

Хронология квантовой теории *

Бирюков А. А., Долгополов М. В.,
Пузырный А. Г., Филиппов Ю. П.

Самарский государственный университет

Аннотация

Представлен обзор основных событий 100-летней истории квантовой физики.

Содержание

1 Развитие квантовой теории как науки	2
2 Фундаментальные экспериментальные открытия в физике микромира	3

* Конференция, посвященная 100-летию квантовой физики

1 Развитие квантовой теории как науки

1900 * Планк М. : начало "квантовой эры". Формулировка закона распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, допущение о дискретном характере испускания и поглощения света веществом.

1905 Эйнштейн А. : начало "релятивистской эры". Выдвижение гипотезы о квантовых свойствах света (фотонная теория света, объяснение закономерностей фотоэффекта).

1907 Эйнштейн А. : предложил, опираясь на идеи М.Планка о квантовании осцилляторов, рассматривать тепловые колебания атомов также как квантованные. Закон, определяющий зависимость теплоемкости от температуры. Начало применения квантовых представлений в физике твердого тела.

1913 * Бор Н. : создание квантовой теории атома на примере атома водорода. Формулировка двух постулатов – отход от классических представлений об атоме.

1915-1916 Зоммерфельд А. : обобщение теории атома Бора на другие атомные системы. Построение теории тонкой структуры водородного спектра, введение постоянной тонкой структуры.

1916 Дебай П., Зоммерфельд А. : применение условий квантования для объяснения эффекта Зеемана, введение пространственного квантования.

1923 * де' Бройль Л. : выдвижение гипотезы корпускулярно-волнового дуализма вещества.

1925 Гаудсмит С. А., Уленбек Дж.Ю. : введение спина – собственного механического момента для электрона.

1925 * Гейзенберг В.К. : создание одного из направлений квантовой механики – матричной квантовой механики.

1925 * Паули В. : открытие принципа запрета.

1926 * Шредингер Э. : создание направления квантовой механики – волновой квантовой механики. Доказательство эквивалентности формулировок Шредингера и Гейзенберга.

1927 Гейзенберг В.К. : принцип неопределенности – критерий перехода к квантовой физике. Это принцип подчеркивает различие в описании состояния систем в классической и в квантовой теориях.

1927 Дирак П. : создание квантовой электродинамики (КЭД).

1927 Дирак П. : формулировка квантовой механики в абстрактном векторном пространстве. Ввел понятия: наблюдаемые величины, операторы наблюдаемых величин. Показал, что в квантовой механике возможны различные представления: координатные, импульсное, представление чисел заполнения. Доказал эквивалентность представлений. Ввел обобщенную функцию Дирака для описания собственных функций, имеющих непрерывный спектр собственных значений.

1927 Ландау Л.Д., фон'Нейман Д. : введение статистического оператора и матрицы плотности для описания смешанных состояний в квантовой механике.

1927 Лондон Ф., Гайтлер В. : первый приближительный расчет молекулы водорода – начало квантовой химии.

1927 фон'Нейман Д. : математические основы квантовой механики. Сформулировал законы квантовой механики в пространстве Гильберта. Ввел понятия операторов представления наблюдаемых величин. Доказал однозначность решения задачи на собственные значения. Доказал эквивалентность представлений квантовой механики.

1928 * Дирак П. : релятивистское волновое уравнение для электрона и предсказание магнитного момента электрона.

1930 Паули В. : гипотеза о существовании нейтрино.

* Символ * означает, что ученый(е) за данную работу получил(и) Нобелевскую премию по физике.

- 1933** Ферми Э. : развитие теории β -распада, подтверждающей существование нейтрино. Введение слабого взаимодействия.
- 1943-1948** * Фейнман Р. Ф., Швингер Ю., Тати и Томанага С. : развитие ковариантной квантовой электродинамики.
- 1948-1949** Дайсон Ф. Дж., Томонога С., Фейнман Р. Ф., Швингер Ю. : завершение создания ковариантной КЭД; установление эквивалентности методов Томанаги и Швингера.
- 1949-1950** Гепперт-Майер М. : предсказание сильного спин-орбитального взаимодействия нуклонов; создание оболочечной модели ядра.
- 1954** Янг Ч., Миллс Р. : введение локальной калибровочной изотопической инвариантности в квантовой теории поля (КТП).
- 1955** Нишиджима К. : классификация странных частиц; предсказание Σ^0 - и Ξ^0 -частиц.
- 1955** Хофштадтер Р. : начало исследований структуры нуклонов; проникновение в новую область пространственно-временных масштабов – субъядерный уровень.
- 1955** Паули В. : СРТ-теорема, отражающая свойства симметрии элементарных частиц.
- 1957** Салам А., Ли Т., Янг Ч., Ландау Л.Д. : двухкомпонентная теория нейтрино (правая, левая спиральность).
- 1957** Швингер Ю., Ли Т., Янг Ч. : развитие идеи о промежуточном векторном бозоне в слабом взаимодействии. Четырехфермионное взаимодействие Ферми.
- 1957** Швингер Ю. : одна из первых моделей калибровочных теорий электрослабых взаимодействий, основанная на группе (3) с триплетом калибровочных полей.
- 1964** Бьеркен Д., Глэшоу Ш. : предположение о существовании чармированного фундаментального фермиона (*c*-кварк).
- 1964** Намбу Й., Хан Н., Миямото Й., Струминский Б.В., Тавхелидзе А. Н. : введение квантового числа – цвет.
- 1966** Намбу Й. : введение цветового взаимодействия; начало квантовой хромодинамики.
- 1967** * Вайнберг С. : лагранжиан для единой модели электромагнитного и слабого взаимодействий. Оценка масс *W*- и *Z*- бозонов.
- 1968** * Салам А. : лагранжиан теории электрослабого взаимодействия.
- 1969** Фейнман Р.Ф. : партонная картина адронных взаимодействий.
- 1971** * 'т Хофт Г. : доказательство перенормируемости безмассовой и массивной квантовополевой теории Янга-Миллса со спонтанным нарушением калибровочной симметрии.
- 1973** Kobayashi и Маскава : введение шести ароматов в стандартной модели (СМ) из условия нарушения CP-симметрии.
- 1973** Гелл-Манн М., Вайнберг С., Салам А. : гипотеза о глюонах.
- 1973** Гросс Е.Ф., Вилчек, Политцер : открытие свойства асимптотической свободы полей Янга-Миллса.

2 Фундаментальные экспериментальные открытия в физике микромира

- 1879** Стефан Й. : установление из эксперимента зависимости энергии излучения от температуры. В 1884 году эта зависимость была теоретически получена Л. Больцманом (закон Стефана-Больцмана).
- 1885** Бальмер И.Я. : установление закономерностей в спектральных линиях атома водорода (формула Бальмера).

- 1887** Герц Г.Р. : открытие внешнего фотоэффекта.
- 1895** * Рентген В.К. : открытие рентгеновского излучения.
- 1896** * Беккерель А.А. : открытие эффекта спонтанной радиоактивности при распаде урана (на фотошленке).
- 1899** Резерфорд Э. : открытие α - и β -лучей при изучении излучения урана.
- 1899** Ленард Ф. : экспериментальное доказательство зависимости энергии фотоэлектронов от частоты падающего света.
- 1900** Виллар П.У. : открытие γ -лучей.
- 1906** Лайман Т. : открытие спектральной серии в ультрафиолетовой части спектра атома водорода.
- 1911** * Милликен Р.Э. : измерение заряда электрона.
- 1911** Резерфорд Э. : доказательство существования атомных ядер.
- 1912** Бак Э., Пашен Ф. : открытие расщепления спектральных линий в сильном магнитном поле (эффект Пашена-Бака).
- 1912-1914** Франк Д. и Герц Г.Л. : экспериментальное подтверждение гипотез Планка о квантах энергии и квантовой теории атома Бора (доказательство существования дискретного энергетического спектра и его связи с термами спектральных линий в опытах Франка и Герца).
- 1913** Штарк И. : открытие расщепления спектральных линий в электрическом поле.
- 1913-1914** Мозли Г. : открытие экспериментальной зависимости между частотой спектральных линий характеристического рентгеновского излучения с порядковым номером излучающего элемента – закон Мозли. Доказательство равенства "заряд ядра = порядковый номер элемента"
- 1919** Резерфорд Э. : открытие протона – составляющей ядра.
- 1923** * Комптон А. Х. : экспериментальное подтверждение того, что фотон является элементарной частицей в процессе $\gamma + C \rightarrow \gamma + C$ (комптон-эффект).
- 1932** * Андерсон К.Д. : первое экспериментальное подтверждение существования позитрона.
- 1932** * Чэдвик Д. : первое экспериментальное подтверждение существования нейтрона в реакции $\alpha + Be \rightarrow C + n$.
- 1932** Гейзенберг В.К. : открытие состава ядра (ядро состоит из протонов и нейтронов).
- 1937** Наддермейер, Андерсон К.Д. : первое подтверждение существования мюона.
- 1940** Уильямс, Робертс : первое наблюдение распада мюона в реакции
- $$\mu^- \rightarrow e^- + (\bar{\nu}_e + \nu_\mu) .$$
- 1942** Ферми Э., Андерсон Г., Зинн В. и др : цепная ядерная реакция деления ядер урана в первом ядерном реакторе.
- 1947** Пауэлл С.Ф., Оккиалини Дж.С., Латтес Ч., Мюархед Х. : открытие заряженных пионов.
- 1947** Лэмб У.Ю., Резерфорд Р. : изучение тонкой структуры уровней энергии атомов водорода и дейтерия; измерение сдвига уровней – лэмбовский сдвиг.
- 1948** Бардин Дж., Браттейн У. : изобретение полупроводникового транзистора.
- 50'ые** открытие большого числа новых частиц: $\pi^0, K^\pm, \Lambda, K^0, \Delta^{++}, \Xi^-, \Sigma^\pm, \bar{\nu}_e, \bar{p}, K_{L,S}, \bar{n}, \Sigma^0, \bar{\Lambda}, \Xi^0, \dots$
- 1954** Басов Н.Г., Прохоров А.М., Таунс Ч. : создание первого квантового генератора на пучке молекул аммиака – начало квантовой электроники.
- 1955** Нишиджима К. : классификация странных частиц; предсказание Σ^0 - и Ξ^0 -частиц.

- 1955** Чемберлен О., Сегре Э., Виганд С., Ипсилантис Т. : открытие антипротона.
- 1956** Кок Б., Пиччиони О. : открытие антинейтрона.
- 1956** Коуэн К., Рейнес Ф. : открытие антинейтрино, используя в экспериментах люминисцентный счетчик.
- 1956-58** * Ли Т., Янг Ч. : частичное сохранение четности в слабых взаимодействиях.
- 1957** Ву Ц. и другие: первое подтверждение несохранения четности в слабых распадах.
- 1959** * Рейнес Ф., Коуэн К. : детектирование электронного нейтрино в реакции $\bar{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + n$.
- 1961** Данбу : детектирование мюонного нейтрино в реакции $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + (\nu/\bar{\nu})$.
- 1964** Бьеркен Д., Глэшоу Ш. : предположение о существовании чармированного фундаментального фермиона (*c*-кварк).
- 1973** Хазерт и другие: триумф СМ – первое экспериментальное подтверждение существования слабых нейтральных токов в реакциях

$$\bar{\nu}_\mu + e^- \rightarrow \bar{\nu}_\mu + e^- , \quad \nu_\mu + N \rightarrow \nu_\mu + X .$$

оценка угла Вайнберга.

1979 Барбер (MARK J Collab.); Бранделик (TASSO Collab.); Бергер (PLUTO Collab.); Бартел (JADE Collab.): доказательство существования глюонов в реакции e^+e^- в 3 частицы.

1983 * Арнисон и др. (UA1 Collab.); Баннер (UA2 Collab.) : доказательство существования W^\pm -бозонов в реакции

$$p + \bar{p} \rightarrow W(\rightarrow \ell + \nu) + X .$$

Оценка массы бозона хорошо согласуется с предсказанием СМ.

1983 * Арнисон (UA1 Collab.); Багная (UA2 Collab.): обнаружение нейтрального Z^0 -бозона в реакции $p + \bar{p} \rightarrow Z(\rightarrow \ell^+ + \ell^-) + X$. Еще одно подтверждение электрослабой теории.

1989 Абрамс (MARK-II Collab.): первое экспериментальное подтверждение трех легких нейтрино.

1992 Коллаборации LEP (ALEPH, DELPHI, L3 and OPAL): точное определение параметров Z^0 -бозона .

1995 Абе (CDF Collab.); Абачи (DØ Collab.): наблюдение рождения топ-кварка.