**Развитие современной физики в 1932 - 1954 гг.**

1932...1934гг.

В.А.Фок разработал методы описания систем с переменным количеством частиц (метод пространства Фока и метод функционалов Фока).

1932г.

А.Хиппель доказал электронную природу электрического пробоя (теория Хиппеля).

В.Гейзенберг ввел понятие изотонического спина как формальный математический прием. В 1936г. Б.Кассен и Э.Кондон выдвинули идею квантового числа, соответствующего полному изотоническому спину.

В.Гейзенберг развил представление об обменном характере ядерных сил. В этом же году он показал, что ядерные силы являются насыщающими (в 1933г. к этому пришел и Э.Майорана).

В.А.Фок вывел основные соотношения метода вторичного квантования и развил метод конфигурационного пространства для систем с переменным числом частиц.

Впервые расщеплено ядро частицами, ускоренными в циклотроне (Э.Лоуренс, М.Ливингстон, М.Уайт).

Выдвинута протонно-нейтронная гипотеза строения ядер (В.Гейзенберг, Д.Д.Иваненко).1932г.

Дж. Кокрофт и Э.Уолтон осуществили первую ядерную реакцию с искусственно ускоренными протонами – трансмутацию ядер лития. Через несколько месяцев эта реакция была осуществлена и в СССР (А.К.Вальтер, К.Д.Синельников, А.И.Лейпунский, Г.Д.Латышев).

Дж. Кокрофт и Э.Уолтон сконструировали установку для искусственного ускорения протонов – каскадный генератор (ускоритель Кокрофта – Уолтона).

И.Валлер предложил теорию спин-спинового дипольного взаимодействия в парамагнетиках.

И.Е.Тамм открыл уровни особого типа в кристаллах (уровни Тамма).

Изобретен электронный микроскоп (в 1939г. В.К.Зворыкин построил электронный микроскоп с увеличением в 100000 раз).

К.Андерсон открыл позитрон (в 1933г. это открытие подтвердили П.Блэкетт и Дж. Оккиалини).

Л.Неель предсказал антиферромагнетизм и разработал его теорию, введя в рассмотрение магнитные подрешетки.

Л.Розенфельд показал эквивалентность электродинамики Дирака и Гейзенберга – Паули.

Обнаружены протоны отдачи (И. и Ф.Жолио-Кюри).

Осуществлены первые ядерные превращения под действием нейтронов (Н.Фезер, Л.Мейтнер, У.Харкинс).

Открытие Дж. Чэдвиком нейтрона и вычисление его массы.

Открытие Ю.Вигнером симметрии относительно обращения времени (закон сохранения временной четности).

П.Дебай и Ф.Сирс установили, что плоская звуковая волна, проходя через жидкость, вызывает рассеяние определенного типа (эффект Дебая – Сирса).

П.Дирак предложил новую форму релятивистской квантовой механики.

Показано, что в отсутствие магнитного поля при температуре перехода имеет место скачок электронной теплоемкости, характерный для фазового перехода второго рода (В.Кеезом и др.).

Построение В.Гейзенбергом первой теории ядра, основанной на представлении о его протон-нейтронном составе.

Применение представления о квантовомеханическом туннелировании к рассмотрению выпрямления на контакте металл – полупроводник (А.Вильсон, Я.И.Френкель, А.Ф.Иоффе, Л.Нордтейм).

Разработан многовременной формализм, представляющий собой релятявистски инвариантную форму современной квантовой электродинамики (В.А.Фок, П.Дирак. Б.Подольский). В результате в течение 1929...1932гг. была создана квантовая электродинамика.

Разработка М.А.Леонтовичем и Л.И.Мандельштамом теории рассеяния света в твердых телах. Р.Хольм и В.Мейсснер установили, что контактное сопротивление между двумя металлами исчезает, когда они становятся сверхпроводниками.

Создан поляризационный интерферометр (А.А.Лебедев).

Ф.Блох дал качественную теорию обратимых процессов смещения в ферромагнетиках.

1933...1934гг.

В.М.Эльзассер высказал мысль, что особенно высокой устойчивостью обладают ядра с числом протонов или нейтронов, равным 2, 8, 20, 50, 82 и 126, – «магическими числами» (идея оболочечной модели ядра).

1933...1934гг.

Измерен магнитный момент дейтрона (О.Штерн, И.Эстерман).

1933...1934гг.

Э.Ферми разработал теорию бета-распада, в которой ввел новый тип взаимодействия – слабое. В 1936г. ее обобщили Дж. Гамов и Э.Теллер, введя взаимодействие Гамова – Теллера.

1933г.

Б.Росси открыл космические ливни.

В.Мейсснер и Р.Оксенфельд обнаружили, что сверхпроводник выталкивает приложенное снаружи магнитное поле (эффект Мейсснера).

Изобретен интерференционный микроскоп (В.П.Линник).

О.Штерн и О.Фриш измерили магнитный момент протона.

Открытие восточно-западной асимметрии космического излучения (Б.Росси).

Открыто явление образования электрона и позитрона из гамма-кванта (Ф. и И.Жолио-Кюри, К.Андерсон, П.Блэ-кетт, Дж.Оккиалини). Механизм этого явления установил в 1933г. Р.Оппенгеймер.

Открыты электронно-позитронные ливни в космических лучах (П.Блэкетт, Дж. Оккиалини).

П.Дирак выдвинул гипотезу о существовании антивещества.

П.Дирак постулировал эффект поляризации вакуума (в 1934г. это сделал В.Гейзенберг), теорию которого развил в 1936г. В.Вайскопф.

Получена тяжелая вода (Г.Льюис, Р.Магдональд). В 1934г. тяжелую воду получил А.И.Бродский (СССР).

Р.Оппенгеймер предсказал внутреннюю конверсию с образованием электронно-позитронных пар.

Разработан метод молекулярных орбиталей (Р.Милликен и др.).

Сконструирована камера Вильсона, управляемая счетчиками (П.Блэкетт, Дж. Оккиалини).

Установлена возможность получения мощных источников быстрых нейтронов при помощи ускорителей и открыты (d, n) и (р, n) реакции (Ч.Лауритсен).

Э.Ферми и Ф.Перрен пришли к выводу, что масса нейтрино равна нулю.

Экспериментально доказана справедливость принципа эквивалентности массы и энергии в ядерных реакциях (М.Олифант, Э.Резерфорд и др.).

Экспериментальное доказательство Ф.Жолио-Кюри и Ж.Тибо аннигиляции электронов и позитронов, предсказанной П.Дираком.

Ю.Вигнер и Ф.Зейтц предложили в теории твердого тела для численного определения волновых функций метод ячеек (метод Вигнера – Зейтца).

Ю.Вигнер показал, что ядерные силы имеют малую область действия, но в этой области они в миллионы раз больше электростатических сил в атоме.

1934г.

X. Крамере развил теорию косвенного обменного взаимодействия, проведя первый расчет косвенного обменного взаимодействия для неметаллических соединений, введя механизм сверхобмена. Эту теорию усовершенствовал в 1963г. Ф.Андерсон (схема Крамерса – Андерсона).

В.Гайтлер и Л.Нордгейм предсказали существование комптоновских процессов более высоких порядков, в которых в одном элементарном акте создаются два или более рассеянных квантов.

И.Ноддак предположила возможность существования деления ядер.

К.Гортер и X. Казимир разработали первую феноменологическую теорию сверхпроводимости (двухжидкостная модель Гортера – Казимира).

К.Гортер предложил для охлаждения метод ядерного адиабатического размагничивания, реализованный в 1955г. (в 1935г. идею ядерного охлаждения выдвинул и Ф.Саймон, он же подробно проанализировал необходимые экспериментальные условия ядерного охлаждения).

Наблюдение гамма-квантов от захвата нейтронов в водороде (в 1935г. это явление обнаружено в других элементах).

Осуществлена реакция синтеза дейтронов с образованием трития (Э.Резерфорд, М.Олифант, П.Хартек).

Открыта реакция захвата нейтрона протоном с испусканием гамма-кванта – радиационный захват (Д.Ли).

Открытие внутренней конверсии гамма-лучей с образованием электронно-позитронных пар (А.И.Алиханов, А.И.Алиханьян, Н.С.Козодаев).

Открытие И.К.Кикоиным и М.М.Носковым явления возникновения электрического поля в полупроводнике, помещенном в магнитное поле, при освещении его сильно поглощаемым светом (фотомагнитный эффект Кикоина – Носкова).

Открытие искусственной и позитронной радиоактивности (Ф. и И.Жолио-Кюри).

Открытие искусственной радиоактивности, обусловленной нейтронами (Э.Ферми).

Открытие Л.Сцилардом и Т.Чалмерсом явления расщепления бериллия гамма-квантами (эффект Сциларда – Чалмерса).

Открытие У.Беннетом явления сжатия плазмы собственным магнитным полем тока, протекающего по образцу линч-эффекта (в 1938г. этот эффект открыл также Л.Тонко).

Открытие ядерного фотоэффекта – фоторасщепления дейтрона (Дж. Чэдвик, М.Гольдхабер).

П.А.Черенков, работавший под руководством С.И.Вавилова, открыл свечение чистых прозрачных жидкостей под действием гамма-лучей (эффект Вавилова – Черенкова).

Первые измерения спина дейтрона.

Положено начало нейтронной физике (Э.Ферми).

Предложена первая приемлемая теория непрерывного бета-спектра.

Предсказан обратный бета-распад (Х.Бете, Р.Пайерлс).

Предсказаны нейтронные звезды (В.Бааде, Ф.Цвикки).

Разработана теория радиационных потерь электрона при движении в веществе (Х.Бете, В.Гайтлер).

Создан первый гелиевый ожижитель с поршневым детандером (П.Л.Капица).

Э.Ферми открыл явление замедления нейтронов в веществе.

1935г.

X. Юкава постулировал существование сильно взаимодействующего кванта ядерного поля (мезона) – частицы, осуществляющей взаимодействие между нуклонами (мезонная теория ядерных сил).

Дж. Чэдвик и М.Гольдхабер получили значение массы нейтрона и предсказали его бета-распад на протон, электрон и нейтрино. В этом же году возможность распада нейтрона предположили также X, Бете, М.Олифант, Э.Резерфорд.

Изобретен фазо-контрастный микроскоп (Ф.Цернике).

К.Вейцзеккер предложил полуэмпирическую формулу для энергии связи ядра.

Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц разработали теорию доменной структуры ферромагнетиков.

Обнаружение квадрупольного момента ядра (Г.Шюлер, Т.Шмидт).

Открыт изотоп уран-235 (А.Демпстер).

Открыта ядерная изомерия у искусственно радиоактивных изотопов (И.В.Курчатов, Б.В.Курчатов, Л.В.Мысовский, Л.И.Русинов).

Открыто сильное взаимодействие тепловых нейтронов с кадмием (Дж. Даннинг, Дж. Пеграм, Дж. Финк, Д.Митчелл).

Предложена теория фотоэлектрического расщепления дейтрона (X. Бете, Р.Пайерлс).

Предсказание двойного бета-распада и разработка его теории (М.Гепперт-Майер).

Проведены первые измерения сечения рассеяния медленных нейтронов протонами (Дж. Даннинг, Дж. Пеграм и др.).

Разработан первый селектор скоростей для медленных нейтронов (Дж. Даннинг, Дж. Пеграм, Д.Митчелл, Э.Сегре, Дж. Финк).

Разработана статистическая теория прочности (А.П.Александров, С.М.Журков).

Рассмотрена ядерная реакция срыва (Р.Оппенгеймер, М.Филлипс).

С.Я.Соколов предложил ультразвуковой микроскоп.

Установлен резонансный характер взаимодействия медленных нейтронов с ядрами (П.Мун, Дж. Тильман и др.).

Ф. и Г.Лондоны разработали феноменологическую теорию, описывающую свойства сверхтекучей жидкости в присутствии электромагнитного поля (уравнения Лон-донов).

Э.Юлинг вычислил эффект поляризации вакуума для водорода (эффект Юлинга).

1936г.

X. Бете и Р.Бэчер указали, что обратный бета-распад является процессом, вызываемым свободным нейтрино.

Введено понятие альбедо для случая диффузии нейтронов (Э.Ферми).

Впервые для исследования космических лучей применены фотопластинки (М.Блау).

Г.Брейт и Ю.Вигнер предложили дисперсионную формулу ядерных реакций (формула Брейта – Вигнера).

Г.Брейт, Э.Кондон и Р.Презент выдвинули гипотезу зарядовой независимости ядерных сил.

Записано уравнение для частиц со спином 1 и m0 ≠ 0 – уравнение Прока (А.Прока).

Изобретен автоэлектронный микроскоп (Э.Мюллер).

Начато изучение вирусов методами рентгеноструктурного анализа (Дж. Бернал).

Объяснение существования метастабильных состояний ядер (К.Вейцзеккер).

Открыта дифракция нейтронов (Д.Митчелл, X. Халбан и П.Прейсверк), предсказанная в 1936г. В.Эльзассером.

Предсказан -захват (X. Юкава, С.Саката). Открыт в 1937г. Л.Альваресом.

Разработана первая теория рассеяния протонов на протонах (Г.Брейт, Э.Кондон).

Создание капельной модели ядра (Н.Бор, Я.И.Френкель).

Создание Н.Бором теории составного ядра (компаунд-ядра).

Ф.Блох указал на поляризацию нейтронов при прохождении через намагниченное железо (эффект Блоха) и дал теорию явления.

Э.Ферми и Э.Амальди выполнили первые измерения сечения захвата нейтронов протонами.

1937...1938гг.

А.Ф.Иоффе сформулировал механизм выпрямления на границе полупроводника с металлом и полупроводником.

1937г.

X. Крамере выдвинул идею зарядового сопряжения как общего свойства симметрии фермионов.

Б.И.Давыдов предложил теорию электрического пробоя газов, основанную на представлении о ступенчатой ионизации атомов.

Г.Наджаков открыл фотоэлектреты.

Г.Ян и Э.Теллер сформулировали теорему, определяющую условия устойчивости симметричных конфигураций молекул (теорема Яна – Теллера). В 1939г. эту теорему обобщил на случай кристаллов Дж. Ван Флек.

Дж. Слэтер дал нетривиальную теорию ферромагнетизма в металлах, частично основанную на использовании функций Ванье.

И.Раби разработал магнитный резонансный метод определения ядерных моментов.

Изобретен электронный растровый микроскоп (М.Арденне).

Л.Альварес открыл K-захват.

Л.Д.Ландау разработал теорию промежуточного состояния сверхпроводников, понятие о котором ввели в 1936г. Р.Пайерлс и Ф.Лондон (подтверждена экспериментально в 1947г. А.И.Шальниковым и др.).

Л.Д.Ландау разработал теорию фазовых переходов второго рода, понятие о которых ввел в 1933г. П.Эренфест.

Открыта первая межзвездная молекула СН.

Первое наблюдение «звезд» в космических лучах (М.Блау, Г.Вамбахер).

Разработаны основы каскадной теории развития ливней в космических лучах (X. Баба, В.Гайтлер, Дж. Карлсон, Р.Оппенгеймер).

Разработка И.Е.Таммом и И.М.Франком теории эффекта Вавилова – Черенкова.

Синтезирован первый искусственный элемент – технеций (Э.Сегре, К.Перье).

Т.Шмидт на основании одночастичных представлений нашел зависимость между магнитными моментами и спинами ядер (модель Шмидта).

Установлено кинетическое уравнение для плазмы (Л.Д.Ландау).

Ю.Вигнер предложил однородную модель ядра (модель Вигнера).

Ю.Вигнер указал на связь изотопического спина с зарядовой независимостью ядерных сил.

1938...1939гг.

Открыт углеродно-азотный цикл термоядерных реакций (X. Бете, К.Вейцзеккер).

1938г.

X. Юкава и С.Саката построили скалярную теорию ядерных сил, а Г.Фрелих, В.Гайтлер и Н.Кеммер – векторную.

А.А.Власов предложил уравнение для описания плазмы, учитывающее коллективные взаимодействия между частицами (уравнение Власова).

В СССР разработаны люминесцентные лампы (С.И.Вавилов).

Введение нейтрального мезона для объяснения зарядовой независимости ядерных сил (X. Юкава, С.Саката, М.Такетани). Нейтральный мезон также предсказали Г.Фрелих, В.Гайтлер и Н.Кеммер.

Выполнен первый расчет модели нейтронной звезды (Р.Оппенгеймер, К.Волков, Л.Д.Ландау).

К.Андерсон и С.Неддермейер наблюдали частицу космических лучей, остановившуюся в камере Вильсона после прохождения металлической пластинки, и определили ее массу ~ 240 m (открытие мю-мезона). Данные о существовании этой частицы получили еще в 1936г. Андерсон и Неддермейер и в 1937г. Стрит и Стивенсон, но эти данные не были достаточно убедительными.

Обнаружена нестабильность мезона космических лучей (Г.Куленкампф).

Обнаружено испускание электронов внутренней конверсии веществами, захватывающими нейтроны (Дж. Гофман, Р.Бэчер).

Открыт протон-протонный цикл термоядерных реакций как источник энергии звезд (X.Бете, К.Критчфильд).

Открытие П.Л.Капицей и Дж. Ф.Алленом явления сверхтекучести гелия II.

Открыто явление деления ядра урана (О.Ган, Ф.Штрассманн), предсказанное в 1934г. И.Ноддак.

Открыты широкие атмосферные ливни (П.Оже, В.Кольхерстер).

П.Л.Капица создал турбодетандер для сжижения воздуха.

Разработана математическая теория каскадных ливней (Л.Д.Ландау, Ю.Б.Румер).

Экспериментально открыто явление антиферромагнетизма (Г.Биссетт и др.).

1939г.

В.А.Фабрикант указал на возможность усиления света за счет индуцированного излучения.

Введение термина нуклон (Белинфант).

Выдвинута идея использования графита как замедлителя нейтронов (Дж. Пеграм, Л.Сцилард, Э.Ферми, Г.Плачек).

И.Нишина показал, что торий-232 делится быстрыми нейтронами.

И.Раби обнаружил и измерил квадрупольный момент дейтрона, теорию которого дали в 1941г. В.Рарита и Ю.Швингер, введя дополнительные нецентральные силы, зависящие от спина (тензорные силы).

Измерен энергетический спектр нейтронов деления урана и получено наиболее близкое к современному значение среднего числа вторичных нейтронов на один акт деления (В.Зинн, Л.Сцилард).

Изобретена диффузионная камера (Лангсдорф).

Интерпретация Л.Мейтнер и О.Фришем экспериментов О.Гана и Ф.Штрассманна как распада ядра урана на два осколка почти одинаковой массы. Введение Л.Мейтнер понятия «деление ядра».

Н.Бор совместно с Дж. Уилером дали количественную интерпретацию деления ядра, введя параметр деления. В этом же году электрокапиллярную теорию деления ядер медленными нейтронами развил Я.И.Френкель.

Обнаружен механокапорический эффект в гелии (Дж. Даунт, К.Мендельсон).

Обоснована возможность протекания в уране цепной ядерной реакции деления (Л.Сцилард, Ю.Вигнер, Э.Ферми, Дж. Уилер, Ф.Жолио-Кюри, Я.Б.Зельдович, Ю.Б.Харитон). Идею цепной ядерной реакции выдвинул в 1934г. Сцилард.

Открыт 87-й элемент – Франций (М.Перей).

Открытие запаздывающих нейтронов (Р, Роберте, Р, Мейер, П.Ванг).

Открытие испускания вторичных нейтронов при делении (Л.Сцилард, Э.Ферми, Г.Андерсон, В.Зинн, Ф.Жолио-Кюри, X. Халбан, Л.Коварски).

Предсказание «черных дыр» (Р.Оппенгеймер, Г.Снайдер).

Предсказание Я.И.Френкелем и Н.Бором спонтанного деления ядра.

Э.Стонер выдвинул метод, связывающий молекулярное поле Вейсса с зонной структурой.

Экспериментальное доказательство деления ядра урана на два осколка и непосредственное измерение энергии деления (О.Фриш, Ф.Жолио-Кюри, Г.Андерсон, Дж. Даннинг).

1940...1941гг.

Создание Л.Д.Ландау теории сверхтекучести гелия II, в которой, в частности, предсказано существование в гелии второго звука.

1940г.

В.Гайтлер ввел представление о высших спиновых и зарядовых состояниях.

В.Паули доказал теорему о связи статистики и спина, показав, что система одинаковых частиц с полуцелым спином описывается антисимметричной волновой функцией (статистика Ферми – Дирака), а с целым спином – симметричной волновой функцией (статистика Бозе – Эйнштейна).

Выделен чистый уран-235 (Дж. Даннинг, А.Нир).

Г.Лондон измерил поверхностное сопротивление сверхпроводников.

Доказано, что уран-235 делится медленными нейтронами (Ю.Бут, Дж. Даннинг, А.Гросс).

Измерен магнитный момент свободного нейтрона (Л.Альварес, Ф.Блох).

К.Меллер и Л.Розенфельд постулировали существование псевдоскалярного и векторного мезонных полей.

Открыт 85-й элемент – астатин (Э.Сегре, Д.Корсон, К.Маккензи).

Открыто явление спонтанного деления ядер урана-235 (Г.Н.Флеров, К.А.Петржак).

Открыты проникающие ливни в космических лучах (Дж.Рочестер, Л.Яноши).

Получено прямое подтверждение спонтанного распада μ+ мезона.

Получены данные, свидетельствующие о возможности протекания в системе с ураном и тяжелой водой цепной ядерной реакции деления (X. Халбан, Л.Коварски).

Получены данные, свидетельствующие, что при определенных условиях можно управлять цепной реакцией под действием медленных нейтронов.

Построен бетатрон (Д.Керст). Идею индукционного ускорения частиц независимо выдвинули в 1922г. Дж. Слепян и Р.Видероэ.

Предсказано существование мезоатомов (С.Томонага, Дж. Араки). В 1947г. это также сделали Дж. Уилер, Э.Ферми и Э.Теллер.

Разработана статистическая модель ядра (В.Вайскопф).

Синтезирован 94-й элемент – плутоний (Г.Сиборг, А.Валь, Дж. Кеннеди, Э.Сегре).1940г.

Синтезирован первый трансурановый элемент – нептуний (Э.Макмиллан, Ф.Абельсон).

1941г.

Б.М.Понтекорво осуществил нейтронный каротаж.

В.Гайтлер построил квантовую теорию радиационного затухания, применив ее к мезон-нуклонному рассеянию.

В.Паули показал, что закон сохранения электрического заряда связан с инвариантностью относительно калибровочных преобразований.

Введена единица ядерного сечения – барн.

Г.Вентцель разработал теорию сильной связи для случая скалярного поля Юкавы, в которой предсказал нуклонные изобары.

Дж. Ван Флек дал трактовку антиферромагнетизма.

Измерение Ф.Разетти времени жизни покоящегося мезона.

Открыт изотоп уран-233 (Г.Сиборг и др.).

П.Л.Капица наблюдал температурный скачок на границе твердого тела, через которую идет тепло к сверхтекучему гелию (температурный скачок Капицы).

Подтверждение релятивистского эффекта Допплера (Г.Айве, Дж. Стиллуэлл).

Получено прямое доказательство в экспериментах на воздушных шарах, что первичные космические лучи состоят главным образом из протонов.

Построена первая экспериментальная система с уран-графитовой решеткой (Э.Ферми).

Синтезирован расщепляющийся изотоп плутоний-239 и доказано, что он делится медленными нейтронами (Г.Сиборг, Э.Макмиллан и др.).

1942...1943гг.

Б.Росси предложил метод запаздывающих совпадений для определения времени жизни мезона и получил значение, хорошо согласующееся с принятым ныне.

1942г.

2 декабря осуществлена цепная ядерная реакция деления ядер урана в первом ядерном реакторе (Э.Ферми, Г.Андерсон, В.Зинн).

1942г.

Американский физик Дж.Аллен впервые провел успешный косвенный опыт по доказательству существования нейтрино. Регистрировались ядра отдачи, возникающие вследствие испускания нейтрино при захвате орбитальных электронов (впервые эксперимент с ядрами отдачи поставил в 1936г. А.И.Лейпунский).

1942г.

Л.Брэгг предложил метод восстановления кристаллической структуры по ее дифракционной картине (идея рентгеновского микроскопа).

1942г.

Обнаружены солнечные космические лучи.

1942г.

Предложена стационарная модель Вселенной (Г.Бонди, Т.Голд, Ф.Хойл).

1943г.

Введение В.Гейзенбергом понятия матрицы рассеяния, или S-матрицы (впервые S-матрицу предложил в 1937г. Дж. Уилер).

1943г.

Г.Вентцель высказал идею скалярных и векторных мезонов.

1943г.

Дж.Клеменс привел подтверждение смещения перигелия Меркурия, предсказанного общей теорией относительности.

1943г.

Л.Яноши предложил механизм рождения мезонов космических лучей – процесс многократного рождения (теория Яноши).

1943г.

М.Олифант выдвинул идею кольцевого магнита в ускорителях.

1943г.

С.Саката независимо от И.Таникавы выдвинул гипотезу двух мезонов, прямое подтверждение которой было получено в 1947г. К подобной гипотезе в 1947г. пришли X. Бете и Р.Маршак.

1944г.

В.И.Векслер выдвинул идею микротрона.

В.И.Векслер открыл новый принцип ускорения частиц – принцип автофазировки, который лег в основу создания новых ускорителей заряженных частиц – фазотрона, синхротрона, синхрофазотрона, микротрона; дал его математическую теорию. В 1945г. этот же принцип предложил Э.Макмиллан. Идею автофазировки в 1934г. выдвинул Л.Сцилард.

Л.Онсагер разработал теорию термодинамических свойств плоской решетки (теория Онсагера).

Обнаружены высокие сегнетоэлектрические свойства у титаната бария (Б.М.Вул).

Открытие Е.К.Завойским электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), предсказанного в 1923г. Я.Г.Дорфманом.

Построен первый ядерный реактор на природном уране с тяжелой водой в качестве замедлителя (Аргоннская национальная лаборатория).

Предсказание Д.Д.Иваненко и И.Я.Померанчуком синхротронного излучения (открыто в 1946г. Блюитом).

Синтезирован 95-й и 96-й элементы – америций и кюрий (Г.Сиборг, Р.Джеймс, Л.Морган, А.Гиорсо).

Создана актинидная теория, играющая важную роль для систематики и предсказания свойств тяжелых трансурановых элементов (Г.Сиборг).

Экспериментально обнаружено явление второго звука в гелии II (В.П.Пешков).

1945...1946гг.

Построена первая электронная цифровая вычислительная машина (США). В СССР ЭЦВМ разработана в 1950г.

1945г.

16 июля осуществлен первый экспериментальный ядерный взрыв (пустыня Аламогордо).

В.Л.Гинзбург и И.М.Франк предсказали переходное излучение, открытое в 1958г.

Введение И.Е.Таимом приближенного метода в квантовой теории поля. В 1950г. этот же метод сформулировал и американский физик С.М.Данков (метод Тамма – Данкова).

Измерен коэффициент размножения на быстрых нейтронах (А.Снелл и др.).

Изобретен кристаллический счетчик (Г.Ван Хеерден).

Разработана термодинамическая теория сегнетоэлектрических явлений (В.Л.Гинзбург).

Разработка английским ученым Ф.Хойлом гипотезы образования звезд из диффузной материи вследствие гравитационного сжатия.

Создан нейтронный спектрометр.

Созданы первые атомные бомбы (США).

1946...1948гг.

Дж, Гамов разработал теорию синтеза химических элементов и теорию «горячей Вселенной».

1946...1948гг.

Заложены основы нейтронографии (Э.Ферми и др.).

1946г.

26 декабря осуществлена цепная ядерная реакция в первом советском ядерном реакторе (И.В.Курчатов).

Б.М.Понтекорво предложил метод детектирования нейтрино в реакции Cl37 + ν → Ar37 + e–.

Дж. Гриффитс открыл ферромагнитный резонанс (в 1947г. его наблюдал Е.К.Завойский).

Дж. Даунт и К.Мендельсон постулировали существование энергетической щели для возбужденных состояний, которые вносят вклад в электронную теплоемкость.

Открыт первый дискретный радиоисточник – Лебедь А.

Открыт ядерный магнитный резонанс (Ф.Блох, Э.Парселл, Р.Паунд).

Получено значение константы деления урана (Дж. Шарф-Гольдхабер, Дж. Клайбер).

Получены холодные нейтроны (Э.Ферми, Г.Андерсон. Д.Митчелл).

Построен первый линейный ускоритель электронов с бегущей волной (Дж. Фрай и др.).

Построен радиоинтерферометр (Д.А.Пози, М.Райл).

Построен ускоритель, основанный на принципе автофазировки (Говард, Барнес).

Р.Вильсон предложил использовать в лучевой терапии тяжелые заряженные частицы, в частности протоны. В 1954г. в Беркли впервые применено облучение протонами.

Разработан спектрометр с двойной фокусировкой (К.Зигбан, Н.Свартхольм).

С.И.Пекар ввел представление о поляронах.

Создана ядерная фотоэмульсия высокой чувствительности (С.Пауэлл).

У.Либби разработал радиоуглеродный метод геохронологии («атомные часы»).

1947г.

Выдвинут принцип перенормировки массы (X. Крамере).

Г.Снайдер выдвинул идею квантования пространства, предложив схему релятивистского квантования пространства – времени.

И.Геттинг предложил использовать излучение Вавилова – Черенкова для регистрации быстрых частиц (идея черен-ковского счетчика).

Изобретение сцинтилляционного счетчика (X. Кальман).

Н.Н.Боголюбов предложил метод приближенного вторичного квантования.

Открыт 61-й элемент – прометий (Дж. Марийский и др.).

Открыты заряженные пионы и явление π – μ-πаспада (С.Пауэлл, Дж. Оккиалини).

Открыты звездные ассоциации (группы молодых звезд), чем было подтверждено, что процесс звездообразования во Вселенной продолжается и ныне (В.А.Амбарцумян).

Первое наблюдение заряженных и нейтральных каонов (Дж. Рочестер, К.Батлер). Однако общепринятое открытие этих частиц относится к 1949г. (С.Пауэлл и др.).

Создание формально ковариантной теории возмущений.

Сооружен первый английский ядерный реактор.

У.Лэмб и Р.Ризерфорд провели опыт по наблюдению тонкой структуры уровней атомов водорода и дейтерия (опыт Лэмба – Ризерфорда), результатом чего было измерение сдвига уровней (лэмбовский сдвиг). Этот эффект Лэмба – Ризерфорда (дублетное расщепление термов водорода) был объяснен в 1947г. X. Бете.

Экспериментально доказано, что мюон не является сильновзаимодействующей частицей (М.Конверси, Э.Панчини, О.Пиччиони).

1948...1949гг.

Выдвинута гипотеза о существовании универсального слабого взаимодействия и кванта этого взаимодействия – W+ бозона (О.Клейн, Т.Ли, Дж. Пуппи, Дж. Уилер и др.).

1948...1949гг.

Первые ковариантные вычисления собственной энергии электрона (Ю.Швингер, Р.Фейнман).

1948г.

А.Снелл и Л.Миллер экспериментально обнаружили бета-распад нейтрона. В 1951г. это также сделал Дж. Робсон, измерив к тому же период его полураспада.

Завершено создание современной квантовой электродинамики (С.Томонага, Р.Фейнман, Ю.Швингер).

Изобретен искровой счетчик (Дж. Кейфель).

Изобретение нейтронной радиографии (Х.Кальман).

Искусственное получение мезонов (Э.Гарднер, Ч.Латтес).

К.Гортер предложил метод получения ориентированных ядер.

М.Гепперт-Майер предположила существование сильного спин-орбитального взаимодействия между нуклонами, что просто объяснило магические числа (к этой же идее в 1950г. пришли О.Хаксель, X. Йенсен и Г.Зюсс). Эксперимэнтальное подтверждение спин-орбитальное взаимодействие получило в 1952г.

Н.Винер дал систематическое изложение идей и методов кибернетики, чем положил начало этой науки.

Объяснение сильного магнетизма ферритов, создание теории ферримагнетизма (Л.Неель).

Открыт транзисторный эффект и построен кристаллический триод с точечным контактом – первый полупроводниковый транзистор (Дж. Бардин, У.Браттейн).

Открытие в первичных космических лучах тяжелых ядер.

Открытие голографии Д.Габором.

П.Каш экспериментально обнаружил и измерил аномальный магнитный момент электрона, предсказанный и вычисленный Ю.Швингером.

Первое наблюдение когерентного рассеяния нейтронов (К.Шулл и др.).

Предсказание пучковой неустойчивости в газоразрядной плазме (Дж. Пирс; А.И.Ахиезер и Я.Б.Файнберг; Д.Бом и Гросс).

Расшифровано строение стрихнина (Ж.М.Биво).

Синтезирован 97-й элемент – берклий (Г.Сиборг, С.Томпсон, А.Гиорсо, К.Стрит-младший).

Создание А.С.Давыдовым теории поглощения света в молекулярных кристаллах и открытие расщепления невырожденных внутримолекулярных термов («давыдовское расщепление») в молекулярных кристаллах.

Сооружен первый микротрон, идею которого высказал В.И.Векслер.

Сооружен первый французский ядерный реактор 20Е.

У.Шокли и Дж. Пирсон обнаружили эффект поля, имевший важное значение для изобретения транзистора.

Э.Л.Андроникашвили экспериментально доказал существование в гелии II двух компонент – нормальной и сверхтекучей.

1949...1950гг.

В СССР начаты работы по созданию реакторов на быстрых нейтронах.

1949...1950гг.

Создана оболочечная модель ядра (М.Гепперт-Майер. Х.Йенсен).

1949г.

29 августа испытана первая советская атомная бомба (И.В.Курчатов).

Измерение дрейфовой подвижности электронов и дырок в полупроводниках (У.Шокли, Дж. Пирсон, Дж. Хайнс).

Л.Онсагер предсказал возникновение квантованных вихрей в сверхтекучей компоненте жидкого гелия, движущейся с закритической скоростью, при температурах ниже точки фазового перехода. Экспериментально эта гипотеза была подтверждена в 1961г. В.Вайненом.

Наблюдение L-захвата (Б.М.Понтекорво).

Наблюдение процесса фоторождения пионов.

Осуществлен пуск первого советского тяжеловодного реактора (А.И.Алиханов).

Получение поляризованных пучков нейтронов (Д.Юз, М.Берджи).

Р.Видероэ выдвинул идею встречных пучков, в дальнейшем развитую Д.Керстом и Г.И.Будкером.

Р.Пенроуз впервые наблюдал сверхтонкую структуру электронного парамагнитного резонанса.

Р.Фейнман предложил графический метод представления амплитуд рассеяния частиц (диаграммы Фейнмана).

Разработан метод перенормировок в квантовой электродинамике.

Создание А.Ф.Иоффе теории термоэлектрических преобразователей.

У.Шокли разработал теорию p-n-перехода (теория Шокли) и предложил p-n-р-транзистор.

Э.Ферми и Ч.Янг выдвинули идею, что пионы можно рассматривать как системы, составленные из нуклонов и антинуклонов (первая модель составной элементарной частицы).

Э.Ферми предложил теорию галактического происхождения космических лучей.

Экспериментально подтвержден обменный характер ядерного взаимодействия между протоном и нейтроном (Бракнер и др.).

Ю.Вигнер сформулировал закон сохранения числа барионов (первое отчетливое выражение этого закона содержалось уже в работе Э.Штюкельберга в 1938г.).

1950...1952гг.

Высказана идея сильной фокусировки (И.Кристофилос; Э.Курант, М.Ливингстон, Г.Снайдер).

1950...1952гг.

Построена коллективная модель ядра (О.Бор, Б.Моттельсон). Вклад в разработку этой модели внесли также Дж.Рейнуотер (1950г.), Д.Хилл и Дж.Уилер (1953г.).

1950г.

А.Кастлер разработал метод оптической накачки.

Б.Липпман и Ю.Швингер разработали в формальной теории рассеяния вариационный и вычислительный методы (уравнение Липпмана – Швингера).

В.Л.Гинзбург и Л.Д.Ландау разработали полуфеноменологическую квантовую теорию сверхпроводимости.

Выдвинута гипотеза, что источником космических лучей являются сверхновые звезды (Д.Хаар). В 1956г. ее подтвердил С.Хаякава.

Выдвинута идея термоизоляции горячей плазмы магнитным полем, положенная в основу работы всех термоядерных установок (И.Е.Тамм и др.).

Г.Фрелих развил теорию сверхпроводимости, основанную на рассмотрении электронно-фононного взаимодействия (модель Фрелиха), которая указывала на существование изотонического эффекта. Аналогичную попытку построения теории предпринял в 1951г. Дж. Бардин, в 1952г. он провел вычисления притяжения между электронами, обусловленного обменом виртуальными фононами.

Дж. Бардин и У.Шокли ввели представление о потенциале деформации применительно к полупроводникам.

Дж. Рейнуотер предложил сфероидальную модель ядра.

И.Я, Померанчук предложил новый метод охлаждения, основанный на уникальных свойствах Не при низких температурах (эффект Померанчука), реализованный в 1965г., и развил качественную теорию жидкого Не.

М.Прайс предложил метод спин-гамильтониана, развитый затем им самим и А.Абрагамом.

М.Розенблют рассчитал дифференциальное сечение упругого рассеяния электронов на протонах (формула Розенблюта).

Наблюдение резонансного рассеяния на ядре (Р.Дрессел, М.Гольдхабер, А.Хансон), предсказанного в 1948г. Гольдхабером и Э.Теллером.

Открыт изотонический эффект (Э.Максвелл, К.Рейнольдс), что явилось свидетельством связи сверхпроводимости с взаимодействием между электронами и колебаниями решетки (фононами).

Открыт нейтральный пи-мезон π0 (Р.Берклунд, В.Крендалл, Б.Боймер, Г.Йорк). Убедительные доказательства его существования дали В.Панофский и Дж.Штейнбергер, наблюдавшие его фоторождение.

Получено первое детальное изображение молекулы с помощью автоэмиссионного микроскопа (Э.Мюллер).

Предсказание реликтового излучения Вселенной.

Разработана теория множественного образования мезонов космических лучей (Э.Ферми).

Синтезирован 98-й элемент – калифорний (Г.Сиборг, С.Томпсон, А.Гиорсо, К.Стрит-младший).

Советским ученым Л.С.Стильбансом создан первый термоэлектрический полупроводниковый холодильник, основанный на использовании эффекта Пельтье.

Ф.Андерсон разработал количественную теорию ферримагнетизма.

Ф.Лондон предположил существование квантования магнитного потока в сверхпроводнике.

Х.Альфвен открыл магнитогидродинамические (альфве-новские) волны и заложил основы магнитной гидродинамики.

Э.Парселл и Р.Паунд впервые наблюдали индуцированное излучение.

Э.Хан наблюдал спиновое эхо.

Экспериментально подтвержден слабый магнетизм в бета-распаде (Л.Мишель).

1951г.

X.Бете и Э.Солпитер сформулировали релятивистское уравнение для описания связанных состояний (уравнение Бете – Солпитера).

А.Салам дал полный анализ перенормировки в квантовой электродинамике.1951г.

Б.С.Джелепов предсказал протонную радиоактивность, Скрыта в 1970г. Дж. Черны.

В.А.Фабрикант, М.М.Вудынский и Ф.А.Бутаева установили явление усиления электромагнитных волн индуцированным излучением (идея квантового усилителя).

Вступил в строй первый экспериментальный реактор-размножитель EBR-1 с расширенным воспроизводством топлива (бридерный реактор), построенный в Аргоннской национальной лаборатории, от которого впервые получена электрическая энергия (В.Зинн).

Выдвинута гипотеза о парном рождении странных частиц (И.Намбу, К.Нишиджима, И.Ямагучи, Онеда). В 1952г. к этой идее пришел А.Пайс.

Изобретен автоионный микроскоп (Э.Мюллер).

Л.Вутерс наблюдал поляризацию при рассеянии нейтронов протонами.

Обнаружена трехквантовая аннигиляция (Дж. Рич, С.Дебенедетти).

Определен спин заряженных пионов и измерено их среднее время жизни.

Определение массы и четности нейтрального пиона (В.Панофский).

Определены значения масс π± (В.Баркас, Э.Гарднер и др.).

Открыт лямбда-нуль-гиперон Λ° (Р.Арментерос, К.Баркер, К.Батлер, А.Кашон, А.Чепмен).

Открыт позитроний (М.Дейч, Э.Дулит). Теоретически существование позитрония было предсказано С.Мохоровичичем.

Открытие К.Гортером антиферромагнитного резонанса.

Р.Ястров выдвинул идею о существовании отталкивания между нуклонами па малых расстояниях.

Созданы германневые фотодиоды.

У.Шокли предсказал эффект насыщения в полупроводниках.

Ч.Киттель и независимо от него Т.Нагамийя развили теорию антиферромагнитного резонанса.

Экспериментально доказано существование экситонов (Е.Ф.Гросс, Н, А.Карыев), постулированных в 1931г. Я.И.Френкелем.

Экспериментально обнаружено радиоизлучение нейтрального межзвездного водорода на волне 21 см (Э.Парселл, Х.Юпн), предсказанное в 1944г. X. Ван дер Хюлстом.

1952...1953гг.

Открыты радиогалактики (В.Бааде, Г.Минковский).

1952г.

А.А.Абрикосов предсказал существование сверхпроводников II рода.

Выполнен эксперимент по регистрации ядер отдачи, возникающих при электронном захвате в аргоне (Дж. Родебак, Дж. Аллен). Тем самым было доказано соблюдение закона сохранения импульса при испускании нейтрино.

Г.И.Будкер выдвинул идею удержания плазмы магнитным полем, силовые линии которого имеют места сгущений (магнитные пробки).

Д.Глезер изобрел пузырьковую камеру.

Идентифицирован 99-й элемент – эйнштейний – из осколков, образовавшихся в первом термоядерном взрыве (Г.Сиборг, А.Гиорсо, С.Томпсон и др.).

К.Брюкнер и К.Ватсон развили теорию фоторождения мезонов.

Л.Спитцер выдвинул идею стелларатора.

Наблюдение Э.Ферми и Г.Андерсоном первой резонансной частицы – пион-нуклонного резонанса.

Наблюдение электронного парамагнитного резонанса в металлах (Т.В.Грисуолд и др.).

Осуществлено неуправляемое высвобождение большого количества термоядерной энергии в первом экспериментальном термоядерном взрыве (о. Бикини).

Открыт кси-минус-гиперон Ξ– (Р.Арментерос, К.Баркер, К.Батлер, А.Кашон, К.Йорк).

Открытие резонансного комбинационного рассеяния света (П.И.Шорыгин, Т.М.Иванова).

Открыто излучение нейтронов и жестких гамма-лучей во время мощных импульсных разрядов в газах (Л.А.Арцимович, М.А.Леонтович и др.).

Открыты пи-мезоатомы (М.Камак).

Первые измерения времени жизни μ– -мезонов (Дж. Кейфель и др.).

Разработан полупроводниковый термостолбик (Э.Шварц).

С.А.Альтшулер открыл акустический парамагнитный резонанс и разработал его теорию.

Сформулировано правило отбора по G-четности (А.Пайс, Р.Иост).

Э.В.Шпольский открыл эффект, названный его именем (эффект Шпольского).

1953...1954гг.

Введено понятие странности и открыт закон сохранения странности (М.Гелл-Манн, К.Нишиджима). Ими же проведено обобщение принципа изотонической инвариантности и распространение его на пионы и гипероны, сформулирована формула Гелл-Манна – Нишиджимы. В рамках своей схемы М.Гелл-Манн предсказал сигма-нуль- и кси-нуль-гипероны.

1953г.

12 августа впервые испытана водородная бомба (И.В.Курчатов).

А.Оверхаузер предсказал эффект, названный его именем (эффект Оверхаузера), и впервые рассчитал время парамагнитной релаксации в металлах. Эффект Оверхаузера экспериментально обнаружили в 1953г. Т.Карвер и Ш.Шлихтер.

А.Пиппард модифицировал модель сверхпроводимости Лондонов на основе представлений о длине когерентности, предложив нелокальную теорию сверхпроводников (уравнение Пиппарда).

В.Фитч и Дж. Рейнуотер измерили радиусы ядер в области значений Z от 13 до 83, показав, что ядерный радиус равен 1,2·10–13 см.

Выдвинута гипотеза зарядовой независимости сильных взаимодействий (Р.Сакс). К этой же идее в 1955г. пришли Х.Бете и Ф.Гоффманн.

Выработана современная терминология элементарных частиц (бариоиы, гипероны, лептоны) и символика.

Идентифицирован 100-й элемент – фермий – из осколков, образованных в первом термоядерном взрыве (Г.Сиборг, А.Гиорсо, С.Томпсон и др.).

Искусственное получение каонов.

Л.Шифф вычислил сечение упругого рассеяния электрона на дейтроне.

Л.Д.Ландау и И.Я.Померанчук разработали теорию тормозного излучения электронов высокой энергии в средах.

М.А.Леонтович и С.М.Осовец разработали теорию нестационарного пинч-эффекта.

Обнаружено кулоновское возбуждение ядер, предсказанное в 1938г. В.Вайскопфом.

Открыт сигма-плюс-гиперон Σ+.

Открытие М.Данышем и Е.Пневским гиперъядер (гиперфрагментов).

Открыто явление оптической ориентации парамагнитных атомов (А.Кастлер).

Открыты мю-мезоатомы (В.Фитч, Дж. Рейнуотер).

Первое экспериментальное подтверждение существования энергетической щели (Б.Гудман, А.Браун). Непосредственное определение значения энергетической щели дано в 1957...1960гг. М.Тинкхамом.

Показано, что можно создать бомбу, основанную на делении ядер и их синтезе (атомно-термоядерная бомба).

Р.Далитц предложил метод определения квантовых чисел резонансов – изоспина, спина и четности (диаграммы Далитца).

Развита оптическая модель ядерных реакций (В.Вайскопф, Г.Фешбах, К.Портер).

Расшифрована структура молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК (Ф.Крик, Дж. Уотсон).

У.Шокли предложил один из первых методов определения эффективной массы в полупроводниках.

Экспериментально открыт циклотронный резонанс в металлах (Дж. Дрессельхаузен и др.), предсказанный в 1951г. Я.Г.Дорфманом и Р.Динглом.

Экспериментально подтвержден механизм генерации странных частиц, их ассоциативное рождение в сильных взаимодействиях и распад – в слабых (У.Фаулер, Р.Шутт, Д.Торндайк, У.Виттемор).

Я.Б.Зельдович (независимо от Д.Маркса, Э.Конопинского и Г.Махмуда) ввел понятие лептонного числа и сформулировал закон сохранения лептонного заряда.

1954...1955гг.

Дж. Чу и Ф.Лоу рассчитали мезон-нуклонное рассеяние при низких энергиях, использовав нерелятивистскую статистическую форму мезонной теории с неточечным источником, и получили выражение для эффективного радиуса взаимодействия в π – N-рассеянии (модель Чу – Лоу).

1954...1956гг.

Возникновение проблемы тау- и тэта-мезонов (τ- и θ-частиц), или(τ – θ)-οарадокса, который привел к гипотезе о несохранении четности в слабых взаимодействиях.

1954г.

27 июня вступила в строй первая в мире атомная электростанция мощностью 5000 кВт в г. Обнинске (Д.И.Блохинцев, А.К.Красин и др.)

В Беркли (США) начал работать протонный синхрофазотрон на 6млрд.эв.

К.Зигбан разработал рентгеноэлектронную спектроскопию.

М.Гелл-Манн, М.Гольдбергер и В.Тирринг предложили метод дисперсионных соотношений в рамках квантовой теории поля, строго обоснованный в 1956г. Н.Н.Боголюбовым для пион-нуклонного рассеяния.

Начало разработки нового метода синтеза ядер, основанного на использовании ускоренных тяжелых ионов углерода, кислорода, неона и др.

Обнаружено диффузное охлаждение нейтронов (И.М.Франк).

Осуществлен квантовомеханический расчет зонной структуры германия и кремния (Ф.Херман, Д.Дженкинс).

Открыт акустоэлектрический эффект (Р.Парментер).

Открыт сигма-минус-гиперон Σ– (С.Дебенедетти, С.Гарелли, Л.Таллоне, М.Вигоне).

Открыта поляризация пучка протонов при прохождении через водородную мишень (С.Оксли).

Подтвержден эффект поляризации вакуума (М.Стирнс).

Получение странных частиц в лабораторных условиях.

Предложено использовать p-n-переходы для преобразования ядерной энергии в электрическую (У.Пфанн, У.Русбек, П.Раппапорт).

Предсказание - и -мезонов (М.Гелл-Манн, А.Пайс).

Сконструированы солнечные батареи из последовательно соединенных кремниевых p-n-переходов (Д.Чаплин, К.Фуллер, Дж. Пирсон).

Созданы кремниевые фотодиоды.

Созданы первые квантовые генераторы – молекулярные генераторы на пучке молекул аммиака (Н.Г.Басов, А.М.Прохоров, Ч.Таунс), чем положено начало квантовой электронике. Идеи практического использования индуцированного излучения для усиления и генерации были выдвинуты в 1951...1952гг. Ч.Таунсом, А.М.Прохоровым, Н.Г.Басовым и Дж. Вебером.

Ч.Янг и Р.Миллс разработали теорию векторного мезонного поля (теория компенсирующих полей Янга – Миллса), предложив калибровочный принцип.

Я.Б.Зельдович предсказал бета-распад заряженных пионов.