

Элементарные частицы

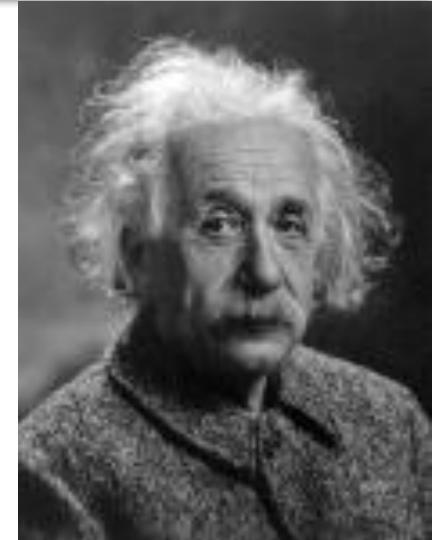
Презентацию составил
ученик 11 класса
Разумовский Евгений

ВВЕДЕНИЕ

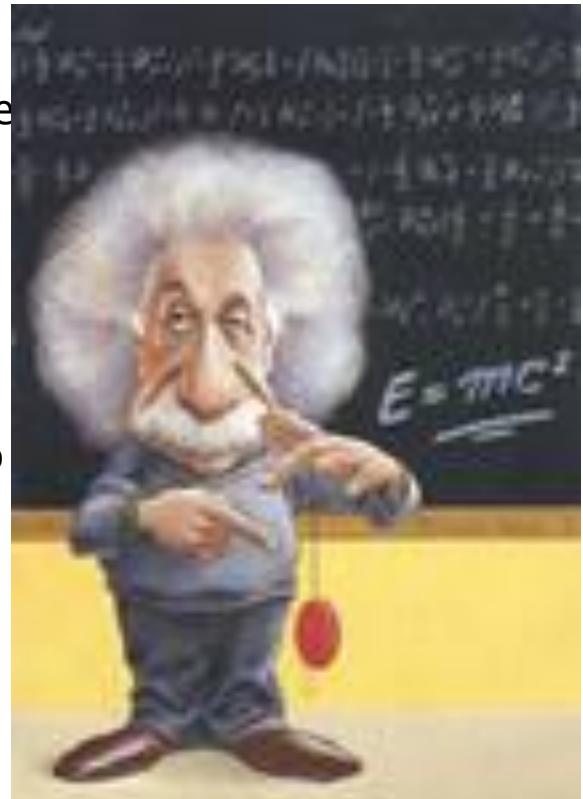
- Открытие элементарных частиц явилось
- закономерным результатом общих успехов в изучении
- строения вещества, достигнутых физикой в конце 19
- в. Оно было подготовлено всесторонними
- исследованиями оптических спектров атомов,
- изучением электрических явлений в жидкостях и
- газах, открытием фотоэлектричества, рентгеновских
- лучей, естественной радиоактивности,
- свидетельствовавших о существовании сложной
- структуры материи . Нельзя с уверенностью утверждать, что частицы,
- элементарные в смысле приведённого определения,
- существуют. Протоны и нейтроны, например,
- длительное время считавшиеся элементарными
- частицами, как выяснилось, имеют сложное строение.
- Не исключена возможность того, что
- последовательность структурных составляющих
- материи принципиально бесконечна. Существование элементарных частиц —
- это своего рода постулат, и проверка его
- справедливости — одна из важнейших задач физики

ЭЛЕКТРОН

- Исторически первой открытой элементарной частицей был электрон — носитель отрицательного элементарного электрического заряда в атомах . В идейном плане он вошел в физику в 1881 г., когда Гельмгольц в речи в честь Фарадея указал, что атомная структура вещества вместе с законами электролиза Фарадея неизбежно приводит к мысли, что электрический заряд всегда должен быть кратен некоторому элементарному заряду, - т. е. к выводу о квантовании электрического заряда. Носителем отрицательного элементарного заряда, как мы теперь знаем, и является электрон . Между тем «временная» теория о существовании
- электрона была подтверждена в 1897 г. в экспериментах Дж. Дж. Томсона, в которых он отождествил так называемые катодные лучи с электронами и измерил заряд и массу электрона.



- Однако идея об электроне не сразу получила признание. Когда на лекции в Королевском обществе Дж. Дж. Томсон – первооткрыватель электрона – высказал предположение, что частицы катодных лучей следует рассматривать как возможные компоненты атома, некоторые его коллеги искренне считали, что он мистифицирует их. Сам Планк признавался в 1925 г., что не верил тогда, в 1900 г., до конца в гипотезу об электроне
- Можно сказать, что после опытов Милликена, измерившего в 1911 г. заряды индивидуальных электронов, эта первая элементарная частица получила право на существование



ФОТОН

- Прямое экспериментальное доказательство существования фотона было дано Р. Милликеном в 1912—1915 гг. в его исследованиях фотоэффекта, а также А. Комptonом в 1922 г., обнаружившим рассеяние рентгеновских лучей с изменением их частоты . Фотон – это «оживленный» планковский квант света, т. е. квант света, несущий импульс
- Кванты света ввел Планк в 1901 г. для того, чтобы объяснить законы излучения абсолютно черного тела. «Живыми» фотоны или кванты сделала теория
- относительности Эйнштейна, который в 1905 г. показал, что кванты должны иметь не только энергию, но и импульс, и что они являются в полном смысле частицами, только особенными, так как масса покоя их равна нулю, и двигаются они со скоростью света

- Итак, вывод о существовании частицы электромагнитного поля — фотона — берёт своё начало с работы М. Планка (1900). Предположив, что энергия электромагнитного излучения абсолютно чёрного тела квантована, 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 .



ПРОТОН

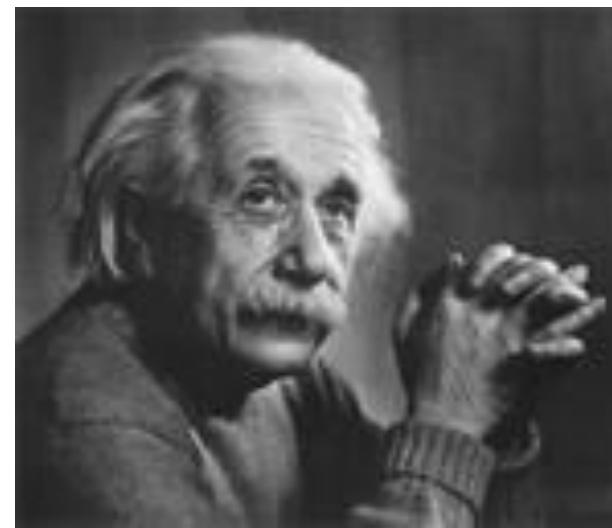
- Протон был открыт Э. Резерфордом в 1919 г. в
- исследованиях взаимодействия альфа-частиц с
- атомными ядрами
- Точнее открытие протона связано с открытием
- атомного ядра. Оно было сделано Резерфордом в
- результате бомбардировки атомов азота высоко
- энергетическими β -частицами. Таким образом, протоны — это частицы с
- единичным
- положительным зарядом и массой, в 1840 раз
- превышающей массу электрона .



НЕЙТРОН

- Другая частица, входящая в состав ядра, — нейтрон —
- была открыта в 1932 Дж. Чедвиком при
- исследованиях взаимодействия ?-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 . 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

- . 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. Дж. Чедвик повторил эксперимент. Он также использовал парафин и с помощью ионизационной камеры, 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 .

ПОЗИТРОН

- В 1932 г. в их составе А. Андерсоном была обнаружена первая античастица — 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 г. американские физики К. Андерсон и С. Неддермейер обнаружили при исследовании космических лучей мюоны (обоих знаков электрического заряда) — частицы с массой примерно в 200 масс электрона, а в остальном удивительно близкие по свойствам к e^- , e^+



- 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. Позитрон был открыт Андерсоном при изучении
- космических лучей методом камеры Вильсона. Вскоре после этого
- Кюри и Жолио открыли, что позитроны образуются при
- конверсии гамма-лучей радиоактивных источников, а
- также испускаются искусственными радиоактивными
- изотопами.

Пионы и Мюоны. Открытие мезона

- В 1932 году Rossi, используя метод совпадений, предложенный Боте и Кольхерстером, показал, что известную часть наблюдавшего 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).



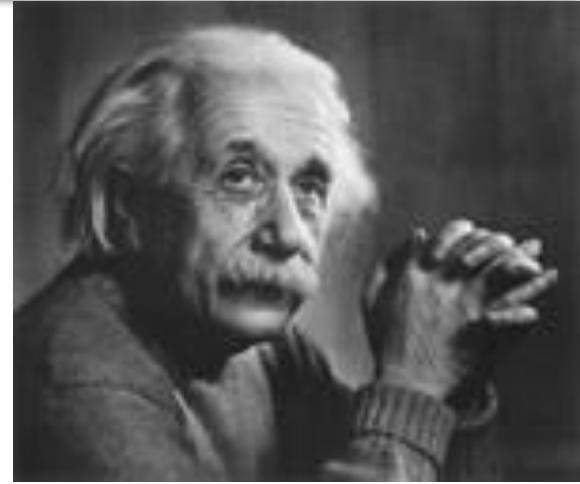
- Эксперименты по изучению прохождения частиц космических лучей через свинцовые пластины, проведенные с камерой Вильсона Андерсоном и Неддемайером, также показали, что существуют две различные компоненты космических лучей. В 1934 году Бете и Гитлер опубликовали теорию радиационных потерь электронов и рождения пар фотонами. 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. Существование частиц с промежуточной массой было непосредственно доказано в 1937 году экспериментами Неддемайера и Андерсона, 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



- . 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
- Итак в 1936 г. А. Андерсон и С. Неддермейер открыли
- мюон (?- мезон). Эта частица отличается от
- электрона только своей массой, которая примерно в
- 200 раз больше электронной
- В 1947г. Пауэлл наблюдал в фотоэмulsionиях следы
- заряженных частиц, которые были интерпретированы
- как мезоны Юкавы и названы ?-мезонами или пионами.
- Продукты распада заряженных пионов,
- представляющие собой также заряженные частицы,
- были названы ?-мезонами или мюонами. Именно
- отрицательные мюоны и наблюдались в опытах

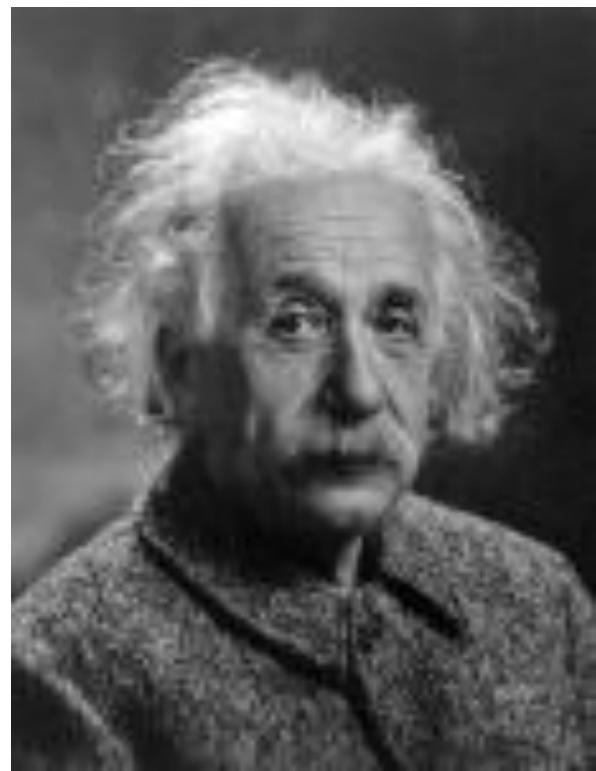
- Конверси: в отличие от пионов мюоны, как и
- электроны, не взаимодействуют сильно с атомными
- ядрами Итак, был открыт заряженный мезон Юкавы,
- распадающийся на мюон и нейтрино. Время жизни τ -
мезона относительно этого распада оказалось
- равным $2 \cdot 10^{-8}$ с. Потом выяснилось, что и мюон
- нестабилен, что в результате его распада образуется
- электрон. Время жизни мюона оказалось порядка 10^{-6}
- с. Так как электрон, образующийся при распаде
- мюона, не имеет строго определенной энергии, то
- был сделан вывод, что наряду с электроном при
- распаде мюона образуются два нейтрино
- 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



НЕЙТРИНО

- 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. «После открытия нейтрона, - говорил Паули, - на семинарах в Риме мою новую частицу, испускаемую при β -распаде, Ферми стал называть «нейтрино», чтобы отличить её от тяжёлого нейтрона. Это итальянское название стало общепринятым»
- В 30-годы теория Ферми была обобщена на позитронный распад (Вик, 1934 год) и на переходы с изменением углового момента ядра (Гамов и Теллер, 1937 год)

- В 1962 было выяснено, что существуют два разных нейтрино: электронное и мюонное. В 1964 в распадах нейтральных К-мезонов было обнаружено несохранение т. н. комбинированной чётности (введённой Ли Цзун-дао и Ян Чжэнь-нином и независимо Л. Д. Ландау в 1956), означающее необходимость пересмотра привычных взглядов на поведение физических процессов при операции отражения времени



Открытие странных частиц

- 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 элементарные частицы, которые и становятся предметом изучения
- В 1947 г. Батлер и Рочестер в камере Вильсона наблюдали две частицы, названные V -частицами.
- Наблюдалось два трека, как бы образующие латинскую букву V . Образование двух треков свидетельствовало о том, что частицы нестабильны и распадаются на другие, более лёгкие

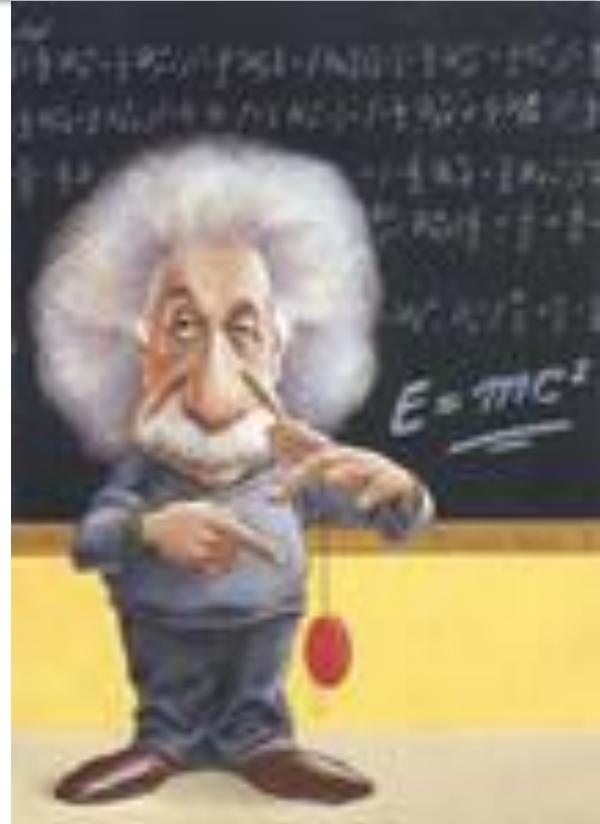
- . Одна из V -частиц была нейтральной и распадалась на две заряженные частицы с противоположными зарядами.
- (Позже она была отождествлена с нейтральным К-мезоном, который распадается на положительный и отрицательный пионы).
- Заметим, что если экспериментальное открытие $?-$ -мезона было в каком-то смысле «ожидаемым» в связи с необходимостью объяснить природу нуклонных взаимодействий, то открытие V -частиц, как и открытие мюона, оказалось полной неожиданностью . «Поведение» V -частиц при рождении и последующем распаде привело к тому, что их стали называть странными
- Странные частицы в лаборатории впервые получены в 1954г. Фаулером, Шаттом, Торндайком и Вайтмором, которые, используя пучок ионов от Брукхейвенского космопротонного коллайдера с начальной энергией 1,5 ГэВ, наблюдали реакции ассоциативного образования странных частиц .

РЕЗОНАНСЫ

- В 1960-х гг. на ускорителях было открыто большое
- число крайне неустойчивых (по сравнению с др.
- нестабильными элементарными частицами) частиц,
- получивших название “резонансов”. Возбуждённые состояния существуют не только у
- нуклона (в этом случае говорят о его изобарных
- состояниях), но и у π -мезона (в этом случае говорят о
- мезонных резонансах)

«Очарованные» частицы

- В конце 1974г. две группы экспериментаторов (группа Тинга на протонном ускорителе в Брукхейвене и группа Б. Рихтера, работавшая на установке со встречными электронно-позитронными пучками в Стэнфорде) одновременно сделали важнейшее открытие в физике элементарных частиц: открыли новую частицу – резонанс с массой, равной 3,1 ГэВ (превышающей три массы протона)
- Наиболее удивительным свойством этого резонанса оказалась его малая ширина распада – она равна всего 70 кэВ, что соответствует времени жизни порядка 10^{-23} с
- Общепринятое объяснение природы Ω -мезонов основано на гипотезе существования наряду со «стандартными» тремя u -, d - и s -кварками ещё четвёртого, c -кварком.



- В 1974 были обнаружены и другие массивные (в 3—4 протонные массы) и в то же время относительно устойчивые у-частицы, с временем жизни, необычно большим для резонансов. Они оказались тесно связанными с новым семейством элементарных частиц — “очарованных”, первые представители которого (D_0 , D^+ , L_c) были открыты в 1975
- были получены первые сведения о существовании тяжёлого аналога электрона и мюона (тяжёлого лептона t)
- За открытие ?-частиц Тингу и Рихтеру в 1976 году
- была присуждена Нобелевская премия по физике .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Таким образом, за годы, прошедшие после открытия электрона, было выявлено огромное число разнообразных микрочастиц материи.

