

УДК 530.145
ББК 22.314
М15

INTRODUCING QUANTUM THEORY

J. P. McAvoy and Oscar Zarate

© 2013 Icon Books Ltd

В коллаже на обложке использованы фотографии и иллюстрации:
Jimmy Yan, agsandrew, l000s_pixels, CNuisin / Shutterstock.com
Используется по лицензии от Shutterstock.com

МакЭвой, Дж. П.

М15 Квантовая теория в комиксах / Дж. П. МакЭвой, Оскар Зарате ; [перевод с английского Е. Кузьминой]. — Москва : Эксмо, 2020. — 176 с. : ил. — (Наука в комиксах).

ISBN 978-5-04-098763-4

Квантовая теория — одно из самых захватывающих, сложных и загадочных явлений науки. В начале XX века такие ученые, как Планк, Эйнштейн, Бор, Гейзенберг и Шредингер, обнаружили причудливые парадоксы, которые, казалось, разрушили фундаментальные положения «классической физики» — основные законы, которым нас учат в школе. Известная своей трудностью, квантовая теория является удивительным и вдохновляющим научным приключением.

Авторы нашей книги подробно, терпеливо и остроумно рассказывают о главных положениях, судьбе и значении этой удивительной теории.

**УДК 530.145
ББК 22.314**

ISBN 978-5-04-098763-4

© Кузьмина Е., перевод на русский язык, 2018
© ИП Сирота Э.Л., 2018
© Оформление. ООО «Издательство »Эксмо», 2020

Что такое квантовая теория?

Квантовая теория — это набор самых действенных принципов, когда-либо придуманных людьми. Она объясняет периодическую таблицу элементов и процессы химических реакций. Она способна точно предсказать работу лазеров и микросхем, устойчивость ДНК и выход альфа-частиц из ядра.



С тех пор как в 1927 году Нильс Бор представил миру квантовую теорию, она господствует в науке. Правда, мысленные эксперименты Эйнштейна 1930-х годов поставили ее под сомнение, которое живо и по сей день. А вдруг он был прав и мы что-то упустили?

Но обо всем по порядку.

Введение в квантовую теорию



На рубеже веков ученые-физики твердо верили, что поняли природу материи и излучения. Любую идею, которая не вписывалась в их **классическую** картину мира, они просто не воспринимали.

Математические формулы **Исаака Ньютона** (1642–1727) и **Джеймса Клерка Максвелла** (1831–1879) были безупречны, а прогнозы, основанные на их теориях, — подтверждены подробными и тщательными экспериментами, проводившимися в течение четырех лет. Век разума стал веком уверенности.

Что такое «классическая» физика?

Классическую физику создали ученые конца XIX века, возвращенные на научной диете из ньютоновой механики и максвелловского электромагнетизма — двух самых исчерпывающих теорий, обобщающих физические явления.




Хорошие ученые проверяли теорию с помощью эксперимента со времен **Галилея** (1564–1642). Он показал, как нужно планировать эксперименты, проводить измерения и сравнивать результаты с ожиданиями.


И до сих пор в современной науке наилучший способ исследовать что-то — это выдвинуть гипотезу и проверить ее на практике.

Это доказано (и это классика)


В XVIII–XIX веках ньютоновские законы механики были тщательно изучены и проверены на практике.



МОЙ ЗАКОН
ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ
ПОЗВОЛИЛ ТОЧНО РАССЧИТАТЬ
ИЗМЕРЕННОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ
ПЛАНЕТ...



В 1865 ГОДУ Я ПРЕДПОЛОЖИЛ, ЧТО
СУЩЕСТВУЮТ НЕВИДИМЫЕ «СВЕТОВЫЕ» ВОЛНЫ,
А В 1888 ГОДУ **ГЕНРИХ ГЕРЦ** (1857–1894) ПРОВЕЛ
В СВОЕЙ БЕРЛИНСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ЭКСПЕРИМЕНТ
И ОБНАРУЖИЛ ИХ. СЕЙЧАС ИХ НАЗЫВАЮТ
РАДИОВОЛНАМИ.



ЭТИ ВОЛНЫ ОТРАЖАЮТСЯ
И ПРЕЛОМЛЯЮТСЯ ТАК ЖЕ,
КАК И СВЕТОВЫЕ. МАКСВЕЛЛ
БЫЛ ПРАВ.

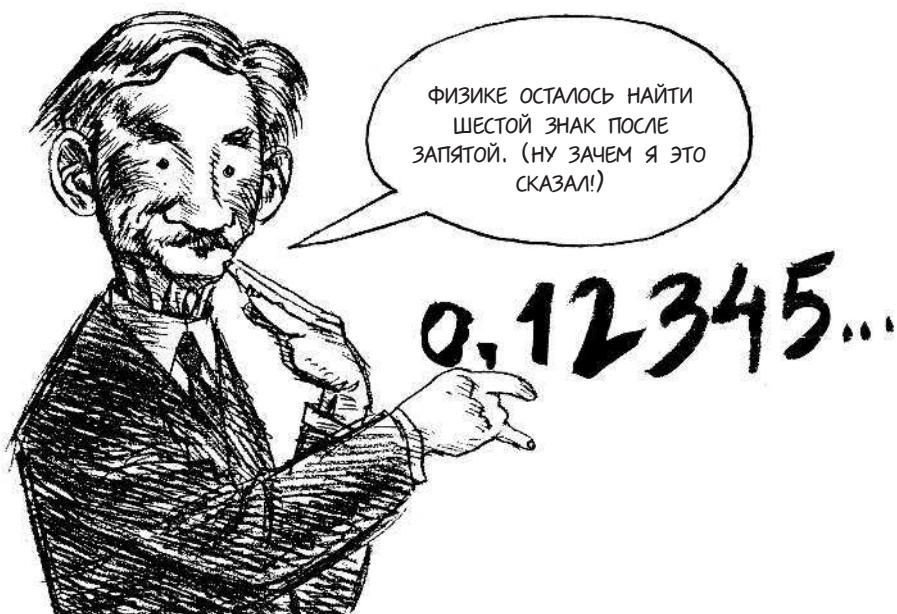
Ничего удивительного, что физики-классики были так убеждены в своей правоте!

«Найти шестой знак после запятой»

Лорд Кельвин (1824–1907), знаменитый физик-классик из Университета Глазго, заметил на ньютоновском горизонте только две тучи.



В июне 1894 года нобелевский лауреат, американец **Альберт Майкельсон** (1852–1931), перефразировал слова Кельвина, о чем жалел потом всю оставшуюся жизнь.



Основные положения классической физики

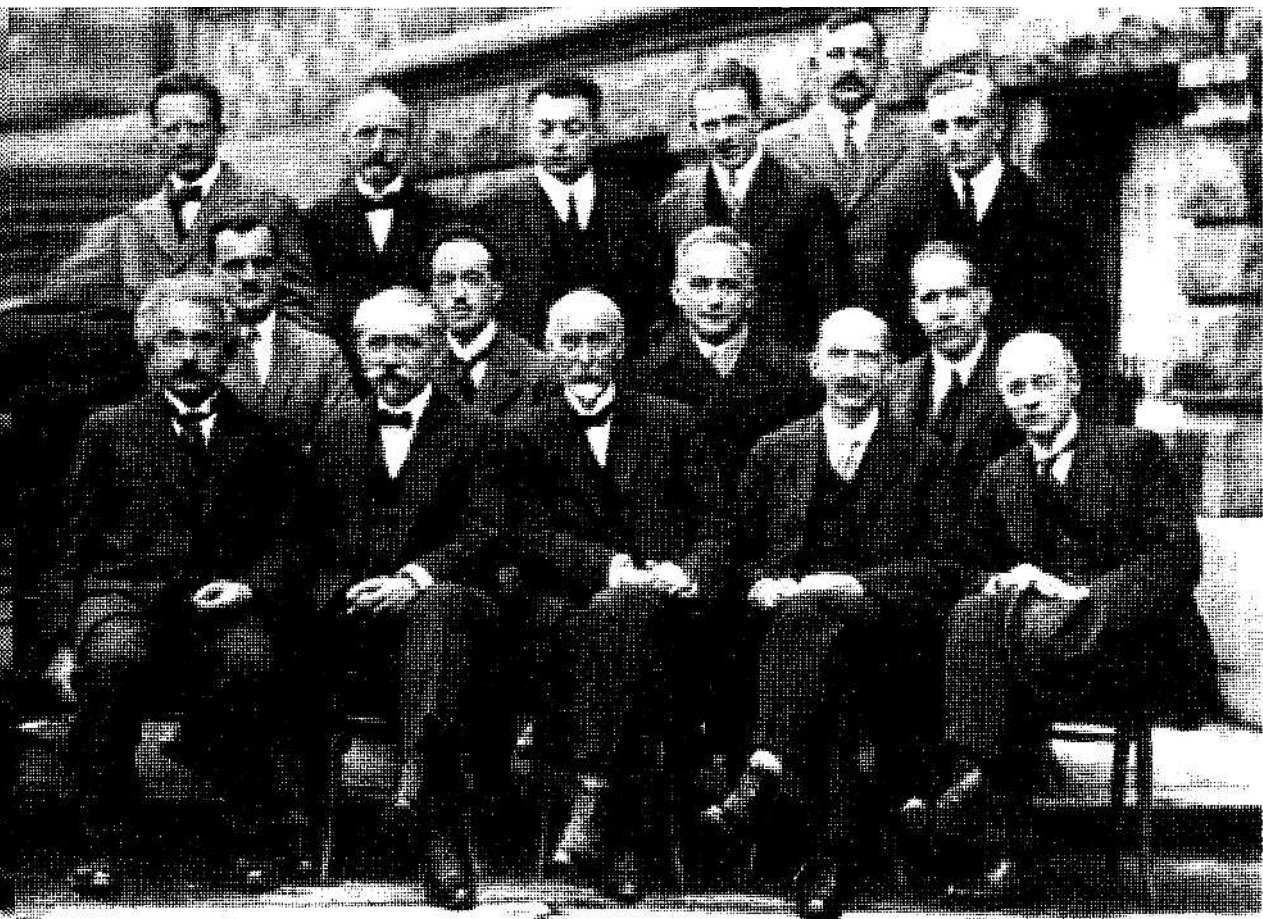
Физики-классики выработали целый ряд положений, которые помогали им направлять мысли в нужное русло, но мешали воспринимать новые идеи. Вот в каких свойствах материального мира они **были уверены**.

1. Вселенная — это гигантская машина, заключенная в рамки абсолютного времени и пространства. Любое сложное движение можно понять как простое движение внутренних деталей машины, даже если мы не можем себе их представить.
2. По теории Ньютона, у всякого изменения в движении есть **причина**: если тело движется, всегда можно найти, что заставляет его это делать. Это обыкновенная связь **причины и следствия**, в которой никто и не думал сомневаться.
3. Если в какой-то момент времени — скажем, прямо сейчас — нам известно состояние движения объекта, то мы можем определить его состояние в любой момент будущего или даже прошлого. Все можно рассчитать, если только не вмешается какое-то неожиданное событие из прошлого. Это называется **детерминизм**.



4. **Свойства света** полностью описаны в теории электромагнитных **волн** Максвелла. Ее подтверждают интерференционные полосы, возникшие в ходе эксперимента на двух щелях, проведенного Томасом Юнгом в 1803 году.
5. Существуют две физические модели движущейся энергии. Кто-то говорит, что это **частица**, непроницаемая сфера, похожая на бильярдный шар, а другие верят, что это **волна**, подобная океанским волнам, набегающим на берег. Эти теории исключают друг друга, так как энергия может быть или частицей, или волной.
6. Свойства системы — например, ее температуру или скорость — можно рассчитать с любой степенью точности: достаточно изменить интенсивность исследования или внести поправку по теоретическим выкладкам. Атомные системы — не исключение.

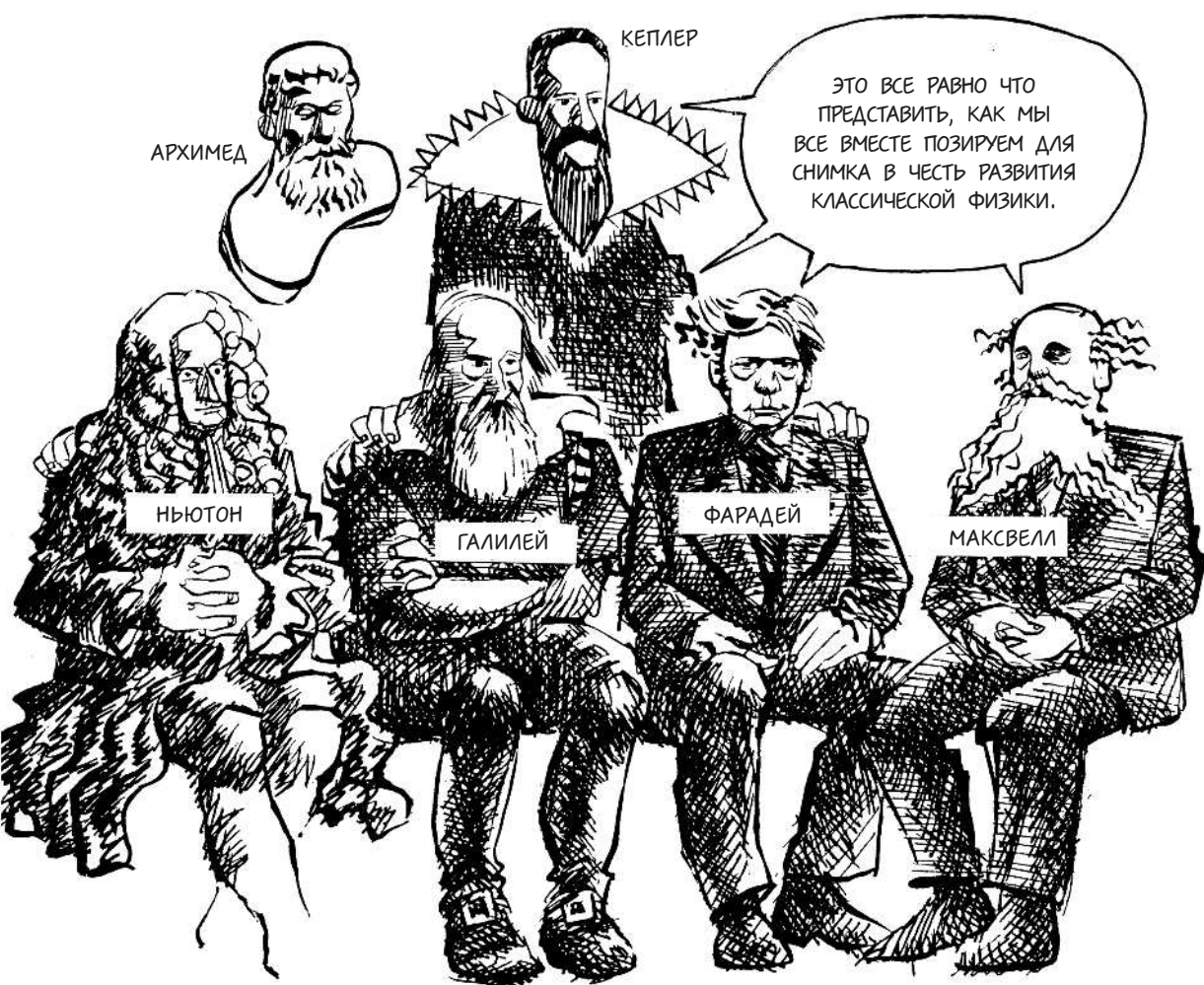
Физики-классики считали, что все эти положения **безусловно верны**. Однако сейчас **все** они **ставятся под сомнение**. Первыми это поняли ученые, собравшиеся 24 октября 1927 года в гостинице «Метрополь» в Брюсселе.



Сольвеевский конгресс 1927 года: квантовая теория сформулирована

За несколько лет до начала Первой мировой войны бельгийский промышленник **Эрнест Сольве** (1838–1922) организовал первый международный съезд физиков в Брюсселе. В последующие годы участникам этих съездов, числом обычно не более тридцати, рассылали специальные приглашения и просили сосредоточиться на заранее оговоренной теме.

Первые пять конгрессов 1911–1927 годов стали наглядной иллюстрацией развития физики в XX веке. Конгресс 1927 года был посвящен квантовой теории, и на нем присутствовали целых **девять** физиков-теоретиков, внесших в нее значительный вклад, за что каждый из них впоследствии удостоился Нобелевской премии.



Эта фотография с Сольвеевского конгресса 1927 года — отличная отправная точка для знакомства с главными игроками, участвовавшими в создании самой современной теории физики. Удивительно, что эти титаны квантовой физики жили в одно время и так близко друг от друга.

Сложно найти другую точку истории науки, где бы горстка людей прояснила столь много за такое краткое время.

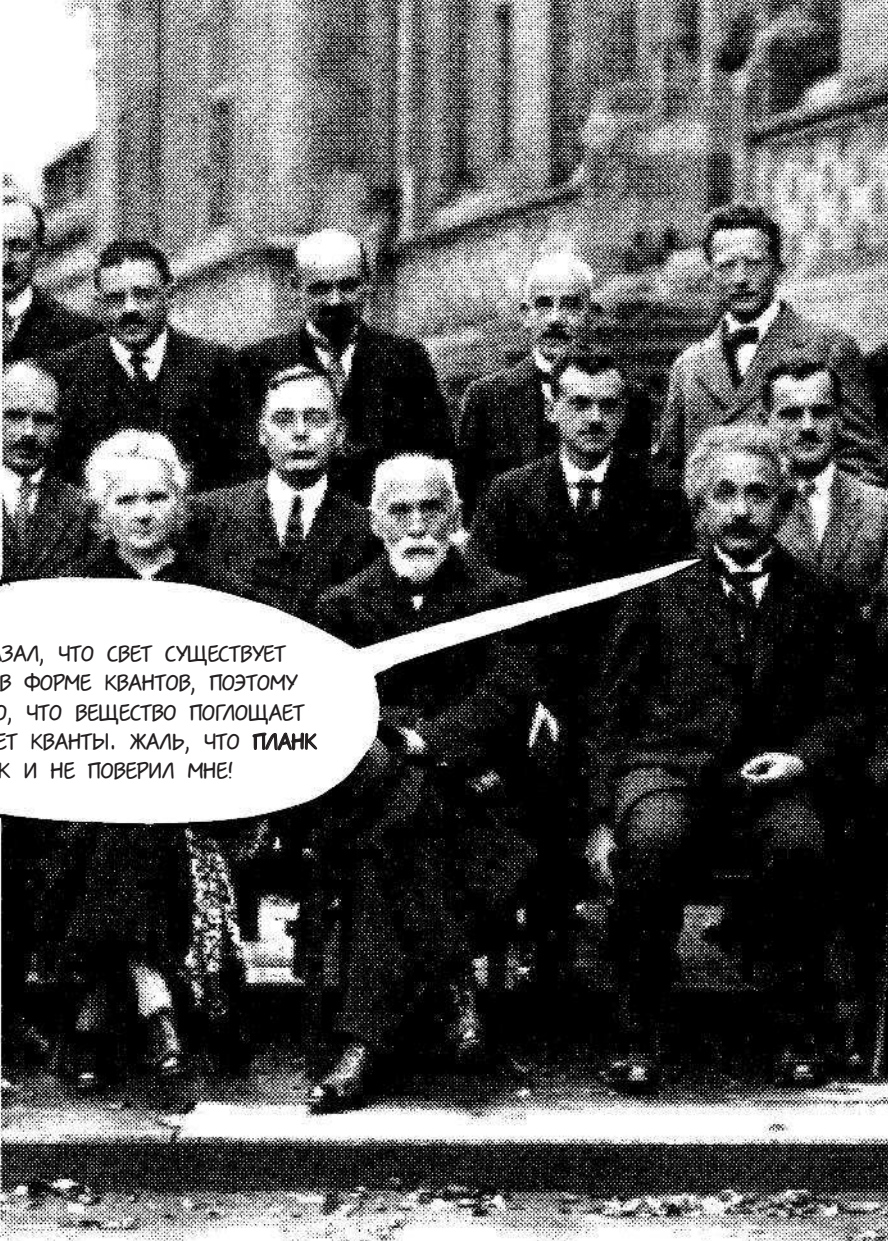
Посмотрите на грустного **Макса Планка** (1858–1947), который сидит со своей шляпой и сигарой в переднем ряду возле **Марии Кюри** (1867–1934). Он выглядит лишенным сил, совершенно измученным долгими годами попыток опровергнуть свои собственные революционные идеи о веществе и излучении.



ЕЩЕ В 1900 ГОДУ Я ПРЕДПОЛОЖИЛ, ЧТО
ВЕЩЕСТВО МОЖЕТ ПРИНИМАТЬ И ПОГЛОЩАТЬ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (ТО ЕСТЬ СВЕТ) ТОЛЬКО
В ФОРМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ — **КВАНТОВ**, — ЧЕЙ
РАЗМЕР ПРОПОРЦИОНАЛЕН ЧАСТОТЕ ИЗЛУЧЕНИЯ.


Несколько лет спустя, в 1905 году, молодой служащий швейцарского патентного бюро по имени **Альберт Эйнштейн** (1879–1955) обобщил взгляды Планка.

Вот он, Эйнштейн — сидит в центре первого ряда, такой напряженный в своем официальном костюме. Прошло более двадцати лет с той статьи 1905 года, и все это время он размышлял над проблемой квантов, но озарение так и не посетило его. Однако он активно участвовал в развитии квантовой теории и с потрясающей уверенностью поддерживал оригинальные идеи других ученых. Его величайшей работе — общей теории относительности, принесшей ему мировую славу, — исполнилось уже десять лет.



Я ДОКАЗАЛ, ЧТО СВЕТ СУЩЕСТВУЕТ
ТОЛЬКО В ФОРМЕ КВАНТОВ, ПОЭТОМУ
ОЧЕВИДНО, ЧТО ВЕЩЕСТВО ПОГЛОЩАЕТ
И ИЗЛУЧАЕТ КВАНТЫ. ЖАЛЬ, ЧТО **ПЛАНК**
ТАК И НЕ ПОВЕРИЛ МНЕ!

В Брюсселе Эйнштейн горячо обсуждал диковинные выводы квантовой теории с ее самым уважаемым и решительно настроенным защитником — «великим датчанином» **Нильсом Бором** (1885–1962). Бор сильнее прочих стремился понять и истолковать эту теорию. На фотографии он сидит в среднем ряду с правого края и выглядит спокойным и уверенным в себе — сорокадвухлетний профессор в расцвете сил.

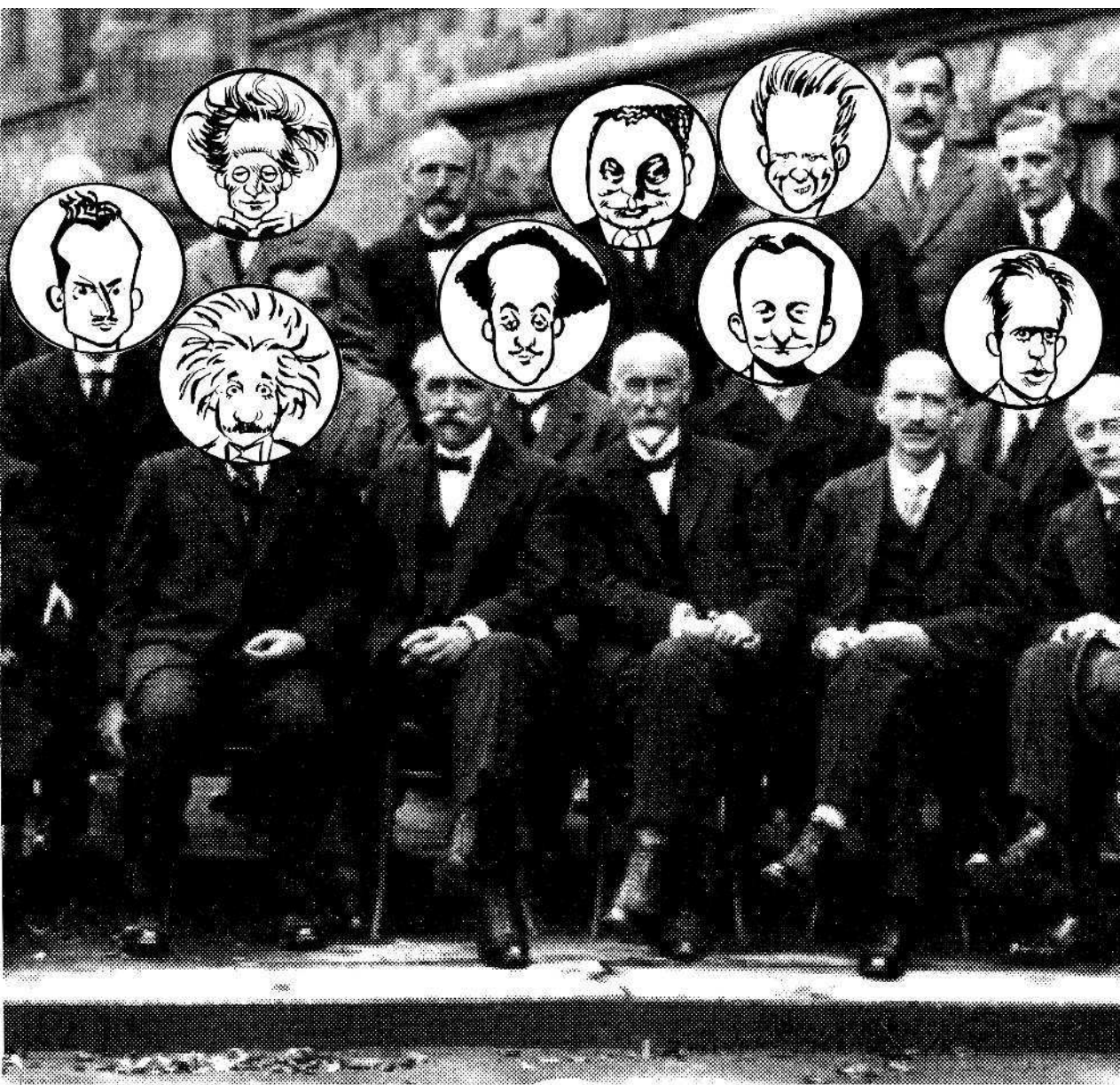


В СВОЕМ
ВЫСТУПЛЕНИИ Я ИЗЛОЖИЛ
ВЕРЯТНОСТНУЮ
ИНТЕРПРЕТАЦИЮ
КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ,
УДОВЛЕТВОРИВШУЮ
ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕХ,
КРОМЕ
ЭЙНШТЕЙНА.

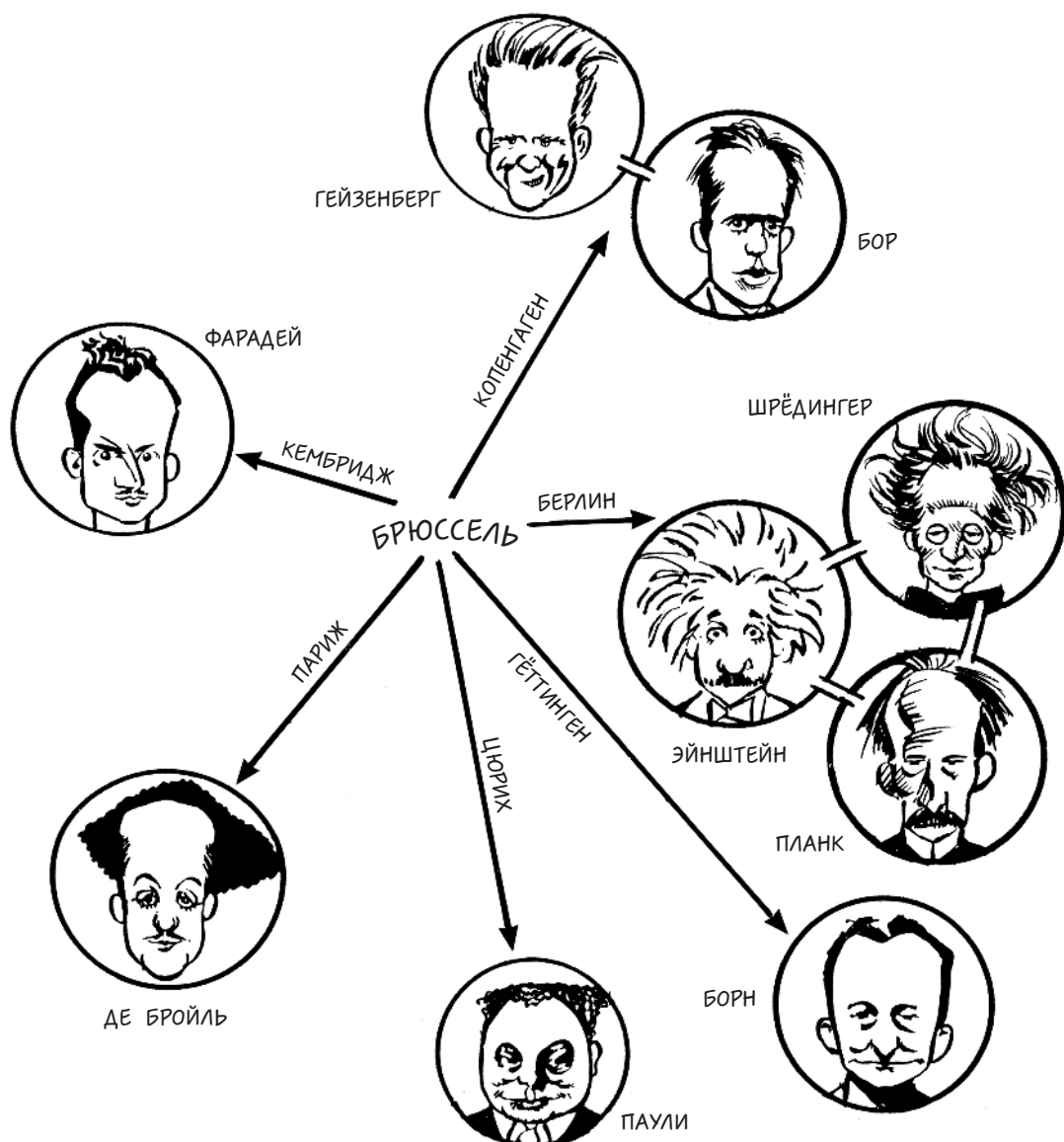
Так начался долгий спор между этими двумя великими умами XX века, оборвавшийся со смертью Эйнштейна в 1955 году.

В последнем ряду за Эйнштейном стоит **Эрвин Шрёдингер** (1887–1961). Одет он явно неофициально — спортивный пиджак и галстук-бабочка. По левую руку от него, через одного, стоят «молодые турки» **Вольфганг Паули** (1900–1958) и **Вернер Гейзенберг** (1901–1976) — здесь им нет и тридцати. А перед ними сидят **Поль Дирак** (1902–1984), **Луи де Бройль** (1892–1987), **Макс Борн** (1882–1970) и Бор. Их имена навсегда связаны с фундаментальными свойствами микроскопического мира: волновое уравнение Шрёдингера, принцип запрета Паули, соотношение неопределенностей Гейзенберга, атом Бора и так далее.

Все они были там — от шестидесятидевятилетнего Планка, с которого все началось в 1900 году, до двадцатипятилетнего Дирака, который поставил точку в разработке теории в 1928 году.



На следующий день после того, как была сделана эта фотография, 30 октября 1927 года, участники конференции отправились на центральный вокзал Брюсселя, чтобы сесть на поезда, идущие до Берлина, Парижа, Кембриджа, Гёттингена, Копенгагена, Вены и Цюриха. Бурные дебаты Бора и Эйнштейна не давали им покоя.



Они увозили с собой ворох самых безумных идей, когда-либо придуманных учеными. Возможно, многие из них втайне соглашались с Эйнштейном: это безумие под названием «квантовая теория» — всего лишь ступенька к более совершенной теории, более совместимой со здравым смыслом.