

1. Неразличимость порядка квантовых событий

В квантовой механике порядок во времени квантовых событий (например, воздействий на систему) может быть неопределённым и, более того, может иметь место квантовая суперпозиция различных историй эволюции системы с противоположным порядком событий. Это теоретическое предсказание подтверждено в эксперименте K. Goswami (Квинслендский университет, Австралия) и соавторов. Фотоны через поляризационный сплиттер поступали в два плеча интерферометра. В первом или во втором плече (в зависимости от поляризации) над ними выполнялись квантовые операции с помощью инвертирующих призм в различные моменты времени. Был построен критерий, который по результатам измерений сигнала на выходе интерферометра позволяет сделать вывод о том или ином порядке событий или о неразличимости этого порядка. Так как длина когерентности фотонов превышала размер плеча интерферометра, то размазанность волновой функции фотона по времени превышала интервал времени между квантовыми операциями, поэтому прямой и обратный порядок операций в данном эксперименте были неразличимы. Эта неразличимость с помощью указанного критерия была продемонстрирована на уровне достоверности 18σ.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **121** 090503 (2018)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.090503>

2. Создание квантово запутанного состояния с помощью метаматериалов

Метаматериалами называют искусственные периодические массивы различных элементов. Их уникальные электромагнитные свойства впервые были рассмотрены в работе В.Г. Веселаго в *УФН* **92** 517 (1967). Разновидность метаматериалов — метаповерхности представляют собой двумерные массивы субволновых микроантенн. Т. Stav и его соавторы из Израильского технологического института Технион впервые использовали диэлектрическую метаповерхность для генерации запутанности между спином и орбитальным угловым моментом единичного фотона, а также между спином одного фотона и орбитальным угловым моментом второго фотона. Фронт электромагнитной волны при прохождении через метаповерхность приобретает вид спирали, и квантовая запутанность возникает за счёт фазы Панчаратнама – Берри, которая делает возможной связь между спином и орбитальным угловым моментом фотона. Наличие запутанности было показано путём полной квантовой томографии фотонов при проекциях их состояний на базис орбитальных угловых моментов и на базис поляризаций. Это позволило выявить не локальные корреляции, которых не может быть в классической световой волне. Метаповерхности могут найти широкое применение в квантовой оптике для генерации запутанных состояний фотонов и для управления ими.

Источник: *Science* **361** 1101 (2018)
<https://doi.org/10.1126/science.aat9042>

3. Однонаправленное квантовое управление

Концепция управления Эйнштейна – Подольского – Розена (EPR steering) была предложена Э. Шрёдингером в 1935 г. Этот эффект заключается в управлении редукцией волновой функции удалённой системы посредством выбора измерительного базиса для ближней системы. Эффект однонаправленного управления Эйнштейна – Подольского – Розена, когда обратное управление невозможно, был впервые продемонстрирован D.J. Saunders и соавторами в 2010 г., однако экспериментальные методики основывались на дополнительных предположениях о квантовых состояниях или о процессе их измерения, которые ограничивали применимость полученных результатов в общем случае. N. Tischler (Университет Гриффита, Австралия) и соавторы впервые продемонстрировали в экспери-

менте двухкубитное однонаправленное управление без дополнительных предположений, что делает их эксперимент исчерпывающей демонстрацией данного эффекта. Основой нового эксперимента стал высококачественный источник фотонов в двухкубитных вернеровских состояниях. Эти фотоны пересылались между двумя станциями по путям с контролируруемыми искусственными потерями. Измерения состояний фотонов позволяли выполнить однонаправленное квантовое управление без ограничивающих предположений.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **121** 100401 (2018)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.100401>

4. Радиационный теплообмен излучением дальнего поля

Теория радиационного теплообмена между телами, разработанная М. Планком, ограничивает сверху эффективность теплообмена (предел чёрного тела). Однако это ограничение имеет место лишь в том случае, когда длина волны излучения много меньше размеров тел и расстояния между ними. Ранее в экспериментах уже было обнаружено, что при обратном соотношении масштабов теплообмен в ближнем поле может превосходить указанное ограничение. Теоретические расчёты показывали, что аналогичный эффект усиления возможен и в дальней зоне. Этот вывод впервые подтверждён в эксперименте D. Thompson (Мичиганский университет, США) и соавторов. Исследовался теплообмен в вакууме между плоскими пластинами, имеющими толщину, много меньшую длины волны, и находящимися в тепловом контакте с резисторами. Переменный ток, пропускаемый через резистор у первой пластины, производил её периодический нагрев. Радиационным путём тепло передавалось второй пластине. Измерялись колебания тока, протекающего через второй резистор, возникающие за счёт тепловой модуляции его сопротивления. Достигнут в сто раз больший теплообмен, чем следует из предела чёрного тела. При этом скорость теплопередачи хорошо согласуется с расчётами, выполненными в рамках флуктуационной электродинамики.

Источник: *Nature* **561** 216 (2018)
<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0480-9>

5. Моделирование астрофизических джетов в лаборатории

Плазменные процессы в космических телах зачастую столь сложны, что не поддаются теоретическому описанию. Например, пока нет исчерпывающей магнитогидродинамической теории формирования и распространения плазменных струй (джетов) в ядрах активных галактик и в молодых звёздах. Прояснить эти явления могут лабораторные эксперименты, выполняемые на плазменных установках. Такого рода исследования ведутся на установке "Плазменный фокус" в Курчатовском институте (Москва, Россия), в них принимают участие учёные из ФИАН и МФТИ. Схожая тематика у экспериментов PF-1000 (Польша) и KPF-4 (Абхазия). В этих установках под влиянием электрического разряда образуется плазма, которая выбрасывается направленным пучком. В Курчатовском институте были получены узкоколлимированные струи, поперечные размеры которых оставались на уровне в несколько см при распространении на расстояния до 100 см, а скорость плазмы при этом превышала 100 км с⁻¹. Была выявлена важная роль радиационного охлаждения, а также измерены параметры плазмы и распределение магнитных полей в струях. Возможно, эти данные помогут прояснить механизмы стабилизации струй, а благодаря наличию безразмерных параметров результаты экспериментов можно будет масштабировать и на астрофизические объекты.

Источник: *Int. J. of Mod. Phys. D* **27** 1844009 (2018)
<https://arxiv.org/abs/1808.05123>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко
 (e-mail: erosh@ufn.ru)