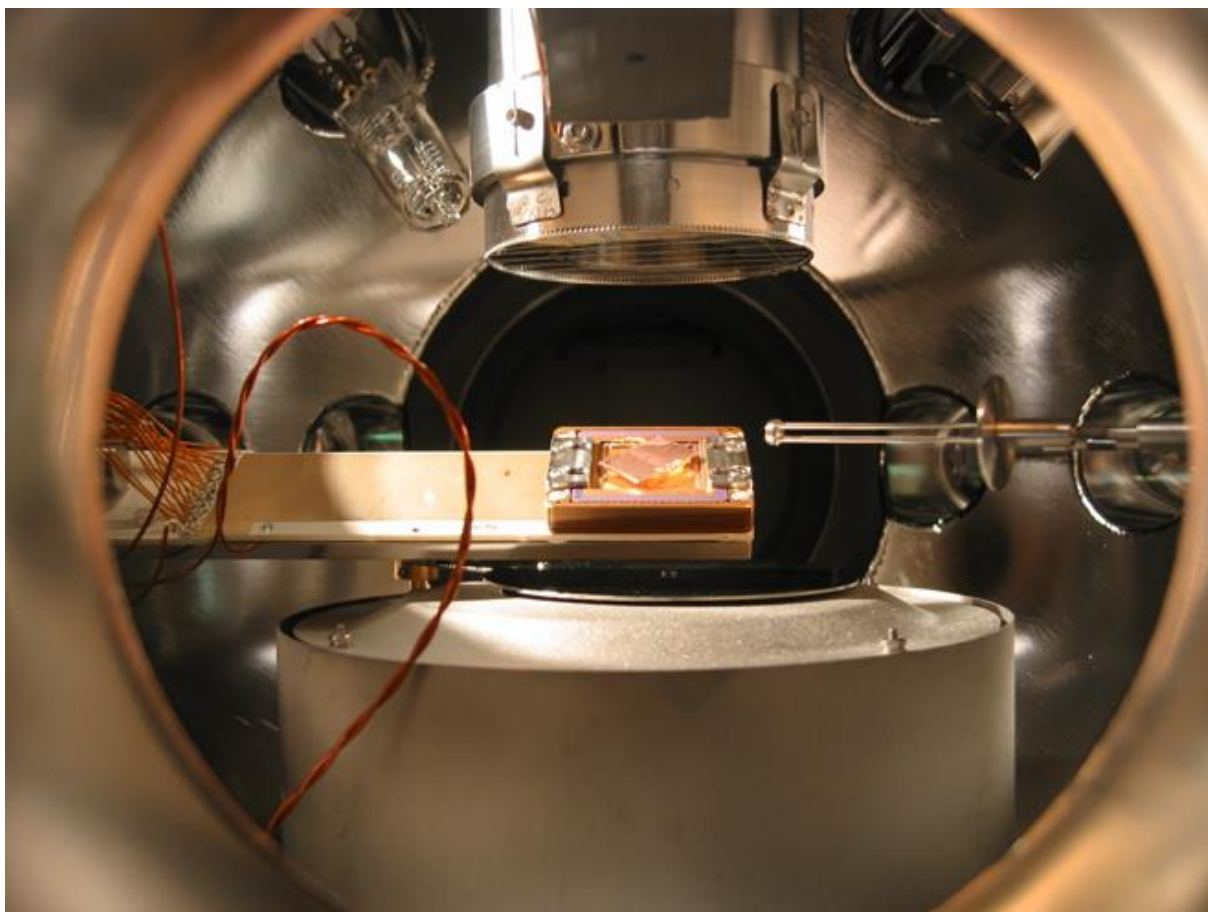


5 октября в 16:29

## Физики создали первый в мире «кристалл времени»

Физика\*, Научно-популярное\* Источник: <https://geektimes.ru/post/281196/>



Крис Монро работал с ионной ловушкой схожей конструкции (источник: Hartmut Häffner)

В 2012 году лауреат Нобелевской премии по физике Франк Вилчек **предложил** необычную идею. Он предположил (и попытался доказать) возможность существования «кристаллов времени». Такие структуры, по словам физика, получают энергию для своего движения из разлома в симметрии времени. Разлом, по словам Вилчека, является некой особой формой вечного движения.

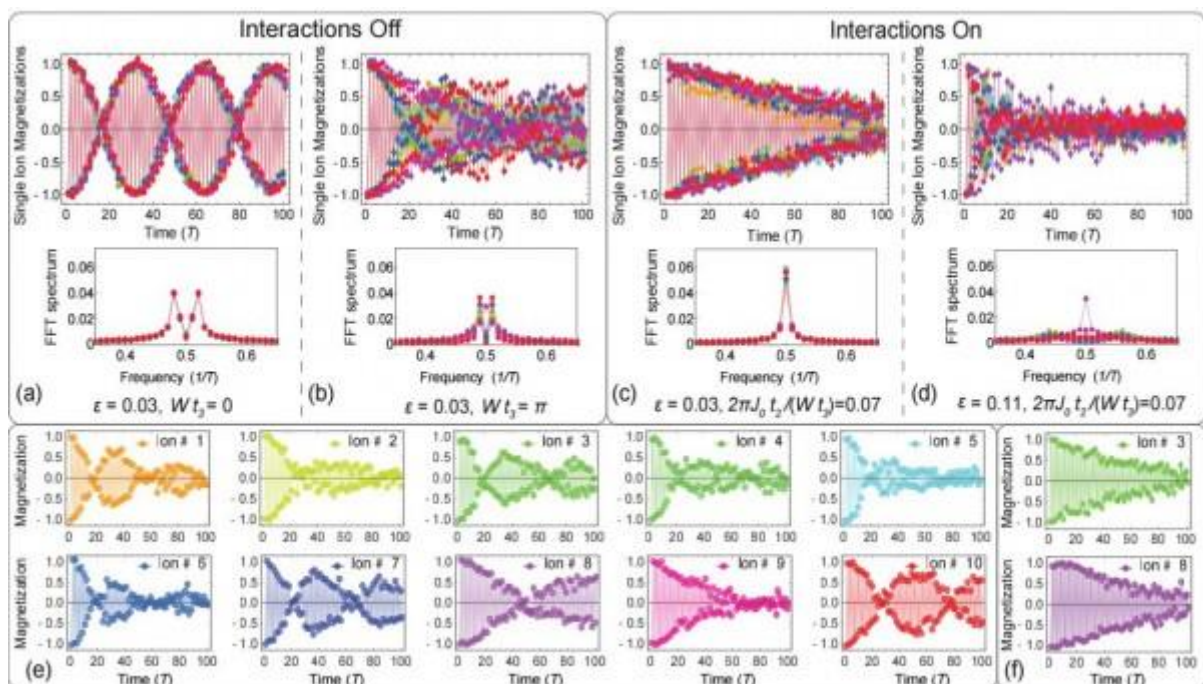
Кристаллы сами по себе очень необычные структуры. Например, кристаллам (тем из них, кристаллическая решетка которых не обладает высшей — кубической — симметрией), присуще свойство анизотропии. Анизотропия кристаллов — это разнородность их физических свойств (упругих, механических, тепловых, электрических, магнитных, оптических и других) по различным направлениям.

Современных физиков интересует не только анизотропия кристаллов, но и их симметрия. Что касается симметрии, то она проявляется не только в их структуре и

свойствах в реальном трёхмерном пространстве, но также и при описании энергетического спектра электронов кристалла, анализе процессов дифракции рентгеновских лучей, дифракции нейтронов и дифракции электронов в кристаллах с использованием обратного пространства и т. п. Что касается «кристаллов времени», то здесь ученые предположили, что кристаллы симметричны во времени.

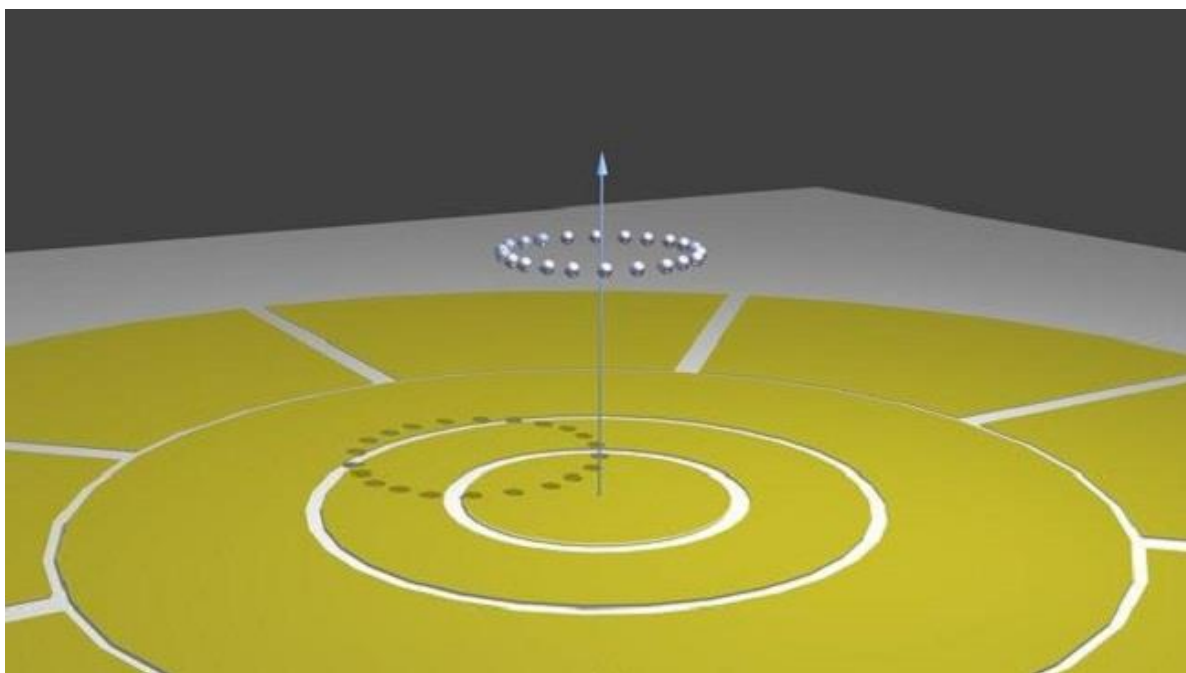
Вилчек **говорил** об этом возможном явлении еще в 2010 году: «Я постоянно думал о классификации кристаллов, а затем я подумал, что ведь можно представить и пространство-времени с этой точки зрения. То есть, если мы думаем о кристаллах в пространстве, логично будет представить кристаллические структуры во времени». В кристаллах атомы занимают стабильную позицию в решетке. А поскольку стабильные объекты остаются неизменными во времени, то существует возможность того, что атомы могут образовывать постоянно повторяющуюся решетку во времени. В исходное положение они возвращаются через дискретный интервал, нарушая временную симметрию. Если кристалл не потребляет и не производит энергию, то такие временные кристаллы являются стабильными, находясь в «основном состоянии». При этом в структуре кристалла происходят циклические изменения, что, с точки зрения физики можно считать вечным движением.

У многих физиков возникали сомнения в справедливости гипотезы возможности существования временных кристаллов. Но те ученые, кто принял ее, стали искать способы проверить справедливость предположения Вилчека. И нашли.



Крис Монро [Chris Monroe] из **Мэрилендского университета** в Колледж-Парке

впервые смог создать временной кристалл в своей лаборатории. Его идея состояла в том, чтобы создать квантовую систему в виде группы ионов, расположенных кольцом. При охлаждении кольца, как утверждал Монро (а до него и другие ученые), энергетическое состояние всей системы понизится до минимального уровня. Другими словами, в таких условиях система переходит в фазу «основного состояния». Если временная симметрия нарушена, то кольцо должно меняться во времени. Другими словами, вращаться. Конечно, извлечь энергию этого движения нельзя, поскольку это противоречит закону сохранения энергии.



Все это — теория. На практике реализовать эту задумку сложнее. О намерении создать кольцо из ионов и проверить справедливость гипотезы временных кристаллов несколько лет назад сообщали ученые из Беркли. Они планировали вводить сотни ионов кальция в камеру небольшого размера. Эту камеру нужно окружить электродами и включить ток. Образующееся электрическое поле позволяет загнать ионы в камеру толщиной примерно в 100 микронов. После чего необходимо «откалибровать» частицы для выравнивания поля. Ионы, отталкиваясь друг от друга, сформировали бы кристаллическое кольцо, распределившись равномерно по внешнему краю камеры.

Предполагается, что ионы в такой ловушке будут находиться в возбужденном состоянии, но при помощи лазера их кинетическую энергию будут постепенно урезать. По плану, температуру системы необходимо довести до 1 миллиардной градуса выше нуля. После того, как система достигает основного состояния, ученые планировали включить статическое магнитное поле. Это поле, если гипотеза временных кристаллов верна, должно было заставить ионы вращаться. После возвращения ионов к исходной точке в пределах определенного временного периода ученые зафиксировали бы нарушение временной симметрии.

Монро пошел схожим путем, только для создания кольца он использовал не ионы калия, а ионы иттербия. Сложностью в реализации идеи является то, что предсказать существование частицы в определенное время в определенном месте не представляется возможным. Правда, благодаря андерсоновской локализации появляется исключение в этом правиле, которое можно использовать. Андерсоновская локализация — явление, возникающее при распространении волн в среде с пространственными неоднородностями и состоящее в том, что вследствие многократного рассеяния на неоднородностях и интерференции рассеянных волн становится невозможным распространение бегущих волн; **колебания приобретают** характер стоячей волны, сконцентрированной (локализованной) в ограниченной области пространства.

Относительно недавно физики изучили группы квантовых частиц, взаимодействующих друг с другом таким образом, что это взаимодействие вынуждает их локализоваться. Монро смог использовать результаты этого исследования для того, чтобы заставить ионы иттербия занять определенные места в определенное время. В результате был создан временной кристалл, и команда Монро, таким образом, доказала возможность нарушения временной симметрии. При изучении свойств временного кристалла оказалось, что значительное изменение частоты возбуждения ионов заставляет кристалл «плавиться». По мнению ученых, создание временного кристалла открывает широкие возможности для квантовых вычислений. Например, на основе временных кристаллов можно создать надежную квантовую память.

Правда, работа Монро и коллег еще требует проверки. Другие команды физиков планируют проверить природу эффекта временных кристаллов, повторив эксперимент. Если это удастся, то гипотеза Франка Вилчека станет теорией, и квантовая физика получит стимул для дальнейшего развития.

[arXiv:1609.08684](https://arxiv.org/abs/1609.08684)