

## Эта страница:

- [Описание сути исследований на уровне школы](#)
- [Описание сути исследований на уровне бакалавра](#)
- [Члены группы](#)
- [Некоторые публикации](#)

Это направление исследований возглавляет проф. С.И. Мухин. Группа изучает квантовый параметр порядка и кристаллизацию вдоль мацубаровской оси времени в коррелированных ферми-системах.

## Описание сути исследований на уровне школы

Обычно если облучать кристалл фотонами или нейтронами, то т.к. кристалл имеет периодическую структуру, наблюдается дифракционная картина – Брэгговские пики. Однако теоретически возможно состояние твёрдого тела, когда при облучении его нейтронами никакой дифракционной картины не возникнет.

Точнее – не возникало бы никакого рассеяния от системы коллективизированных электронов. Как этого можно добиться?

Пусть у Вас есть антиферромагнитное состояние – оказывается можно добиться того, чтобы существовали одновременно два квантовых антиферромагнитных состояния с противоположной упорядоченностью магнитных моментов атомов:



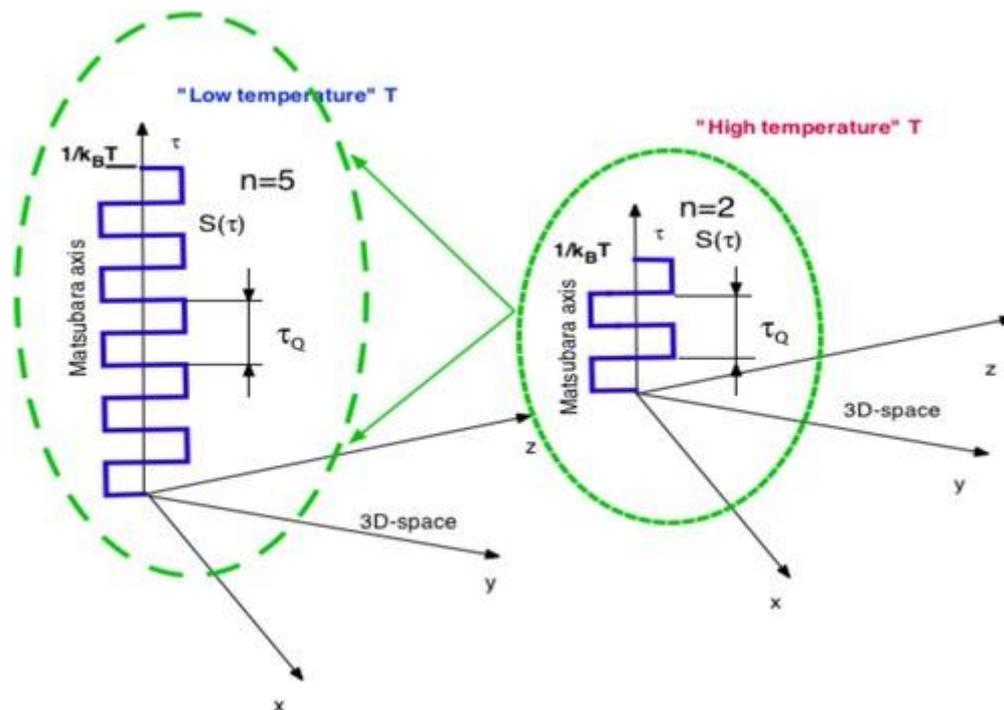
Как этого добиться? Для этого нужно чтобы были достаточно велики квантовые флуктуации магнитного момента атома. Квантовые флуктуации можно описать с помощью т.н. амплитуды квантового разупорядочения. Оказывается, что при некоторых значениях амплитуды квантового разупорядочения сосуществуют одновременно два квантовых антиферромагнитных состояния с противоположным упорядочением магнитных моментов атомов. Как влиять на амплитуду квантового разупорядочения? В некоторых системах её можно увеличить давлением.

Как можно проверить что состояние электронной подсистемы действительно есть суперпозиция состояний описанных на рисунках выше – а не парамагнитное состояние? При приложении магнитного поля, начиная с некоторой критической величины поля – квантовая суперпозиция состояний разбивается – и остаётся одно антиферромагнитное. Если бы это был парамагнетик – то он бы им и остался.

Как описывается электронная подсистема, которая существует сразу в двух макроскопических квантовых состояниях на рисунках выше? Это описывается как переходы во мнимом (т. н. Мацубаровском) времени между такими двумя состояниями. Вероятности таких переходов описываются с помощью т. н. инстантонов.

## Описание сути исследований на уровне бакалавра

В качестве примера макроскопических квантовых конденсатов в системах многих тел можно привести технологии, разрабатываемые для квантовой обработки информации, а также новые экспериментальные данные о поведении высокотемпературных сверхпроводников на основе слабо легированных керамик переходных металлов (купраты). В частности, современная фотоника изучает возможности квантовой томографии, позволяющей определять фазовые множители квантовой суперпозиции когерентных световых пучков (фотонный аналог “кошки Шредингера”). Разработка методик измерения квантовой запутанности фотонов (“entanglement”) лежит в основе построения устройств для квантовой обработки информации и передачи квантовой информации на расстоянии. В то же время, в высокотемпературных сверхпроводящих купратах обнаружены следы так называемого “скрытого” параметра порядка (“hidden order”), который проявляется в появлении щели в электронном спектре на уровне Ферми, однако не поддаётся прямому определению, как например обычные параметры порядка: намагниченность или плотность волны зарядовой плотности. Новые теоретические результаты полученные на кафедре ТФКТ указывают на то, что реализация упорядочения (“конденсации” параметра порядка) в виде квантовой суперпозиции квазиклассических состояний фотонов или электронов может быть описана на языке кристаллизации в евклидовом пространстве. Причём “евклидов кристалл” отличается от обычного тем, что в нем периодическое упорядочение происходит не по пространственным осям, а по оси “мнимого времени” (“Matsubara time”), возникающего при описании термодинамики квантовых систем. Сейчас на кафедре проводятся исследования направленные на построение “теории упругости” евклидовых кристаллов и их взаимодействия с внешним миром (функции отклика на внешние воздействия).



## Члены группы



С.И. Мухин



М.В. Фистуль



Т.Р.  
Галимзянов



П.И. Карпов



М.А. Ионцев



А. Сеидов

## Некоторые публикации

1. S. I. Mukhin. Spontaneously broken matsubara's time invariance in fermionic system: macroscopic quantum ordered state of matter. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 24(3):1165–1171, April 2011. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10948-010-1102-4>, doi: [10.1007/s10948-010-1102-4](https://doi.org/10.1007/s10948-010-1102-4).
2. S. I. Mukhin and M. V. Fistul. Generation of non-classical photon states in superconducting quantum metamaterials. *Superconductor Science and Technology*, 26(8):084003, August 2013. URL: <http://iopscience.iop.org/0953-2048/26/8/084003>, doi: [10.1088/0953-2048/26/8/084003](https://doi.org/10.1088/0953-2048/26/8/084003).
3. S. I. Mukhin and T. R. Galimzyanov. High superconducting  $t_c$  and suppressed isotope effect in the instantonic condensate state of the fermi-system: analytic solution. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 26(8):2679–2683, August 2013. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10948-013-2159-7>, doi: [10.1007/s10948-013-2159-7](https://doi.org/10.1007/s10948-013-2159-7).