«Как квантовая механика изменяет наше понимание времени и пространства: от теории к практическим приложениям»

Аманжол адиль | ФР(054) 232

Аннотация: Эта тема исследует, как квантовая механика влияет на наши представления о времени и пространстве, раскрывая фундаментальные концепции, такие как суперпозиция и перепутывание, а также их реальное применение в современных технологиях, включая квантовые компьютеры и системы точного времени.

99

2024

Ключевые слова: Квантовая механика, понятие времени и пространства, реальное применение квантовой механики в современных технологиях, роль квантовой механики в современном научном мире, системы точного времени и пространства.

**{1}**

**Проблема** заключается в том, что квантовая механика предоставляет точные математические описания многих квантовых явлений, но существует сложность в понимании, как эти явления соотносятся с наблюдаемыми результатами в экспериментах. Это вызывает вопросы о том, как объяснить физическую природу мира в квантовой механике.

**Цель**: проанализировать смысл квантовой механики в изучении наук в настоящее время.

**Задачи**:

1. Исследование под названием «Emergence of Time from Quantum Interaction with the Environment»
2. Проанализировать понятие «Квантовая запутанность»
3. Выделить квантовую механику в одномерных системах.
4. Выделить принцип неопределенности Гейзенберга и интерпретации квантовой механики.
5. Вывод

**Предмет исследования**: суперпозиция и коллапс волновой функции.

**Гипотеза**: существует возможность разработки новых материалов с уникальными физическими свойствами, которые могут революционизировать области энергетики, электроники и транспорта, применяя квантовые явления и принципы квантовой механики на практике.

1. *ВВЕДЕНИЕ*

{2}

Исследование под названием «Emergence of Time from Quantum Interaction with the Environment» было опубликовано в журнале [Physical Review Letters](https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.131.140202) в 2023 году. Авторы статьи — Себастьян Гемсхайм и Ян Рост из Макс-Планковского института физики сложных систем в Дрездене, Германия. Они развивают идею, которая была предложена еще в 1983 году Дональдом Пейджем и Уильямом Вуттерсом. Пейдж и Вуттерс утверждали, что время возникает для наблюдателя, который отделяет себя от окружающей среды и рассматривает ее как часы. Таким образом, время становится относительным понятием, зависящим от состояния наблюдателя и среды.

Однако, Пейдж и Вуттерс не учитывали взаимодействие между наблюдателем и средой, которое неизбежно присутствует в реальных физических системах. Гемсхайм и Рост показали, что такое взаимодействие не разрушает концепцию времени как эмергентного свойства, а наоборот, делает ее более общей и универсальной. Они вывели уравнение Шредингера для наблюдателя из энергетического состояния глобальной системы, состоящей из наблюдателя, среды и их взаимодействия. Уравнение Шредингера описывает динамику квантовой системы во времени. Гемсхайм и Рост показали, что такое уравнение можно получить даже если глобальная система находится в стационарном состоянии, то есть не зависит от времени. В этом случае время появляется как параметр, который характеризует изменение состояния наблюдателя под влиянием среды.

Этот результат согласуется с другими концепциями возникновения времени, в которых учитывается взаимодействие, но при этом используется полуклассическое приближение для среды. Гемсхайм и Рост не делают такого приближения и рассматривают среду как полностью квантовую систему. Это позволяет им учесть эффекты квантовой запутанности между наблюдателем и средой, которые могут приводить к сложным и необычным эволюциям наблюдателя. Таким образом, они добавляют недостающее звено к относительной теории времени, открывая ее для динамических явлений взаимодействующих систем и запутанных квантовых состояний.

***2. КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ***

{3}

«Квантовая запутанность — это не просто «жуткие действия на расстоянии» — это ключ к пониманию основной механики нашей Вселенной». – [Нил де Грасс Тайсон](https://www.scientificamerican.com/article/quantum-entanglement-isnt-all-that-spooky-after-all1/), известный астрофизик и научный деятель.

**Квантовая запутанность** представляет собой увлекательное и сложное явление, **квантовая механика.** Он показывает, как частицы соединяются таким образом, что это трудно понять. Состояние одной частицы связано с состоянием другой, независимо от того, насколько далеко они находятся друг от друга. Это «жуткое действие на расстоянии» бросает вызов нашим старым представлениям о Вселенной. Это вызвало споры и исследования на протяжении многих лет

* **Квантовая запутанность** это странный эффект, когда состояние одной частицы зависит от другой, даже если они очень далеко друг от друга.
* Эйнштейн когда-то подвергал сомнению «жуткие действия на расстоянии», но теперь благодаря экспериментам мы знаем, что это реально.
* Это явление меняет то, как мы видим **квантовая механика** и реальность. Он также используется в **квантовые вычисления** и криптография.
* Так, **Нобелевская премия по физике** пошел в **Ален Аспект**, **Джон Клаузер**и **Антон Цейлингер** за работу по квантовой запутанности.
* До сих пор ведутся споры и появляются новые идеи о квантовой запутанности. Эти дискуссии расширяют наши знания и приводят к новым открытиям.

## Что такое квантовая запутанность?

Квантовая запутанность — ключевая идея **квантовая механика.** Это означает, что две или более частицы становятся глубоко связанными. Состояние одной частицы зависит от состояния другой, даже если они находятся далеко друг от друга. Это явление, известное как «жуткое действие на расстоянии», впервые обсуждалось Эйнштейном, Подольским и Розеном в 1935 году.

### Фундаментальная концепция квантовой суперпозиции

Квантовая запутанность исходит из идеи **квантовая суперпозиция**. Эта идея гласит, что частицы могут находиться более чем в одном состоянии одновременно, пока мы их не наблюдаем. Когда частицы запутываются, их состояния связываются друг с другом. Изменение состояния одной частицы мгновенно меняет другую, независимо от того, насколько далеко они находятся друг от друга.

1. ***Выделить квантовую механику в одномерных системах*.**

**{4}**

Квантовая механика отличается от классической физики тем, что [энергия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F), [импульс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81), [угловой момент](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B0) и другие величины [связанного состояния](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B5) системы не могут принимать произвольные значения, но ограничены [дискретными значениями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) ([квантование](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_(%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0))), объекты обладают характеристиками как [частиц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0), так и [волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) ([корпускулярно-волновой дуализм](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%BC))[**➤**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0), и существуют пределы нашей возможности точно предсказать значение физической величины до её измерения при заданном полном наборе начальных условий ([принцип неопределённости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8))[**➤**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8).

Квантовая механика [постепенно возникла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B8) из теорий, объясняющих наблюдения, которые не могли быть согласованы с понятиями классической физики, таких как решение [Макса Планка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BA,_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81) в 1900 году проблемы [излучения абсолютно чёрного тела](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B0%D0%B1%D1%81%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%BD%D0%BE_%D1%87%D1%91%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B0&redirect=no)[[англ.]](https://en.wikipedia.org/wiki/Black-body_radiation)[**\***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BD:%D0%9D%D0%B5_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BE#%D0%95%D1%81%D0%BB%D0%B8_%D1%81%D1%83%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D0%B5%D1%82_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и соответствие между энергией и частотой кванта света в [статье Альберта Эйнштейна](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B9%D0%BD%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%B9%D0%BD,_%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82) [1905 года](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8_Annus_mirabilis), которая объяснила [фотоэффект](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82). Эти ранние попытки понять микроскопические явления, теперь известные как «[старая квантовая теория](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F)», привели к стремительному развитию квантовой механики в середине 1920-х годов в работах [Нильса Бора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80,_%D0%9D%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%81), [Эрвина Шрёдингера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%80%D1%91%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B5%D1%80,_%D0%AD%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%BD), [Вернера Гейзенберга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%B9%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3,_%D0%92%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80), [Макса Борна](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%BD,_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81) и других[**➤**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F). Современная теория формулируется с использованием различных [специально разработанных математических формализмов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B_%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8)[**➤**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0). В одном из них математическая сущность, называемая [волновой функцией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F), предоставляет информацию в виде [амплитуд вероятности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8) о том, к чему приводят измерения энергии, импульса и других физических свойств частицы.

Квантовая механика позволяет рассчитывать свойства и поведение физических систем. Обычно её применяют к микроскопическим системам: молекулам, атомам и субатомным частицам[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-Feynman-3):1.1. Также было показано, что квантовая механика верно описывает поведение сложных молекул с тысячами атомов[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-4), хотя при попытке применить её к людям возникают философские вопросы и парадоксы, такие как [друг Вигнера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B3_%D0%92%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0), и её применение ко Вселенной в целом также остаётся спекулятивным[[5]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-5). Предсказания квантовой механики были подтверждены экспериментально с чрезвычайно высокой степенью [точности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[[К 1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-8)[[8]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-_e629ba8fe0414f34-9).

1. ***Выделить принцип неопределенности Гейзенберга и интерпретации квантовой механики.***

**{5}**

**Принцип неопределённости Гейзенбе́рга** в [квантовой механике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0) — фундаментальное соображение (соотношение неопределённостей), устанавливающее предел точности одновременного определения пары характеризующих систему [квантовых наблюдаемых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D1%8E%D0%B4%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%8F), описываемых [некоммутирующими](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D1%83%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2) [операторами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (например, [координаты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BA%D0%BE%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%8B) и импульса, тока и напряжения, электрического и магнитного полей).

Более доступно он звучит так: чем точнее измеряется одна характеристика частицы, тем менее точно можно измерить вторую. Соотношение неопределённостей[[\* 1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8#cite_note-1) задаёт нижний предел для произведения среднеквадратичных отклонений пары квантовых наблюдаемых. Принцип неопределённости, открытый [Вернером Гейзенбергом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%B9%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3,_%D0%92%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB) в [1927](https://ru.wikipedia.org/wiki/1927) г., является одним из краеугольных камней физической квантовой механики. Является следствием [принципа корпускулярно-волнового дуализма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%BC).

Согласно принципу неопределённости, у частицы не могут быть одновременно точно измерены положение и скорость (импульс)[[\* 3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8#cite_note-7). Принцип неопределённости уже в виде, первоначально предложенном Гейзенбергом, применим и в случае, когда не реализуется ни одна из двух крайних ситуаций (полностью определённый импульс и полностью неопределённая пространственная координата или полностью неопределённый импульс и полностью определённая координата).

Пример: частица с определённым значением энергии, [находящаяся в коробке с идеально отражающими стенками](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B2_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B5&action=edit&redlink=1); она не характеризуется ни определённым значением импульса (учитывая его направление![[\* 4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8#cite_note-8)), ни каким-либо определённым «положением» или пространственной координатой (волновая функция частицы [делокализована](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%94%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1) в пределах всего пространства коробки, то есть её координаты не имеют определённого значения, локализация частицы осуществлена не точнее размеров коробки).

Существует точная количественная аналогия между соотношениями неопределённости Гейзенберга и свойствами [волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) или [сигналов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB). Рассмотрим переменный во времени сигнал, например, [звуковую волну](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%83%D0%BA). Бессмысленно говорить о частотном спектре сигнала в какой-либо момент времени. Для точного определения частоты необходимо наблюдать за сигналом в течение некоторого времени, таким образом теряя точность определения времени. Другими словами, звук не может одновременно иметь и точное значение времени его фиксации, как его имеет очень короткий импульс, и точного значения частоты, как это имеет место для непрерывного (и в принципе бесконечно длительного) чистого тона (чистой синусоиды).

1. **ВЫВОД**

В заключение, квантовая механика радикально меняет наше понимание времени и пространства, разрушая привычные классические концепции. Являясь основой для таких явлений, как суперпозиция и квантовое перепутывание, она открывает новые горизонты в физике и философии, заставляя нас пересмотреть основы реальности. Практическое применение этих теорий уже приводит к революции в технологиях, от квантовых вычислений и криптографии до точнейших систем навигации и измерений. В будущем мы, вероятно, увидим еще больше примеров того, как эти фундаментальные идеи преобразуют как науку, так и повседневную жизнь.

В дополнение к этому, квантовая механика не только расширяет наши теоретические горизонты, но и стимулирует разработку новых технологий, которые могут коренным образом изменить различные отрасли науки и техники. К примеру, квантовые компьютеры обещают значительно ускорить решение сложных задач, таких как моделирование молекул для разработки новых материалов или лечение заболеваний. Квантовая криптография уже предлагает новые, более безопасные способы защиты информации, а квантовые датчики могут повысить точность измерений в самых различных областях — от медицины до геофизики.

Однако, несмотря на невероятный потенциал этих технологий, многие аспекты квантовой механики все еще остаются малоизученными, что делает эту область исследования не только крайне актуальной, но и захватывающей. В будущем нас ждут новые открытия, которые могут не только изменить нашу повседневную жизнь, но и кардинально пересмотреть наше понимание самого устройства Вселенной. Квантовая механика продолжает быть важным связующим звеном между абстрактной теорией и практическим прогрессом, открывая двери для инноваций и новых научных парадигм.

**ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ**

Хочу выразить искреннюю благодарность за возможность изучить и обсудить столь увлекательную и глубокую тему. Квантовая механика — это не только захватывающая область науки, но и источник множества перспектив для будущих исследований и технологических прорывов. Надеюсь, что статья окажется полезной и вдохновит читателей на дальнейшее освоение этой сложной, но невероятно интересной области физики. Спасибо за внимание!

**ССЫЛКИ**

**{1}**

**https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2024/05/19/issledovatelskiy-proekt-kvantovaya-mehanika**

**{2}**

**https://www.ixbt.com/live/offtopic/kak-kvantovaya-mehanika-sozdaet-vremya-iz-nichego-novaya-teoriya-kotoraya-dopolnyaet-nashe-ponimanie-realnosti.html**

**{3}**

**https://editverse.com/ru/quantum-entanglement-spooky-action-at-a-distance/**

**{4}**

**https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F\_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0**

**{5}**

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF\_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8