

Идея о существовании нейтрино — частицы, исключительно слабо взаимодействующей с веществом, принадлежит В. Паули (W. Pauli, 1930), указавшему, что подобная гипотеза позволяет устранить трудности с законом сохранения энергии в процессах бета-распада радиоакт. ядер. Экспериментально существование нейтрино было подтверждено при исследовании процесса обратного *бета-распада* лишь в 1956 [Ф. Райнес (F. Reines) и К. Коуэн (C. Cowan)].

С 30-х и до нач. 50-х гг. изучение Э. ч. было тесно связано с исследованием *космических лучей*. В 1932 в составе космич. лучей К. Андерсоном (C. Anderson) был обнаружен *позитрон* (e^+) — частица с массой электрона, но с положит. электрич. зарядом. Позитрон был первой открытой *античастицей*. Существование позитрона непосредственно вытекает из релятивистской теории электрона, развитой П. Дираком (P. Dirac) в 1928—31 незадолго до обнаружения позитрона. В 1936 Андерсон и С. Недермейер (S. Neddermeyer) обнаружили при исследовании космич. лучей мюоны (обоих знаков электрич. заряда) — частицы с массой примерно в 200 масс электрона, а в остальном удивительно близкие к нему по свойствам.

В 1947 также в космич. лучах группой С. Пауэлла (S. Powell) были открыты π^+ - и π^- -мезоны с массой в 274 электронные массы, играющие важную роль во взаимодействии протонов с нейтронами в ядрах. Существование подобных частиц было предположено Х. Юкавой (H. Yukawa) в 1935.

Кон. 40-х — нач. 50-х гг. ознаменовались открытием большой группы частиц с необычными свойствами, получивших назв. «странные». Первые частицы этой группы — K^+ - и K^- -мезоны, Λ -гипероны — были открыты в космич. лучах, последующие открытия странных частиц были сделаны на *ускорителях заряженных частиц* — установках, создающих интенсивные потоки протонов и электронов высоких энергий. При столкновении с веществом ускоренные протоны и электроны рождают новые Э. ч., к-рые затем регистрируются с помощью сложных детекторов.

С нач. 50-х гг. ускорители превратились в осн. инструмент для исследования Э. ч. В 90-х гг. макс. энергии частиц, разогнанных на ускорителях, составили сотни млрд. электронвольт (ГэВ), и процесс наращивания энергий продолжается. Стремление к увеличению энергий ускоренных частиц обусловлено тем, что на этом пути открываются возможности изучения строения материи на тем меньших расстояниях, чем выше энергия сталкивающихся частиц, а также возможностью рождения всё более тяжёлых частиц. Ускорители существенно увеличили темп получения новых данных и в короткий срок расширили и обогатили наше знание свойств микромира.

Ввод в строй протонных ускорителей с энергиями в миллиарды эВ позволил открыть тяжёлые античастицы: *антипротон* (1955), *антинейтрон* (1956), антисигмагиперон (1960). В 1964 была открыта самая тяжёлая частица из группы гиперонов — Ω^- (с массой ок. двух масс протона).

Начиная с 60-х гг. с помощью ускорителей выявлено большое число крайне неустойчивых (по сравнению с другими нестабильными Э. ч.) частиц, получивших назв. *резонансов*. Массы большинства резонансов превышают массу протона. [Первый из них — Δ (1232), распадающийся на π -мезон и нуклон, — известен с 1953.] Оказалось, что резонансы составляют осн. часть Э. ч.

В 1974 обнаружены массивные (3—4 протонные массы) и в то же время относительно устойчивые пси-частицы, со временем жизни примерно в 10^3 раз большим времени жизни, типичного для резонансов. Они оказались тесно связанными с новым семейством Э. ч. — очарованных, первые представители к-рого (D-мезоны, Λ_c -барионы) открыты в 1976.

В 1977 обнаружены ещё более тяжёлые (ок. 10 протонных масс) ипсилон-частицы, так же, как и пси-частицы, аномально устойчивые для частиц таких больших масс. Они явились провозвестниками существования ещё одного

необычного семейства прелестных, или красивых, частиц. Его представители — В-мезоны — открыты в 1981 — 83, Λ_b -барионы — в 1992.

В 1962 выяснено, что в природе существует не один тип нейтрино, а, по крайней мере, два: электронное ν_e и мюонное ν_μ . В 1975 принёс открытие τ -лептона, частицы почти в 2 раза тяжелее протона, но в остальном повторяющей свойства электрона и мюона. Вскоре стало ясно, что с ним связан ещё один тип нейтрино ν_τ .

Наконец, в 1983 в ходе экспериментов на протон-антипротонном коллайдере (установке для осуществления встречных столкновений пучков ускоренных частиц) открыты самые тяжёлые из известных Э. ч.: заряженные промежуточные бозоны W^\pm ($m_W \approx 80$ ГэВ) и нейтральный промежуточный бозон Z^0 ($m_Z = 91$ ГэВ).

Т. о., почти за 100 лет, прошедшие после открытия электрона, выявлено огромное число разнообразных микрочастиц материи. Мир Э. ч. оказался достаточно сложно устроенным. Неожиданными во мн. отношениях оказались свойства обнаруженных Э. ч. Для их описания, помимо характеристик, заимствованных из классич. физики, таких, как электрич. заряд, масса, момент количества движения, потребовалось ввести много новых спец. характеристик, в частности для описания странных, очарованных и прелестных (красивых) Э. ч. — *странность* [К. Нишиджима (K. Nishijima), М. Гелл-Ман (M. Gell-Mann), 1953], *очарование* [Дж. Бьёркен (J. Bjorken), Ш. Глашоу (Sh. Glashow), 1964], *красота* [Х. Харари (H. Harari), 1975]. Уже названия приведённых характеристик отражают необычность описываемых ими свойств Э. ч.

Изучение внутр. 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 классич. механики и электродинамики, что потребовали для своего описания совершенно новых теоретич. построений. Такими новыми теориями явились прежде всего частная (спец.) *относительности теория* (Эйнштейн, 1905) и *квантовая механика* (Н. Бор, Л. де Бройль, В. Гейзенберг, Э. Шрёдингер, М. Борн; 1924—27). Теория относительности и квантовая механика ознаменовали 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 классич. полей (т. н. *вторичное квантование*) и разработка *квантовой теории поля*. Важнейшими этапами на пути её развития были: формулировка *квантовой электродинамики* (Дирак, 1929), квантовой теории бета-распада [Э. Ферми (E. Fermi), 1934] — предшественницы совр. феноменологической теории слабых взаимодействий, квантовой мезодинамики (Х. Юкава, 1935). Этот период завершился созданием последоват. вычислит. аппарата квантовой электродинамики [С. Томонага (S. Tomonaga), Р. Фейнман (R. Feynman), Ю. Швингер (J. Schwinger); 1944—49], основанного на использовании техники *перенормировки*. Эта техника была обобщена в дальнейшем и на др. варианты квантовой теории поля.

Существенный этап последующего развития квантовой теории поля был связан с разработкой представлений о т. н. *калибровочных полях* или *Янга — Миллса полей* (Ч. Янг, Р. Миллс, 1954), которые позволили установить взаимосвязь свойств *симметрии* взаимодействия с динамикой полей. Квантовая теория калибровочных полей в настоящее время является основой для описания взаимодействий Э. ч. У этой теории имеется ряд серьёзных успехов, и всё же она ещё очень далека от завершенности и не может пока претендовать на роль всеобъемлющей теории Э. ч. Возможно, понадобятся ещё не одна перестройка всех представлений и гораздо более глубокое понимание взаимосвязи свойств микрочастиц и свойств пространства-времени, прежде чем такая теория будет построена.