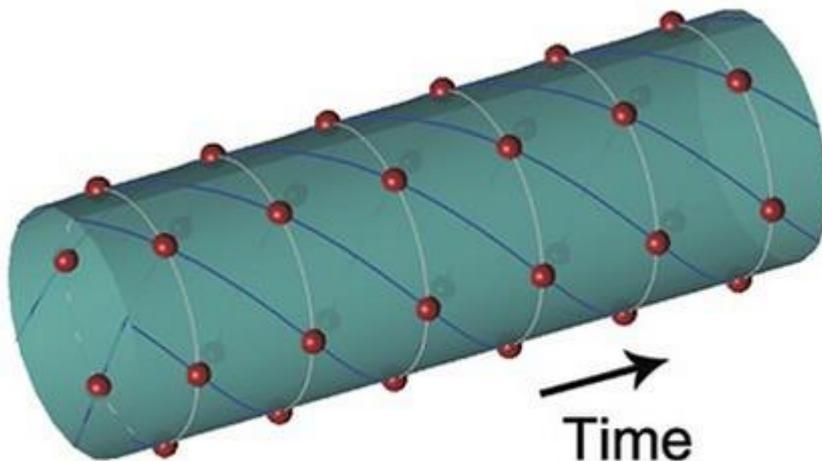


Кристаллы во времени

Американский физик Frank Anthony Wilczek (род. 15 мая 1951г.), лауреат Нобелевской премии по физике 2004 года за «открытие асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий», в феврале 2012 года высказал предположение о существовании физических структур нарушающих симметрию времени.



В воскресенье, 12.02.2012 на сайте научных препринтов arXiv.org опубликованы две новые, дополняющие друг друга статьи Фрэнка Вилчека:

«Кристаллы в классическом времени» – в соавторстве с А.Шапере (A. Shapere and F. Wilczek. **Classical time crystals**. [arXiv:1202.2537](https://arxiv.org/abs/1202.2537))

«Кристаллы в (мнимом) квантовом времени» (F. Wilczek. **Quantum time crystals**. [arXiv:1202.2539](https://arxiv.org/abs/1202.2539))

Вот что рассказывают об этой работе – в скомпилированном виде – научно-популярные издания.

Если кристаллы существуют в пространственных измерениях, то тогда они должны существовать и во времени тоже, говорит Фрэнк Вилчек.

Одна из наиболее мощных идей современной физики заключается в том, что во вселенной правит симметрия. То есть определенные свойства системы не изменяются, когда она испытывает определенного рода преобразования. В физической реальности математическая идея симметрии проявляется как законы сохранения.

Например, если система ведет себя одинаково в независимости от ориентации или перемещений в пространстве, то она должна подчиняться закону сохранения импульса. Если же система порождает один и тот же результат независимо от того, когда именно это происходит, то она должна подчиняться закону сохранения энергии. Такой подход к

анализу природы принято связывать с германской женщиной-математиком Эмми Нетер. Согласно ее знаменитой теореме, всякая симметрия эквивалентна закону сохранения, а законы физики, по сути своей, это результат симметрий в природе.

Равно мощной является идея нарушения симметрии. Когда вселенная демонстрирует меньше симметрии, нежели уравнения, ее описывающие, то физики говорят, что симметрия нарушена.

Хорошо известным примером такого рода является низкоэнергетическое решение, связанное с формированием твердого тела в виде кристалла, то есть тела, имеющего пространственную периодичность в своей структуре. В этом случае пространственная симметрия системы нарушается.

Пространственные кристаллы принято считать хорошо изученными и хорошо понятными объектами. Однако они поднимают интересный вопрос: а допускает ли природа формирование аналогичных периодических структур не только в пространстве, но и в измерении времени?

Ныне Фрэнк Вилчек из Массачусетского технологического института и Альфред Шапере из Университета Кентукки (Frank Wilczek, Al Shapere) провели исследование этого вопроса и пришли к заключению, что при низких энергиях симметрия во времени, похоже, нарушается точно так же, как и симметрия пространственная.

Согласно их расчетам, данный процесс должен приводить к периодичностям, которые они называют «временные кристаллы» (time crystals). Причем более того, временные кристаллы должны существовать, судя по всему, непосредственно у нас под носом.

Давайте разберем эту идею чуть более подробно. Во-первых, что это означает для системы – нарушить симметрию во времени? Вилчек и Шапере рассуждают на данный счет примерно так. Они представляют себе систему в ее самом низшем энергетическом состоянии, которое полностью описывается в независимости от времени.

Поскольку это самое низшее ее энергетическое состояние, данная система должна быть заморожена в пространстве. Следовательно, если эта система движется, то она должна нарушать симметрию во времени. Это соображение эквивалентно идее о том, что самое нижнее состояние энергии имеет минимальное значение на кривой в пространстве, а не в отдельной изолированной точке.

Такая ситуация вовсе не является чем-то экстраординарным. Вилчек указывает, что сверхпроводники могут иметь в себе ток – то есть массовое перемещение электронов – хотя система находится в своем самом нижнем энергетическом состоянии.

Все остальное в этой работе – математическое доказательство идеи. Таким же образом, как уравнения физики допускают спонтанное образование пространственных кристаллов, то есть периодичностей в пространстве, они так же должны позволять и формирование периодичностей во времени или временных кристаллов.

В частности, в еще одной отдельной статье, дополняющей их совместную работу с Шапери, Фрэнк Вилчек рассматривает спонтанное нарушение симметрии в замкнутой квантово-механической системе. В этой ситуации математика становится особо занятой и странной. Квантовая механика заставляет ученых мыслить в таких категориях, как мнимые значения времени – или «iTime», как называет это Вилчек.

В своей статье он показывает, что те же самые **периодичности должны возникать в мнимом времени iTime**, и то, что этот процесс должен проявлять себя как разного рода периодическое поведение термодинамических свойств системы.

Этот результат имеет целый ряд важных следствий. Прежде всего, это означает возможность того, что данный процесс обеспечивает механизм для измерения времени – поскольку периодическое поведение по своей физической сути подобно маятнику. «Это спонтанное формирование временного кристалла представляет собой **спонтанное появление тактов часов**», – говорит Вилчек.

Другая интересная особенность конструкции – это то, что может оказаться возможным использование временных кристаллов для выполнения **вычислений с нулевыми затратами энергии**. Как указывает Вилчек, «интересно пофантазировать, что ... квантово-механическая система, состояния которой можно интерпретировать как скопление кубитов, могла бы быть разработана таким образом, чтобы с течением времени перемещаться в запрограммированном ландшафте из структурированных состояний в гильбертовом пространстве».

Конечно же, далее последуют споры относительно некоторых проблем, которые поднимает данное исследование. Одна из них, в частности, будет о том, что движение, нарушающее симметрию во времени, выглядит несколько озадачивающе. Вилчек и Шапери с готовностью это признают: «Рассуждая широко, то, что мы здесь ищем, выглядит подозрительно похожим на вечное движение»...

Однако, попутно замечает Вилчек, на самом деле физикам давно и хорошо известны такого рода системы. То же самое сверхпроводящее кольцо, к примеру, находящееся в состоянии минимума энергии и при этом имеющее внутри себя непрекращающееся движение электронов. По аналогичной схеме, собственно, Вилчеком сконструирована и гипотетическая **модель временного кристалла** – на основе «**частиц-колец**» (ring particles).

Комментируя данную работу, один из коллег, физик-теоретик Маулик Парих (Maulik Parikh) из Аризонского университета в Темпе, говорит следующее: «Мы еще не знаем, существуют ли такие вещи в природе, однако большой сюрприз уже в том, что они могут существовать»...

Пока что вряд ли кто из ученых знает или понимает, насколько важными могут оказаться временные кристаллы в дальнейшем. Или даже вообще, будет ли от них хоть какой-то прок в практических приложениях. Однако сам Вилчек рассказывает, что на эмоциональном уровне восприятия эта концепция сильно напомнила ему то возбуждение, которое он почувствовал, когда в начале 1980-х годов помогал описывать новый класс фундаментальных частиц, получивших название **энионы**. Ныне, говорит он, «у меня было очень похожее чувство: словно и здесь я отыскал новую логическую возможность для того, каким образом может вести себя материя – что и это открывает нам целый новый мир со множеством возможных направлений».

<https://kniganews.org/map/> Posted on 18.02.2012

Скомпилировано на основе публикаций:

«Crystals may be possible in time as well as space» by Alexandra Witze. Science News. Web edition, February 16th, 2012

«Physicists Predict The Existence of Time Crystals» by KentuckyFC. MIT Technology Review, arXiv blog, 02/16/2012