

## Измерение и управление отдельными квантовыми системами.

Поведение отдельных составляющих нашего мира - атомов (материи) и фотонов (света) - описывается квантовой механикой. Эти частицы редко являются изолированными и обычно энергично взаимодействуют с окружающей их средой. Поведение ансамбля частиц кардинально отличается от изолированных и часто может быть описано классической физикой. На заре квантовой механики физики часто использовали мысленный эксперимент для упрощения ситуации и для предсказания поведения одной квантовой частицы.

В течение 1980х и 1990х гг были изобретены методы для охлаждения отдельных ионов, захваченных в ловушку, и для управления их состоянием при помощи лазерного света. Теперь отдельные ионы могут направляться и наблюдаться на месте при помощи фотонов только с минимальным взаимодействием с окружающей средой. Их можно наблюдать без разрушения через взаимодействие с атомами, в умно спроектированных экспериментах. Эти техники ведут пионерские исследования, которые тестируют базис квантовой механики и переход между микроскопическим и макроскопическим мирами не только в мысленных экспериментах, но и в реальности. Они выдвинули область квантовых вычислений и привели к поколению высокоточных оптических часов.

### Управление отдельными квантовыми системами

Рис. 1. Иллюстрация двух типов экспериментов, обсуждаемых в этом научном введении: Слева ион, захваченный в гармоническую ловушку. Его квантовое состояние (его внутреннее состояние и его движение) контролируется при помощи взаимодействия с лазерными импульсами, что проиллюстрировано в случае с  $\text{Be}^+$ . Справа фотон (или несколько фотонов), захваченный в высокодобротный микроволновый резонатор. Состояние поля измеряется и управляется при помощи взаимодействия с возбужденным атомом  $\text{Rb}$ .

Нобелевская премия по физике в этом году присуждена за экспериментальные изобретения и открытия, которые позволили измерять и управлять отдельными квантовыми системами. Они принадлежат двум отдельным, но связанным технологиям: ионам в гармонической ловушке и фотонам в резонаторе (см. рис. 1)

Существует много интересных похожестей между ними. В обоих случаях квантовое состояние наблюдается через квантовые неразрушающие измерения, где двухуровневые квантовые системы связаны в гармонический осциллятор - проблема, описываемая так называемым гамильтонианом Джайниса-Куммингса. Двухуровневая система состоит из иона (с двумя уровнями, связанными лазерным светом) или сильно возбужденного атома (с двумя уровнями Ридберга, связанными микроволновым полем). Квантовый гармонический осциллятор описывает движение ионов в ловушке или микроволновое поле в резонаторе.

Здесь мы описываем реализованные методы в обоих случаях после короткого введения и описываем некоторые важные приложения в науке и технике.