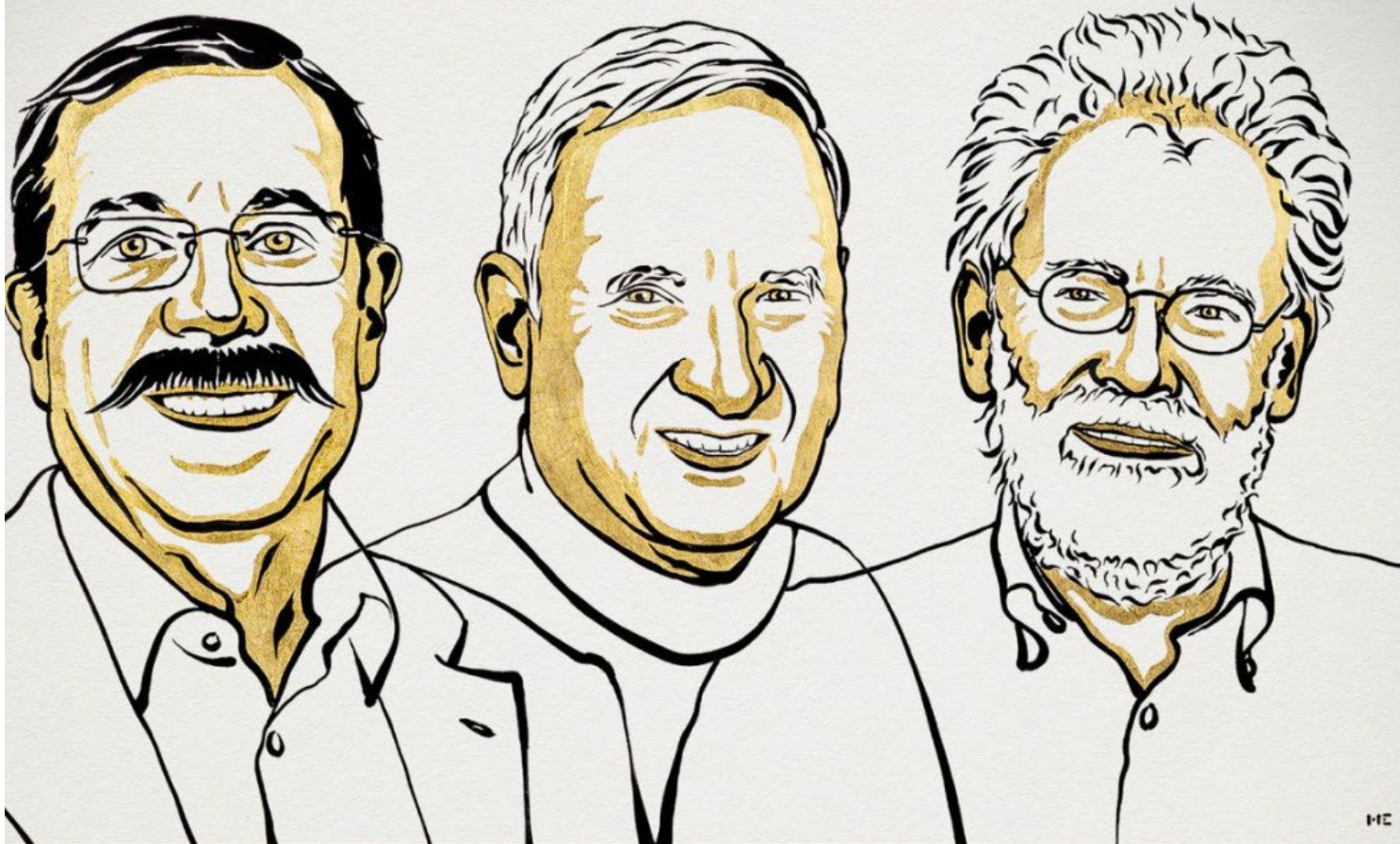




САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

Вопросы квантовой механики: проблемы локальной реальности

д.ф.–м.н. Дорошин А.В.
Самарский университет им. академика С.П. Королёва

THE NOBEL PRIZE
IN PHYSICS 2022

Нобелевскую премию по физике
2022 года дали

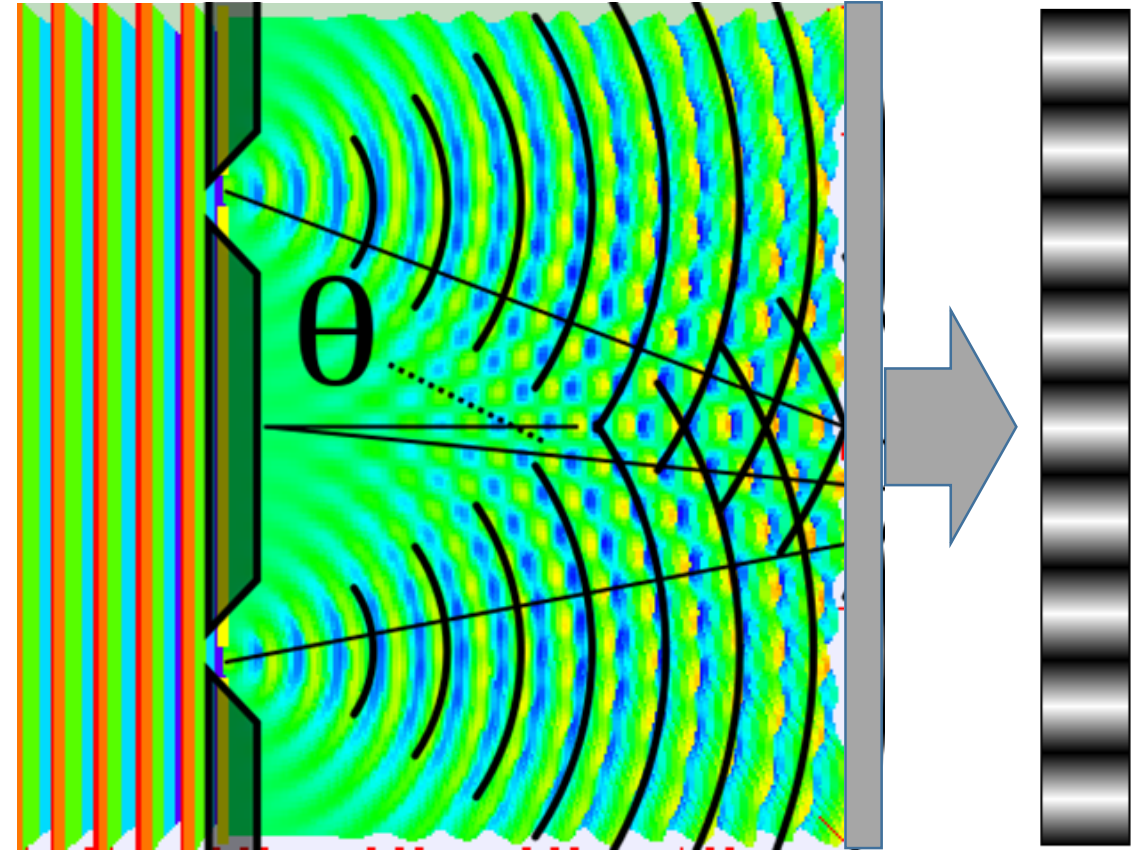
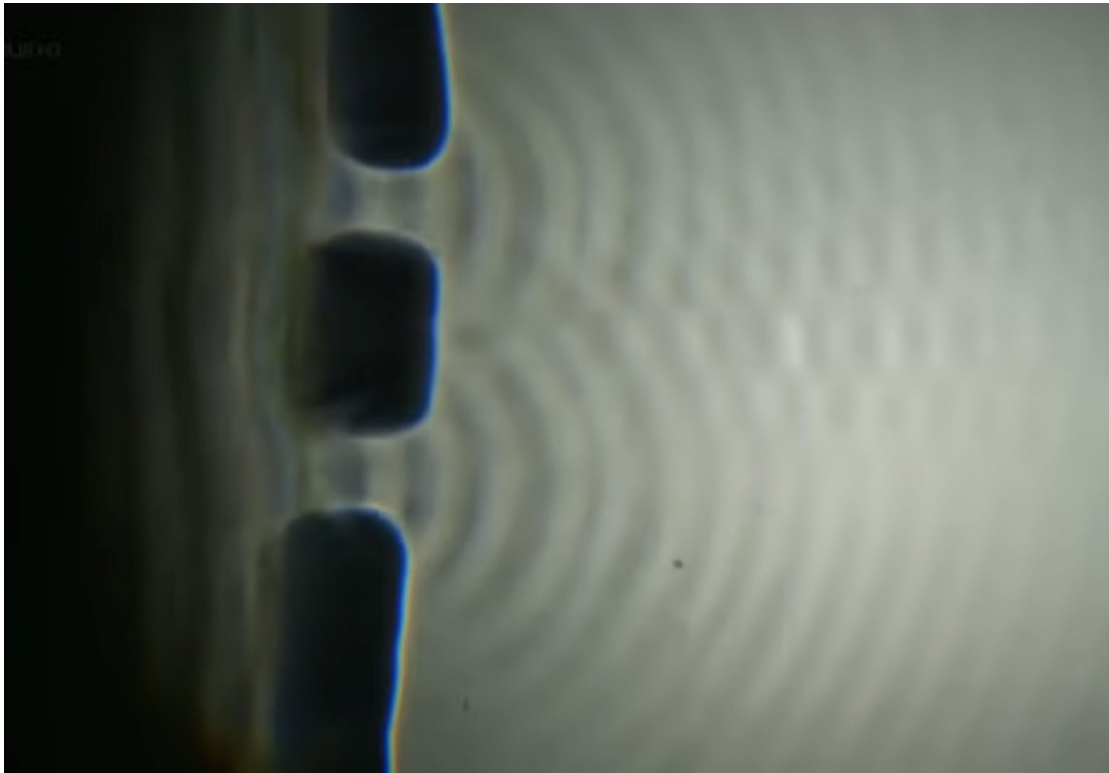
**Алену Аспекту,
Джону Ф. Клаузеру и
Антону Цайлингеру**

за «эксперименты с запутанными фотонами, выявление нарушения в неравенстве Белла», а также новаторство в сфере квантовой информатики. Их исследования «открыли путь для новых технологий», основанных на квантовой механике



Вопросы физической реальности...

Классическая интерференционная картина от обхода препятствий («волнорезов») – проход через две щели



Используемые в презентации описания физических явлений являются известным научным материалом.
Демонстрирующиеся в презентации модели и иллюстрации представлены в открытых источниках.

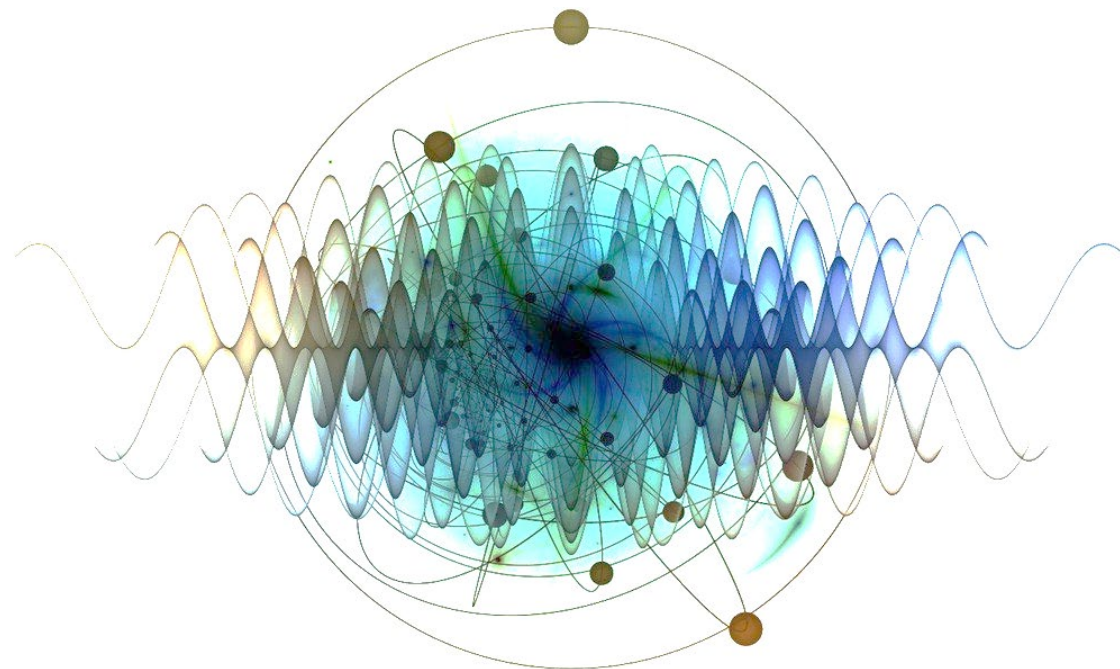




Двухщелевой эксперимент:

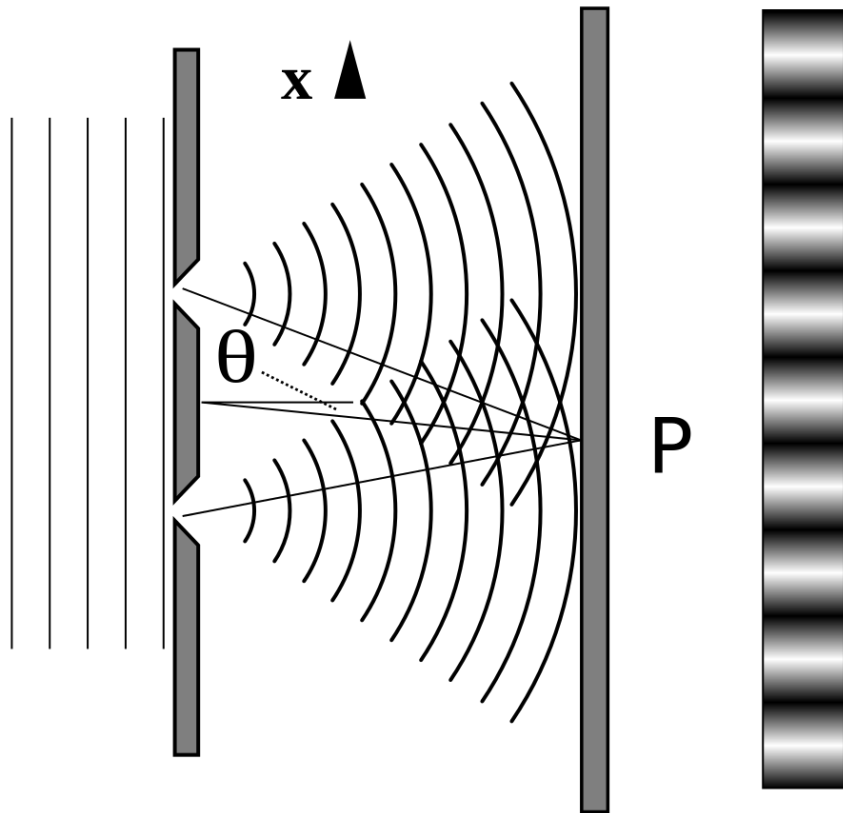
Эксперимент показывает, что свет и материя в целом могут проявлять характеристики как волн, так и частиц.

Эксперимент отображает фундаментально вероятностный характер квантово-механических явлений.

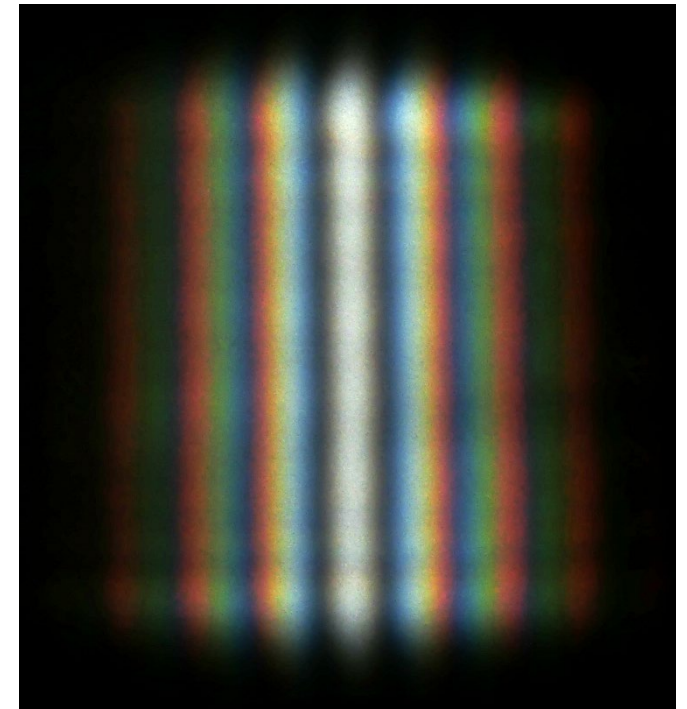


Впервые эксперимент был проведён Томасом Юнгом со светом в 1801 году.

В 1927 году Дэвиссон и Гермер продемонстрировали, что электроны проявляют такое же поведение, которое позднее расширено на атомы и молекулы.



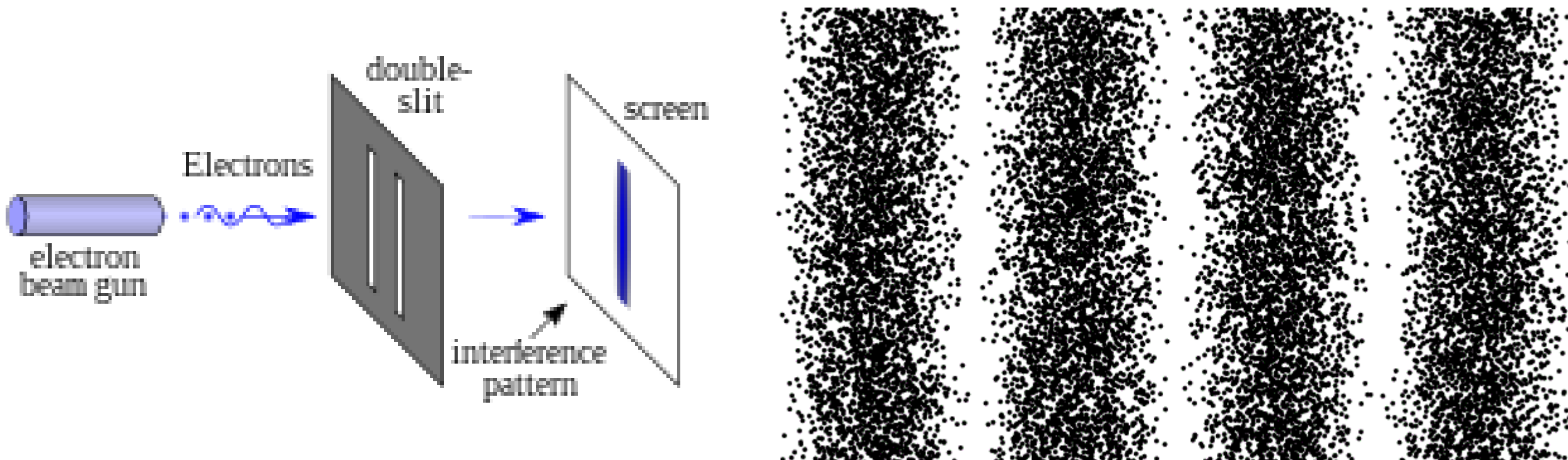
Интерференционная
картина от солнечного
света





Прохождение через щели частиц (электронов):

Снова видим интерференционную картину

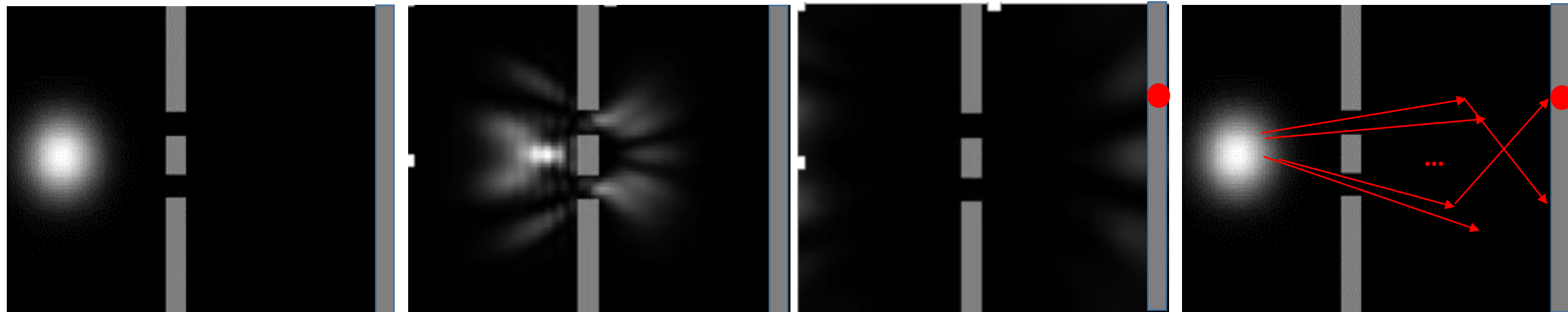




Моделирование **волновой функции** частицы в двухщелевом эксперименте.

Белое пятно ассоциирует собой частицу, как вероятную ее локализацию.

Чем светлее пиксель, тем больше **вероятность нахождения частицы в этом месте при измерении.**



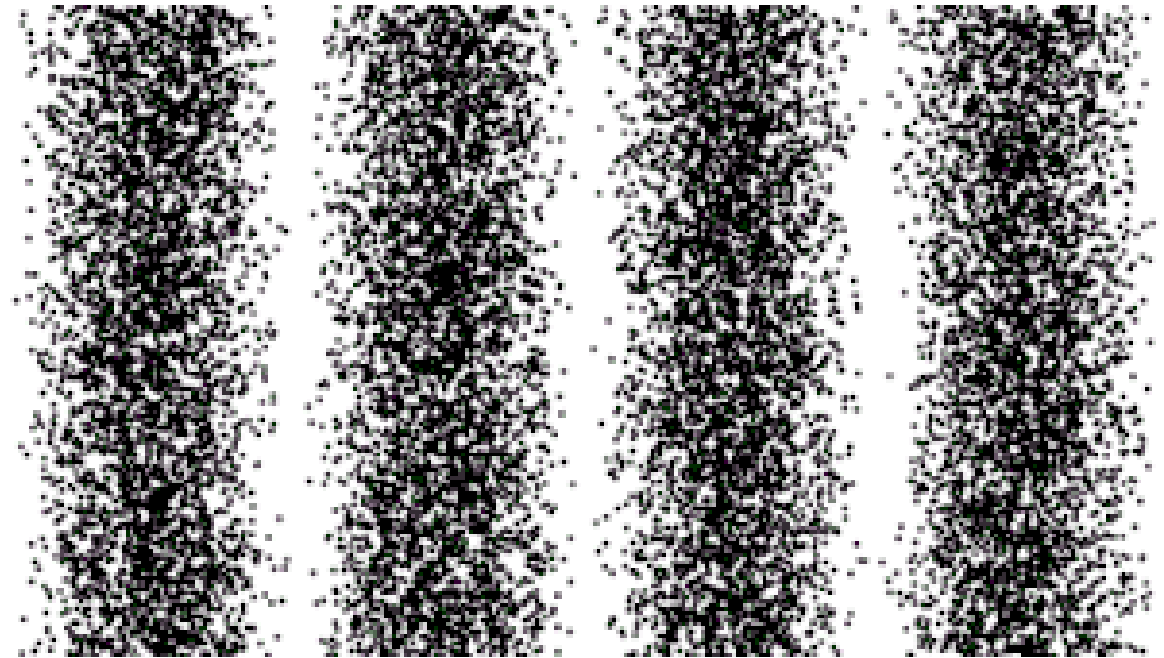
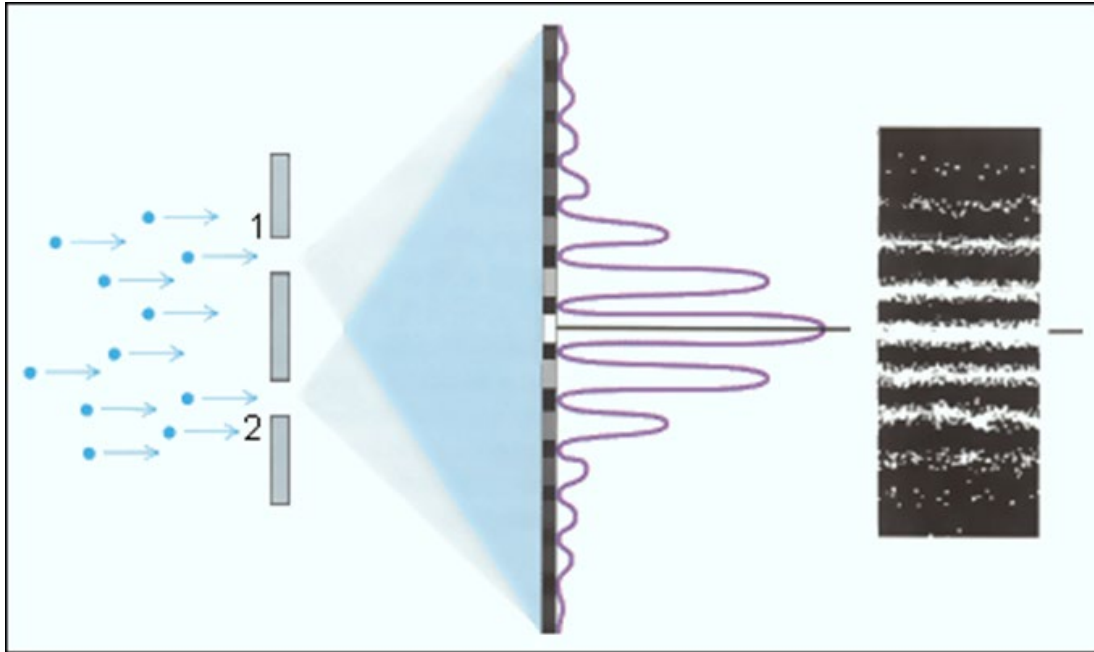
Достигнув экрана наблюдения, частица фиксируется где-то конкретно, «схлопывая» волновую функцию: это возникающая красная точка на экране

Т.е. только в момент непосредственного наблюдения, когда мы пытаемся увидеть частицу в акте наблюдения на экране, она появляется в конкретном месте, реализовывая и фиксируя свою вероятность.



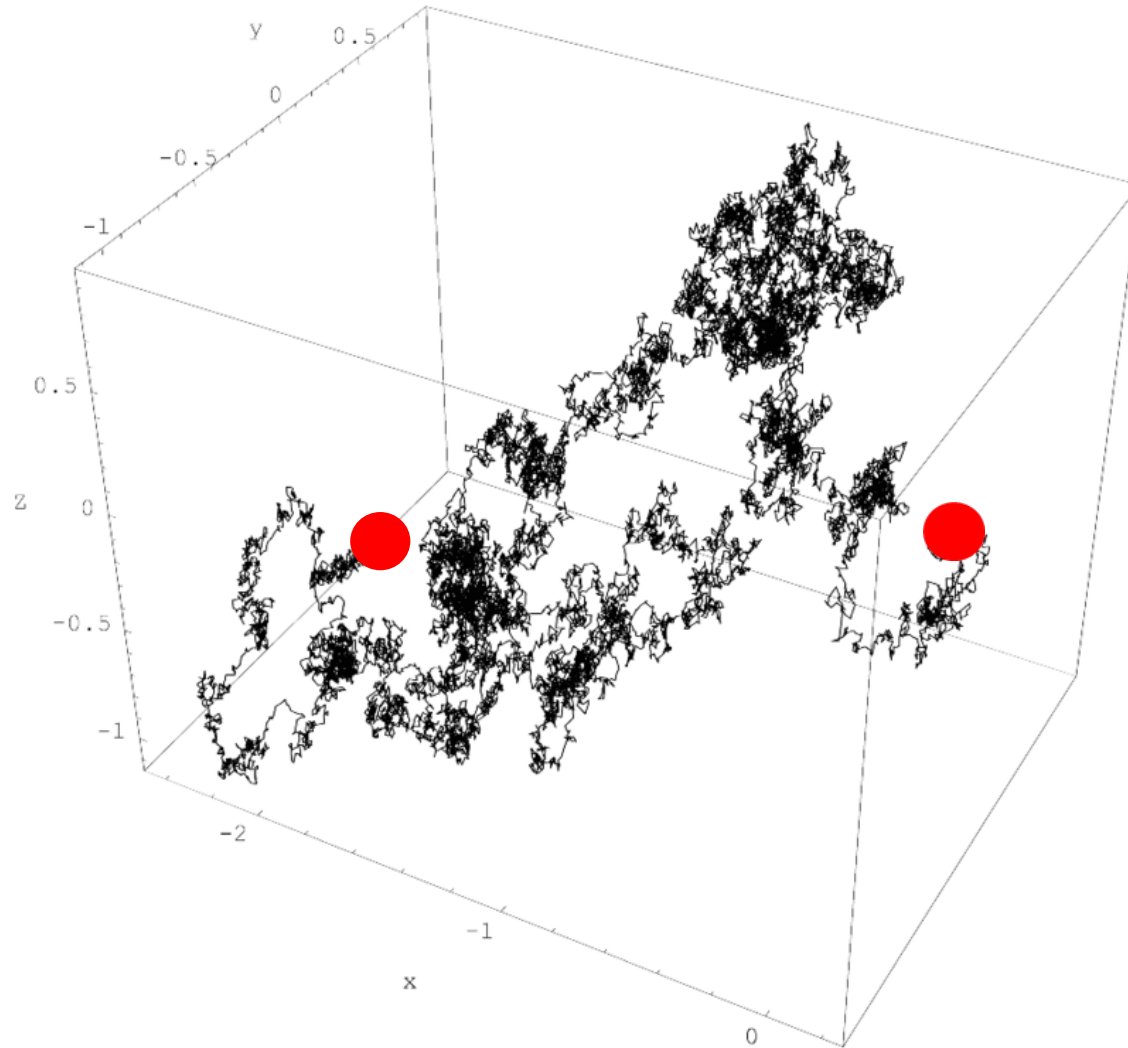
Прохождение через щели частиц (электронов):

Снова видим интерференционную картину



Образование интерференционной картины одиночными частицами:

Каждая частица прилетела отдельно и сделала свою отметину на экране, **реализовав свою вероятность**, но множеством частиц снова собралась классическая интерференционная картина



Значит...

**Физическая реальность на фундаментальном
уровне материи имеет вероятностную форму**

Как частица могла двигаться, если
мы размышляем о траектории?

Один из бесконечного числа
одинаково вероятных путей
частицы



Копенгагенская интерпретация — интерпретация квантовой механики, которую сформулировали Нильс Бор и Вернер Гейзенберг во время совместной работы в Копенгагене в 1927г. :

Физический мир состоит из квантовых объектов и измерительных приборов.

Волновая функция $\Psi(x,y,z,t)$ (решение уравнения Шрёдингера) описывает изменение квантового состояния объектов.

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta \Psi + U \Psi.$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta + U(x, y, z).$$

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi.$$

В процессе взаимодействия микрообъекта с измерительным прибором происходит редукция волновой функции измеряемого микрообъекта, то есть сведение суперпозиции к одному состоянию, т.е. «схлопывается».

Согласно копенгагенской интерпретации, квантовая механика описывает не микрообъекты сами по себе, а их свойства в макроусловиях, создающихся измерительными приборами в процессе акта наблюдения.

... квантовые объекты одновременно находятся во множественных самых разных возможных состояниях (в их суперпозиции), пока не начнут наблюдаться и пока не будут измерены...



Акт наблюдения-измерения вызывает мгновенное схлопывание, «коллапс волновой функции». Это означает, что процесс измерения случайно выбирает какую-то одну из возможностей, допускаемых волновой функцией данного состояния, а волновая функция мгновенно изменяется, чтобы отразить/зафиксировать этот выбор.

Физика — это наука о результатах измерительных процессов. Рассуждения о том, что же происходит за пределами измерений неправомерны.

Копенгагенская интерпретация отбрасывает вопросы типа «где была частица до того, как я зарегистрировал её местоположение» как бессмысленные.

Квантовый мир существует только тогда, когда за ним наблюдают...

А. Эйнштейн: «Перестает ли существовать Луна, когда я не смотрю на нее?»

Парадокс Эйнштейна — Подольского — Розена:

все это ошибка, вся эта копенгагенская интерпретация...

Все лишь потому что есть дополнительные скрытые параметры,
скрытые взаимосвязи, установленные загодя...



Соотношение неопределенностей Гейзенберга

Получено в 1927 году немецким физиком В. Гейзенбергом.

Согласно этому принципу

в природе не существует состояния частицы
с точно определенными значениями координаты и проекции
импульса на эту координатную ось

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$$

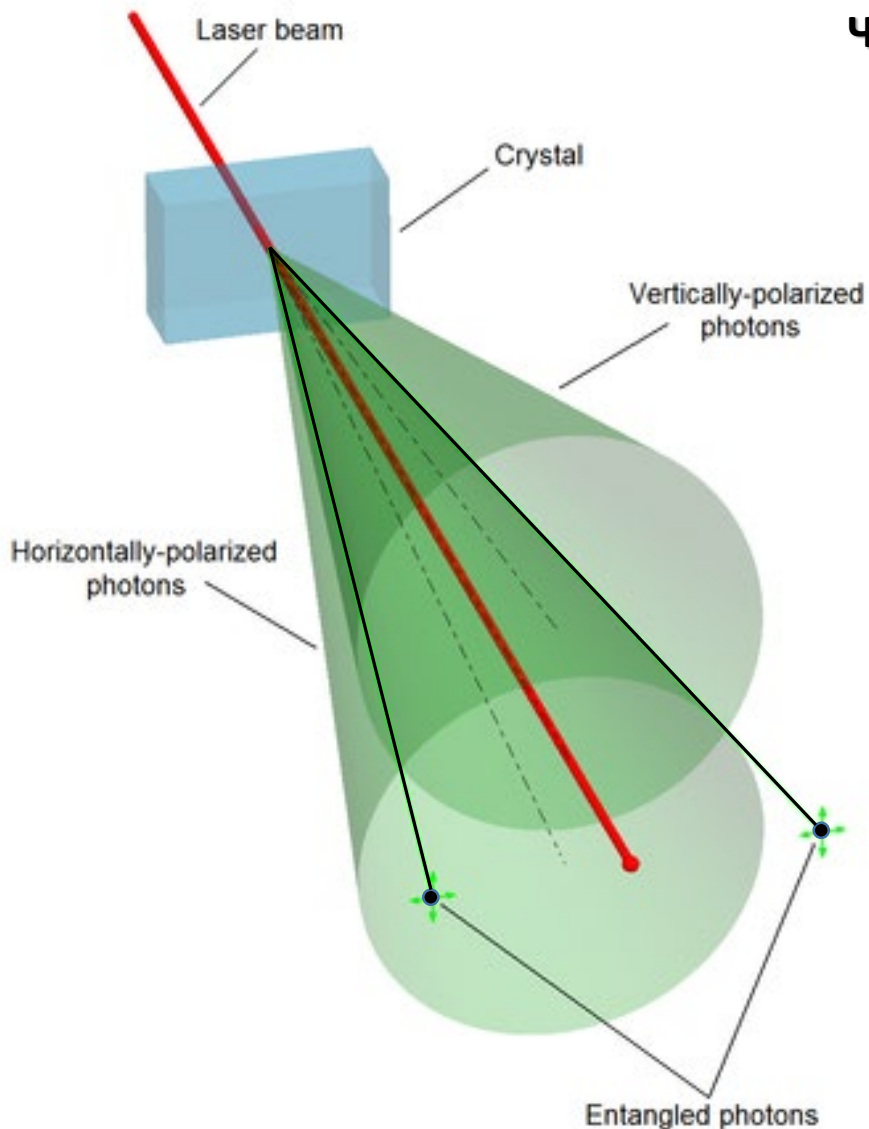
Как можно толковать это с точки зрения реальности?

Невозможно измерить и знать абсолютно точно
параметры частицы... Знать и измерить да, а
существовать они могут такими?

Физика - наука об измеренных свойствах, о
доказательстве опытами... и если физика не
измеряет, то она уже не физика...

То, чего нельзя измерить для физики не существует.

Ответ физика должен быть «НЕТ»...
Значит и абсолютно точной однозначной
реальности тоже нет (в глазах физика...)



Что еще не так с реальностью?

На квантовом уровне расщепление луча обозначает, что каждый фотон превращается в два.

Действуют законы сохранения энергии (новые фотоны имеют половинную частоту/энергию), сохранения импульса (они разлетаются под одинаковым углом в разные стороны) и спина (момента импульса).

ЭТИ ДВА ФОТОНА «ЗАПУТАННЫЕ» (Entangled)

Если измерять спин разлетевшихся запутанных фотонов (результат разнорезультатен, заранее не известен).

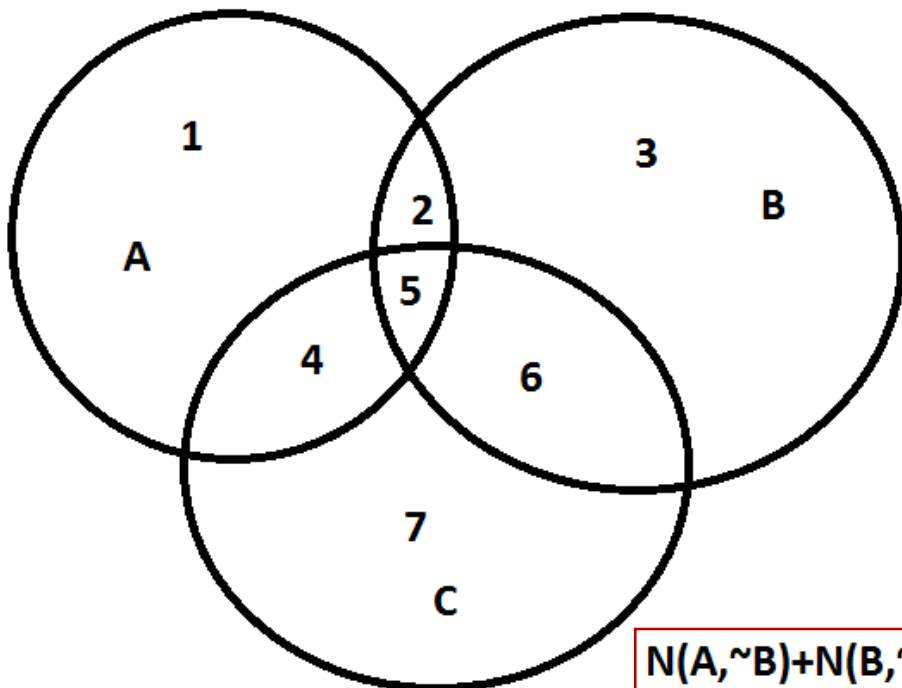
Поляризация в микромире соответствует спину.

Зная поляризацию одного, мы сразу знаем обратную поляризацию другого → через последующие одинаковые поляризаторы оба пучка/оба фотона одновременно гарантированно НЕ пройдут – пройдет «родной», а «обратный» нет.

Джон Белл, 1964г.

Различные формы «неравенств Белла»

8



$$N(A, \sim B) + N(B, \sim C) \geq N(A, \sim C)$$

$$N_1 + N_4 + N_3 + N_2 \geq N_1 + N_2$$

где $N(A, \sim B)$ – количество событий A и НЕ B, и т.д.

Если случайные величин ξ, η, ζ по модулю не превосходят единицы, то справедливо следующее **неравенство Белла**:

$$|E(\xi\zeta) - E(\eta\zeta)| \leq 1 - E(\xi\eta)$$

E - математическое ожидание соответствующей случайной величины

Неравенство Клаузера-Хорна-Шимони-Хольта для четырех случайных величин X_1, X_2, Y_1, Y_2 :

$$|E(X_1Y_1) + E(X_1Y_2) + E(X_2Y_1) - E(X_2Y_2)| \leq 2$$



Неравенства Белла всегда верны при следующих допущениях:

А) «Реализм»:

Измерение не вносит никакой дополнительной «вероятности» (не меняет и не искажает статистику) в значение измеряемого параметра. Это значение было у объекта (до измерения), а измерение лишь извлекло его, не поменяв этой величины.

Б) «принципом локальности», «принцип запрета дальнего действия», «принцип близкого действия»:

Любые процессы (в т.ч. "запутанные" процессы) не передают друг другу информацию-влияние-взаимодействие с мгновенными скоростями, независимо от расстояний между ними ($v=\infty$, $v>c$).

В) «отсутствие супер-детерминизма»:

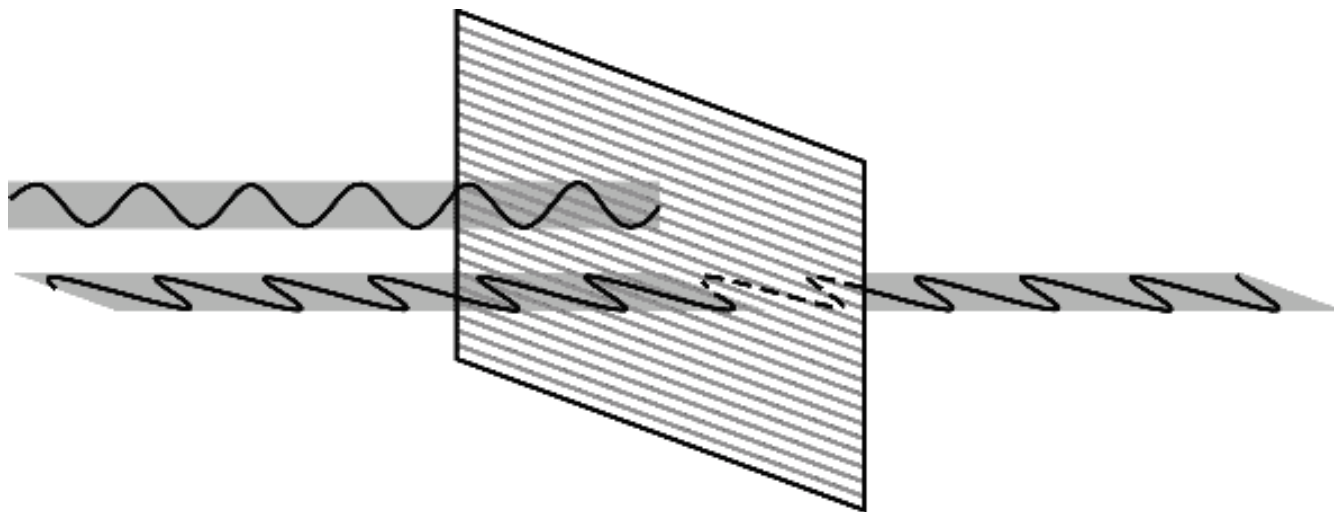
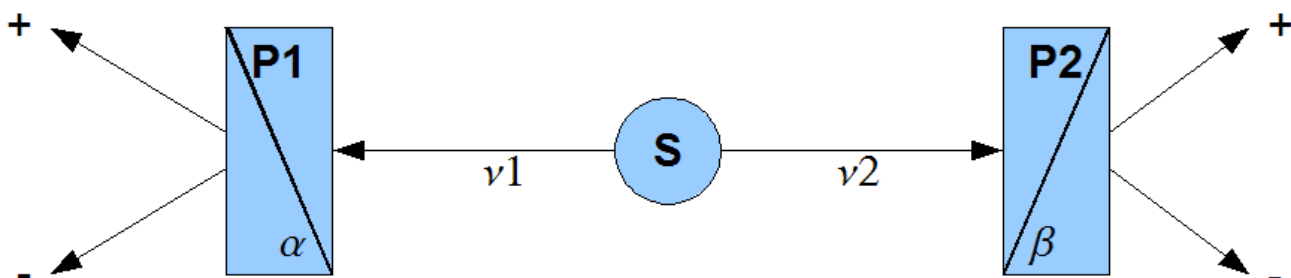
не существует никакой внешней все определяющей и отслеживающей силы, которая загодя все «знает» и влияет одновременно на все процессы, определяя их исход, в т.ч. запутанных процессов.



НЕРАВЕНСТВА БЕЛЛА: ПРОВЕРКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Джон Белл, 1964г.

Проверка неравенств Белла в эксперименте Алена Аспе (1980—1982)



Квантовая механика способна предсказать вероятности измерения $(+, +)$, $(-, -)$, $(+, -)$ и $(-, +)$ на поляризаторах (P1, P2), ориентированных на углы (α, β) :

$$P_{++}(\alpha, \beta) = P_{--}(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} \cos^2(\alpha - \beta)$$

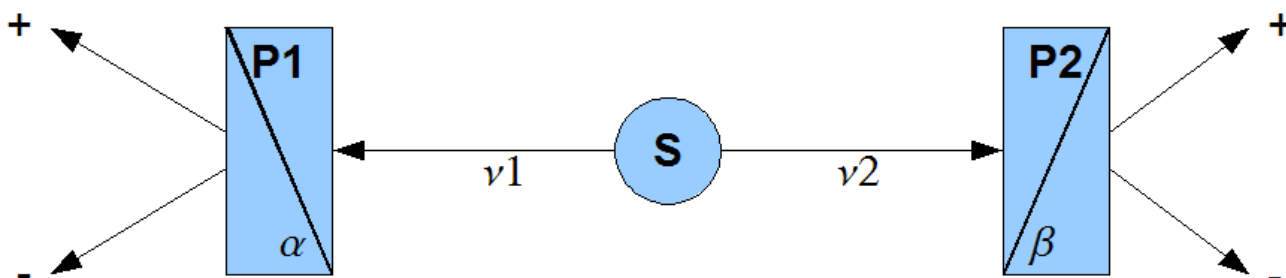
$$P_{+-}(\alpha, \beta) = P_{-+}(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} \sin^2(\alpha - \beta)$$



НЕРАВЕНСТВА БЕЛЛА: ПРОВЕРКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Джон Белл, 1964г.

Проверка неравенств Белла в эксперименте Алена Аспе (1980—1982)



Квантовая механика способна предсказать вероятности измерения (+, +), (-, -), (+, -) и (-, +) на поляризаторах (P1, P2), ориентированных на углы (α , β):

$$P_{++}(\alpha, \beta) = P_{--}(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} \cos^2(\alpha - \beta)$$

$$P_{+-}(\alpha, \beta) = P_{-+}(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} \sin^2(\alpha - \beta)$$

Пример оценки по трем экспериментам:

1. (+,-):
Левый угол = -10°
Правый угол = 0°
 $\theta = 10^\circ$
 $P_{+-} = 1,5\% = N(A, \sim B)$

2. (+,-):
Левый угол = 0°
Правый угол = 10°
 $\theta = 10^\circ$
 $P_{+-} = 1,5\% = N(B, \sim C)$

3. (+,-):
Левый угол = -10°
Правый угол = 10°
 $\theta = 20^\circ$
 $P_{+-} = 5,8\% = N(A, \sim C)$



$$N(A, \sim B) + N(B, \sim C) \geq N(A, \sim C)$$
$$1,5 + 1,5 \geq 5,8 !!!$$

Неравенства Белла НЕ выполняются

$N(A, \sim B)$ - количество фотонов, которые проходят через левый -10° и не проходят через правый 0° .

$N(B, \sim C)$ - фотоны, которые пошли через левый 0° и не прошли правый 10° .

$N(A, \sim C)$ - фотоны, которые прошли через левый -10° и не проходят правый 10° .

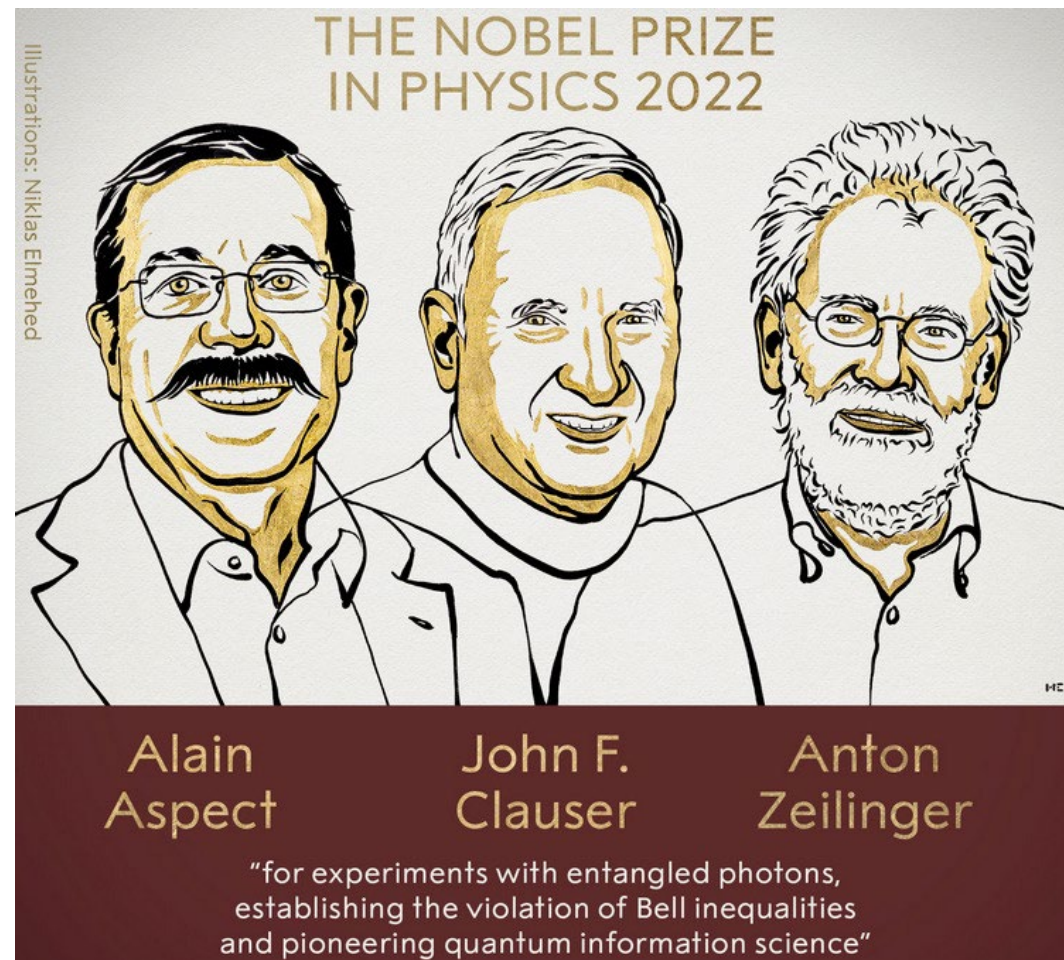
Нобелевскую премию по физике в 2022 году получили исследователи квантовой запутанности и нарушений неравенств Белла

Исследования всех трёх учёных касаются запутанных квантовых частиц и нарушений неравенств Белла. В шестидесятые годы прошлого века ирландский физик Джон Стюарт Белл (John Stewart Bell) сформулировал неравенства, позволяющие проверить, содержит ли квантово-механическая система скрытые параметры — их невозможно измерить экспериментально, но они влияют на результаты измерений других параметров системы. Если скрытые параметры существуют, то выполняется гипотеза локального реализма, и свойства объекта существуют до их измерения, а сам объект влияет только на своё локальное окружение. Неравенства Белла поддаются экспериментальной проверке — их выполнение и невыполнение дают разные вероятности состояний.

Американец Джон Клаузер в семидесятые годы экспериментально проверил выполнение неравенств Белла и доказал, что они нарушаются, то есть в квантовой механике нет скрытых параметров. Это означает, что её вероятностная природа не является следствием неполного описания.

В начале восьмидесятых французский учёный Аллен Аспе в рамках работы над докторской диссертацией развил идеи Клаузера и смог сделать так, чтобы начальные условия, при которых испускается пара запутанных фотонов, не оказывала влияния на результаты измерений. Аспе также доказал, что неравенства Белла не выполняются.

Наконец, австриец Антон Цайлингер впервые в 1997 году показал возможность квантовой телепортации с использованием запутанных фотонов, то есть изменения поляризационного состояния одной частицы при изменении состояния другой, которая находилась на расстоянии от исходной.

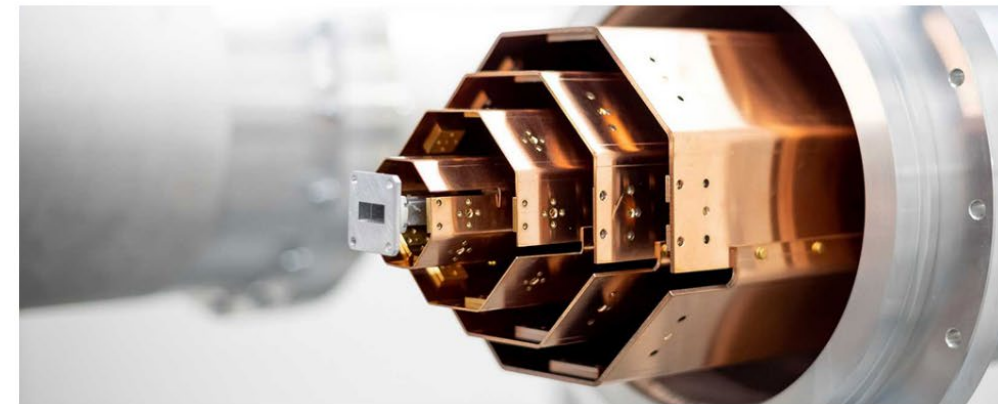




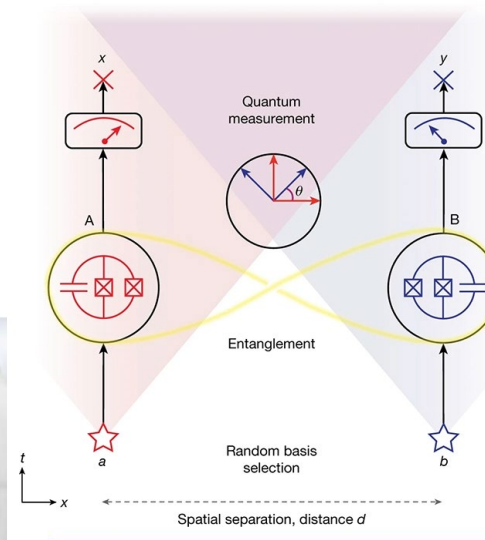
Новые экспериментальные подтверждения: 10.05.2023

Quantum Experiment Shows How Einstein Was Wrong About One Thing

PHYSICS 16 May 2023 By DAVID NIELD

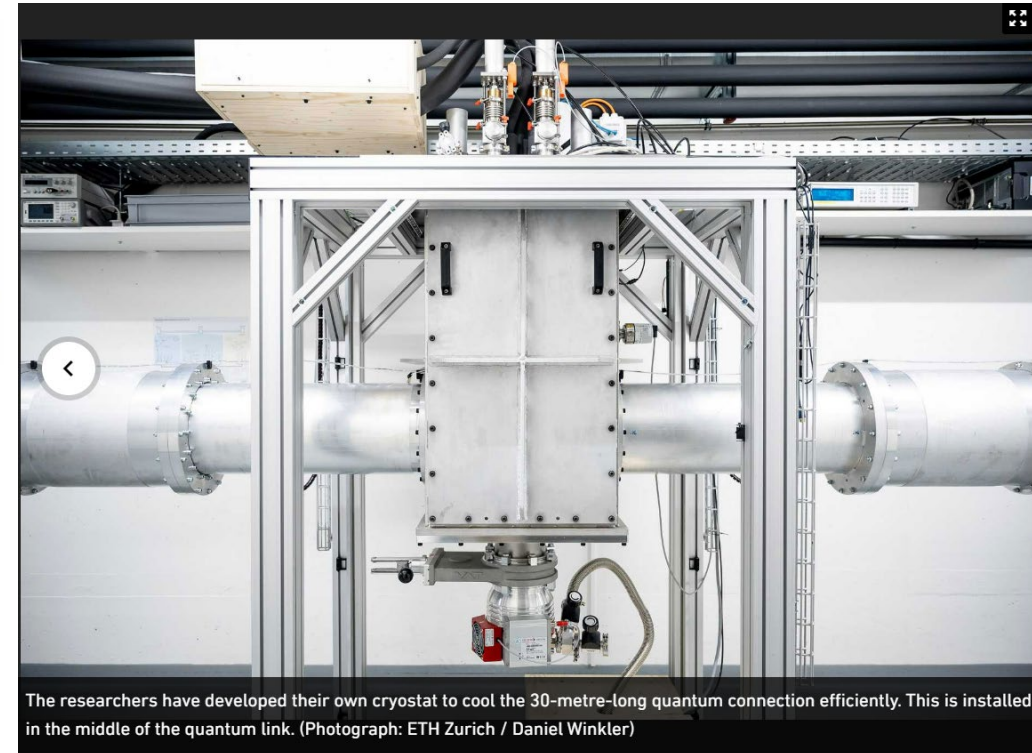


Inside the 30-meter tube. (ETH Zurich/Daniel Winkler)



Trending News

CDC: First US Cases of Severe Drug-Resistant Ringworm Identified



The researchers have developed their own cryostat to cool the 30-metre-long quantum connection efficiently. This is installed in the middle of the quantum link. (Photograph: ETH Zurich / Daniel Winkler)

https://www.sciencealert.com/quantum-experiment-shows-how-einstein-was-wrong-about-one-thing?utm_source=yandex&utm_medium=zen&utm_campaign=native

<https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2023/05/entangled-quantum-circuits.html>



НЕРАВЕНСТВА БЕЛЛА: ПРОВЕРКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Вопросы физической реальности...

||

Ответы: на фундаментальном уровне материи реальности нет

Неравенства Белла были бы верны при следующих допущениях:

- А) «Реализм»;
- Б) «принципом локальности», «принцип запрета дальнего действия», «принцип близкого действия»;
- В) «отсутствие супер-детерминизма».

Неравенства Белла НЕ выполняются...

значит «Реализма» нет

(пожертвовали пунктом А, оставили в силе Б и В).

Свойства запутанных фотонов не были заданы изначально, но мы «инициировали» их путем нашего измерения.

~~«Реализм»~~ → мы НЕ извлекли объективно существовавшие свойства частицы посредством измерений...
Этих определенных в рамках процесса измерений свойств не существовало до акта измерений-наблюдений...
Что было с частицей до момента ее регистрации в принципе неизвестно...

Наблюдатель «зафиксировал» некоторую вероятностную ситуацию, которой изначально не существовало – это теперь мы и считаем нашей реальностью...

Реальность создает наблюдатель

**Robert Lanza, Bob Berman, Biocentrism: How Life and Consciousness are the Keys to Understanding the True Nature of the Universe (2010)
The Grand Biocentric Design: How Life Creates Reality (2020)**

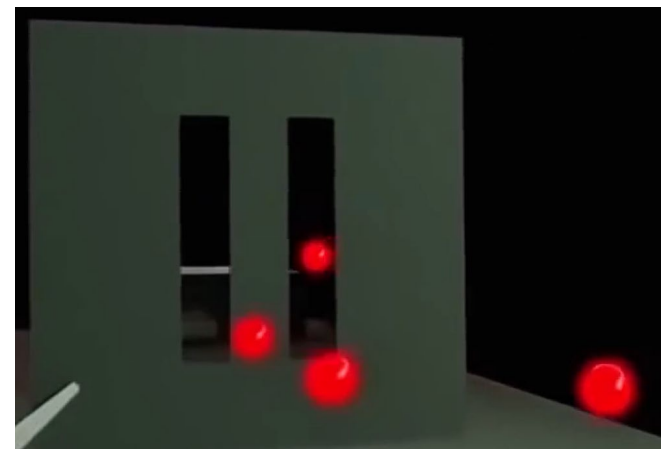
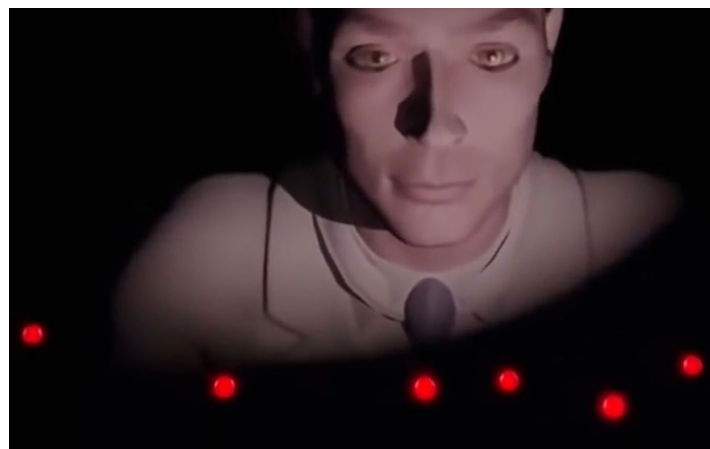
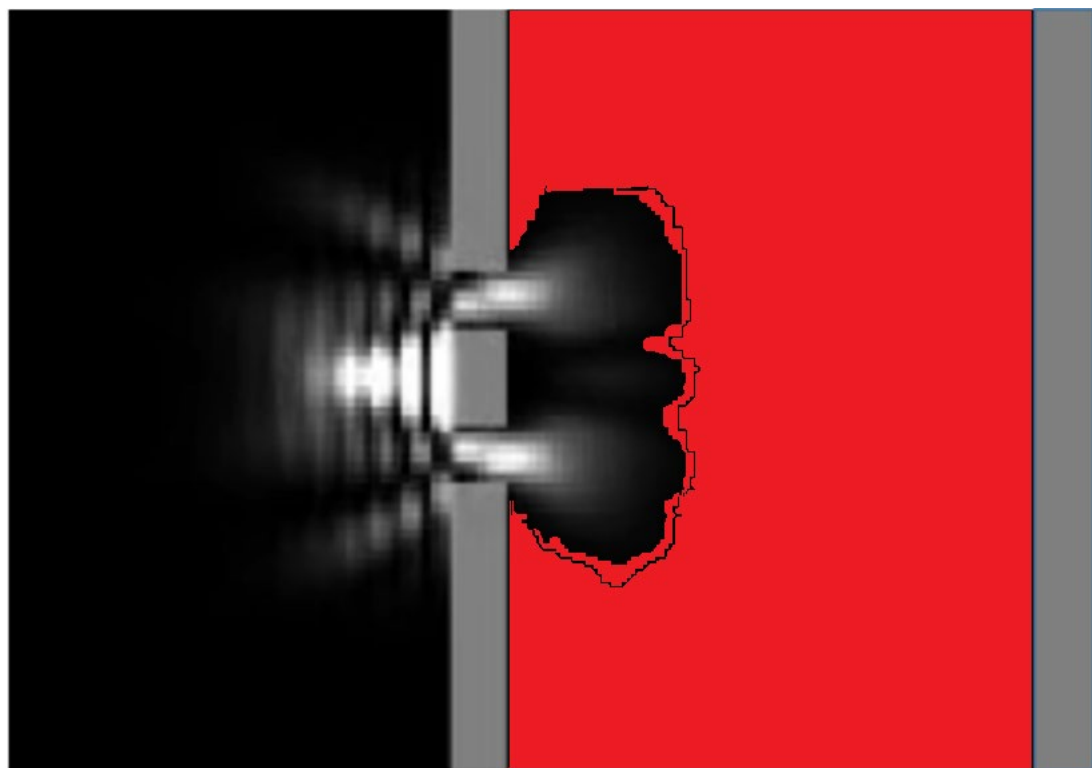
«Окончательно доказано, что если „наблюдать“, как субатомная частица или частица света проходит через щели на барьере, то она ведёт себя как частица и создаёт за отдельными щелями на последнем барьере, измеряющем удары, удары, похожие на твёрдые. Как крошечная пуля, она логично проходит через одно или другое отверстие. Но если учёные не наблюдают за траекторией частицы, то она демонстрирует поведение волн, что позволяет ей пройти через оба отверстия одновременно».

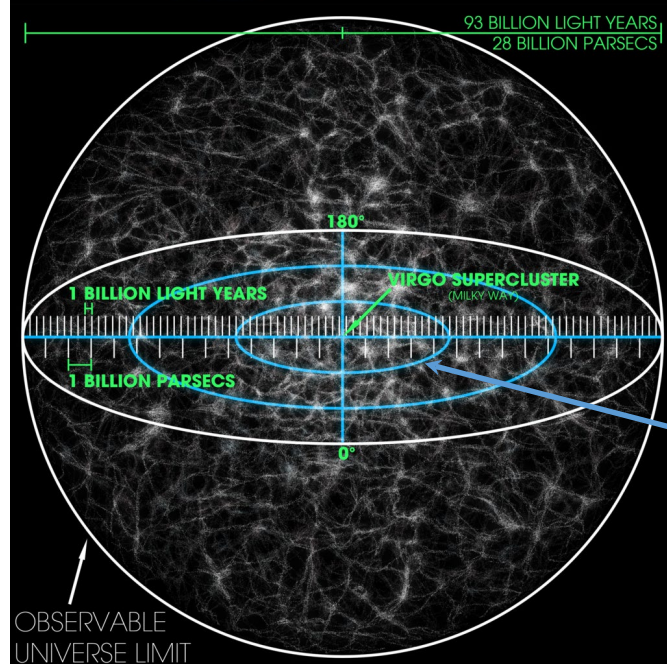
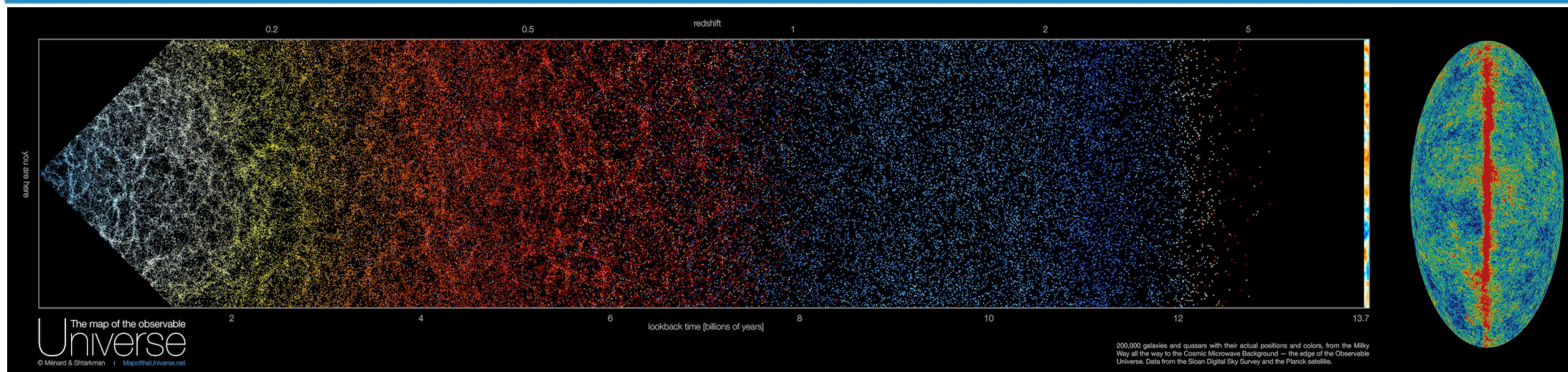
«Ночью вы выключаете свет и уходите в спальню. Конечно же, кухня остаётся там, невидимая, всю ночь. Верно? Но на самом деле холодильник, плита и всё остальное состоит из мерцающего роя материи/энергии. Результаты квантовой физики, такие как эксперимент с двумя щелями, говорят нам, что ни одна из этих субатомных частиц не занимает определённого места. Скорее, они существуют как диапазон возможностей — как волны вероятности».

«Ни одна частица не существует со своими свойствами, пока её не наблюдают».

<https://www.epochtimes.ru/nauka-i-tehnology/novosti-nauki/uchyonyj-obyasnyayet-kak-soznanie-yavlyaetsya-klyuchom-k-quantovoj-fizike-vremeni-prostranstvu-178541/>

Модернизированный эксперимент с щелями





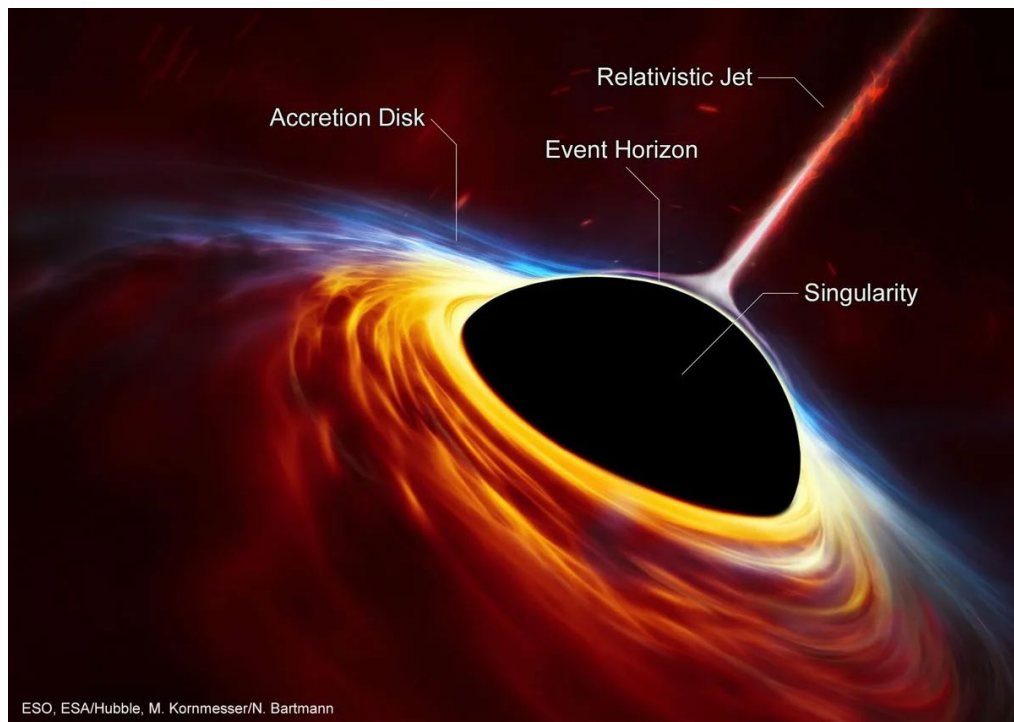
В 1998 году, при наблюдениях сверхновых типа Ia, было обнаружено, что в удалённых галактиках, расстояние до которых было определено по закону Хаббла, сверхновые типа Ia имеют яркость ниже той, которая им полагается. Иными словами, расстояние до этих галактик, вычисленное по методу «стандартных свечей» (сверхновых Ia), оказывается больше расстояния, вычисленного на основании ранее установленного значения параметра Хаббла. Был сделан вывод, что **Вселенная не просто расширяется, она расширяется с ускорением.**

За это открытие Сол Перлмуттер, Брайан П. Шмидт и Адам Рисс получили премию Шао по астрономии за 2006 год и Нобелевскую премию по физике за 2011 год.

● **Есть ли реальность за сферой Хаббла, если реальность создает наблюдатель?**

«Вселенную в бытие приводит появление наблюдателя».

Уилер, Джон Арчибальд



Объект, приближающийся к горизонту событий движется все медленнее и медленнее, т.е. время на горизонте замедляется... (останавливается)

Вся информация о процессах во вселенной приходит на горизонт событий и застывает на нем – на двумерном многообразии запечатлевается вся информация о любом трехмерном процессе как на голограмме.

**Леонард Сасскинд:
голографический принцип**

все может быть закодировано на поверхности горизонта событий
(Вся информация о материи, содержащейся в некой области пространства, может быть представлена как «голограмма» — с помощью информации на границе этой области)

С этой точки зрения вся реальность - это абстрактный математический объект - голограмма, все процессы и элементы которого закодированы на «неподвижной двумерной поверхности» горизонта событий – это новая **физическая интерпретация идеального мира Платона** (теперь все внутри этого идеального объекта, включая 3D-пространство, время и последовательность (историю) реализации процессов. **Реальность - это математическая модель/код**).

Крейг Хоган – эксперимент с голометром (эксперимент, ищущий голографический шум в процессах)



Квантовые свойства частиц + сознание + горизонт/рубеж (сфера Хаббла):

Инициирование свойств частиц и материи происходит только при наличии наблюдателя.

Гипотеза:

Объективный мир (объекты и их свойства) – не есть константный мир, существующий загодя без субъекта, он возникает только во взаимодействии с субъектом. Мир приобретает конкретность и историчность своего развития только после обращения субъекта к нему. За пределами наблюдений (за сферой Хаббла) мир становится вероятностной иллюзией и размышление о его свойствах теряет всякий смысл и конкретность – этих свойств нет.

- **Мир/вселенная/реальность – это результат активного взаимодействия квантовой материи и субъектов.**
- **Сознание – это инструмент инициализации свойств мира, переводящий вероятностную природу материи/реальности в конкретную форму,...** скорее всего сознание само базируется на квантовой природе.

Наблюдатель – это носитель сознания (человек, сильный ИИ, «иной разум»).

- **Сильный ИИ, по-видимому, может быть только квантовым (на основе квантовых компьютеров),** чтобы своей квантовой природой попытаться выполнять роль наблюдателя-субъекта и реализовывать возможности схлопывания вероятностных волновых функций в конкретные значения.



Голографический принцип = объединение идеализма и материализма | | обобщение детерминизма:

Гипотеза:

Возможность реализации голографического принципа в процессах развития вселенной в купе со свойствами наблюдателя-субъекта подтвердит равноценность идеализма и материализма в проявлении конкретного реального мира:

конкретный материальный мир возникает «по чертежу»/«по математической модели», но только при активации этой модели со стороны наблюдателя). Реальный мир возникает в виде диады идеализм+материализм.

- **Миры определяются исходной мат.моделью/кодом (замыслом) и активируются субъектами (носителями сознания-духа).**
- **Актуален супердетерминизм: мат.модель + ее инициация субъектом = история взаимодействий записана в голограмме.**



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ**

<https://doroshin.ssau.ru>
doran@inbox.ru