**Период революционных изменений в физике**

**Научные открытия 1895 - 1904 гг.**

1895г.

Открытие В.Рентгеном излучения, названного его именем (рентгеновские лучи).

А.С.Попов изобрел радио.

Экспериментально доказано, что катодные лучи являются потоком отрицательно заряженных частиц (Ж.Перрен).

Построена первая промышленная установка для получения жидкого воздуха (К.Линде).

Открытие П.Кюри температурной зависимости удельной магнитной восприимчивости парамагнетиков (закон Кюри). В 1907г. уточнен П.Вейссом (закон Кюри – Вейсса).

1895...1902гг.

Создание Х.Лоренцом электродинамики движущихся сред.

1896г.

А.Беккерель открыл естественную радиоактивность урана.

М.Склодовская-Кюри высказала предположение о том, что излучение урана является свойством его атомов.

Открытие П.Зееманом явления расщепления спектральных линий в магнитном поле (эффект Зеемана).

Л.Джуэлл обнаружил смещение спектральных линий Солнца в красную сторону (красное смещение).

Французский физик Ш.Фабри теоретически рассмотрел возможность создания сильных магнитных полей с помощью соленоидов.

Открыт 63-й элемент – европий (Э.Демарсе).

1897г.

Дж. Дж. Томсон и Э.Вихерт открыли электрон.

К.Браун сконструировал катодную трубку, в которой движением электронов управляло магнитное поле (электроннолучевая трубка).

Создание радиолокации (А.С.Попов).

И.Ридберг выдвинул идею, что независимой переменной является порядковый номер элемента, а не его атомный вес.

Дж. Лармор установил теорему о прецессии электронов во внешнем магнитном поле (теорема Лармора), имеющую большое значение для атомного магнетизма.

Х.Лоренц дал классическую теорию эффекта Зеемана, предсказывающую нормальный триплет.

1898г.

Открытие М.Склодовской-Кюри и П.Кюри новых радиоактивных элементов – полония и радия.

Экспериментально установлена радиоактивность тория (М.Склодовская-Кюри, Г.Шмидт).

Обнаружен аномальный эффект Зеемана (П.Зееман, М.Корню).

Впервые А.И.Садовским теоретически обосновано вращающее действие световых лучей (эффект Садовского).

Открыты: 36-й элемент – криптон, 10-й – неон и 54-й – ксенон (У.Рамзай, М.Траверс).

К.Рикке разработал теорию проводимости металлов (теория Рикке).

Дж. Дьюар получил жидкий водород.

1899г.

П.Н.Лебедев экспериментально доказал давление света на твердые чела (в 1907г. он сделал это для газов).

Обнаружено отклонение радиоактивного излучения радия в магнитном поле (Ст. Мейер, Э.Швейдлер).

Э.Резерфорд доказал наличие в излучении урана двух компонентов – альфа- и бета-лучей.

Доказана электронная природа фототока, показано, что энергия фотоэлектронов зависит не от интенсивности падающего света, а от длины его волны.

Открыт 86-й элемент – радон (Э.Резерфорд).

Открыт 89-й элемент – актиний (А.Дебьерн).

Ю.Эльстер и Г.Гейтель высказали мысль о превращении элементов в радиоактивных процессах.

Изобретен интерферометр Фабри-Перо (Ш.Фабри, А.Перо).

Разработка Дж. Рэлеем теории молекулярного рассеяния света (рэлеевское рассеяние).

Разработано тензорное исчисление (Г.Риччи-Курбастро, Т.Леви-Чивита).

1900г.

М.Планк ввел квант действия, положив начало квантовой теории.

М.Планк предложил новую формулу для распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела (закон Планка), экспериментально ее в том же году подтвердил Г.Рубене.

П.Друде и Дж. Дж. Томсоном заложены основы классической теории металлов. Дальнейшее развитие она получила в 1904г. у Х.Лоренца (теория Друде – Лоренца).

П.Кюри и М.Склодовская-Кюри доказали, что бета-лучи несут отрицательный заряд.

Обнаружение отклонения бета-лучей электрическим полем (Э.Дорн).

А.Беккерель, пропуская бета-лучи через пересекающие друг друга электрическое и магнитное поля, первый измерил отношение заряда к массе бета-частиц и установил, что оно того же порядка, что и для частиц катодных лучей.

П.Виллард открыл гамма-лучи.

М.Склодовская-Кюри первая указала на корпускулярную природу альфа-лучей.

Дж. Рэлей вывел закон распределения энергии в излучении абсолютно черного тела, развитый в 1905г. Дж. Джинсом (закон Рэлея – Джинса).

В.Бьеркнес предложил пульсационную гипотезу тяготения.

М.Бриллюэн разработал математическую теорию диффузии газов.

1901г.

Обнаружено физиологическое действие радиоактивного излучения (А.Беккерель, П.Кюри).

Впервые экспериментально доказана зависимость массы частицы от скорости (В.Кауфман).

Ж.Перрен сформулировал представление о ядерно-планетарной модели атома (модель Перрена) – Разработана магнитная запись звука.

1901г.

Создание Дж. Таунсендом теории несамостоятельного газового разряда (теория Таунсенда).

О.Люммер изобрел спектральный прибор высокого разрешения, который усовершенствовал в 1903г. совместно Э.Герке (пластинка Люммера-Герке).

Г.Маркони осуществил первую трансатлантическую радиопередачу, послав радиосигнал из Англии в Ньюфаундленд.

1902г.

Установлено отклонение каналовых лучей в электрическом и магнитном полях (В.Вин).

Получена чистая соль радия (М.Склодовская-Кюри).

Постулирование О.Хевисайдом ионизированного слоя атмосферы, отражающего электромагнитные волны.

Открыта вторичная электронная эмиссия.

Р.Вуд открыл оптический резонанс.

1902...1903гг.

Введение понятия электромагнитного импульса и получение формулы для электромагнитной массы электрона (М.Абрагам).

М.Абрагам высказал первую гипотезу о структуре электрона, согласно которой последний является твердым шариком с равномерно распределенным зарядом.

Э.Резерфорд и Ф.Содди создали теорию радиоактивного распада и сформулировали закон радиоактивных превращений.

1903г.

Введение П.Кюри понятия периода полураспада.

П.Кюри предложил использовать период полураспада в качестве эталона времени для определения абсолютного возраста земных пород.

Наблюдение непрерывного выделения теплоты солями радия и измерение энергии, выделяемой за 1 сек (П.Кюри, А.Лаборд).

У.Рамзай и Ф.Содди экспериментально доказали образование гелия из радия.

Э.Резерфорд доказал, что альфа-лучи состоят из положительно заряженных частиц.

Дж. Дж. Томсон разработал модель атома, названную его именем (модель Томсона).

Открытие эффекта сцинтилляций и использование его для регистрации заряженных частиц (У.Крукс, Г.Гейтель, Ю.Эльстер).

Ф.Троутон и Г.Нобл провели опыт с целью обнаружить момент кручения в подвешенном плоском конденсаторе, обусловленный влиянием «эфирного ветра» (опыт Троутона и Нобла).

А.А.Эйхенвальд показал, что поляризованный немагнитный диэлектрик становится при движении намагниченным (опыт Эйхенвальда).

О.Ричардсон установил закон для плотности тока насыщения термоэлектронной эмиссии в зависимости от температуры.

1903г.

М.С.Цвет открыл хроматографию.

Создание ультрамикроскопа (Р.Зигмонди, Г.Зидентопф).

1904г.

Осуществлена поляризация рентгеновских лучей (Ч.Баркла) и доказана их волновая природа.

Х.Лоренц нашел преобразования пространственных координат и времени в самом общем виде, названные его именем (преобразования Лоренца). В 1900г. эти преобразования получил Дж. Лармор, а в 1887г. близкие по типу преобразования использовал В.Фогт.

Х.Лоренц получил выражение для зависимости массы от скорости в случае электрона. Справедливость этой релятивистской формулы была подтверждена опытами А.Бухерера (1908г.) и др.

Создание Х.Нагаокой модели атома типа Сатурна.

Дж. Дж. Томсон ввел представление о том, что электроны в атоме разделяются на группы, образуя различные конфигурации, обусловливающие периодичность элементов. Первые идеи о внутренней структуре атома он высказал еще в 1898г.

Г.А.Вильсон провел опыт по зарядке пластин конденсатора вращением цилиндра из диэлектрика, помещенного в магнитное поле параллельно его пластинам (опыт Вильсона). Противоположен опыту Эйхенвальда.

Изобретена двухэлектродная лампа (Дж. Флеминг).

Выяснено, что полупроводники могут быть детекторами электромагнитных волн (Дж. Бозе).

1904 - 1905гг.

А.Пуанкаре дал общую формулировку принципа относительности, ввел термины «преобразования Лоренца», «группа Лоренца», показал, что невозможно обнаружить абсолютное движение, исходя из представлений об эфире и связанной с ним привеллигированной системы отсчета.

**Период современной физики (1905 - 1931гг.)**

1905г.

А.Пуанкаре и А.Эйнштейн установили ковариантность уравнений Максвелла относительно «группы Лоренца».

А.Эйнштейн выдвинул гипотезу о квантовом характере светового излучения (фотонная теория света).

А.Эйнштейн открыл закон взаимосвязи массы и энергии.

А.Эйнштейн предложил специальный принцип относительности и принцип постоянства скорости света и на их основе создал специальную теорию относительности, содержащую новые пространственно-временные представления. Совместно с квантовой теорией она составила фундамент физики XX в.

Обнаружен эффект Доплера в каналовых лучах.

Объяснение А.Эйнштейном законов фотоэффекта на основании существования квантов света, или фотонов.

Разработка П.Ланжевеном классической теории диа- и парамагнетизма.

Э.Швейдлер установил статистический характер закона превращения химических элементов, подтвержденный экспериментально в 1906г.

1905...1906гг.

А.Эйнштейн и М.Смолуховский дали последовательное объяснение броуновского движения на основе молекулярно-кинетической теории.

1906г.

Изобретен триод (Л.Форест).

М.Планк вывел уравнения релятивистской динамики, получив выражения для энергии и импульса электрона, ввел термин «теория относительности».

Открыт 71-й элемент – лютеций (Д.Урбен).

Открыта односторонняя проводимость у некоторых полупроводников и создан кристаллический детектор (К.Браун).

Т.Лайман открыл спектральную серию атома водорода (серия Лаймана).

Установление В.Нернстом третьего начала термодинамики (теорема Нернста). Предсказание им эффекта «вырождения газа».

Ч.Варила открыл характеристические рентгеновские лучи.

Э.Резерфорд обнаружил рассеяние альфа-частиц.

1907г.

А.Эйнштейн ввел принцип эквивалентности гравитации и инерции, являющийся фундаментом общей теории относительности, и, исходя из него, вычислил красное смещение света в поле тяготения Солнца.

Б.Л.Розинг изобрел первую электронную систему получения телевизионного изображения при помощи электроннолучевой трубки (в 1911г. продемонстрировал прием простых геометрических фигур).

Выдвинута гипотеза о существовании в ферромагнетиках участков самопроизвольной намагниченности и разработана первая статистическая теория ферромагнетизма (П.Вейсс). Подобную идею высказал еще в 1892г. Б.Л.Розинг.

Г.Минковский сформулировал точные инвариантные уравнения поля для движущихся тел.

Дж. Пирс доказал электрическую природу явления выпрямления.

М.Планк и А.Эйнштейн провели обобщение термодинамики в рамках специальной теории относительности.

Открытие Э.К.Оттоном и А.Мутоном явления двойного лучепреломления в веществах, помещенных в магнитное поле, при распространении света в направлении, перпендикулярном полю (эффект Коттона – Мутона).

Первое определение длины волны рентгеновских лучей (В.Вин).

Разработка А.Эйнштейном первой квантовой теории теплоемкости твердых тел.

1908г.

А.Бухерер провел опыт, окончательно подтвердивший справедливость релятивистской формулы Лоренца для зависимости массы от скорости.

В.Ритц улучшил предложенные в 1888г. И.Ридбергом приближенные формулы для частот спектральных серий, установив один из основных принципов систематики атомных спектров – комбинационный принцип (принцип Ридберга – Ритца).

Г.Гейгер и Э.Резерфорд сконструировали прибор для регистрации отдельных заряженных частиц. В 1928г. Гейгер усовершенствовал его с В.Мюллером (счетчик Гейгера – Мюллера).

Г.Минковский высказал идею объединения трех измерений пространства и времени в одно четырехмерное пространство (пространство Минковского) и развил современный четырехмерный аппарат теории относительности.

Ж.Перрен осуществил эксперименты по исследованию 1913гг. броуновского движения, окончательно доказавшие реальность существования молекул.

М.Смолуховский разработал теорию критической опалесценции.

Получение Г.Камерлинг-Оннесом жидкого гелия при температуре 4,2°К.

Ф.Пашен обнаружил спектральную серию атома водорода в инфракрасной области (серия Пашена).

Э.Грюнейзен установил, что отношение коэффициента теплового расширения к теплоемкости твердого тела не зависит от температуры (закон Грюнейзена).

1909г.

Доказано, что альфа-частицы являются дважды ионизированными атомами гелия (Э.Резерфорд, Т.Ройдс).

Разработан новый метод количественного изучения аномальной дисперсии света – «метод крюков» (Д.С.Рождественский).

1910г.

А.Гааз разработал модель атома, в которой впервые сделана попытка связать квантовый характер излучения со структурой атома.

Внедрение фотоэлементов в технику (Ю.Эльстер, Г.Гейтель). Прообразом фотоэлемента была еще установка А.Г.Столетова (1888г.) по исследованию фотоэффекта.

Обнаружение космологического красного смещения в спектрах галактик (В.Слайфер). Это смещение, как было показано со временем, связано с эффектом разбегания галактик.

Первое определение энергии бета-частиц по их отклонению в магнитном поле (О.Байер, О.Ган).

Получен металлический радий (М.Склодовская-Кюри, А.Дебьерн).

1911г.

А.Зоммерфельд заметил, что постоянная Планка имеет размерность механического действия и предложил произвести квантование действия в ряде задач.

А.Эйнштейн доказал искривление световых лучей в поле тяготения Солнца.

Г.Гейгер и Дж. Нэттол установили зависимость между временем жизни и энергией распада радиоактивных ядер (закон Гейгера – Нэттола).

Дж. Дж. Томсон разработал «метод парабол» для определения относительных масс частиц ионных пучков.

Изготовлен первый международный радиевый эталон (М.Склодовская-Кюри, А.Дебьерн).

Открытие Г.Камерлинг-Оннесом сверхпроводимости (обнаружил бесконечную проводимость, получив в металлическом кольце незатухающий ток).

Постулирование П.Вейссом кванта магнитного момента – магнетона. Независимо от П.Вейсса магнетон предсказал П.Ланжевен и вычислил его величину.

Э.Резерфорд дал формулу для эффективного поперечного сечения рассеяния нерелятивистских заряженных точечных частиц, взаимодействующих по закону Кулона (формула Резерфорда).

Э.Резерфорд построил теорию рассеяния альфа-частиц в веществе, открыл атомное ядро и создал планетарную модель атома.

Экспериментально доказана дискретность электрического заряда и впервые достаточно точно измерена величина заряда электрона (Р.Милликен).

1912г.

А.И.Бачинский установил закон вязкости жидкостей (закон Бачинского).

В.Гесс открыл космические лучи. В 1900...1901гг. к мысли о существовании ионизирующего воздействия, способного проникать через толстые слои грунта, пришел Ч.Вильсон. В 1900г. неизвестный источник ионов в воздухе заметили также Г.Гейтель и Ю.Эльстер.

Дж. Нордстрем предложил теорию гравитации, обобщающую закон тяготения Ньютона в соответствии с требованиями специальной теории относительности и принципом эквивалентности.

Л.Брэгг сформулировал условие дифракции падающего на кристалл монохроматического потока рентгеновских лучей. Это же уравнение, связывающее длину волны рентгеновского излучения с периодом решетки кристалла, дал в 1913г. также Ю.В.Вульф (отсюда и название – формула Брэгга – Вульфа).

М.Абрагам предложил теорию гравитации, обобщающую закон Ньютона, но не учитывающую принцип эквивалентности.

Открытие П.Дебаем закона зависимости теплоемкости от абсолютной температуры (закон теплоемкости Дебая).

Открыто явление дифракции (интерференции) рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллы, что окончательно подтвердило их электромагнитную природу (М.Лауэ, В.Фридрих, П.Книппинг).

П.Дебай развил упрощенное представление твердого тела в виде изотропной упругой среды (модель твердого тела Дебая).

П.Эвальд развил теорию поляризации диэлектрических кристаллов.

Построен спектрометр с магнитной фокусировкой (Дж. Даныш).

Р.Милликен проверил уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и вычислил из него постоянную Планка.

Развита теория колебаний кристаллической решетки (П.Дебай, М.Борн, Т.Карман).

Разработана теория интерференции рентгеновских лучей на кристаллах и предложено использовать их как своеобразные дифракционные решетки для рентгеновских лучей (М.Лауэ).

Установление А.Эйнштейном основного закона фотохимии (закон Эйнштейна).

Ф.Пашен и Э.Бак открыли эффект, названный их именем (эффект Пашена – Бака).

Ч.Вильсон изобрел прибор для наблюдения следов заряженных частиц (камера Вильсона). В 1923г. П.Л.Капица и Д.В.Скобельцын впервые поместили камеру в сильное магнитное поле и наблюдали искривление треков частиц.

Экспериментальное доказательство периодичности атомной структуры кристаллов, существования кристаллической решетки (Г. и Л.Брэгги).

1913...1914гг.

Г.Мозли установил зависимость между частотой спектральных линий характеристического рентгеновского излучения элемента и его порядковым номером (закон Мозли) и доказал равенство заряда ядра атома порядковому номеру его элемента.

1913...1914гг.

Предсказано диффузионное рассеяние рентгеновских лучей колебаниями кристаллической решетки (П.Дебаи, Л.Бриллюэн).

1913г.

А.Эйнштейн и М.Гроссман отождествили гравитационное поле с 10-компонентным метрическим тензором геометрии Римана и предложили теорию тяготения, учитывающую принцип эквивалентности.

В.К.Аркадьев дал феноменологическое описание и первую теорию магнитных спектров, заложив основы магнитной спектроскопии.

В.К.Аркадьев обнаружил избирательное поглощение радиоволн в ферромагнетиках (эффект Аркадьева), что было по существу открытием ферромагнитного резонанса. Он же разработал общую макроскопическую теорию электромагнитного поля в ферромагнитных металлах.

Введено понятие дефекта массы (П.Ланжевен).

Г.Брэгг изобрел рентгеновский спектрометр.

Г.Ми построил теорию тяготения, основывающуюся на специальной теории относительности, но не удовлетворяющую принцип эквивалентности.

Дж. Франк и Г.Герц экспериментально доказали существование дискретных уровней энергии атомов (опыты Франка – Герца).

Использование триода для генерирования незатухающих электрических колебаний (А.Мейсснер).

Обнаружение Г.Камерлинг-Оннесом разрушения сверх-, проводимости под влиянием сильных магнитных полей и токов.

Открытие явления расщепления спектральных линий в электрическом поле. Впервые (1899г.) обратил внимание на возмущение атомов электрическим полем В.Фогт. Н.Бор, применив идею квантования энергии к теории планетарного атома, сформулировал три квантовых постулата, которые характеризуют особенности движения электронов в атоме и разработал первую квантовую теорию атома водорода (теория атома Бора), ввел главное квантовое число.

Положено начало рентгеноструктурному анализу (Г. и Л.Брэгги, Ю.В.Вульф) и рентгеновской спектроскопии.

Разработана теория дифракции рентгеновских лучей (Ч.Г.Дарвин).

Создан магнитный спектрометр с фокусировкой и фотографической регистрацией (Дж. Даныш, Э.Резерфорд, Г.Робинсон).

Сформулировано положение, что заряд ядра атома численно равен порядковому номеру соответствующего элемента в периодической таблице (А.Ван ден Брук).

Сформулировано представление об изотопах элементов и введен термин «изотопы» (Ф.Содди). Впервые изотопы были открыты Дж. Дж. Томсоном, который в 1912г. обнаружил существование атомов неона с массой 20 и 22. Мысль о неодинаковости атомов одного и того же элемента высказал в 1886г. У.Крукс.

Установление И.Ленгмюром закона для термоионного тока (закон Ленгмюра).

Установлено, что различные изотопы свинца являются конечным продуктом трех естественных радиоактивных семейств.

Ф.Астон предложил метод газовой диффузии для разделения изотопов.

Ф.Седди и К.Фаянс независимо друг от друга установили правило смещения при радиоактивном распаде (закон Содди – Фаянса). Это сделал также А.С.Рассел.

Ч.Бялобжеский высказал идею о лучистом переносе энергии в звездах.

Э.Резерфорд предсказал протон. А.Ван ден Брук выдвинул гипотезу строения атомных ядер из протонов и электронов (протонно-электронная гипотеза). Однако с годами последняя привела ко многим противоречиям. В 1932г. протонно-электронная гипотеза была заменена протонно-нейтронной.

1914...1915гг.

А.Эйнштейн вывел полевые уравнения для метрического тензора и вычислил гравитационное отклонение света и смещение перигелия Меркурия.

1914г.

В.Коссель объяснил возникновение рентгеновских спектров излучения, исходя из представлений об электронных оболочках атома, которые создают вокруг ядра последовательные слои.

Дж. Чэдвик открыл непрерывный спектр энергии бета-излучения.

Доказана идентичность рентгеновских спектров изотопов, чем окончательно подтверждено равенство порядковых номеров у изотопов данного элемента (Э.Резерфорд, Э.Андраде).

Доказано существование стабильных изотопов свинца (Ф.Содди и др.).

Н.Бор дал формулу для уровней энергии атома.

Наблюдение слабого ферромагнетизма (Т.Смит).

Обнаружено, что ток, циркулирующий в сверхпроводящем кольце, не изменяется по величине в течение нескольких дней без приложения какой-либо внешней э. д. с.

С.Барнеттом обнаружено явление возникновения в теле при вращении в отсутствие внешнего магнитного поля намагниченности (эффект Барнетта).

Э.Резерфорд выдвинул идею об искусственном превращении атомных ядер.

Э.Резерфорд и Э.Андраде экспериментально осуществили дифракцию гамма-лучей на кристалле, доказав их электромагнитную природу.

Э.Резерфорд предсказал внутреннюю конверсию.

1915...1916гг.

А.Зоммерфельд усовершенствовал теорию атома Бора, распространив ее с просто периодических на случай многократно периодических систем, разработал квантовую теорию эллиптических орбит (теория Бора – Зоммерфельда), ввел радиальное и азимутальное квантовые числа.

1915г.

А.Зоммерфельд построил теорию тонкой структуры водородного спектра.

А.Эйнштейном и В. де Гаазом обнаружено возникновение вращения при намагничивании (эффект Эйнштейна – де Гааза).

Разработан метод меченых атомов (Д.Хевеши, Ф.Панет).

Разработана теория химической связи в органических соединениях и предложена гипотеза валентных электронов.

Установлен коротковолновой предел непрерывного спектра рентгеновских лучей.

1916г.

А.Зоммерфельд и П.Дебай завершили построение квантовой теории эффекта Зеемана.

В.Коссель, исходя из теории атома Бора, объяснил химические взаимодействия, в том числе и гетерополярных молекул.

Вышла работа А.Эйнштейна «Основы общей теории относительности», которой он завершил создание релятивистской теории гравитации, дав систематическое изложение ее физических основ и математического аппарата.

Немецкий ученый К.Шварцшильд получил первое решение уравнения тяготения Эйнштейна, описывающее гравитационное поле сферической массы (решение Шварцшильда).

П.Дебай и А.Зоммерфельд показали, что компоненты момента. количества движения в направлении поля также квантуются, и ввели понятие магнитного квантового числа.

П.Дебай и П.Шеррер предложили метод исследования структуры поликристаллических материалов при помощи дифракции рентгеновских лучей (метод Дебая – Шеррера).

П.Эвальд построил динамическую теорию рассеяния рентгеновских лучей.

П.Эренфест выдвинул адиабатический принцип.

П.С.Эпштейн я К.Шварцшильд сформулировали общую квантовую теорию многократно периодических систем.

Постулирование А.Эйнштейном гравитационных волн. В 1918г. он вывел формулу для мощности гравитационного излучения.

Теоретически прогнозировано индуцированное излучение и введены вероятности спонтанного и вынужденного излучений (А.Эйнштейн).

1917г.

А.Эйнштейн на основе своих уравнений поля развил представление о пространстве с постоянной во времени и пространстве кривизной (модель Вселенной Эйнштейна, знаменующая зарождение космологии), ввел космологическую постоянную.

В. де Ситтер выдвинул космологическую модель Вселенной (модель де Ситтера).

Изготовлены первые фотосопротивления (Т.Кэйз).

Открыт 91-й элемент – протактиний (О.Ган, Л.Мейтнер).

Получена первая удачная рентгеноспектрограмма (Э.Вагнер).

У.Харкинс нашел, что более стабильны ядра с четным значением атомного числа и встречаются чаще, чем с нечетным.

1918...1919гг.

Г.Вейль предложил первый вариант единой теории поля, основанный на обобщении римановой геометрии.

1918г.

А.Демпстер построил первый масс-спектрометр.

Бор сформулировал принцип соответствия (начал разрабатывать еще в 1914...1915гг.).

Выдвинута идея объединенного описания всех полей и всего вообще вещества на базе геометризированной картины мира – единая теория толя (Г.Вейль, Э.Картан, А.Эддингтон, А.Эйнштейн и др.).

Доказан факт существования изотопов среди продуктов радиоактивного распада (Дж. Дж. Томсон).

Обнаружено явление инерции электронов в металлах (Р.Толмен, Т.Стюарт). Первая правильная интерпретация явления дана в 1936г. Ч.Дарвином.

Открыты изобары (Стюарт).

П.Вейсс и Г.Пикар открыли магнетокалорический эффект.

Э.Нетер открыла связь свойств симметрии с физическими законами сохранения (теорема Нетер).

1919г.

В.Коссель и А.Зоммерфельд установили спектроскопический закон смещения.

Введение А.Зоммерфельдом внутреннего квантового числа и основанных на нем правил отбора для дублетных и триплетных спектров.

Впервые проведено непосредственное измерение скорости молекул (О.Штерн).

Выдвинуто предположение, объясняющее энергию Солнца и звезд реакциями превращения водорода в гелий (А.Эддингтон).

Г.Баркгаузен открыл явление скачкообразного изменения намагниченности ферромагнетиков при непрерывном изменении поля (эффект Баркгаузена).

М.Саха вывел формулу, определяющую степень термической ионизации в газе (формула Саха).

М.Сигбаи впервые изучил сателлиты в рентгеновских спектрах.

Объяснение отличия массы водорода от целого числа (Ф.Астон).

Объяснено происхождение линейчатого, спектра бета-излучения.

Первая экспериментальная проверка отклонения света звезды в поле тяготения Солнца, предсказанного общей теорией относительности (А.Эддингтон).

Получено первое значение размеров ядра.

Ф.Астон построил масс-спектрограф с достаточно высокой разрешающей способностью. Принцип действия масс-спектрографа предложил в 1907г. Дж. Дж. Томсон.

Ф.Астон предложил электромагнитный метод разделения изотопов.

Э.Резерфорд осуществил первую искусственную ядерную реакцию, превратив азот в кислород, а также первый непосредственно доказал наличие в ядрах элементов протонов.

1920г.

Э.Резерфорд выдвинул гипотезу о существовании нейтрона. К идее нейтрона пришел также в этом же году и У.Харкинс.

1921г.

А.Ланде построил теорию аномального эффекта Зеемана.

О.Ган открыл явление изомерии атомных ядер (на примере протактиния-234). На существование ядерной изомерии указывал еще в 1918г. Ст. Мейер.

Получен первый советский радий (В.Г.Хлопин).

1922...1925гг.

Разработка А.Ланде, Ф.Хундом и Г.Расселом система-тики сложных спектров.

1922г.

А.Ланде ввел g-фактор (множитель Ланде).

А.А.Фридман нашел нестационарные решения гравитационного уравнения Эйнштейна и предсказал расширение Вселенной (нестационарная космологическая модель), подтвержденное в 1929г. открытием явления разбегания галактик.

Г.Буш выдвинул идею электронного микроскопа.

Дж. Лилиенфельд открыл явление холодной электронной эмиссии при воздействии сильного электрического поля. Объяснение этого явления на основе электронного туннелирования дали в 1928г. Р.Фаулер и Л.Нордгейм.

Испанский физик М.Каталан ввел понятие мультиплетов.

О.Штерн и В.Горлах экспериментально доказали, что магнитный момент электрона в атоме приобретает лишь дискретные значения (пространственное квантование), дав первые экспериментальные методы измерения атомных и молекулярных моментов.

О.В.Лосев предложил использовать кристаллические детекторы для усиления и генерирования электромагнитных колебаний.

Предсказание Л.Бриллюэном рассеяния света в кристаллах (аналогичные результаты в 1926г. получены и Л.И.Мандельштамом). Отсюда название – эффект Бриллюэна – Мандельштама. Экспериментально обнаружен в 1930г. Е.Ф.Гроссом.

Ф.Брэкетт открыл спектральную серию атома водорода в инфракрасной области (серия Брэкетта).

1923...1924гг.

Луи де Бройль высказал идею о волновых свойствах материи (волны де Бройля). Эта идея Л. де Бройля о всеобщности корпускулярно-волнового дуализма легла в основу квантовой механики Шредингера.

1923г.

А.Комптон открыл явление рассеяния коротковолнового излучения на свободном или слабо связанном электроне (эффект Комптона), чем экспериментально доказал существование фотона, постулированного в 1905г. А.Эйнштейном. В 1923г. Комптон и П.Дебай дали теоретическую интерпретацию этому явлению.

А.Эйнштейн предложил вариант единой теории поля, разработкой которой он занимался всю последующую жизнь.

Д.Хевеши впервые применил метод меченых атомов к биологическим проблемам (исследование поглощения растениями свинца из раствора).

Д.Хевеши и Д.Костер открыли рентгеноскопическим методом 72-й элемент – гафний.

Н.Бор пришел к представлению об оболочечной структуре атома, основанному на классификации электронных орбит по главному и азимутальному квантовым числам.

Объяснение Н.Бором особенностей периодической системы химических элементов (вариант периодической таблицы по Бору), Начало разработки теории периодической системы Н.Бором относится к 1921г.

П.Л.Капица и Д.В.Скобельцын поместили камеру Вильсона в сильное магнитное поле, наблюдая искривление треков альфа-частиц.

Предсказание комбинационного рассеяния света (А.Смекал).

С.И.Вавилов и В.Л.Левшин обнаружили первый нелинейный эффект в оптике – уменьшение поглощения света урановым стеклом с ростом интенсивности света.

Создан купроксный выпрямитель (Грондаль).

1924...1925гг.

В.Паули сформулировал один из важнейших принципов современной теоретической физики (принцип Паули).

1924...1925гг.

Ш.Бозе и А.Эйнштейн разработали квантовую статистику частиц с целым спином (статистика Бозе – Эйнштейна). Гипотеза Нернста о существовании вырождения газа превратилась в обоснованное теоретическое утверждение.

1924г.

В.Кеезом провел термодинамическое рассмотрение сверхпроводящего перехода и получил связь между электронной теплоемкостью и критическим полем (в 1933г. это сделал также К.Гортер).

В.Паули для объяснения сверхтонкой структуры спектральных линий предположил гипотезу ядерного спина.

В.Ханле открыл явление, названное его именем (эффект Ханле).

В.Шоттки создал первую теорию явлений в ионизированном газе.

Г.Каммерлинг-Оннес показал возможность создания незатухающего тока в кольце, состоящем из двух различных сверхпроводников, находящихся в контакте.

О.Лапорт сформулировал закон сохранения пространственной четности применительно к процессу испускания света атомами.

Открытие галактик американским астрономом Э.Хабблом.

Передана первая фоторадиограмма из Лондона в Нью-Йорк.

Разработан метод совпадений (В.Боте).

Разработка П.Л.Капицей методики и получения кратковременных магнитных полей напряженностью до 500 тысяч эрстед.

Создан первый полупроводниковый выпрямитель, состоящий из закиси меди и двух электродов с униполярной проводимостью (Ф.Гейгер).

Х.Крамере открыл существование отрицательных дисперсионных членов для атомов в возбужденных состояниях.

1925...1926гг.

Дж. Франк сформулировал в физической химии принцип, квантовомеханическую трактовку которому в 1928г. дал Э.Кондон (принцип Франка – Кондона).

1925г.

Американские ученые Г.Рассел и Ф.Саундерс открыли тип взаимодействия электронов в атоме (связь Рассела – Саундерса).

В.М.Эльзассер предложил использовать кристалл для наблюдения дифракции электронов и доказательства их волновой природы.

Г.А.Изинг предложил идею линейного резонансного ускорителя. В 1928г. первый успешный эксперимент с таким ускорителем провел Р.Видероэ.

Записаны формулы для интенсивностей мультиплетных линий (А.Зоммерфельд, Р.Крониг и др.).

Открытие супругами Ноддак 75-го элемента – рения.

П.Оже открыл эффект, названный его именем (эффект Оже).

Разработан метод толстослойных ядерных фотоэмульсий (Л.В.Мысовский и др.).

Разработка В.Гейзенбергом матричной механики.

Разработка В.Л.Левшиным теории поляризованной люминесценции, установление формулы Левшина – Перрена.

С.Гаудсмит и Дж. Уленбек постулировали существование внутреннего механического и магнитного моментов у электрона (спиновая гипотеза). Спиновая гипотеза (понятие спина) сразу же разъяснила много трудных вопросов и получила всеобщее признание (к идее спина в 1921г. пришел также А.Комптон).

Созданы первые советские электронные лампы (Н.Д.Папалекси).

Х.Крамерс и В.Гейзенберг с помощью принципа соответствия получили полную формулу дисперсии, включающую комбинационное рассеяние (формула дисперсии Крамерса – Гейзенберга).

Э.Изинг предложил модель ферромагнетизма (модель Изинга).

Э.Стонер ввел подразделение электронных оболочек атома на подоболочки.

Эгучи открыл электреты.

Впервые получена фотография следа протона и расщепления ядра азота альфа-частицами, первое наблюдение ядер отдачи (П.Блэкетт).

Доказана справедливость законов сохранения энергии и импульса при рассеянии гамма-квантов на электронах для каждого элементарного акта рассеяния (В.Боте, Г.Гейгер).

1926...1927гг.

Открыт и теоретически объяснен обменный эффект электростатического взаимодействия электронов в оболочке атомов и молекул и установлена его непосредственная связь с магнитными свойствами электронных систем.

1926...1927гг.

П.Дирак разработал теорию преобразований.

1926...1927гг.

Х.Крамере и Р.Крониг сформулировали дисперсионные соотношения (соотношения Крамерса – Кронига).

1926г.

В.Гейзенберг объяснил наличие двух систем термов для пара- и ортогелия: паратермы соответствуют симметричным, а ортотермы – антисимметричным решениям волнового уравнения.

Дж. Ван Флек разработал квантовомеханическую теорию диамагнетизма (в 1927г. это сделал также Л.Полинг).

Записано простейшее релятивистское волновое уравнение для частиц со спином 0 – уравнение Клейна – Фока – Гордона (О.Клейн, В.А.Фок.В.Гордон).

Л.Бриллюэн, Г.Вентцель, Х.Крамере разработали метод нахождения приближенных собственных значений и собственных функций одномерного уравнения Шредингера, устанавливающий связь со старыми правилами квантования Бора и Зоммерфельда (метод БВК).

М.Борн дал вероятностную интерпретацию волн де Бройля.

М.Борн и Н.Винер установили общий принцип, согласно которому физической величине соответствует некоторый оператор.

М.Борн развил приближенный метод решения задачи о рассеянии частиц силовым центром (борновское рассеяние).

П.Дебай и У.Джиок независимо друг от друга предложили метод получения низких температур при помощи парамагнетиков (в 1933...1934гг. В. де Гаазом, У.Джио-ком, Ф.Саймоном были проведены первые экспериментальные исследования этим методом).

Развитие М.Борном с учениками формализма матричной механики.

Разработана квантовая статистика для частиц с полуцелым спином – статистика Ферми – Дирака (Э.Ферми, П.Дирак).

Э.Шредингер построил волновую механику и сформулировал ее основное уравнение, названное его именем (уравнение Шредингера). Из уравнения Шредингера возникло общее представление о туннельном эффекте, – Э.Шредингер доказал математическую эквивалентность матричной механики В.Гейзенберга и волновой механики.

Я.И.Френкель ввел понятие о подвижных дырках (дырочная проводимость).

Я.И.Френкель разработал кинетическую теорию жидкостей.

1927...1928гг.

Выдвинута идея о существовании в металлах энергетических зон (М.Стрэгг).

1927...1928гг.

Первые определения моментов ядер.

1927...1928гг.

Р.Крониг впервые рассмотрел квантовомеханическую теорию магнетооптических явлений для двухатомных молекул (в 1929г. это сделал Л.Розенфельд для атомов, в 1930г. X. Крамере для парамагнитных ионов).

1927г.

В.Гейзенберг сформулировал фундаментальное положение квантовой механики – принцип неопределенности.

В.Паули ввел матрицы для описания спина электрона (спиновые матрицы Паули).

В.А.Фок дал теорию теплового электрического пробоя диэлектриков.

Введение понятия упаковочного коэффициента и построение первой кривой зависимости упаковочных коэффициентов от массовых чисел, характеризующей энергию связи атомных ядер (Ф.Астон).

Г.Леметр предложил космологическую модель (модель Леметра).

Д.Деннисон доказал существование спина протона.

Д.В.Скобельцын впервые наблюдал следы заряженных частиц высоких энергий в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле.

Дж. Битти и О.Бриджмен предложили эмпирическое уравнение состояния для описания поведения реальных газов в широкой области температур (от –252 до +400°С) и давлений (до 200 атм.).

Заложены основы теории валентных связей, положившей начало квантовой химии (Ф.Лондон, В.Гайтлер).

Кельнер впервые применил вариационный метод в квантовой механике для расчета нормального состояния гелия (получения энергетических уровней атома).

Л. де Бройль предложил концепцию волны-пилота с целью интерпретации квантовой механики.

Л.Томас предложил приближенную схему описания и расчета основного состояния многоэлектронных атомов, развитую в 1928г. Э.Ферми (модель атома Томаса – Ферми).

М.Борн и Р.Оппенгеймер разработали теорию строения двухатомных молекул.

Н.Бор, В.Гейзенберг, Э.Шредингер, М.Борн, В.Паули, П.Дирак выдвинули индетерминистскую концепцию элементарных процессов (копенгагенская интерпретация квантовой механики).

Н.Бором сформулирован принцип дополнительности.

Открытие дифракции электронов (К.Дэвиссон, Л.Джермер, Дж. П.Томсон).

Открытие С.И.Вавиловым зависимости квантового выхода люминесценции от длины волны возбуждающего излучения (закон Вавилова).

Открытие спинов атомных ядер.

Открытие Ю.Вигнером зеркальной симметрии и формулировка закона сохранения четности (введение представления о четности волновой функции).

П.Дирак применил принципы квантовой теории к максвелловскому полю и получил первую модель квантованного поля.

Получено прямое доказательство, что при абсолютном нуле энергия кристалла проявляется как колебания атомов (Р.Джеймс, Э.Ферс).

Разработан метод вторичного квантования (П.Дирак и др.). В 1932г. этот метод получил дальнейшее развитие в трудах В.А.Фока.

Разработка В.Паули теории парамагнетизма электронного газа (парамагнетизм Паули).

Создание квантовой теории излучения, предсказание тождественности квантов вынужденного и первичного излучений, лежащей в основе квантовой электроники (П.Дирак).

У.Хаустон дал точное значение массы протона.

Установление Ф.Хундом двух эмпирических правил, которые определяют последовательность расположения атомных уровней в мультиплетах (правила Хунда).

Ф.Астон экспериментально показал, измеряя атомные веса, что масса ядра не равна сумме масс входящих в ядро частиц, а меньше этой величины на несколько десятых процента.

Э.Эпплтон открыл верхний отражающий слой в ионосфере (слой Эпплтона).

Ю.Вигнер впервые использовал в квантовой механике теорию групп.

Ю.Вигнер и др. построили аппарат, эквивалентный волновой механике в конфигурационном пространстве с антисимметричными волновыми функциями.

Я.Клей открыл широтный эффект космических лучей.

1928г.

А.Зоммерфельд разработал первую квантовую теорию металлов.

В.Паули выдвинул требование лоренц-инвариантности и при квантовании.

Дж. Хартри ввел математическое определение количества информации.

Дж. Хартри разработал приближенный метод решения задач квантовой механики многих тел – метод самосогласованного поля, развитый в 1930г. В.А.Фоком (метод Хартри – Фока).

Объяснение сверхтонкой структуры спектров (В.Паули).

Открытие сверхтонкой структуры спектральных линий атомных спектров (А.Н.Теренин, Л.Н.Добрецов, Г.Шюллер).

Открыто комбинационное рассеяние света (Л.И.Мандельштам и Г.С.Ландсберг; Ч.Раман и К.Кришиан)

Открыты гелий 1 и гелий II (В.Кеезом, М.Вольфке).

П.Дирак и В.Гейзенберг открыли обменное взаимодействие, введя обменные силы.

П.Дирак соединил квантовую механику с теорией относительности и установил квантовомеханическое уравнение, описывающее релятивистский электрон, создав релятивистскую квантовую механику.

П.Дирак теоретически открыл античастицы (позитрон), предсказал возможность рождения и аннигиляции электронно-позитронных пар.

Построена квантовая теория оптической активности паров (Л.Розенфельд).

Разработка теории альфа-распада как туннельного процесса (Дж. Гамов, Э.Кондон, Р.Герни).

Разработка Ф.Блохом и Л.Вриллюэном основ зонной теории 1930гг. твердых тел (в 1930г. Л.Бриллюэн ввел понятие запрещенных зон).

С.Я.Соколов положил начало звуковидению и разработал первый дефектоскоп.

Созданы первые квантовомеханические теории ферромагнетизма, основанные на обменном взаимодействии электронами: коллективизированная модель (Я.И.Френкель) и модель локализованных спинов (В.Гейзенберг).

Ф.Блох и Р.Пайерлс разработали теорию движения отдельных электронов в кристаллической решетке.

Ф.Блох предложил метод линейной комбинации атомных орбит, развил приближение сильной связи.

Э.Ладенбург доказал существование отрицательной дисперсии, предсказанной в ]924г. X. Крамерсом.

Ю.Вигнер провел квантование электронного поля.

1929...1930гг.

В.Гейзенберг и В.Паули предприняли первую попытку формулировки квантовой электродинамики, введя общую схему квантования полей.

1929...1930гг.

Э.Ферми и Харгревс дали первую количественную теорию взаимодействия ядерного магнитного момента с электронной оболочкой.

1929...1930гг.

Э.Ферми предпринял попытку построения квантовой электродинамики (подход, отличный от схемы В.Гейзенберга и В.Паули), разработав канонические правила квантования поля.

1929г.

В.Боте и В.Кольхерстер применили метод совпадений для исследования космических лучей (опыты Боте – Кольхерстера) и пришли к выводу, что первичное космическое излучение состоит из заряженных частиц.

В.Гайтлер и Г.Герцберг определили статистику ядра азота (в 1930г. это сделал и Ф.Разетти), найдя, что оно подчиняется статистике Возе – Эйнштейна. Это оказалось решающим доводом против протонно-электронной гипотезы строения ядер.

Введение понятия плазмы и плазменных колебаний (И.Ленгмюр, Л.Тонко).

Дж. Слэтер показал, что детерминант, составленный из отдельных электронных волновых функций, можно использовать как многоэлектронную волновую функцию, удобную для вариационных расчетов в задачах по электронной структуре атомов и молекул (детерминанты Слэтера).

Н.Мотт в первом порядке в теории возмущений рассмотрел рассеяние на бесконечно тяжелой бесструктурной точечной мишени (формула Мотта). Он же указал на возможность поляризации электронного пучка при рассеянии.

О.Штерн открыл дифракцию атомов и молекул.

Открыт орто- и параводород.

Открыты тяжелые изотопы кислорода 0 и 0 (У.Джиок).

Разработка Х.Бете теории кристаллического поля.

Создана квантовая теория эффекта Комптона (О.Клейн, И.Нишина), сформулировано уравнение, описывающее рассеяние электронов в этом эффекте (уравнение Клейна – Нишины).

Х.Крамере сформулировал теорему, имеющую важное значение для проблемы магнетизма кристаллов (теорема Крамерса).

Э.Меррит обнаружил полупроводниковые свойства у германия.

1930г.

А.Вильсон построил теорию полупроводников, ввел представление о «донорной» и «акцепторной» проводимости.

Б.Ланге изобрел вентильный фотоэлемент.

Б.Росси разработал метод совпадений разрядов нескольких счетчиков для исследования космических лучей.

В. де Гааз и П.Ван Альфен открыли эффект, названный их именем (эффект де Гааза – Ван Альфена).

В.Паули выдвинул гипотезу нейтрино (идея нейтрино возникла у него в 1930г.).

В.Шоттки и К.Вагнер разработали теорию электролитического переноса.

Введение спиновых волн (Ф.Блох).

Г.Дембер открыл явление возникновения фотоэдс в полупроводнике, названное его именем (эффект Дембера).

Дж, Слэтер предложил полярную модель кристаллов, развитую в 1934г. С.П.Шубиным и С.В.Вонсовским.

И.Е.Тамм и С.П.Шубин заложили основы теории фотоэффекта в металлах.

И.Е.Тамм разработал квантовую теорию рассеяния света в кристаллах.

К.Вагнер обнаружил существование двух типов полупроводников – электронных и дырочных.

К.Янский изобрел первый радиотелескоп и открыл космическое радиоизлучение, чем положил начало радиоастрономии (в 1937г. Г.Ребер построил первый параболический радиотелескоп).

Л.В.Шубников и В. де Гааз открыли эффект, названный их именем (эффект Шубникова – де Гааза).

Н.С.Акулов разработал феноменологическую теорию магнитной анизотропии и магнитострикции.

Открыт изотоп уран-238 (Ф.Астон).

Открытие селективного рассеяния света (Л.И.Мандельштам, Г.С.Ландсберг).

Открыто излучение большой проникающей способности, возникающее при бомбардировке бериллия альфа-частицами (В.Боте, Г.Бекер). Исследование бериллиевского излучения привело к открытию нейтрона.

П.Дирак предложил теорию «дырок», развитую впоследствии В.Гейзенбергом (1934г.) и X. Крамерсом (1937г.).

П.Эренфест и Р.Оппенгеймер показали, что ядра с нечетным А подчиняются статистике Ферми – Дирака, а с четным – статистике Бозе – Эйнштейна (теорема Эренфеста – Оппенгеймера). Они же отметили, что протонно-электронная гипотеза строения ядра применительно к ядру азота приводит к ряду противоречий с известными свойствами азота.

Построен циклотрон (Э.Лоуренс, М.Ливингстон). Идею его выдвинули в 1927г. М.Штеенбек и в 1929г. Л.Сцилард, Э.Лоуренс и Ж.Тибо. Первый циклотрон в Европе был построен М.А.Еремеевым в 1933г. в Ленинграде.

Предсказание П.Дираком существования элементарных магнитных зарядов – монополей.

Предсказание Я.И.Френкелем экситона.

Разработка Л.Онсагером общей теории необратимых термодинамических процессов. Доказательство им одной из основных теорем термодинамики необратимых процессов (теорема Онсагера).

Создана теория доменного строения ферромагнетиков (Я.И.Френкель, Я.Г.Дорфман).

Создание первого иконоскопа – передающей телевизионной трубки (В.К.Зворыкин).

Теоретическое предсказание Л.Д.Ландау диамагнетизма электронов в металлах (диамагнетизм Ландау).

Точное измерение времени жизни возбужденных атомов (для Не+).

Установлено существование нового типа взаимодействий – сильных, или ядерных.

Ф.Биттер впервые наблюдал доменную структуру методом порошковых фигур (в 1932г. подобные наблюдения выполнили также Н.С.Акулов и М.В.Дехтяр).

Ф.Блох вывел закон для температурного хода самопроизвольной намагниченности ферромагнетика в области низких температур (закон степени три вторых Блоха).

Я.И.Френкель отметил, что туннелирование как квантовое явление обусловливает протекание тока через контакт двух проводников, разделенных тонкой изолирующей прослойкой.

1931г.

Р.Ван де Грааф создал электростатический ускоритель заряженных частиц (генератор Ван де Граафа). Первую действующую модель своего генератора Ван де Грааф построил в 1929г.