

Бабочка Рэя Бредбери и апричинные корреляторы в замкнутых хаотических квантовых системах: микроскопические модели и их решения типа волн горения

Лев Иоффе

Международная лаборатория физики конденсированного состояния НИУ ВШЭ
Universite Paris VI-VII (France), Rutgers University (USA)

Доклад по материалам статьи

Igor Aleiner, Lara Faoro and Lev Ioffe

Microscopic model of quantum butterfly effect: Out-of-time-order correlators and traveling combustion waves arXiv:1609.01251, Annals of Physics (2016)

В классической хаотической системе малое возмущение быстро приводит к сильному изменению состояния системы. В системе нескольких степеней свободы этот эффект полностью характеризуется показателем Ляпунова, описывающим экспоненциальное разбегание классических траекторий. В многочастичной хаотической системе даже малое локальное возмущение изменяет состояние всей системы - явление, известное как “эффект бабочки” (по мотивам рассказа Рэя Бредбери “И грянет гром”).

В квантовых системах такой эффект имеет прямой аналог - квантовый эффект бабочки: малое локальное возмущение квантовой системы, созданное в прошлом (при помощи “машины времени”), быстро разрушает квантовые корреляции. На более поздних стадиях декогерентность, вызванная локальным возмущением, распространяется по всей системе с постоянной скоростью.

С формальной точки зрения, квантовый эффект бабочки описывается корреляционными функциями с аномальным упорядочением времен. Впервые такие корреляторы были введены Ларкиным и Овчинниковым (1968) в теории сверхпроводимости. В последнее время исследование таких корреляторов привлекло большое внимание, т.к. была осознана их связь с общей проблемой потери квантовой информации.

В этом докладе я сделаю общий обзор теории аномально упорядоченных корреляторов и их связи с хаосом и потерей информации. Затем я перейду к изложению нашей работы, в которой выведены и решены уравнения для временной эволюции таких корреляторов в простейших твердотельных хаотических системах: электроны, взаимодействующие с фононами или друг с другом и примесями. Для этих систем распространение декогерентности формально описывается как волна горения.

Во второй части доклада я опишу более подробно развитую нами технику вычислений, которая представляет собой обобщение техники Келдыша на случай четырех контуров, которые совместно описывают как нормальную эволюцию во времени, так и обратную эволюцию при помощи “машины времени”.