

**Superconducting quantum electronic response  
of a nematic material in cuprates YBaCuO<sub>4</sub>  
Rakhimbekov D.**

**Сверхпроводящий отклик электронного квантового нематика  
в материалах купратах YBaCuO<sub>4</sub>  
Рахимбеков Д. Х.**

*Рахимбеков Демежан Хаиртаевич/ Rakhimbekov Demezhan – магистрант,  
кафедра нанотехнологий и наноматериалов  
Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан*

**Аннотация:** *электронный нематик является трансляционно инвариантным состоянием, которое спонтанно распадается дискретной вращательную симметрию основном кристалле. В чистой квадратной решетке, в электронном нематике имеется два предпочтительных ориентации, в то время как легирующей расстройство благоприятствующей или другие ориентации на местном уровне. Таким образом, электрон нематическая относится к кристаллическим отображениям случайного поля модели Изинга. Поскольку электрон нематическая имеет анизотропную проводимость, мы ассоциируем каждую Изинга конфигурацию с резистором сети и использовать то, что известно о случайное поле модель Изинга предсказать новые способы тестирования для локального электронного заказа нематической (nematicity) используя шум и гистерезис. В частности, мы обнаружили необычайно прочную линейную зависимость между ориентационным порядком и анизотропным сопротивлением, которое имеет место в условиях широкого диапазона.*

**Abstract:** *electronic nematic is translationally invariant state that spontaneously breaks the discrete rotational symmetry essentially crystal. In a clean square lattice, there are two electronic preferred nematic orientation while enabling dopant disorder or other local orientation. Thus, the electron nematic liquid crystal refers to the mapping random field Ising model. Since the electron has an anisotropic nematic conductivity, we associate each Ising configuration with a resistor network and use what is known about the random field Ising model to predict new testing methods for local electronic order nematic (nematicity) using noise and hysteresis. In particular, we have found an unusually strong linear relationship between the orientation and order of anisotropic resistance, which takes place in a wide range of conditions.*

**Ключевые слова:** *превращения, ориентация, сверхпроводимость, эффект Мейснера.*  
**Keywords:** *transformations, orientation, superconductivity, the Meissner effect.*

### **Введение**

Хорошо известно, что вещества могут находиться в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. Однако некоторые из них, особенно вещества, состоящие из длинных вытянутых молекул, могут образовывать еще одно агрегатное состояние – жидкокристаллическое. Это состояние не экзотическое. К настоящему времени известны десятки тысяч веществ, которые образуют жидкие кристаллы. По своим физическим свойствам жидкие кристаллы занимают промежуточное положение между жидкостями и кристаллическими твердыми телами. Как любые жидкости, они принимают форму того сосуда, в который их поместили. Они текут как обычные вязкие жидкости. Наряду с этим жидкие кристаллы обладают свойствами, которые характерны для кристаллов: молекулы жидких кристаллов частично упорядочены. Это не полный порядок, как в настоящих кристаллах, он существенно влияет на физические свойства веществ, в этом состоянии принимая полное преимущество свойств нематика жидких кристаллов в применений детального понимания их отклик на внешнее возмущения. На общих основаниях, по термодинамике ветви возникающих по непрерывности из равновесного состояния реакция уникальна и может быть определена с помощью линейного возмущения. Рассматривая систему дальше от равновесия возникающие в связи с нестабильностью увеличивается обратная связь генерируется с нелинейностью. В таких сплошных средах как нематиках, соответствующие бифуркации приводят к наступление моделей, нарушающих оригинальные симметрии ближнего равновесия в основных состояниях.

В высоко, температурных сверхпроводниках добавлений в сверхпроводниках, здесь может существовать различные типы порядка, который разрушает пространственную симметрию кристалла. Однако часто сложно получить точное экспериментальное доказательство, в котором основание четко разграничить, в котором материалы, и в каком диапазоне температур и легирирование происходят. Один такой кандидат порядок является электронный нематик [1]. Не поступательная симметрия. Ориентационный - дальний

порядок индуцирует транспортную анизотропию, так что это естественный способ искать нематического порядка [1, 6].

Нематик имеет две предпочтительные ориентации в тетрагональном кристалле, так что параметр может быть представлен через Изинговой переменной. Интересное поведения напоминающее модель Изинга для случайных полей был доказан [2] и гистерезис [3, 4] измерение высокотемпературных гистерезисов. В то время как в 3D, при достаточно слабом беспорядке, то случайное поле Изингового модели имеет конечный фазы температуры перехода к низкой температуре упорядоченный фазы, в 2D критическая сила беспорядка равна нулю, и длинно диапазонная ориентация запрещена [5].

#### Основная часть

Теория параметра порядка для нематиков, была создана в начале 1970-х Женном и Простом [12] и его точное уравнение (2).

$$S_q = \int d\Omega \left[ \partial_\mu Q_{ab} \partial_\mu Q_{ba} + m_Q^2 Q_{ab} Q_{ba} + w_Q Q_{ab} Q_{bc} Q_{cd} Q_{da} \right] \quad (1)$$

Однако физическая интерпретация разная. Физическая перспектива является кинетической энергией теорией газа. Когда длинная ось молекулы выстраивается в очередь, потенциальная энергия достигается за счет столкновения. Параметр Q величина анизотропии и уравнение (1). Макроскопический направляющий параметр порядка, указывает точную дорогу, свойство микроскопического трехстороннего и направляющая рассматривается, как внутренняя симметрия отделяется от симметрий пространства-времени. В языке в этой бумаги, теория адресуется междуузельных степени свободы.

Тяжелая работа сделана. Кулона нематическая является самым основным примером, и в этом разделе мы будем использовать его, чтобы извлечь наиболее важные результаты этой работы. Приводной механизм является новым. Параметр порядка в обычной сверхтекучей регулируется внедиагональная большой дальности с точки зрения операторов поля, связанных с составные частицы. Мы имеем дело с государством, имеющим внедиагональный дальний порядок в терминах дуальных полей дислокации, объекты, соответствующие с бесконечности составных частиц

$$L_{\text{BB}}^{\text{eff}} = \frac{1}{4\mu} \left[ \left( 2\omega^2 + q^2 + 2|n_T|^2 q_0^2 \right) |B_{-1}^T|^2 + \left( \omega^2 + q^2 + 8|n_T|^2 q_0^2 \frac{\omega^2}{1 + \omega^2} \right) |B_{-1}^L|^2 \right] + \left( \frac{(1-\nu)\omega^2 + q^2}{1 + \nu} + 2|n_T|^2 q_0^2 \frac{(1-\omega^2)^2}{1 + \omega^2} |B_{-1}^T|^2 - 4|n_T|^2 q_0^2 \frac{\omega(1-\omega^2)}{1 + \omega^2} (B) \right)$$

Нематические жидкие кристаллы анизотропные жидкости, в котором локальная ориентация который характеризуется через вектор поля  $\mathbf{n}$ , называющиеся направляющим поля, последний имеет тенденцию быть однородной как возможно как результат минимизаций ориентационно эластичной энергий. Ориентация может контролироваться подходящим обращением ограничивающим образом. Во многих кристаллах таких как купраты, электрон нематик направляется закрыть удобное решеточное направление, часто один из двух «вертикальных» или «горизонтальных» к направлению Си-О связи направлений. Два ориентаций может быть представлен псевдоспина Изинга  $\sigma = \pm 1$  [7]. В любом данном участке, беспорядок обусловлено легирующей примесей атомов купратными плоскостями производят электрические градиентные поля которые локально благоприятно в одну сторону ориентаций или в другую и взаимодействует как случайное поле на электронный нематик, как проиллюстрирована на риунке 1. Таким образом физика электронного нематика представляется через случайного поля Изингового модели.

Где  $J > 0$  связь между соседними нематическими плоскостями локальный беспорядок поля берется  $h$ , гауссовой, с беспорядочной силой  $\Delta$  характеризующая через Гауссового распределения. Нарушения симметрий  $h$  может быть, например одноосной деформацией большого тока [4].

Магнитного поля [9] или даже орторомбически (2). Нематики также могут быть переставлены в соответствии во внешнее магнитное поле из-за диамагнитной анизотропии, в которой

$$h \propto o(H^2) \quad [17] \quad (2)$$

Макроскопические сопротивление анизотропного нематика. Трансформируется под вращением одинаковым путем как ориентационный порядок  $m = \left( \frac{1}{N} \right) \sum_i \sigma_i$  и кандидат для измерения порядка

нематика. Анизотропное сопротивление  $R_a = [(r+1)/(r-1)][(R_{xx} - R_{yy})/(R_{xx} + R_{yy})]$ , где  $r \equiv R_{xx}(m \rightarrow 1)/R_{yy}(m \rightarrow 1)$  [12] внешне диапазонная макроскопическое сопротивление в полно ориентированном состояний. Чтобы получить транспортное свойство, мы наносим карту на каждую структуру локальную нематического ориентаций, обрабатывающего через Monte Carlo симулятором для случайного поля Изингового модели.

### *Литература*

1. *Kivelson S. A., Fradkin E., and Emery V. J.* Nature (London) 393, 550 (1998).
2. *Chakravarty S., Laughlin R. B., Morr D. K., and Nayak C.* Phys. Rev. B 63, 094503 (2001).
3. *Panagopoulos C., Majoros M., Nishizaki T. and Iwasaki H.*, cond-mat/0412570.
4. *Panagopoulos C., Majoros M., and Petrovic A.* Phys. Rev. B 69, 144508 (2004).
5. The effect of different sized patches may be subsumed into randomness in the coupling  $J$ , which will not change the qualitative behavior of our model, although it will change the results quantitatively for small systems.
6. *Ando Y., Segawa K., Komiya S., and Lavrov A. N.* Phys. Rev. Lett. 88, 137005 (2002).
7. *Abanov A., Kalatsky V., Pokrovsky V. L., and Saslow W. M.* Phys. Rev. B 51, 1023 (1995).
8. The effect of different sized patches may be subsumed into randomness in the coupling  $J$ , which will not change the qualitative behavior of our model, although it will change the results quantitatively for small systems.
9. *Reichhardt C., Olson Reichhardt C. J., and Bishop A. R.* Europhys. Lett. 72, 444 (2005).
10. *Imry Y. and Ma S. K.* Phys. Rev. Lett. 35, 1399 (1975).
11. *Gennes de P. G., Prost J.* The Physics of Liquid Crystals, second ed., Clarendon Press, Oxford, 1993.
12. *Chaikin P. and Lubensky T.* Principles of Condensed Matter Physics (Cambridge University Press, Cambridge, England, 1995).