

What everyone gets wrong about the double slit experiment — Что все понимают неправильно в эксперименте с двумя щелями

Sabine Hossenfelder · 2026-07-20 · <https://www.youtube.com/watch?v=np6Mn2CZV8>



Выпуск физика Сабины Хоссенфельдер с разбором главных заблуждений вокруг самого известного квантового эксперимента. Главная мысль: странность эксперимента с двумя щелями заключается не в том, что частицы теряют волновую природу при наблюдении, а в парадоксе мгновенного обновления волновой функции, который требует выбора между нарушением скорости света и супердетерминизмом.

Миф о разрушении волновой природы

Наблюдение не превращает частицы в классические шарики 01:08: Если поставить детектор у одной из щелей, на экране не появятся две четкие полосы. Частица продолжает вести себя как волна, но теперь это волна, проходящая только через одну щель. На экране формируется дифракционная картина, которая также является эффектом интерференции. Итоговый результат на экране при наблюдении — это просто наложение двух независимых дифракционных картин от левой и правой щели.

Фактчек: Детектор у щели даёт не две чёткие полосы, а наложение двух дифракционных картин — □: Все три рецензента подтверждают: при известном пути складываются интенсивности, а не амплитуды, и однощелевая дифракция (огibaющая sinc^2) сохраняется. Уточнение GPT: это верно, если детектор не искажает движение частицы; при частичной различимости путей интерференция ослабевает, а не пропадает целиком.

Математическая причина исчезновения общего паттерна 02:14:

Вероятность обнаружения частицы равна абсолютному квадрату волновой функции. Квадрат суммы двух волновых функций (когда открыты обе щели) не равен сумме их квадратов (когда известно, через какую щель прошла частица). Разница между этими значениями — это интерференционный член, который математически пропадает при получении информации о маршруте частицы.

Фактчек: Интерференционный член исчезает математически: $|\psi_L + \psi_R|^2 \neq |\psi_L|^2 + |\psi_R|^2$ — □: Стандартная квантовая механика, возражений ни у кого нет.

Настоящая проблема: скорость света против супердетерминизма

Истинная аномалия заключается в отложенном выборе 02:45: Решение о том, проводить ли измерение, можно принять уже после того, как частица покинула источник, но до того, как она достигла экрана. Если включить детектор в этот момент, волновая функция частицы должна мгновенно обновиться: перейти от состояния «проходит через обе щели одновременно» к состоянию «проходит только через левую или только через правую».

Мгновенное обновление волновой функции нарушает предел скорости

света 03:50: Это явление Эйнштейн называл «жутким дальнодействием». Изменение происходит моментально на обеих щелях, даже если частица физически не попала в детектор (прошла через другую щель). Частица «узнает» о попытке измерения без какого-либо физического взаимодействия с прибором.

Фактчек: Мгновенное обновление волновой функции нарушает предел скорости света — △: Расхождение в жёсткости оценки (Gemini и Claude — △, GPT — □), но по сути согласие: теорема о невозможности сверхсветовой связи гарантирует, что относительность операционно цела, а «нарушение» появляется только если считать коллапс физическим процессом. В боровской механике, многомировой интерпретации, QBism сверхсветового «обновления» нет вообще; в однокастичном двухщелевом опыте нет даже белловской нелокальности — это проблема измерения, а не конфликт с Эйнштейном.

Альтернатива сверхсветовому взаимодействию — супердетерминизм

05:00: Чтобы избежать нарушения теории относительности, придется признать, что будущее полностью предопределено. В таком сценарии частица «знала» о предстоящем измерении еще до того, как экспериментатор принял решение его провести.

Фактчек: Единственная альтернатива сверхсветовому взаимодействию — супердетерминизм — □: Ложная дихотомия (Claude и GPT — □, Gemini — △). Из теоремы Белла есть и другие выходы: многомировая интерпретация (отказ от единственности исхода), ретрокаузальность, модели объективного коллапса, отказ от реализма. Само определение размыто: супердетерминизм — не «будущее предопределено» (боровская механика тоже детерминистична), а конкретно

корреляция скрытых переменных с выбором настроек прибора. Хоссенфельдер — известный адвокат супердетерминизма, и это стоит учитывать.

[05:34-06:39] Рекламная вставка кресла FlexiSpot C7 Max.

Разбор популярных заблуждений

Эксперимент не доказывает гипотезу симуляции 06:39: Илон Маск заявлял, что эксперимент подтверждает симуляцию Вселенной, где объекты рендерятся случайно только при наблюдении. Во-первых, гипотеза симуляции нефальсифицируема. Во-вторых, в видеоиграх используется псевдослучайная генерация (алгоритмы), а не истинная квантовая случайность. Если бы частицы подчинялись детерминированному алгоритму, это разрушило бы стандартную интерпретацию квантовой механики. В-третьих, измерение не всегда дает определенность позиции — если измерять импульс, определенным станет именно он.

Фактчек: Псевдослучайность в симуляции разрушила бы квантовую механику — ⚠: Здесь рецензенты расходятся. Gemini считает аргумент валидным (алгоритм = локальные скрытые переменные, которые не нарушили бы неравенства Белла). Claude и GPT возражают: Белл запрещает только *локальные* скрытые переменные, а симулятор — глобальная нелокальная машина и может воспроизводить квантовую статистику, как это делает теория де Бройля—Бома. Аргумент про нефальсифицируемость сильный, про псевдослучайность — слабый. Атрибуция цитаты Маску не проверена.

Для измерения не нужен сознательный наблюдатель 08:21:

Распространенный миф о связи квантовой механики с сознанием в корне неверен. Для фиксации состояния частицы достаточно любого физического детектора или измерительного прибора.

Фактчек: Сознательный наблюдатель для измерения не нужен — ☐: Консенсус: достаточно любого физического взаимодействия, оставляющего различимые следы пути в детекторе или среде (декогеренция). Версия фон Неймана—Вигнера с сознанием — историческая маргиналия. Оговорка GPT: это объясняет потерю интерференции, но не то, почему реализуется один конкретный исход.

Закон сохранения импульса не нарушается в единичных запусках 08:56:

Кажется, что отклонение частицы к краю экрана берется из ниоткуда. На самом деле частица запутывается с самой пластиной с двумя щелями. При отклонении частицы пластина получает микроскопический, неизмеримый обратный импульс. Если сделать щели из отдельных атомов, чтобы этот импульс можно было измерить, интерференционная картина частично или полностью разрушится.

Фактчек: Сохранение импульса через запутывание с пластиной; атомарные щели разрушат интерференцию — ☐ с оговоркой: Это ответ Бора Эйнштейну на Сольвеевском конгрессе 1927 года; видимость интерференции падает ровно

настолько, насколько отдача становится различной информацией о пути. Gemini ссылается на экспериментальное подтверждение в январе 2026 (отдача порядка 10^{-27} кг·м/с). GPT ставит $\triangle$: интерференцию подавляет различимость состояний прибора, а не наличие отдачи или атомарный размер щелей как таковые, и отдача не является принципиально неизмеримой.

Главный нерешенный вопрос физики

Фундаментальная проблема игнорируется научным сообществом 10:31:

Сабина Хоссенфельдер отмечает, что разговоры о «странностях» квантовой механики уводят от реальной исследовательской задачи: как именно мгновенное обновление волновой функции совместимо с эйнштейновским ограничением скорости света. Решение этого очевидного вопроса, над которым почти никто не работает, могло бы вернуть фундаментальной физике актуальность.

[11:00-11:18] Прощание и призыв покупать мерч канала.

ОБЩИЕ ПРОВЕРКИ

Над проблемой совместимости коллапса и относительности почти никто не работает — $\square$: Преувеличение (Gemini — $\square$, Claude — $\triangle$). Основания квантовой механики — малое и недофинансированное, но живое поле: тесты Белла (Нобель 2022), модели коллапса GRW и Пенроуза с экспериментальными ограничениями, бомовские и многомировые программы, собственные предложения тестов супердетерминизма самой Хоссенфельдер.

ЛИЧНО ДЛЯ ТЕБЯ

Рабочая модель измерения для любых споров о квантмехе: измерение = запутывание с чем-то большим и необратимая утечка информации о пути, а не «взгляд наблюдателя». Этот один факт закрывает 90% квантовой мистики — от «наблюдатель творит реальность» до «квантового исцеления» в longevity-маркетинге. Если хочется почувствовать руками: попроси AI построить $P(x)=|\psi_L|^2+|\psi_R|^2+2\text{Re}[\gamma\psi_L^*\psi_R]$ и менять γ от 1 до 0 — увидишь непрерывный переход от интерференции к сумме двух картин.

Риторический приём, который стоит распознавать у любых экспертов, включая AI-пророков: сначала честно снести чужие мифы (создаёт кредит доверия), затем протащить свою маргинальную программу под видом единственного логического следствия. В дебатах о квантмехе всегда спрашивай, какую аксиому теоремы Белла собеседник жертвует — локальность, реализм или статистическую независимость — и почему именно её.

Не пересматривай взгляды на причинность и свободу воли из-за этого опыта: надёжно установлена только связь интерференции с различимостью

путей. Выводы о предопределённости, симуляции и сверхсветовой связи из двухщелевого эксперимента не следуют.

Три тезиса стоит забрать как есть: наблюдение не делает частицу шариком, а лишь меняет граничные условия (дифракция вместо интерференции); сохранение импульса через отдачу пластины — красивый пример того, как «нарушение закона» оказывается непроверенным допущением о невидимом; сознание для коллапса не нужно. Все три контринтуитивны и почти всегда пересказываются неверно даже в хорошем научпопе.

КОНСЕНСУС РЕЦЕНЗЕНТОВ

Все три модели сошлись на том, что физика «мифов» (дифракция при наблюдении, отдача пластины, ненужность сознания) изложена верно, а центральный тезис выпуска — «либо сверхсветовое взаимодействие, либо супердетерминизм» — ложная дихотомия, замалчивающая многомировую интерпретацию, ретрокаузальность и модели коллапса. Разошлись в трёх местах: насколько серьёзно «нарушение скорости света» (Δ у Gemini/Claude против $\square$ у GPT), силен ли аргумент про псевдослучайность против симуляции (Gemini — да, Claude и GPT — нет, это скрытые переменные бомовского типа), и достаточно ли объяснение сохранения импульса через отдачу пластины (GPT считает упрощением).