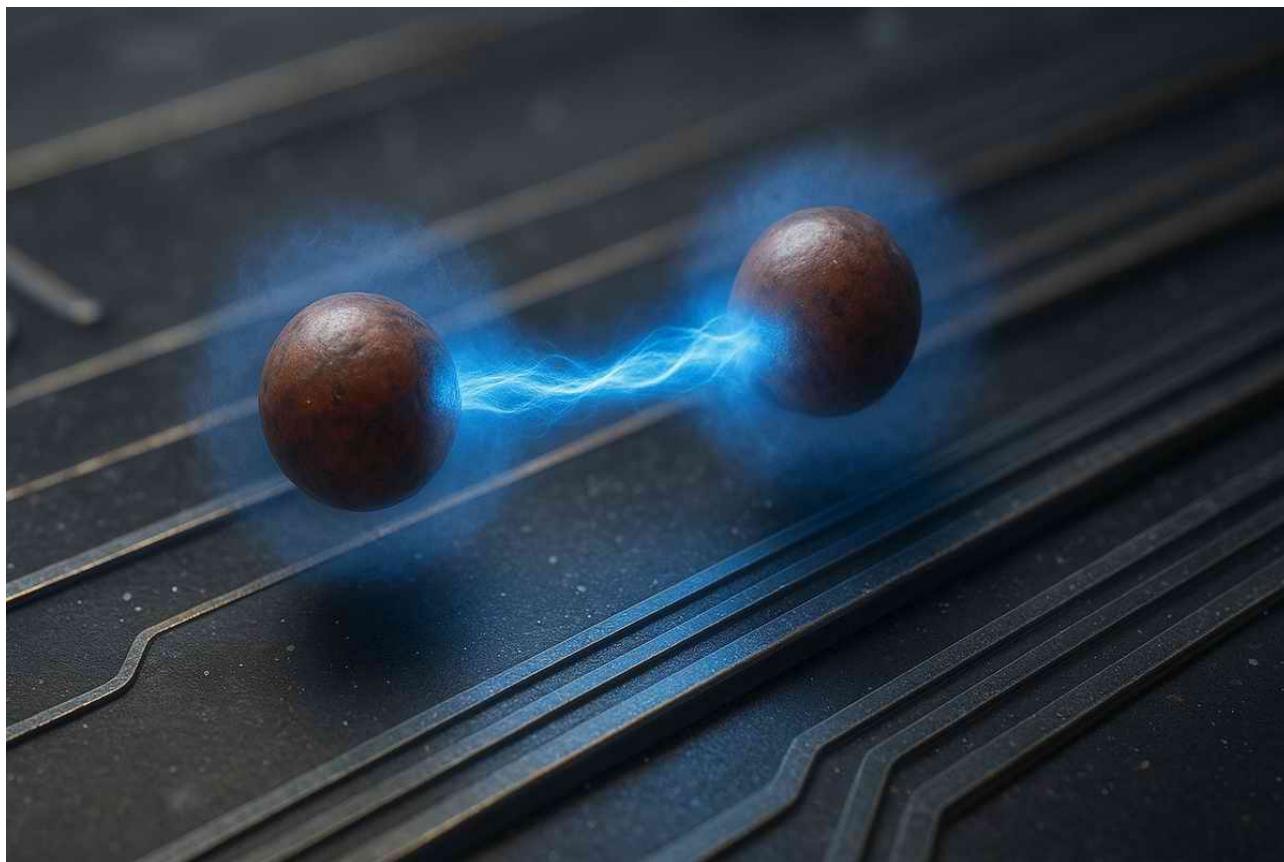


Квантовый прорыв: впервые достигнута запутанность между ядрами атомов в кремнии



Дата публикации: 23.09.2025

Квантовая запутанность, когда-то названная Эйнштейном «жутким действием на расстоянии», сегодня становится фундаментальным инструментом для развития квантовых технологий. В новом исследовании, опубликованном в журнале Science, физики продемонстрировали достижение запутанности между двумя атомными ядрами фосфора, находящимися в кремниевой матрице на расстоянии около 20 нанометров. Это событие имеет огромное значение для будущего квантовых вычислений, так как открывает возможности для масштабируемых систем, способных хранить и обрабатывать информацию с высокой точностью и устойчивостью к шуму.

Одной из ключевых проблем квантовой инженерии всегда было сочетание двух противоположных требований: квантовые биты должны быть защищены от внешних возмущений, но при этом оставаться доступными для вычислений. Традиционные платформы часто страдают либо от слишком высокой чувствительности к шуму, либо от сложности управления. Спиновая архитектура на основе атомных ядер позволяет достичь редкого баланса: стабильные и

долгоживущие квантовые состояния можно сделать частью реальной вычислительной системы.

В проведённом эксперименте исследователи использовали электроны в качестве своеобразных «каналов связи». Каждый электрон взаимодействовал с атомным ядром, а затем посредством электронных корреляций создавалась запутанность между удалёнными ядрами. Эта технология, основанная на методе «геометрического затвора», доказала свою эффективность ранее при манипуляциях с отдельными атомами и теперь продемонстрировала масштабируемость.

Факт, что запутанность достигнута на расстоянии 20 нанометров, имеет особое значение. Именно такие масштабы сопоставимы с современными транзисторами, производимыми в рамках стандартных технологий микроэлектроники. Это означает, что квантовые кубиты на основе ядерных спинов могут быть интегрированы в привычные кремниевые схемы, что существенно повышает перспективы практического внедрения квантовых компьютеров.

Запутанные ядерные спины обладают рядом преимуществ: высокая устойчивость к шуму; долговременное хранение квантового состояния; совместимость с кремниевой архитектурой; возможность масштабирования на базе существующих производственных технологий.

В ближайших исследованиях учёные планируют расширить расстояние запутанности и усовершенствовать управление электронами, создавая протяжённые каналы связи для более сложных вычислительных структур. Это открывает путь к созданию гибридных квантовых устройств, которые смогут совмещать скорость электронных кубитов и надёжность ядерных.

Таким образом, впервые показав, что запутанность между атомными ядрами возможна на технологически значимых масштабах, исследование закладывает фундамент для будущих квантовых компьютеров нового поколения, которые будут более стабильными, точными и интегрированными в уже существующую электронную инфраструктуру.