоит вся материя. В понятии «Э. ч.» в современной физике находит выражение идея о первообразных сущностях, определяющих все известные свойства материального мира, идея, зародившаяся на ранних этапах становления естествознания и всегда игравшая важную роль в его развитии.

Понятие «Э. ч.» сформировалось в тесной связи с установлением дискретного характера строения вещества на микроскопическом уровне. Обнаружение на рубеже 19—20 вв. мельчайших носителей свойств вещества — молекул и атомов — и установление того факта, что молекулы построены из атомов, впервые позволило описать все известные вещества как комбинации конечного, хотя и большого, числа структурных составляющих — атомов. Выявление в дальнейшем наличия составных слагающих атомов — электронов и ядер, установление сложной природы ядер, оказавшихся построенными всего из двух типов частиц (протонов и нейтронов), существенно уменьшило количество дискретных элементов, формирующих свойства вещества, и дало основание предполагать, что цепочка составных частей материи завершается дискретными бесструктурными образованиями — Э. ч. Такое предположение, вообще говоря, является экстраполяцией известных фактов и сколько-нибудь строго обосновано быть не может. Нельзя с уверенностью утверждать, что частицы, элементарные в смысле приведённого определения, существуют. Протоны и нейтроны, например, длительное время считавшиеся Э. ч., как выяснилось, имеют сложное строение. Не исключена возможность того, что последовательность структурных составляющих материи принципиально бесконечна. Может оказаться также, что утверждение «состоит из...» на какой-то ступени изучения материи окажется лишённым содержания. От данного выше определения «элементарности» в этом случае придется отказаться. Существование Э. ч. — это своего рода постулат, и проверка его справедливости — одна из важнейших задач физики.

Развитие идеи о планетарной модели атома.

Не сразу ученые пришли к правильным представлениям о строении атома.

Один из первых экспериментальных фактов, свидетельствующих о сложности атомов, о существовании у них внутренней структуры электрической природы, был установлен Фарадеем. На основании опытов по электролизу различных солей и других соединений можно было с уверенностью утверждать, что электрические заряды имеются в атомах всех элементов. Однако надо было выяснить, что представляет собой электричество, является ли оно непрерывной субстанцией или в природе существуют неделимые «атомы электричества».

Так как при электролизе одинаковое количество атомов любого одновалентного элемента всегда переносит одно и то же количество электричества, можно было предположить, что в природе существует «атом количества электричества», одинаковый в атомах всех элементов.

Этот заряд получил название элементарного заряда. В 1891 году ирландский физик Дж. Стоней предложил для него название электрон. Решающие эксперименты, доказавшие реальность существования электронов, были выполнены английским физиком Дж. Томсоном в 1899 году. Модель атома по Томсону представляла собой положительно заряженную жидкость, в которой плавают отрицательные электроны. На протяжении 12 лет эта модель представлялась весьма правдоподобной. Но в 1911 году из опытов Резерфорда, сыгравшего большую роль в понимании строения атома, непосредственно вытекает **п л а н е т а р н а я** модель атома. Основные положения теории атома сформулировал Нильс Бор.

Этот величайший переворот в физике произошел на рубеже XX века.

Именно в это время великие принципы классической физики обнаружили свою несостоятельность перед лицом новых фактов. Физики перешли границы новой неведомой области, имя которой - микромир.

Удар по представлениям, ставшим привычными, оказался тем более чувствительным, что в конце XIX века даже выдающиеся физики были убеждены в том, что основные законы природы раскрыты, и остается использовать их для объяснения различных явлений и процессов.

Ведь до этого фундаментальные принципы классической механики Ньютона, электродинамики Максвелла и др. разделов физики получали все новые и новые подтверждения своей справедливости.

Никому не приходило в голову, что с уменьшением, к примеру, массы тел или увеличением их скорости законы Ньютона, давно считавшиеся чуть ли не самоочевидными, могут оказаться несостоятельными.

И вот выяснилось, что атомы подвержены разрушению. Странные свойства обнаружил электрон. Его масса выросла со скоростью. Основная характеристика тела - масса, считавшаяся со времен Ньютона неизменной, оказалась зависящей от скорости. А ведь массу было принято рассматривать как меру количества вещества, содержащегося в теле.

Но эти трудности оказались трамплином для новых теорий XX века - теории относительности и квантовой механики.

Классическая физика оказалась частным, или, точнее, предельным случаем теории относительности при скоростях, значительно меньших скорости света.

Термин «Э. ч.» часто употребляется в современной физике не в своём точном значении, а менее строго — для наименования большой группы мельчайших частиц материи, подчинённых условию, что они не являются атомами или атомными ядрами (исключение составляет простейшее ядро атома водорода — протон). Как показали исследования, эта группа частиц необычайно обширна. К ней относятся: протон (p), нейтрон (n) и электрон (e^-), фотон (g), пи-мезоны (p), мюоны (m), нейтрино трёх типов (электронное ν_e , мюонное ν_m и связанное с т. н. тяжёлым лептоном ν_t), т. н. странные частицы (K-мезоны и гипероны), разнообразные резонансы, открытые в 1974—77 у-частицы, «очарованные» частицы, ипсилон-частицы (j) и тяжёлые лептоны (t^+ , t^-) — всего более 350 частиц, в основном нестабильных. Число частиц, включаемых в эту группу, продолжает расти и, скорее всего, неограниченно велико; при этом большинство перечисленных частиц не удовлетворяет строгому определению элементарности, поскольку, по современным представлениям, они являются составными системами (см. ниже). Использование названия «Э. ч.» ко всем этим частицам имеет исторические причины и связано с тем периодом исследований (начало 30-х гг. 20 в.), когда единственно известными представителями данной группы были протон, нейтрон, электрон и частица электромагнитного поля — фотон. Эти четыре частицы тогда естественно было считать элементарными, т. к. они служили основой для построения окружающего нас вещества и взаимодействующего с ним электромагнитного поля, а сложная структура протона и нейтрона не была известна.

Открытие новых микроскопических частиц материи постепенно разрушило эту простую картину. Вновь обнаруженные частицы, однако, во многих отношениях были близки к первым четырём известным частицам. Объединяющее их свойство заключается в том, что все они являются специфическими формами существования материи, не ассоциированной в ядра и атомы (иногда по этой причине их называют «субъядерными частицами»). Пока количество таких частиц было не очень велико, сохранялось убеждение, что они играют фундаментальную роль в строении материи, и их относили к категории Э. ч. Нарастание числа субъядерных частиц, выявление у многих из них сложного строения показало, что они, как правило, не обладают свойствами элементарности, но традиционное название «Э. ч.» за ними сохранилось

Краткие исторические сведения.

Открытие Э. ч. явилось закономерным результатом общих успехов в изучении строения вещества, достигнутых физикой в конце 19 в. Оно было подготовлено всесторонними исследованиями оптических спектров атомов, изучением электрических явлений в жидкостях и газах, открытием фотоэлектричества, рентгеновских лучей, естественной радиоактивности, свидетельствовавших о существовании сложной структуры материи.

Исторически первой открытой Э. ч. был электрон — носитель отрицательного элементарного электрического заряда в атомах. В 1897 Дж. Дж. Томсон установил, что т. н. катодные лучи образованы потоком мельчайших частиц, которые были названы электронами. В 1911 Э. Резерфорд, пропуская альфа-частицы от естественного радиоактивного источника через тонкие фольги различных веществ, выяснил, что положительный заряд в атомах сосредоточен в компактных образованиях — ядрах, а в 1919 обнаружил среди частиц, выбитых из атомных ядер, протоны — частицы с единичным положительным зарядом и массой, в 1840 раз превышающей массу электрона. Другая частица, входящая в состав ядра, — нейтрон — была открыта в 1932 Дж. Чедвиком при исследованиях взаимодействия α -частиц с бериллием. Нейтрон имеет массу, близкую к массе протона, но не обладает электрическим зарядом. Открытием нейтрона завершилось выявление частиц — структурных элементов атомов и их ядер.

Вывод о существовании частицы электромагнитного поля — фотона — берёт своё начало с работы М. Планка (1900). Предположив, что энергия электромагнитного излучения абсолютно чёрного тела квантованна, Планк получил правильную формулу для спектра излучения. Развивая идею Планка, А. Эйнштейн (1905) постулировал, что электромагнитное излучение (свет) в действительности является потоком отдельных квантов (фотонов), и на этой основе объяснил закономерности фотоэффекта. Прямые экспериментальные доказательства существования фотона были даны Р. Милликеном (1912— 1915) и А. Комптоном (1922).

Открытие нейтрино — частицы, почти не взаимодействующей с веществом, ведёт своё начало от теоретической догадки В. Паули (1930), позволившей за счёт предположения о рождении такой частицы устранить трудности с законом сохранения энергии в процессах бета-распада радиоактивных ядер. Экспериментально существование нейтрино было подтверждено лишь в 1953 (Ф. Райнес и К Коуэн, США).

С 30-х и до начала 50-х гг. изучение Э. ч. было тесно связано с исследованием космических лучей. В 1932 в составе космических лучей К. Андерсоном был обнаружен позитрон (e^+) — частица с массой электрона, но с положительным электрическим зарядом. Позитрон был первой

открытой античастицей. Существование e^+ непосредственно вытекало из релятивистской теории электрона, развитой П. Дираком (1928—31) незадолго до обнаружения позитрона. В 1936 американские физики К. Андерсон и С. Неддермейер обнаружили при исследовании осмических лучей мюоны (обоих знаков электрического заряда) — частицы с массой примерно в 200 масс электрона, а в остальном удивительно близкие по свойствам к e^- , e^+ .

В 1947 также в космических лучах группой С. Пауэлла были открыты p^+ и p^- -мезоны с массой в 274 электронные массы, играющие важную роль во взаимодействии протонов с нейтронами в ядрах. Существование подобных частиц было предположено Х. Юкавой в 1935.

Конец 40-х — начало 50-х гг. ознаменовались открытием большой группы частиц с необычными свойствами, получивших название «странных». Первые частицы этой группы K^+ - и K^- -мезоны, L^- , S^+ -, S^- -, X^- -гипероны были открыты в космических лучах, последующие открытия странных частиц были сделаны на ускорителях — установках, создающих интенсивные потоки быстрых протонов и электронов. При столкновении с веществом ускоренные протоны и электроны рождают новые Э. ч., которые и становятся предметом изучения.

С начала 50-х гг. ускорители превратились в основной инструмент для исследования Э. ч. В 70-х гг. энергии частиц, разогнанных на ускорителях, составили десятки и сотни млрд. электронвольт (Гэв). Стремление к увеличению энергий частиц обусловлено тем, что высокие энергии открывают возможность изучения строения материи на тем меньших расстояниях, чем выше энергия сталкивающихся частиц. Ускорители существенно увеличили темп получения новых данных и в короткий срок расширили и обогатили наше знание свойств микромира. Применение ускорителей для изучения странных частиц позволило более детально изучить их свойства, в частности особенности их распада, и вскоре привело к важному открытию: выяснению возможности изменения характеристик некоторых микропроцессов при операции зеркального отражения — т. н. нарушению пространств. четности (1956). Ввод в строй протонных ускорителей с энергиями в миллиарды эв позволил открыть тяжёлые античастицы: антипротон (1955), антинейтрон (1956), антисигма-гипероны (1960). В 1964 был открыт самый тяжёлый гиперон W^- (с массой около двух масс протона). В 1960-х гг. на ускорителях было открыто большое число крайне неустойчивых (по сравнению с др. нестабильными Э. ч.) частиц, получивших название «резонансов». Массы большинства резонансов превышают массу протона. Первый из них D_1 (1232) был известен с 1953. Оказалось, что резонансы составляют основная часть Э. ч.

В 1962 было выяснено, что существуют два разных нейтрино: электронное и мюонное. В 1964 в распадах нейтральных K -мезонов. было обнаружено несохранение т, н. комбинированной чётности (введённой Ли-Цзун дао и Ян Чжэнь-нином и независимо Л. Д. Ландау в 1956), озна-

чающее необходимость пересмотра привычных взглядов на поведение физических процессов при операции отражения времени.

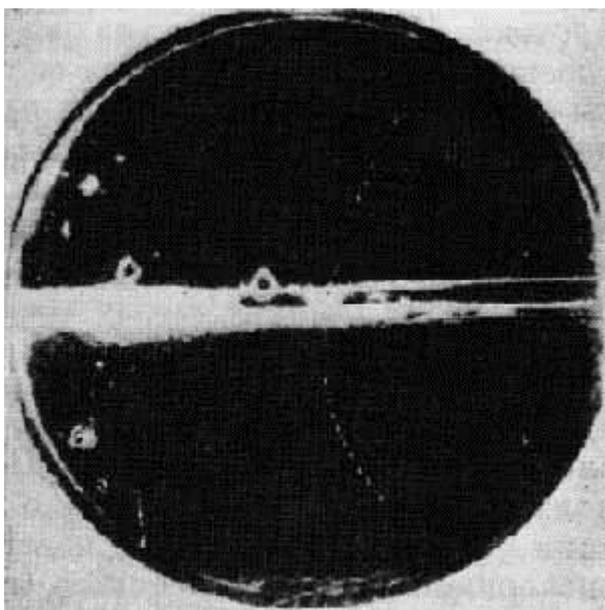
В 1974 были обнаружены массивные (в 3—4 протонные массы) и в то же время относительно устойчивые u -частицы, с временем жизни, необычно большим для резонансов. Они оказались тесно связанными с новым семейством Ξ . ч. — «очарованных», первые представители которого (D^0 , D^+ , L_c) были открыты в 1976. В 1975 были получены первые сведения о существовании тяжёлого аналога электрона и мюона (тяжёлого лептона t). В 1977 были открыты j -частицы с массой порядка десятка протонных масс.

Таким образом, за годы, прошедшие после открытия электрона, было выявлено огромное число разнообразных микрочастиц материи. Мир Ξ . ч. оказался достаточно сложно устроенным. Неожиданными во многих отношениях оказались свойства обнаруженных Ξ . ч. Для их описания, помимо характеристик, заимствованных из классической физики, таких, как электрический заряд, масса, момент количества движения, потребовалось ввести много новых специальных характеристик, в частности для описания странных Ξ . ч. — странность (К. Нишиджима, М. Гелл-Ман, 1953), «очарованных» Ξ . ч. — «очарование» (американские физики Дж. Бьёркен, Ш. Глэшоу, 1964); уже названия приведённых характеристик отражают необычность описываемых ими свойств Ξ . ч.

Электроны и позитроны

В состав всех окружающих нас веществ входят электроны. Их электрический заряд точно известен (например, из экспериментов с масляными капельками) и равен $e = 4,802 \cdot 10^{-10}$ электростатических единиц. Масса электрона тоже точно известна (например, из экспериментов по отклонению в электрическом и магнитном полях, дающих величину отношения электрического заряда к массе) и имеет величину $m_e = 9,105 \cdot 10^{-28}$ г. Соответствующее значение энергии покоя $m_e c^2 = 0,51079$ Мэв. Анализ атомных спектров показывает, что спин электрона $s = 1/2$, а его магнитный момент равен одному магнетону Бора. Электроны подчиняются статистике Ферми, так как они обладают полуцелым спином. Это согласуется с экспериментальными данными о структуре атомов и о поведении электронов в металлах.

Позитроны (положительные электроны) в веществе не могут существовать, потому что при замедлении они аннигилируют, соединяясь с отрицательными электронами. В этом процессе, который можно рассматривать как обратный процесс рождения пар, положительный и отрицательный электроны исчезают, при этом образуются фотоны, которым передается их энергия. При аннигиляции электрона и позитрона в большинстве случаев образуются два фотона, значительно реже - один фотон. Однофотонная аннигиляция может произойти только в том случае, когда электрон сильно связан с ядром; участие ядра в этом случае необходимо для сохранения импульса. Двухфотонная аннигиляция, напротив, может происходить и со свободным электроном. Часто процесс аннигиляции происходит после практически полной остановки позитрона. В этом случае испускаются в противоположных направлениях два фотона с равными энергиями.



Позитрон был открыт Андерсоном при изучении космических лучей методом камеры Вильсона. На рисунке, который является репродукцией с полученной Андерсоном фотографии в камере Вильсона, видна положительная частица, входящая в свинцовую пластину толщиной 0,6 см с импульсом $6,3 \cdot 10^7$ эв/с и выходящая из нее с импульсом $2,3 \cdot 10^7$ эв/с. Можно установить верхний предел для массы этой частицы, допустив, что она теряет энергию только на столкновения. Этот предел составляет $20 m_e$. На

основании этой и других сходных фотографий Андерсон выдвинул гипотезу о существовании положительной частицы с массой, примерно равной

массе обычного электрона. Это заключение скоро было подтверждено наблюдениями Блэккета и Оккиалини в камере Вильсона. Вскоре после этого Кюри и Жолио открыли, что позитроны образуются при конверсии гамма-лучей радиоактивных источников, а также испускаются искусственными радиоактивными изотопами. Так как фотон, будучи нейтральным образует пару (позитрон и электрон), то из принципа сохранения электрического заряда следует, что по абсолютной величине заряд позитрона равен заряду электрона.

Первое количественное определение массы позитрона было проделано Тибо, который измерял отношение e/m методом трохрид и пришел к выводу, что массы позитрона и электрона отличаются не больше чем на 15 %. Более поздние эксперименты Шписа и Цана, которые использовали масс-спектрографическую установку, показали, что массы электрона и позитрона совпадают с точностью до 2 %. Еще позже Дюмонд и сотрудники измерили с большой точностью длину волны аннигиляционного излучения. С точностью до ошибок эксперимента (0,2 %) они получили такое значение длины волны, которого следовало ожидать в предположении, что позитрон и электрон имеют равные массы.

Закон сохранения момента количества движения в применении к процессу рождения пар показывает, что позитроны обладают полуцелым спином и, следовательно, подчиняются статистике Ферми. Разумно предположить, что спин позитрона равен $1/2$, как и спин электрона.

Открытие нейтрона.

Открытие изотопов не прояснило вопрос о строении ядра. К этому времени были известны лишь протоны – ядра водорода и электроны, а потому естественной была попытка объяснить существование изотопов различными комбинациями этих положительно и отрицательно заряженных частиц. Можно было бы думать, что ядра содержат A протонов, где A – массовое число, и $A - Z$ электронов. При этом полный положительный заряд совпадает с атомным номером Z .

Такая простая картина однородного ядра поначалу не противоречила выводу о малых размерах ядра, вытекавшему из опытов Резерфорда. «Естественный радиус» электрона $r_0 = e^2/mc^2$ (который получается, если приравнять электростатическую энергию e^2/r_0 заряда, распределенного по сферической оболочке, собственной энергии электрона mc^2) составляет $r_0 = 2,82 \cdot 10^{-15}$ м. Такой электрон достаточно мал, чтобы находиться внутри ядра радиусом 10^{-14} м, хотя поместить туда большое число частиц было бы затруднительно. В 1920 Резерфорд и другие ученые рассматривали возможность существования устойчивой комбинации из протона и электрона, воспроизводящей нейтральную частицу с массой, приблизительно равной массе протона. Однако из-за отсутствия электрического заряда такие частицы с трудом поддавались бы обнаружению. Вряд ли они могли бы и выбивать электроны из металлических поверхностей, как электромагнитные волны при фотоэффекте.

Лишь спустя десятилетие, после того как естественная радиоактивность была глубоко исследована, а радиоактивное излучение стали широко применять, чтобы вызывать искусственное превращение атомов, было надежно установлено существование новой составной части ядра. В 1930 В.Боте и Г.Беккер из Гисенского университета проводили облучение лития и бериллия альфа-частицами и с помощью счетчика Гейгера регистрировали возникающее при этом проникающее излучение. Поскольку на это излучение не оказывали влияния электрические и магнитные поля и оно обладало большой проникающей способностью, авторы пришли к выводу, что испускается жесткое гамма-излучение. В 1932 Ф.Жолио и И.Кюри повторили опыты с бериллием, пропуская такое проникающее излучение через парафиновый блок. Они обнаружили, что из парафина выходят протоны с необычно высокой энергией, и заключили, что, проходя через парафин, гамма-излучение в результате рассеяния порождает протоны. (В 1923 было установлено, что рентгеновские лучи рассеиваются на электронах, давая комптоновский эффект.)

Дж.Чедвик повторил эксперимент. Он также использовал парафин и с помощью ионизационной камеры (рис. 1), в которой собирался заряд, возникающий при выбивании электронов из атомов, измерял пробег протонов отдачи.

Чедвик использовал также газообразный азот (в камере Вильсона, где вдоль следа заряженной частицы происходит конденсация водяных капелек) для поглощения излучения и измерения пробега атомов отдачи азота. Применив к результатам обоих экспериментов законы сохранения энергии и импульса, он пришел к выводу, что обнаруженное нейтральное излучение – это *не* гамма-излучение, а поток частиц с массой, близкой к массе протона. Чедвик показал также, что известные источники гамма-излучения не выбивают протонов.

Тем самым было подтверждено существование новой частицы, которую теперь называют нейтроном. Расщепление металлического бериллия происходило следующим образом:

Альфа-частицы ${}^4_2\text{He}$ (заряд 2, массовое число 4) сталкивались с ядрами бериллия (заряд 4, массовое число 9), в результате чего возникали углерод и нейтрон.

Открытие нейтрона явилось важным шагом вперед. Наблюдаемые характеристики ядер теперь можно было интерпретировать, рассматривая нейтроны и протоны как составные части ядер. На рис. 2 схематически показана структура нескольких легких ядер.

Нейтрон, как теперь известно, на 0,1% тяжелее протона. Свободные нейтроны (вне ядра) претерпевают радиоактивный распад, превращаясь в протон и электрон. Это напоминает о первоначальной гипотезе составной нейтральной частицы. Однако внутри стабильного ядра нейтроны связаны с протонами и самопроизвольно не распадаются.

Открытие мезона

Открытие мезона, в отличие от открытия позитрона явилось не результатом единичного наблюдения, а скорее выводом из целой серии экспериментальных и теоретических исследований.

В 1932 году Росси, используя метод совпадений, предложенный Боте и Кольхерстером, показал, что известную часть наблюдаемого на уровне моря космического излучения составляют частицы, способные проникать через свинцовые пластины толщиной до 1 м. Вскоре после этого он также обратил внимание на существование в космических лучах двух различных компонент. Частицы одной компоненты (проникающая компонента) способны проходить через большие толщи вещества, причем степень

поглощения их различными веществами приблизительно пропорциональна массе этих веществ. Частицы другой компоненты (ливнеобразующая компонента) быстро поглощаются, в особенности тяжелыми элементами; при этом образуется большое число вторичных частиц (ливни). Эксперименты по изучению прохождения частиц космических лучей через свинцовые пластины, проведенные с камерой Вильсона Андерсоном и Неддемейером, также показали, что существуют две различные компоненты космических лучей. Эти эксперименты показали, что, в то время как в среднем потеря энергии частиц космических лучей в свинце совпадала по порядку величин с теоретически вычисленной потерей на столкновения, некоторые из этих частиц испытывали гораздо большие потери.

В 1934 году Бете и Гайтлер опубликовали теорию радиационных потерь электронов и рождения пар фотонами. Свойства менее проникающей компоненты, наблюдавшейся Андерсоном и Неддемейером, находились в согласии со свойствами электронов, предсказанными теорией Бете и Гайтлера; при этом большие потери объяснялись радиационными процессами. Свойства ливнеобразующего излучения, обнаруженного Росси, также могли быть объяснены в предположении, что это излучение состоит из электронов и фотонов больших энергий. С другой стороны, признавая справедливость теории Бете и Гайтлера, приходилось делать вывод, что "проникающие" частицы в экспериментах Росси и менее поглощающиеся частицы в экспериментах Андерсона и Неддемейера отличаются от электронов. Пришлось предположить, что проникающие частицы тяжелее электронов, так как согласно теории потери энергии на излучение обратно пропорциональны квадрату массы.

В связи с этим обсуждалась возможность краха теории излучения при больших энергиях. В качестве альтернативы Вильямс в 1934 году высказал предположение, что проникающие частицы космических лучей, возможно, обладают массой протона. Одна из трудностей, связанных с этой гипотезой, заключалась в необходимости существования не только положительных, но и отрицательных протонов, потому что эксперименты с камерой Вильсона показали, что проникающие частицы космических лучей имеют заряды обоих знаков. Более того, на некоторых фотографиях, полученных Андерсоном и Неддемейером в камере Вильсона, можно было видеть частицы, которые не излучали подобно электронам, но, однако, были не такими тяжелыми, как протоны. Таким образом, к концу 1936 года стало почти очевидным, что в космических лучах имеются, кроме электронов, еще и частицы до тех пор неизвестного типа, предположительно частицы с массой, промежуточной между массой электрона и массой протона. Следует отметить также, что в 1935 году Юкава из чисто теоретических соображений предсказал существование подобных частиц.

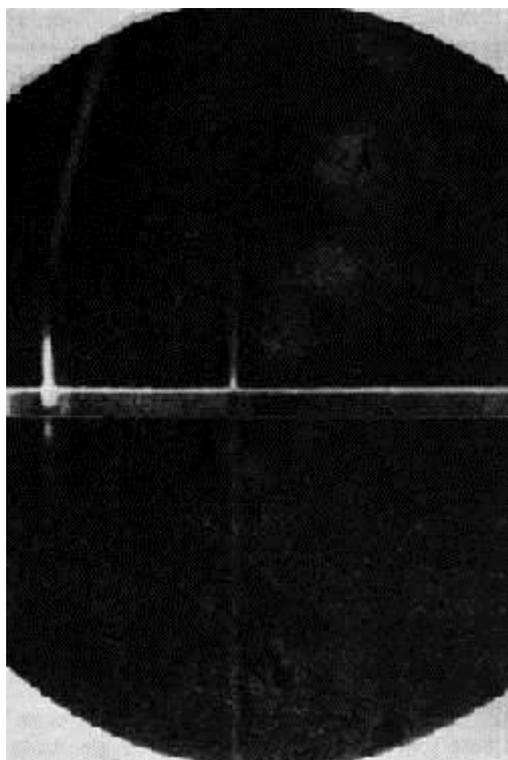
Существование частиц с промежуточной массой было непосредственно доказано в 1937 году экспериментами Неддемейера и Андерсона и Стрита и Стивенсона.

Эксперименты Неддемейера и Андерсона явились продолжением (с улучшенной методикой) упоминавшихся выше исследований по потерям энергии частиц космических лучей. Они были проведены в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле и разделенной на две половины платиновой пластиной толщиной 1 см. Потери импульса для отдельных частиц космических лучей определялись путем измерения кривизны следа до и после пластины.

Поглощающиеся частицы легко могут быть интерпретированы как электроны. Такая интерпретация подкрепляется тем, что поглощающиеся частицы в отличие от проникающих часто вызывают в платиновом поглотителе вторичные процессы и по большей части встречаются группами (по две и больше). Именно этого и следовало ожидать, так как многие из электронов, наблюдаемых при такой же геометрии эксперимента, что у Неддемейера и Андерсона, входят в состав ливней, образующихся в окружающем веществе. Что касается природы проникающих частиц, то здесь многое пояснили два следующих результата, полученных Неддемейером и Андерсоном.

1). Несмотря на то, что поглощающиеся частицы относительно чаще встречаются при малых значениях импульсов, а проникающие частицы наоборот (более часты при больших значениях импульсов), имеется интервал импульсов, в котором представлены и поглощающиеся и проникающие частицы. Таким образом, различие в поведении этих двух сортов частиц не может быть приписано различию в энергиях. Этот результат исключает возможность считать проникающие частицы электронами, объясняя их поведение несправедливостью теории излучения при больших энергиях.

2). Имеется некоторое число проникающих частиц с импульсами меньше 200 Мэв/с, которые производят не большую ионизацию, чем однозарядная частица вблизи минимума кривой ионизации. Это означает, что проникающие частицы космических лучей значительно легче, чем протоны, поскольку протон с импульсом меньше 200 Мэв/с производит удельную ионизацию, примерно в 10 раз превышающую минимальную.



Стрит и Стивенсон попытались непосредственно оценить массу частиц космических лучей путем одновременного измерения импульса и удельной ионизации. Они использовали камеру Вильсона, которая управлялась системой счетчиков Гейгера-Мюллера, включенной на антисовпадения. Этим достигался отбор частиц, близких к концу своего пробега. Камера помещалась в магнитное поле напряженностью 3500 гс; камера срабатывала с задержкой около 1 сек, что позволяло производить счет капелек. Среди большого числа фотографий

Стрит и Стивенсон нашли одну, представлявшую чрезвычайный интерес.

На этой фотографии виден след частицы с импульсом 29 Мэв/с, ионизация которой примерно в шесть раз превышает минимальную. Эта частица обладает отрицательным зарядом, поскольку она движется вниз. Судя по импульсу и удельной ионизации, ее масса оказывается равной примерно 175 массам электрона; вероятная ошибка, составляющая 25 %, обусловлена неточностью измерения удельной ионизации. Заметим, что электрон, обладающий импульсом 29 Мэв/с, имеет практически минимальную ионизацию. С другой стороны, частицы с таким импульсом и массой протона (либо движущийся вверх обычный протон, либо отрицательный протон, движущийся вниз) обладают удельной ионизацией, которая примерно в 200 раз превышает минимальную; кроме того, пробег такого протона в газе камеры должен быть меньше 1 см. В то же время след, о котором идет речь, ясно виден на протяжении 7 см, после чего он выходит из освещенного объема.

Описанные выше эксперименты безусловно доказали, что проникающие частицы действительно являются более тяжелыми, чем электроны, но более легкими, чем протоны. Кроме того, эксперимент Стрита и Стивенсона дал первую примерную оценку массы этой новой частицы, которую мы можем теперь назвать ее общепринятым именем - мезон.

Вывод.

Изучение внутреннего строения материи и свойств Э. ч. с первых своих шагов сопровождалось радикальным пересмотром многих устоявшихся понятий и представлений. Закономерности, управляющие поведением материи в малом, оказались настолько отличными от закономерностей классической механики и электродинамики, что потребовали для своего описания совершенно новых теоретических построений. Такими новыми фундаментальными построениями в теории явились частная (специальная) и общая теория относительности (А. Эйнштейн, 1905 и 1916; Относительности теория, Тяготение) и квантовая механика (1924—27; Н. Бор, Л. де Бройль, В. Гейзенберг, Э. Шредингер, М. Борн). Теория относительности и квантовая механика знаменовали собой подлинную революцию в науке о природе и заложили основы для описания явлений микромира. Однако для описания процессов, происходящих с Э. ч., квантовой механики оказалось недостаточно. Понадобился следующий шаг — квантование классических полей (т. н. квантование вторичное) и разработка квантовой теории поля. Важнейшими этапами на пути её развития были: формулировка квантовой электродинамики (П. Дирак, 1929), квантовой теории β -распада (Э. Ферми, 1934), положившей начало современной теории слабых взаимодействий, квантовой мезодинамики (Юкава, 1935). Непосредственной предшественницей последней была т. н. β -теория ядерных сил (И. Е. Тамм, Д. Д. Иваненко, 1934; Сильные взаимодействия). Этот период завершился созданием последовательного вычислительного аппарата квантовой электродинамики (С. Томонага, Р. Фейнман, Ю. Швингер; 1944—49), основанного на использовании техники перенормировки (Квантовая теория поля). Эта техника была обобщена впоследствии применительно к другим вариантам квантовой теории поля.

Квантовая теория поля продолжает развиваться и совершенствоваться и является основой для описания взаимодействий Э. ч. У этой теории имеется ряд существенных успехов, и всё же она ещё очень далека от завершённости и не может претендовать на роль всеобъемлющей теории Э. ч. Происхождение многих свойств Э. ч. и природа присущих им взаимодействий в значительной мере остаются неясными. Возможно, понадобится ещё не одна перестройка всех представлений и гораздо более глубокое понимание взаимосвязи свойств микрочастиц и геометрических свойств пространства-времени, прежде чем теория Э. ч. будет построена.

- 1 Мякишев Г.Я. “Элементарные частицы” М., Просвещение, 1977г.
- 2 Савельев И.В. “Курс физики”, М, Наука, 1989г.
- 3 Крейчи “Мир глазами современной физики” М, Мир, 1974
- 4 Комар А.А. “Элементарные частицы” статья
- 5 Зисман Г.А., Тодес О.М. “ Курс общей физики” Киев, изд. Эделвейс 1994 г.
- 6 Федоров Ф. “Цепная реакция идеи” М., изд. Знание, 1975 г.