

Жидкостная модель топологического изолятора Руднера

А.С. Зуев¹, Д.А. Пыхтин¹, Р.Г. Бикбаев^{2,1}, И.В. Тимофеев^{2,1}

¹Сибирский федеральный университет

²Институт физики им. Л.В. Куренского СО РАН –
обособленное подразделение ФИЦ КИЦ СО РАН

ant.zuev@ya.ru, dimapykhtin02@gmail.com, batblr_90@mail.ru, ivan-v-timofeev@ya.ru

Топологическая фотоника [1] изучает световые волны, распространяющиеся по поверхности оптической структуры, периодической на масштабе длины волны (фотонный топологический изолятор), и не разрушаемые дефектами поверхности. Когда свет не может пройти сквозь дефекты, он огибает препятствия, и распространяется дальше, без отражения и рассеяния. Такая волна подобна узлу, завязанному на бесконечной веревке, расположенной перпендикулярно поверхности: узел подвижен, но развязать его можно только разрезав веревку, то есть нарушив ее топологию. В 2008 году будущий нобелевский лауреат Данкан Холдейн [2] перенес топологическую идею квантового эффекта Холла в классическую оптику. Затем идея была реализована для акустических волн в фононных кристаллах [3-5] и для механических деформаций [6-7]. В данной работе предлагается сделать еще одно обобщение: вместо волны рассмотреть огибающий препятствия поток жидкости вдоль поверхности трубчатой структуры. Цель данной работы – создание механической модели. Подобно изолятору из массива акустических кольцевых резонаторов [6], предлагаемая модель также может описываться математически как клеточный автомат [8]. Клеточный автомат - это дискретная структура, включающая регулярную решётку ячеек, каждая из которых может находиться в одном из конечного множества состояний, таких как 1 и 0. Для работы клеточного автомата требуется задание начального состояния всех ячеек и правил перехода ячеек из одного состояния в другое. Обычно правила перехода одинаковы для всех ячеек и применяются сразу ко всей решётке. Модель позволяет строить двумерные топологические изоляторы типа игрушки Руднера (Rudner toy) [9].

В данной работе в качестве элементарной ячейки массива выбран квадрат, образуемый четырьмя расположенными вблизи вершин трубками для жидкости (рис. 1а). Для соседних квадратов трубки стыкуются и жидкость перетекает с квадрата на соседний. На границе массива соседний квадрат отсутствует, поэтому жидкость посредством дополнительной трубки перетекает к соседней вершине того же квадрата до тех пор, пока не обнаружит соседний квадрат. Стыковка одинаковых квадратов в одном и двух направлениях дает различные топологические изоляторы (рис. 1 б-в).

