

# **Квантовая механика и философия**

...или об её интерпретациях

# Ричард Фейнман: «...Существует *тайна* квантовой механики»



***«Не верьте тому, кто скажет, что понимает квантовую механику!»***

# Два подхода к соотношению физики и философии

- *1. В. Гейзенберг, А. Эйнштейн, , М. Планк, Н. Бор, Э. Шредингер, В. Паули, П Йордан, М, Борн*
- *«Не существует развития науки вне её отрыва от философии»*
  
- *2. Л. Ландау, Р. Фейнман, С. Вайнберг*
- *«наука не нуждается в философии»*

# Основной тезис:

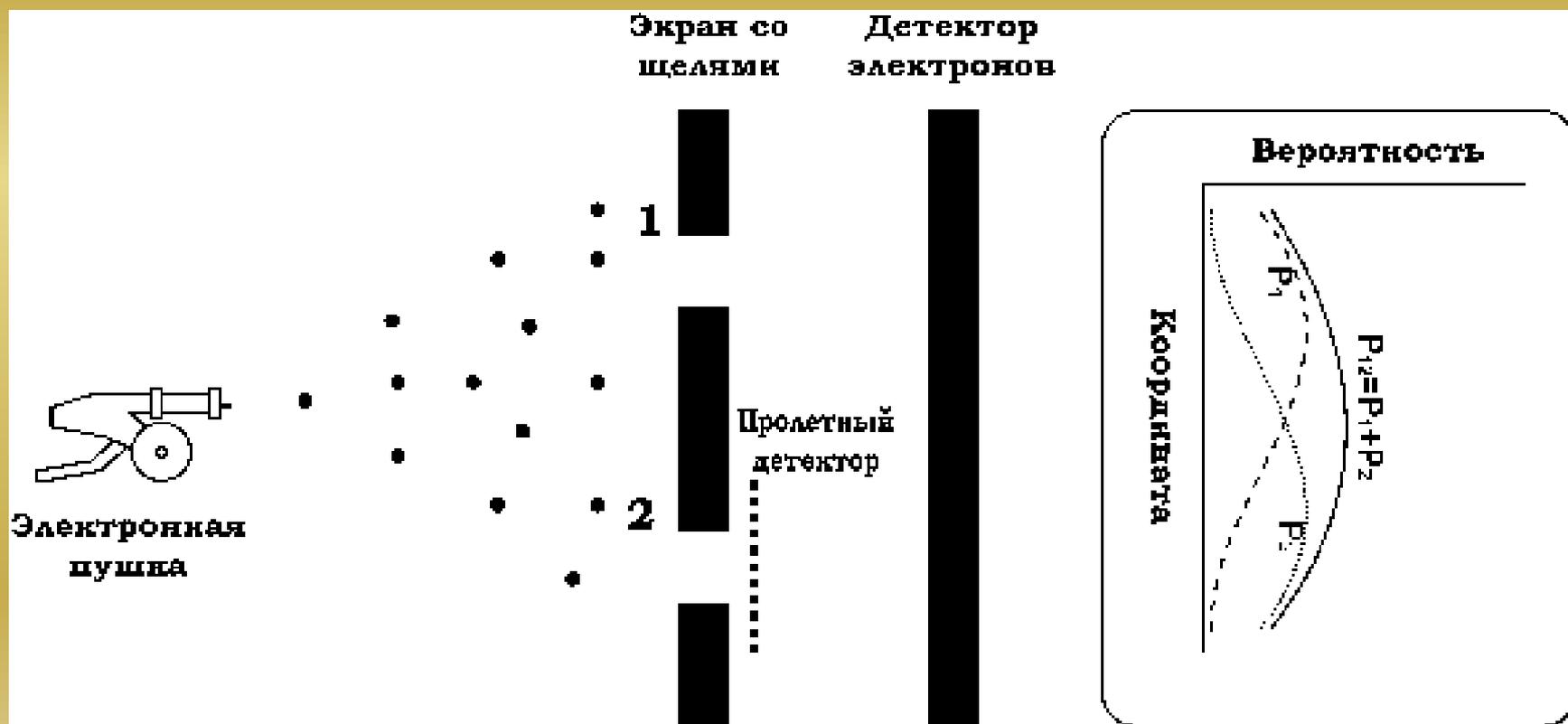
- Квантовую механику невозможно понять вне отрыва от философии
- «Wer Quantenphysik sagt, muss auch Metaphysik sagen»
- Пример с Эйнштейном...

# Основные принципы квантовой механики

- 1. Принцип суперпозиции состояний; состояние описывается волновой функцией  $\Psi$
- 2. «Зависимость от иного»
- 3. Целостность квантовых явлений
- 4. Существенный динамизм квантовых процессов

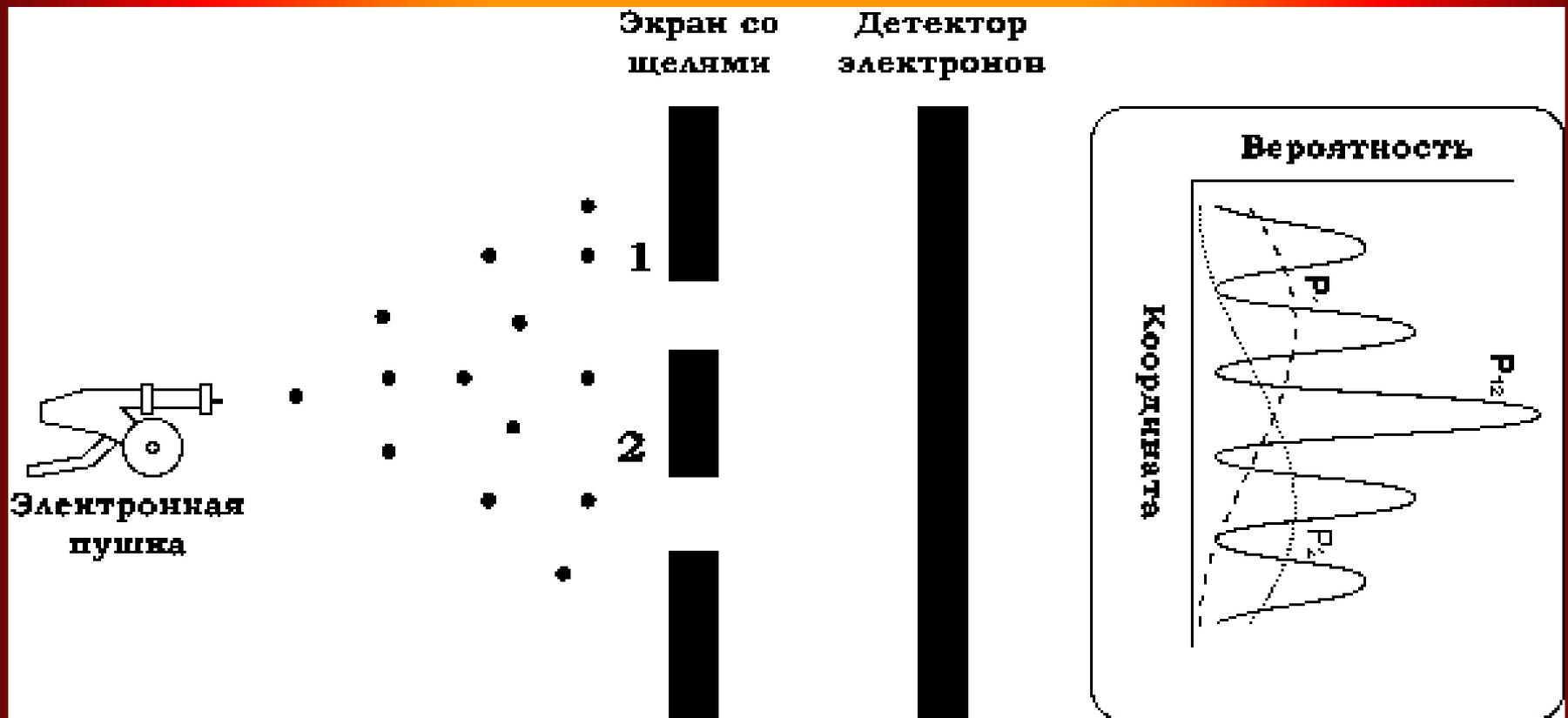
# Принцип суперпозиции состояний

- Двухщелевой эксперимент 1)



# Принцип суперпозиции состояний

- Двухщелевой эксперимент 2)



# Формальное объяснение

- Корпускулярно-волновой дуализм
- Ставит проблему «квантовой шизофрении», или «кота Шредингера»

# Парадокс кота Шредингера

- Эрвин Шредингер 1935 год



# «Зависимость от иного»

- Ставит целый ряд вопросов...
- 1) Влияние субъекта
- 2) Влияние на прошлое (Уилер, 1982 г.)
- 3) Разумность микрообъектов (Эдингтон)
- «Существует ли Луна, покуда на неё не смотрит мышь?» А. Эйнштейн

- **Джон Арчибальд Уилер** - Игра в 20 вопросов
- *"Никакой квантовый феномен не является феноменом, пока он не является наблюдаемым (регистрируемым) феноменом"*
- Состояние до регистрации не определено!
- И в соответствии с принципом суперпозиции объект находится в «смеси» состояний  $\Rightarrow$

# Целостность квантовых явлений

- .. Или парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена
- (ЭПР-парадокс)
- Особенность ЭПР-парадокса состоит в том, что в результате измерения импульса первой частицы, изменяется состояние у второй, когда частицы находятся сколь угодно далеко друг от друга. В этом проявляется нелокальный характер квантовой теории. Система, состоящая из двух частиц, состояние которых описывается единой волновой функцией, не является простой «суммой» этих частиц, даже если между ними нет взаимодействия. При проведении измерения состояние такой составной системы может измениться. С этой точки зрения является некорректной исходная посылка ЭПР касательно того, что *«так как во время измерения эти две системы уже не взаимодействуют, то в результате каких бы то ни было операций над первой системой во второй системе уже не может получиться никаких реальных изменений»*. Волновая функция — это нелокальная величина, и большое расстояние между частицами при измерении, которое её изменяет, существенной роли не играет.

# ЭПР-парадокс

- Мысленный эксперимент ЭПР и связанная с ним нелокальность квантовой механики, в настоящее время привлекает широкое внимание в связи с экспериментами по квантовой телепортации. В историческом плане парадокс Эйнштейна — Подольского — Розена, и последовавшая затем дискуссия между Бором и Эйнштейном, сыграли важную роль для прояснения таких ключевых физических понятий, как «измерение», «полнота теории», «физическая реальность» и «состояние системы».

# ЭПР-парадокс

- Понятие реальности: *«Если мы можем, при отсутствии возмущения системы, предсказать с достоверностью (то есть вероятностью, равной единице) значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине»*

# ЭПР-парадокс

- ... для частицы в состоянии  $\psi$  определенного значения координаты предсказать нельзя, а его можно получить только путем непосредственного измерения. Такое измерение вызовет возмущение частицы и, таким образом, изменит её состояние. После того как координата будет определена, частица уже не будет больше находиться в прежнем состоянии. В квантовой механике из этого делается следующий вывод: если количество движения частицы известно, то ее координата не имеет физической реальности.

# Выводы Эйнштейна

- 1. *«квантовомеханическое описание реальности посредством волновой функции не полно».*
- 2. «две физические величины с некоммутирующими операторами не могут быть реальными одновременно».

# Интерпретации квантовой механики

- 1. Копенгагенская трактовка
- 2. Трактовка Уилера
- 3. Концепции, связанные с участием сознания
- 4. Ансамблевые трактовки
- 5. Неореалистические, со скрытыми параметрами
- 6. Квантовологические интерпретации
- 7. Холисткая интерпретация Бома
- 8. Многомировая интерпретация (ММИ)
- 9. Трактовка КМ по Фейнману
- 10. Концепция Гейзенберга-Фока

# Копенгагенская трактовка

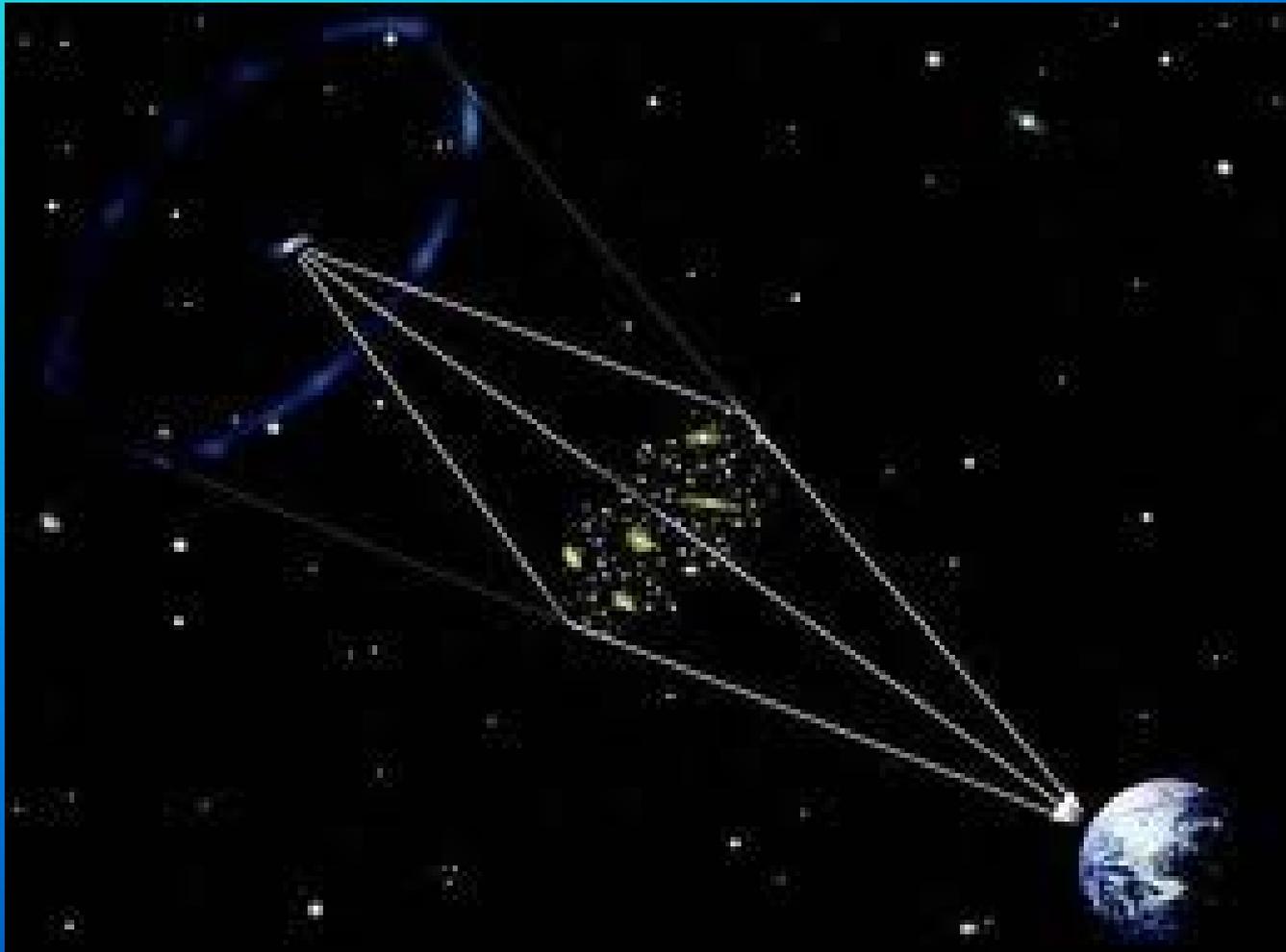
- Волновая функция  $\Psi = \sum a_n \psi_n$  рассматривается как список возможностей, из которых при взаимодействии с макрообъектом реализуется только одна. Происходит скачок, «редукция ВФ».
- Утверждается, что мы можем знать с определенностью как "реальные" ***только результаты измерений***. В сфере применимости квантовой механики нельзя задавать вопросы о том, что представляет собой микрообъект когда фактически не производится его наблюдение с помощью экспериментальной установки того или иного типа (выявляющей либо корпускулярные, либо волновые его свойства). Квантово-механические предсказания относятся лишь к ситуациям фактического наблюдения.

# Концепция «участия» Уилера

- Копенгагенская школа настаивает на существовании только "феноменологической" реальности. Бор подчеркивал: "Не существует никакого квантового мира. Существует только абстрактное квантово-механическое описание ". Уилеровская трактовка состоит в том, что можно назвать "принципом участия". С его точки зрения бытие Вселенной есть результат "акта участия наблюдателя" в процессе самоосуществления Вселенной, "ввергающей себя в бытие посредством актов участия" . Правомерен "взгляд, по которому наблюдатель столь же существенен для проявления Вселенной, как и Вселенная для проявления наблюдателя"

# Уилер

- Влияние на прошлое?



# Концепции с участием сознания

Восходят работе фон Неймана «Математические основы квантовой механики»

Лондон, Бауэр

Вигнер, проблема «друга Вигнера»

Лондон и Бауэр пытаются преодолеть проблему «друга Вигнера» указанием на макроскопический характер отношений между прибором и наблюдателем

# Ансамблевые трактовки

- Д.И. Блохинцев: «...квантовая механика изучает законы движения микрочастиц в квантовом ансамбле»
- Баллентайн: «квантовое состояние представляет собой ансамбль одинаково приготовленных систем, но не обеспечивает полное описание одной индивидуальной системы»

# Неореалистические трактовки

- Позиция Эйнштейна
- Теория волны-пилота де Бройля
- Теория квантового потенциала Бома
- Различные теории со скрытыми параметрами

# Квантовологические интерпретации

- Сторонники этой трактовки (Биргхоф, фон Нейман, Финкельштейн и др.) убеждены в том, что квантовая теория совершила настолько глубокую революцию в нашем сознании, что недостаточно просто заменить старые концепты на новые. Делается утверждение о содержательном статусе логики, о реальности логики квантовой.

# Квантовологические интерпретации

- Дж. Баб : "Как значение перехода от классической к релятивистской механике состоит в выяснении того, что геометрия может играть в физике роль объясняющего принципа, что геометрия не априорна..., так и значение квантовой революции состоит в выяснении того, что логика может играть роль объясняющего принципа, что она в такой же мере не априорна. Не существует логического пространства априори в том смысле, что законы логики характеризуют необходимые свойства любых лингвистических схем, подходящих для описания и сообщения опытных данных. В конце концов, логика относится к миру, а не к языку. Мы должны принципиально изменить само наше мышление, и в первую очередь, лежащую в основе всего нашего познания, составляющую ее костяк, двузначную аристотелевскую логику и перейти в простейшем случае к трехзначной небулевой логике, в рамках которой парадоксы просто не возникают.

# Холисткая концепция Бома

- Дэвид Бом: «Неделимое квантовое единство всей Вселенной является наиболее фундаментальной реальностью, а эти относительно независимые составные части – только лишь частные единичные формы внутри этого единства»

# Холисткая концепция Бома

- По этой трактовке весь Универсум должен пониматься как вид особой голограммы. Весь мир отражается во всех своих частях, подобно тому как кусочек голограммы содержит всю информацию обо всей целой голограмме. Бом говорит о том, что в отдельных частях структуры как бы "свернуты", "завернуты", и потом могут быть, соответственно, извлечены. "Имплицитный порядок" ("implicate order") задан повсюду. "Составными элементами" этого являются не классические "галилей-декартовские" объекты, а *действие*, *движение*, или, как их называет сам Бом - "*holomovents*" или некоторые целостные "голономные" движения - «голодвижения».
- "Внутренний порядок", холистический момент являются для Бома отличительными признаками квантовой механики. ЭПР - парадокс демонстрирует "неразложимость" мира, его нелокальный характер. Бом утверждает, что мы должны отказаться от картезианского дуализма, картезианского понимания объекта и перейти к холистической, целостной трактовке.
- При этом существует некоторая иерархия Универсума. Наиболее глубоким уровнем реальности является «непроявленность», где и осуществляется сеть универсальных взаимоотношений, не имеющей ничего общего с локальностью в пространстве-времени.

# Многомировая интерпетация



*Хью Эверетт (11.11.1930 –  
19.07.1982), аспирант Дж. А.  
Уилера*

*Работа 1957 года*

- В рамках ММИ постулируется существование, в некотором смысле, «параллельных вселенных», в каждой из которых действуют одни и те же законы природы и которым свойственны одни и те же мировые постоянные, но которые находятся в различных состояниях. В действительности, термин «многомировая» только вводит в заблуждение; многомировая интерпретация не предполагает реального наличия именно других миров, она предлагает лишь один реально существующий мир, который описывается единой волновой функцией, которую, однако, для завершения процесса измерения какого-либо квантового события, необходимо разделить на наблюдателя (который проводит измерение) и объект, описываемых каждый своей волновой функцией. Однако сделать это можно по-разному, а потому в результате получаются разные значения измеряемой величины и, что характерно, разные наблюдатели. Поэтому считается, что при каждом акте измерения квантового объекта, наблюдатель как бы расщепляется на несколько (предположительно, неограниченно много) версий. Каждая из этих версий видит свой результат измерения и, действуя в соответствии с ним, формирует собственную предшествующую измерению историю и версию Вселенной. С учетом этого данную интерпретацию как правило и называют многомировой, а саму многовариантную Вселенную — Мультиверсом

# Концепция Гейзенберга - Фока

- По КТ *феномены* являются реально существующими, и помимо них нет никакой более глубокой реальности. Гейзенберг был одним из немногих физиков, пытающихся понять и описать "квантовую реальность".
- По Гейзенбергу, за квантовым феноменом действительно нет никакой реальности, но в совершенно ином смысле, чем вкладывал в это утверждение Бор. За квантовым феноменом нет никакой реальности в том смысле, что находящееся за ним это только "полуреальность", не мир фактически существующего, а всего лишь **потенция, "тенденция" к осуществлению.**
- Гейзенберг утверждал, что квантовая механика возвращает нас к аристотелевскому понятию "dynamis" - **бытию в возможности.** С его точки зрения, в квантовой теории мы возвращаемся к идее множественности бытия, а именно двухуровневой, двухмодусной онтологической картине - мы имеем модус бытия в возможности и модус бытия действительного, мир фактически существующего.
- В. А. Фок – «Потенциальные возможности» и «Осуществившееся»

# ...Итак, как же понять квантовую механику?

- Анализ основных понятий и экспериментов
- 1. «Наблюдаемые» и «ненаблюдаемые» (завуалированная реальность, «имплицитный, непроявленный» порядок, скрытая реальность, «зазеркалье КМ)
- 2. ВФ  $\Psi$  не является «жителем нашего мира», она определена в совершенно особом бесконечномерном, т.н. «гильбертовом пространстве»
- 3. ВФ  $\Psi$  – комплексозначна, нельзя ввести понятия «больше» – «меньше»
- 4. ВФ  $\Psi$  – задает **возможность** нахождения в определенном состоянии

# Неравенства Белла

- Неравенства Белла возникают при анализе эксперимента типа ЭПР-парадокса из предположения, что вероятностный характер предсказаний квантовой механики объясняется наличием скрытых параметров, то есть неполнотой описания. Существование такого параметра означало бы справедливость концепции локального реализма. В этом случае ещё до измерения квантовый объект можно было бы охарактеризовать определенным значением некоторой физической величины, например, проекцией спина на фиксированную ось. Расчет вероятностей различных результатов измерения по законам квантовой механики приводит к нарушению неравенств Белла. Поэтому если верить квантовой механике, предположение о «локальном реализме» нужно отвергнуть. Однако локальный реализм кажется столь естественным, что для проверки неравенств Белла были поставлены эксперименты. Выполнение этих неравенств было проверено различными группами ученых. Первый результат был опубликован Аленом Аспе с соавторами. Оказалось, что неравенства Белла нарушаются. Следовательно, ***неверным оказывается привычное представление о том, что динамические свойства квантовой частицы, наблюдаемые при измерении, реально существуют еще до измерения, а измерение лишь ликвидирует наше незнание того, какое именно свойство имеет место. В действительности это не так: свойства, обнаруженные при измерении, могут вообще не существовать до измерения.***

- Согласуется с выводами из работы Клышко:
- Неравенства Белла выводились при тех допущениях :
- П1. Результаты измерений наблюдателя **A** не влияют на результаты наблюдателя **B** и наоборот (свойство *локальности*);
- П2. Из правил вычисления средних величин в классической теории вероятности предполагается, что *существуют* совместные распределения плотности вероятности соответствующих наблюдаемых величин.
- П3. Это совместное распределение, согласно аксиомам теории вероятностей, неотрицательно (*колмогоровость*).
  
- Одно из неверно! Клышко указывает на второй пункт: «Фотоны до регистрации не существуют объективно!»
- Белинский А. В.
- Владимиров В.С.
-

**Вывод:** Квантовая механика, как из анализа ее основных понятий, так из анализа опытов по проверке неравенств Белла, заставляют признать, что наряду с наблюдаемой, классической реальностью, существует реальность квантовая, та, что определяет, конституирует наблюдаемую, феноменологическую реальность.

Отмечу, что такой подход находится в прямой корреляции с традиционной метафизикой, в частности, с аристотелевской на что и указывал Вернер Гейзенберг, один из основателей квантовой механики.

# Вернер Гейзенберг (Werner Heisenberg )

5 декабря 1901, Вюрцбург - 1 февраля 1976, Мюнхен



На военных сборах, 1937 год



