

Об улучшении тестов для котов Шрёдингера

О. Мейер-Стренг (Германия)

Перевод М.Х. Шульмана (shulman@dol.ru, www.timeorigin21.narod.ru)

MAX PLANCK INSTITUTE
OF QUANTUM OPTICS



Garching, 18 April 2016

Press Release

Better tests for Schrödinger cats

MPQ scientists develop new methods to test the world view of macroscopic realism

Press & Public Relations Dr. Olivia Meyer-Streng

Phone: +49 - 89 / 32 905-213 E-mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de

Hans-Kopfermann-Str. 1 D-85748 Garching

Phone:+49 - 89 / 32 905-0 Fax:+49 - 89 / 32 905-200

<https://www.google.ru/#newwindow=1&q=+No+Fine+theorem+for+macrorealism:+Limitations+of+the+Leggett-Garg+inequality>

[\[PDF\] Better tests for Schrodinger cats \(Updated\) - Phys.org](#)

Ученые из MPQ разрабатывают новые методы тестирования мира с точки зрения макроскопического реализма.

В классическом мире объекты имеют пре-существующие свойства, физические влияния локальны и не могут распространяться быстрее, чем со скоростью света, и в принципе возможно измерить свойства макроскопических систем без изменения их. Это опирается на локальный реализм и макроскопический реализм, а квантовая механика находится в сильном противоречии с ними обоими. В то время, как доказано, что неравенства Белла являются оптимальным средством для опровержения локального реализма в квантовых экспериментах, Lucas Clemente и Johannes Kofler из теоретического подразделения Института Макса Планка в области квантовой оптики (MPQ) в Garching, Германии, только что показали, что неравенства никогда не могут быть оптимальными для тестирования макроскопического реализма. Их результаты выявляют до сих пор неизвестное радикальное различие в математических структурах пространственных и темпоральных корреляций в квантовой физике, и могут предоставить лучшее средство для исследования состояний типа кота Шрёдингера (*PhysRevLett.* 116.150401, DOI:10.1103/15 April 2016).

Локальный реализм – это классическая точка зрения, которая предполагает, что объекты имеют пре-существующие свойства, физические влияния локальны и не могут распространяться быстрее, чем со скоростью света. В 1964 году Джон Белл

установил, что эти гипотезы накладывают границы на возможные корреляции между измерениями над пространственно разделенными объектами. В локальном реализме пространственные корреляции должны подчиняться некоторым неравенствам, которые сегодня известны под именем неравенств Белла.

В 1984 году Артур Файн доказал, что неравенства Белла являются оптимальными в том смысле, что они формируют мысленную границу для локальных реалистических теорий. Это означает, что совокупность всех неравенств Белла является как необходимой, так и достаточной для локального реализма: все локальные реалистические теории подчиняются неравенствам Белла, и, наоборот, выполнение неравенств Белла означает, что имеется локальное реалистическое объяснение для наблюдательных данных. Используя запутанные квантовые системы между двумя наборами систем, таких, как фотоны или атомы, неравенства Белла можно нарушить. Такие квантовые нарушения были многократно измерены в течение прошлых десятилетий со все возрастающей точностью. Таким образом, мир с точки зрения локального реалиста было решительно опровергнуто экспериментально.

Хотя квантовая механика нарушает локальный реализм, она не разрешает передачи информации со скоростью больше, чем скорость света. Это предположение о бессигнальности (non-signalling) является одним из столпов специальной теории относительности. Нарушение бессигнальности должно противоречить причинности и привести к коммуникациям с прошлым. Квантовые эксперименты могут, следовательно, нарушать только неравенства Белла, но не гипотезу бессигнальности.

Столь же странным, как квантовое нарушение локального реализма, является знаменитый парадокс кота Шрёдингера, где – в мысленном эксперименте – кот может находиться в суперпозиции состояний “живой” и “мертвый”. До сегодняшнего момента многие физики принимали суперпозицию состояний микроскопических объектов, но были глубоко не удовлетворены таким странным поведением в макроскопическом масштабе. Классический точка зрения на мир, называемая макроскопическим реализмом, запрещает такие суперпозиции расстояний и утверждает, что макроскопические объекты могут в принципе быть измерены без возмущения их состояния.

В 1985 году Энтони Леггетт и Анупам Гарг показали, что макроскопический реализм накладывает ограничение на возможные темпоральные корреляции между результатами последовательных измерений, выполненных над одиночной квантовой системой. Эти темпоральные корреляции должны подчиняться неравенствам, которые теперь называют неравенствами Леггетта – Гарга.

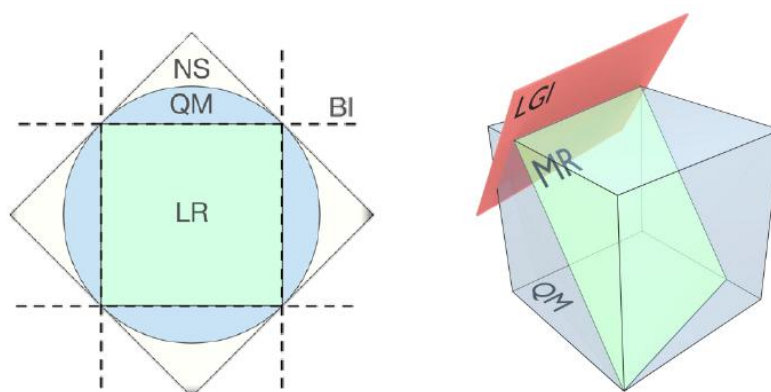
За прошедшие годы неравенства Леггетта – Гарга оказались нарушенными во многих экспериментах, хотя и только в микроскопических квантовых системах, что не опровергло макроскопический реализм. Вопрос о том, можно ли перевести в состояние суперпозиции макроскопический объект, такой, как кот, экспериментально еще не решен, и это один из самых жгучих открытых вопросов оснований физики.

Хотя локальный реализм относится к корреляциям в пространстве между как минимум двумя пространственно разделенными системами, а макроскопический реализм связан с корреляциями во времени для одиночного объекта, эти две концепции имеют много аналогий, причем соответствующие неравенства Белла и Леггетта – Гарга в основном идентичны по своей структуре. Однако работа Clemente и Koffler выявила сейчас замечательное и пока неизвестное отличие между ними. С помощью сложного анализа размерностей вероятностных пространств они сумели доказать, что теорема Файна для локального реализма неприменима к макроскопическому реализму. Иными словами, неравенства Леггетта – Гарга не образуют оптимальную плотную границу для макрореалистических теорий типа неравенств Белла применительно к локальному реализму (см. рисунок ниже).

Интересно, что существует темпоральная аналогия гипотезы о бессигнальности, представляющая собой своего рода уловку. Эта гипотеза, называемая бессигнальностью во времени, требует, чтобы для макроскопических объектов более поздние результаты измерения не могли зависеть от более ранних измерений. Она справедлива для макроскопического реализма, но нарушается в квантовой механике. “Вопреки неравенствам Леггетта – Гарга,

комбинация всех бессигнальных во времени условий является как необходимым, так и достаточным условием для макроскопического реализма. Это показывает яркое отличие между пространственными корреляциями в тестах локального реализма и темпоральными корреляциями в тестах макроскопического реализма”, объясняет Clemente.

Следовательно, экспериментаторы, занимающиеся нарушением макроскопического реализма, должны перестать фокусироваться на неравенствах Леггетта – Гарга, что они делали на протяжении многих лет. “Неравенства Леггетта – Гарга не обязательно ограничивают пространство параметра, в котором могут быть установлены потенциальные нарушения макроскопического реализма. Бессигнальность во времени – не только лучше, но даже оптимальное условие для экспериментов, пытающихся проверить, существуют ли в природе коты Шрёдингера”, добавляет Kofler.



Слева: Все рациональные физические теории, включая квантовую механику (QM), подчиняются гипотезе бессигнальности (NS). Локальный реализм (LR) плотно ограничен неравенствами Белла (BI), которые поэтому являются оптимальным средством для экспериментального теста. NS, QM, и LR все “живут” в вероятностном пространстве одной и той же размерности; для простоты на рисунке показан двумерный случай.

Справа: Совершенно иная картина для макроскопического реализма (MR). MR and QM здесь “живут” в вероятностных пространствах различной размерности. Неравенства Леггетта – Гарга (LGI) “врезаются” через QM-пространство и не ограничивают плотно MR. Следовательно, LGI не являются оптимальным экспериментальным тестом для MR.

Графика: MPQ, Theory Division

Исходная публикация:

Lucas Clemente and Johannes Kofler. **No Fine theorem for macrorealism: Limitations of the Leggett-Garg inequality.** *Phys.Rev.Lett.* 116.150401, DOI:10.1103, 15 April 2016