



Основные научные результаты Отделения теоретической физики

Д. Н. Аристов

Численность на январь 2022:
53 человека - научные сотр. (+совм.)
8 лаборантов (студенты)

Средний возраст научных сотр. = 54 года

3 гранта РФФИ:
Велижанин
Саранцев
Сыромятников

По плану:
44 публикаций,
7 докладов,
1 конференция.

Фактически:
53 публикации
26 докладов
0 конференций

17.02.2022
Гатчина



С.В. Малеев



В.Ю. Петров



М.В. Поляков



Г.В. Фролов



В.С. Поликанов



М.Б. Тржасковская



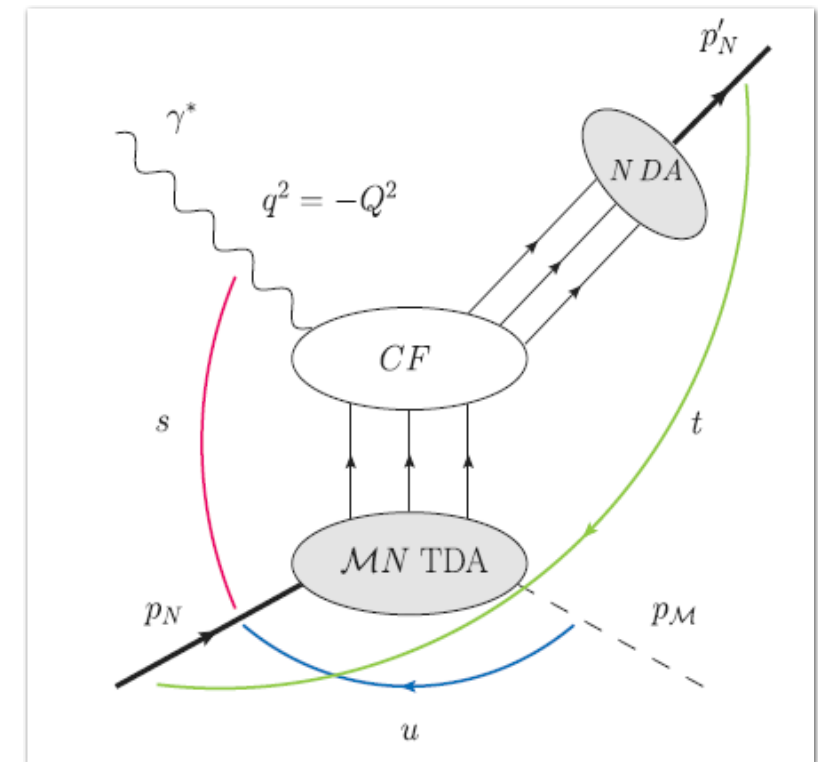
Амплитуды распределения для переходов и жесткие эксклюзивные процессы с передачей барионного числа

К. М. Семенов-Тян-Шанский

- Амплитуды распределения для переходов (TDA) нуклон-мезон (нуклон-фотон) – матричные элементы 3-х кваркового оператора на световом конусе между нуклонным и мезонным (фотонным) состояниями.
- Новый кинематический режим, в котором применимо описание на основе механизма коллинеарной факторизации QCD - рассеяние в направлении «назад»: $|u| \ll Q^2, s$; x_B -фиксирован.
- TDA обобщают барионные амплитуды распределения (DA) и обобщенные партонные распределения (GPD).
- TDA предоставляют дополнительные возможности для изучения партонной структуры адронов: фемтофотография адронов.
- Первые экспериментальные результаты: жесткое электророждение ω – мезонов: JLab Hall C 2020.
- Эксперимент E12-20-007 в JLab Hall C в 2023-24 году: изучение жесткого эксклюзивного электророждения π^0 при $x_B = 0.36$ и различных Q^2 ; полное разделение сечений $\sigma_L, \sigma_T, \sigma_{LT}, \sigma_{TT}$.

Скейлинг и доминирование, σ_T ?

- Изучение TDA планируется с помощью JLab Hall B,C; PANDA; JPARC; EIC; EicC. Ведется подготовка экспериментов.



Physics Reports 940 (2021) 0–120



Transition distribution amplitudes and hard exclusive reactions with baryon number transfer

B. Pire^a, K. Semenov-Tian-Shansky^{b,c,*}, L. Szymanowski^d

^a CPHT, CNRS, Ecole Polytechnique, IP Paris, 91128 Palaiseau, France

^b National Research Centre Kurchatov Institute: Petersburg Nuclear Physics Institute, 188300 Gatchina, Russia

^c Higher School of Economics, National Research University, 194100 St. Petersburg, Russia

^d National Centre for Nuclear Research, NCBJ, 02-093 Warsaw, Poland





Непланарность и АдС/КТП-соответствие

Велижанин В.Н.

Максимально-расширенная
N=4 суперсимметричная
теория Янга-Миллса



теория суперструн на

$AdS_5 \times S^5$

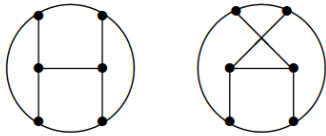
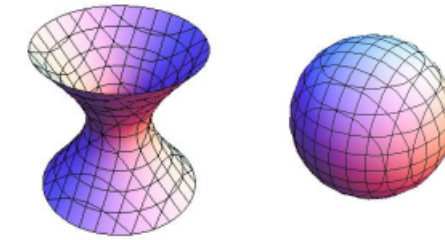
$$\mathcal{O}_A(x) = \mathcal{Z} \mathcal{D}_{\mu_1} \mathcal{D}_{\mu_2} \cdots \mathcal{D}_{\mu_M} \mathcal{Z} \Leftrightarrow |\mathcal{O}_A\rangle$$

$$1/N \Leftrightarrow g_{st}$$

$$\lambda = g_{YM}^2 N \Leftrightarrow \lambda = R^4 / \alpha'^2$$

$$\langle \mathcal{O}_A(x) \mathcal{O}_B(y) \rangle \sim \frac{\delta_{A,B}}{(x-y)^{2\Delta(\lambda, 1/N)}} \Leftrightarrow \mathcal{H}_{String} |\mathcal{O}_A\rangle = E_A\left(\frac{1}{\sqrt{\lambda}}, g_s\right) |\mathcal{O}_A\rangle$$

$$\Delta\left(\lambda, \frac{1}{N}\right) \quad \lambda \ll 1 \quad = \quad E\left(\frac{1}{\sqrt{\lambda}}, g_s\right) \quad \lambda \gg 1$$



непланарность



петлевые поправки

$$N^2 \left[\text{planar} \right] + 1 \left[\text{one-loop} \right] + \frac{1}{N^2} \left[\text{two-loop} \right] + \dots$$

Учёт непланарности в пертурбативных вычислениях в квантовой теории поля эквивалентен учёту петлевых поправок в теории суперструн.

Впервые вычислен непланарный вклад в аномальную размерность операторов твиста-2, найден общий вид при произвольном значении Лоренцева спина оператора M, исследованы аналитические свойства полученного результата.

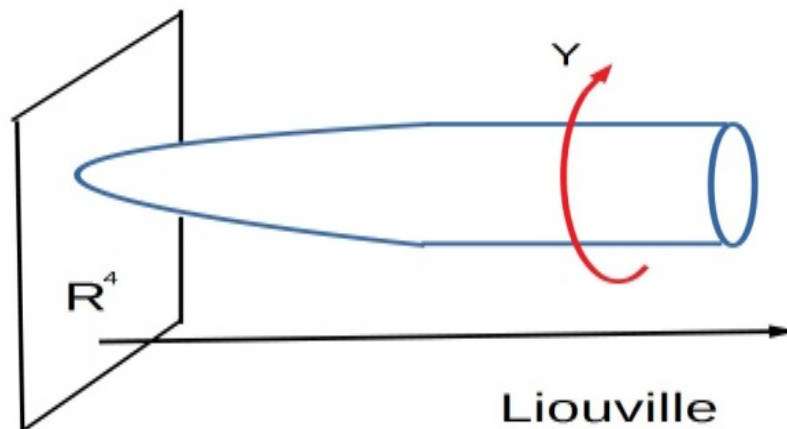


Критическая неабелева вихревая трубка и голография для теории «маленькой» струны *Е. Иевлев и А. Юнг*

Солитонная неабелева струна в $N=2$ суперсимметричной КХД с калибровочной группой $U(2)$ и четырьмя кварками ведет себя, как критическая суперструна.

4 трансляционные моды + 6 ориентационных мод = 10

Состояния замкнутой суперструны, которые возникают в четырех измерениях, идентифицируются с адронами четырехмерной $N = 2$ суперсимметричной КХД.



Они описываются
нормируемыми вертекными
операторами на $SL(2, \mathbb{R})/U(1)$
сигаре

$V = \exp(jX + imY)$, $j \leq -1/2$
 X -- поле Лиувилля

Проверена AdS/CFT голография: вычислены корреляционные функции ненормируемых операторов. Должны выдавать LSZ полюса в массах адронов. При $j < -1/2$ выдают, а при $j = -1/2$ нет.



Поиски инстантона КХД на БАК в дифракционных процессах

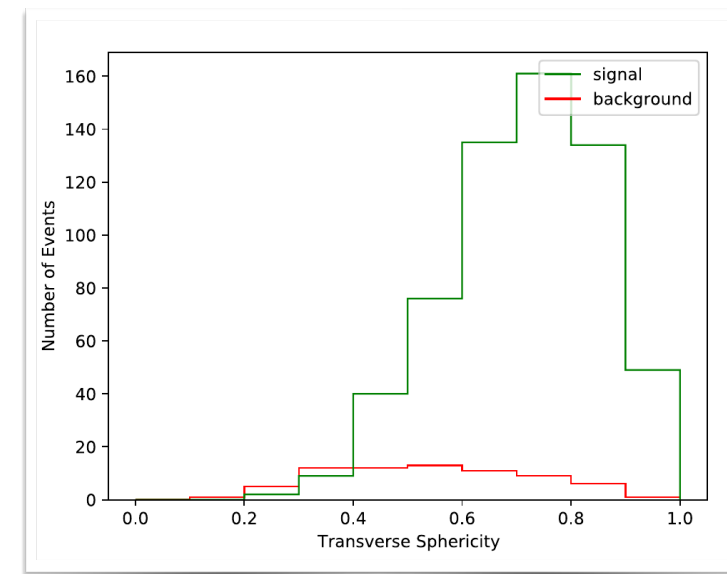
М.Г. Рыскин

Нетривиальное классическое решение КХД-инстантон было найдено ещё в 1975 г. (А.Белавин, А.Поляков и др.), но до сих пор инстантон не удалось наблюдать на опыте.

Инстантон играет важную роль в описании вакуума КХД, в нарушении киральной инвариантности и т.п.

В эксперименте инстантон должен выглядеть как сгусток большого числа изотропно распределенных частиц. Однако близкую структуру имеют и события, в которых одновременно сталкиваются несколько пар партонов.

Мы предложили искать инстантон на БАК в дифракционных процессах, где вероятность многократных взаимодействий сильно подавлена. В этом случае, используя надлежащие критерии отбора удастся получить сигнал превышающий фон почти в 10 раз. Причем ожидаемое сечение ($\sim 1\text{nb}$) ещё достаточно велико для БАК.



М.Г. Рыскин, В.А. Хозе, V.V. Khoze, D.L. Milne, Phys. Rev. D104, 054013 (2021)



Механизм дифракционной диссоциации

М.Г. Рыскин

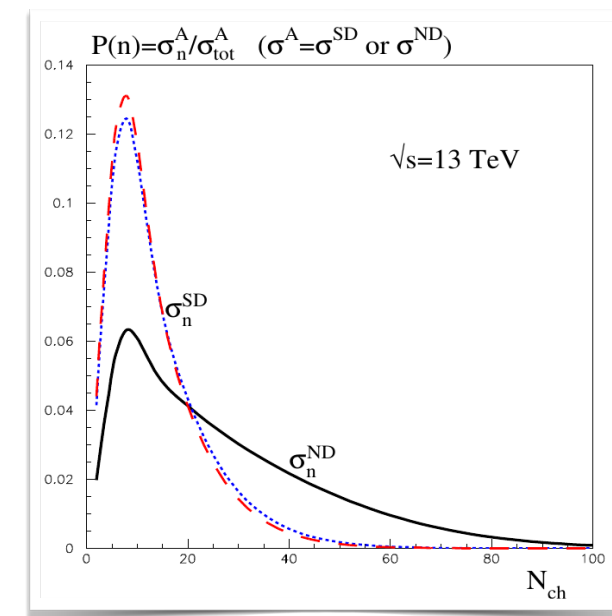
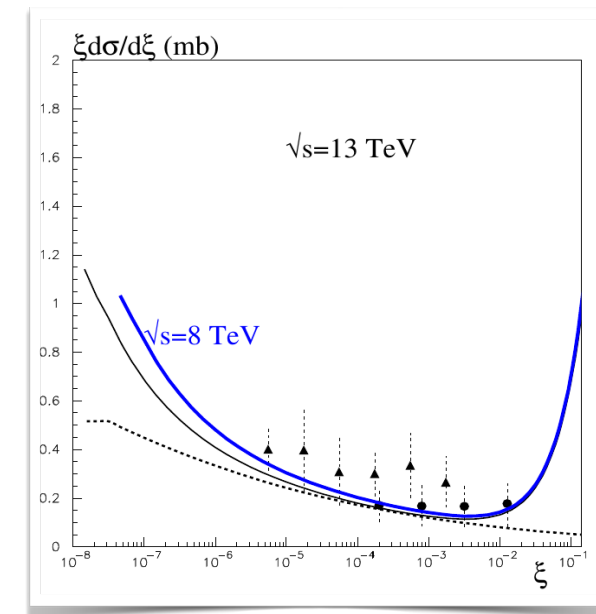
Дифракционные процессы составляют существенную часть (~40%) от полного сечения взаимодействия протонов высоких энергий.

Нами предложена модель дифракционной диссоциации, которая учитывает распределения партонов в пространстве прицельных параметров, b_t , и зависимость поперечных импульсов партонов от их быстроты и b_t .

Модель включает в себя абсорбционные эффекты. Это приводит к тому, что амплитуда диссоциации смещается в область больших b_t , на край диска.

Модель хорошо описывает поведение полных и упругих сечений ($d\sigma/dt$), сечения дифракционной диссоциации отдельного протона и предсказывает распределения вторичных частиц по скорости и множественности.

М.Г. Рыскин, В.А. Хозе, А.Д. Мартин, Eur. Phys. J. C81, 175 (2021)

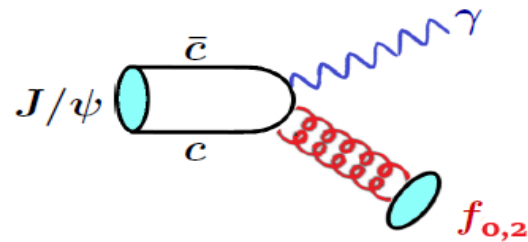




Наблюдение скалярного глюбола

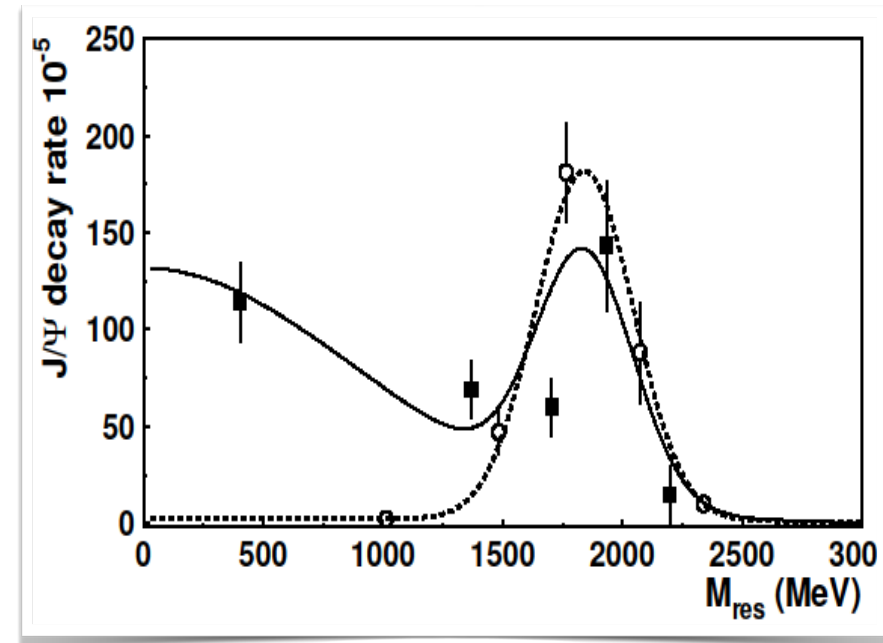
А.В. Саранцев

Проведен анализ данных по рождению скалярных и тензорных резонансов в радиационных распадах J/ψ -мезона. При этом, в анализ включены данные по рассеянию пионов и данные по антипротонной-протонной аннигиляции.



В реакциях радиационного распада J/ψ -мезона ожидается рождение мезонов имеющих примесь двух-глюонной компоненты.

Анализ реакций $J/\psi \rightarrow \gamma pp, \gamma KK, \gamma \eta \eta, \gamma \eta \eta'$ и $\gamma \omega \phi$ показал рождение скалярных резонансов (доминантно октетов и синглетов), константы связи которых с J/ψ описываются гауссовскими распределениями с массой **1860 МэВ** и шириной **370 МэВ**. По-видимому, это соответствует рождению глюбола с этой массой, который смешивается с соседними кварк-антикварковыми состояниями.

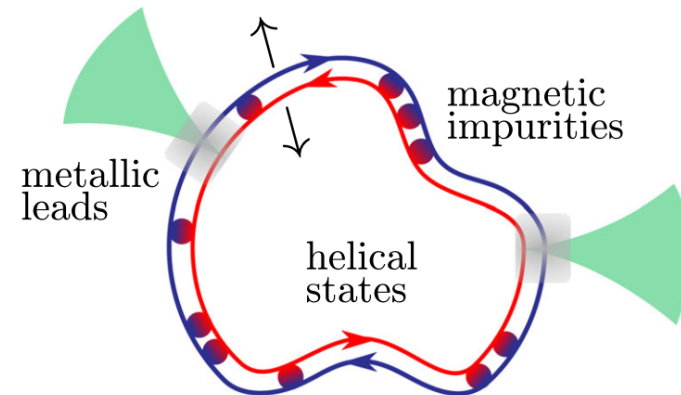


A.Sarantsev, I.Denisenko, U.Thoma and E.Klempt, Phys. Lett. B816, 136227 (2021).

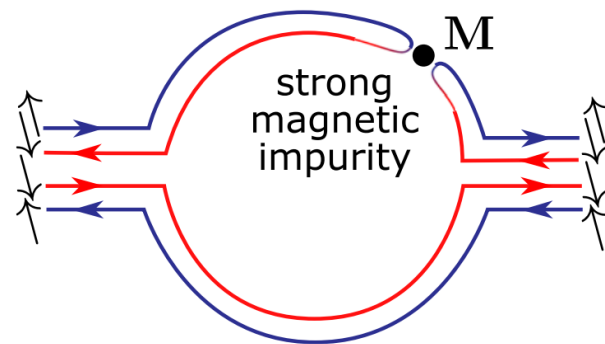


Спиновый транспорт через геликоидальные краевые состояния топологического изолятора

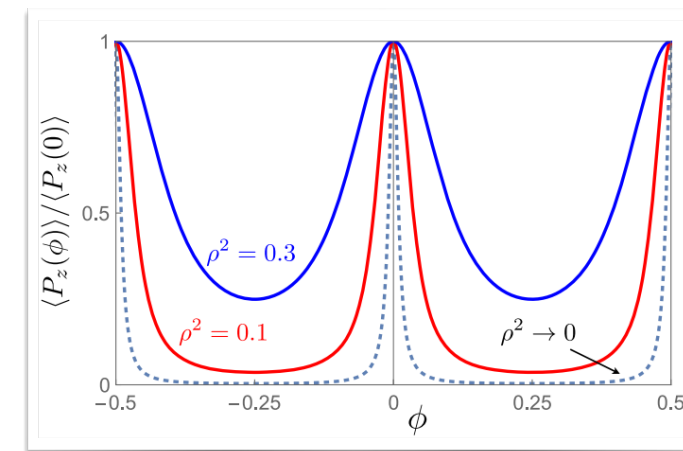
Д.Н. Аристов, Р.А. Ниязов



Существуют резонансы при целых и полуцелых значениях магнитного потока в единицах кванта потока. Кроме того, выходящий пучок электронов после прохождения такой системы имеет спиновую поляризацию.



Исследовалось прохождение электронов через интерферометр на основе ГКС ТИ в высокотемпературном режиме при наличии магнитных примесей. Интерференция выживает даже в этом случае высокой температуры.



Поляризация может быть достаточно большой и достигать 100 % в предельном случае сильной примеси. Эти эффекты можно описать в терминах ансамбля кубитов, а саму систему использовать как квантовый вентиль, что имеет перспективу для квантовых вычислений.

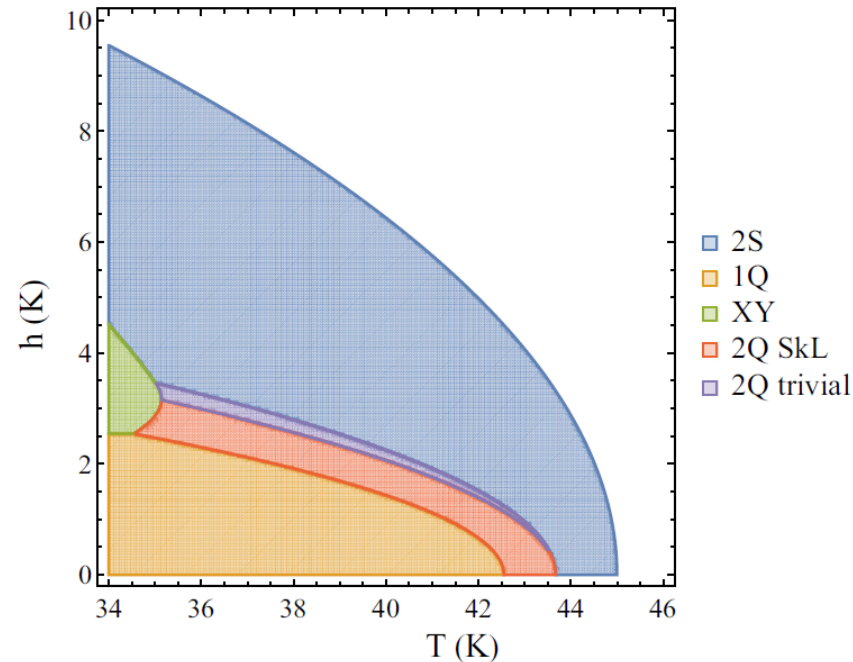
R. A. Niyazov, D. N. Aristov, V. Y. Kachorovskii, Npj Computational Materials, 6(1), 174 (2020).

R. A. Niyazov, D. N. Aristov, V. Y. Kachorovskii, Aharonov–Bohm Interferometry Based on Helical Edge States (Brief Review). JETP Letters, 113(11), 689 (2021).



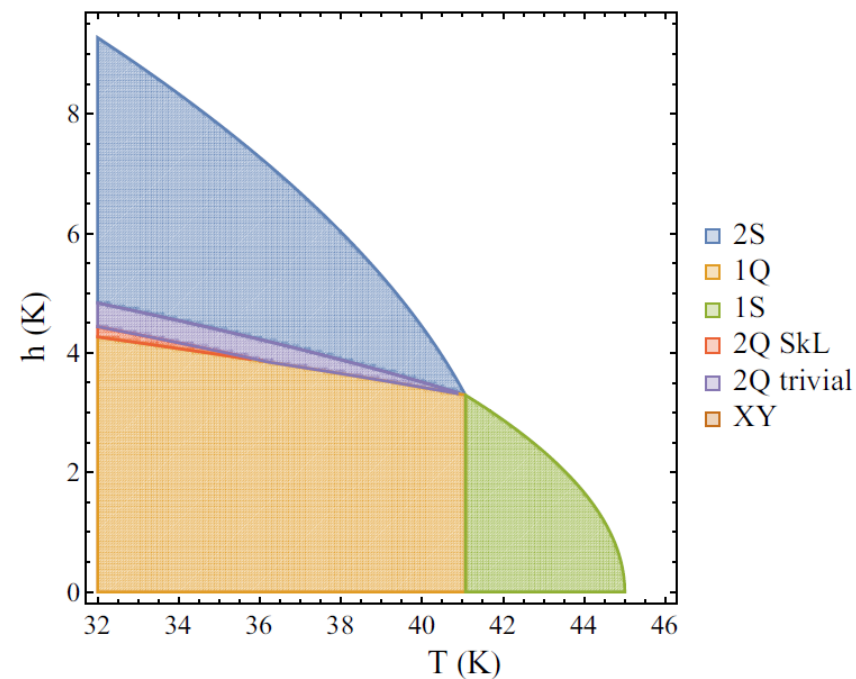
Термодинамически стабильная скирмионная решетка в тетрагональном фрустрированном антиферромагнетике с дипольным взаимодействием

О.И. Утесов



- было показано, что магнетодипольное взаимодействие, которое присутствует в любом магнетике, может стабилизировать нанометровые скирмионы во фрустрированных тетрагональных антиферромагнетиках

- в рамках метода среднего поля было получено два разных типа высокотемпературных частей фазовых диаграмм, один из которых (нижний рисунок) хорошо описывает экспериментальные данные по веществу GdRu_2Si_2



- развитый подход допускает простое аналитическое описание скирмионных фаз и определение фазовых границ, при минимальном количестве подгоночных параметров

- теория может быть использована для интерпретации соответствующих экспериментальных данных

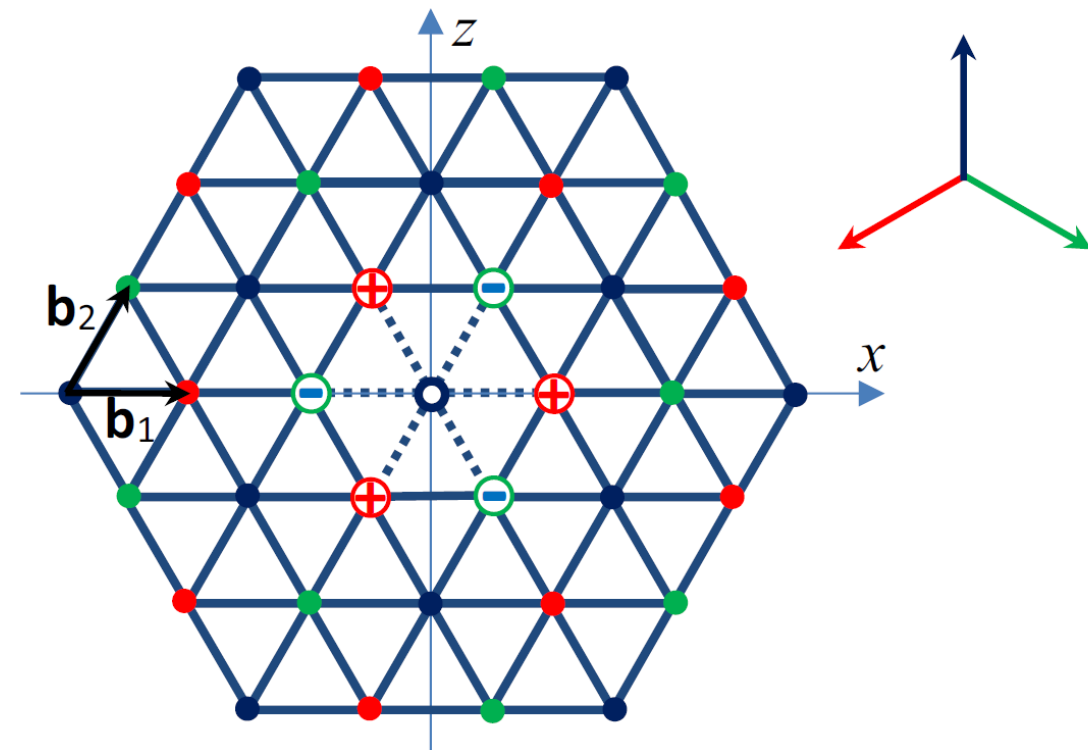
O.I. Utesov, Phys. Rev. B **103**, 064414 (2021)



Антиферромагнетики с дефектами на треугольной решетке

А.В. Сыромятников, Ф.Д. Тимковский

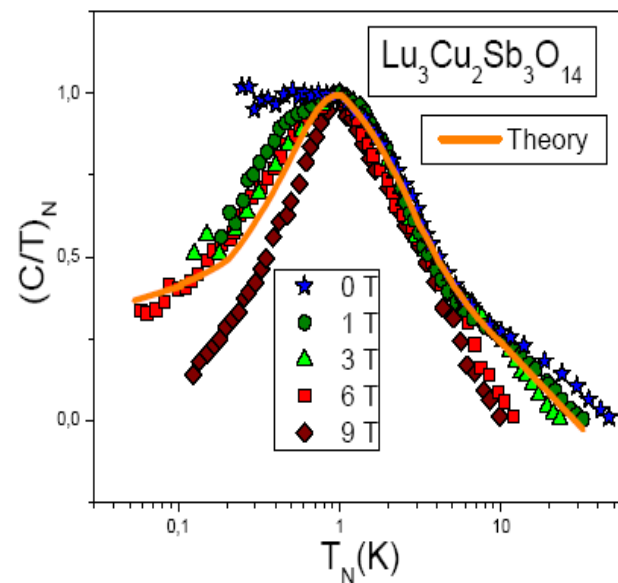
- Электростатическая аналогия. Искажение магнитного порядка носит дальнедействующий характер и описывается уравнениями на поле от электронейтрального комплекса из шести зарядов.
- Спектр длинноволновых магнонов с $k \ll \sqrt{c}$ сильно перенормируется, магноны в широкой области k оказываются локализованными.
- Сильная перенормировка спектра приводит к нарушению теоремы Мермина-Вагнера и стабилизирует дальний магнитный порядок при конечных температурах (явление типа «порядок-из-беспорядка»).





Квантовая спиновая жидкость в $\text{Lu}_3\text{Cu}_2\text{Sb}_3\text{O}_{14}$

В.Р. Шагинян



Теплоемкость C/T ,
измеренная в различных
магнитных полях.

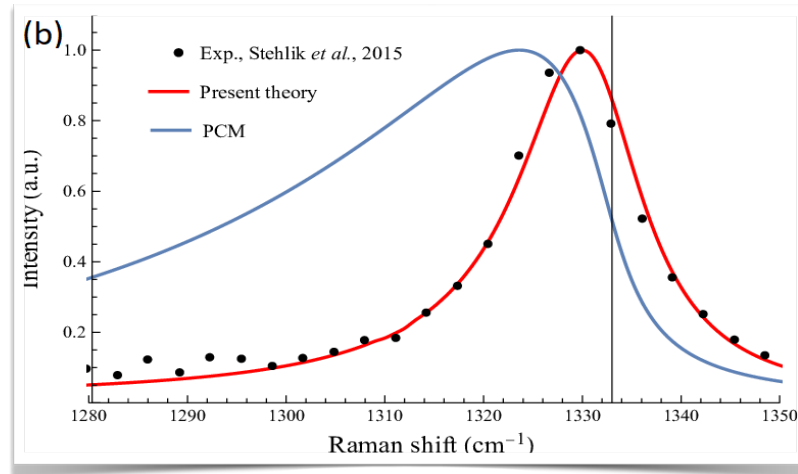
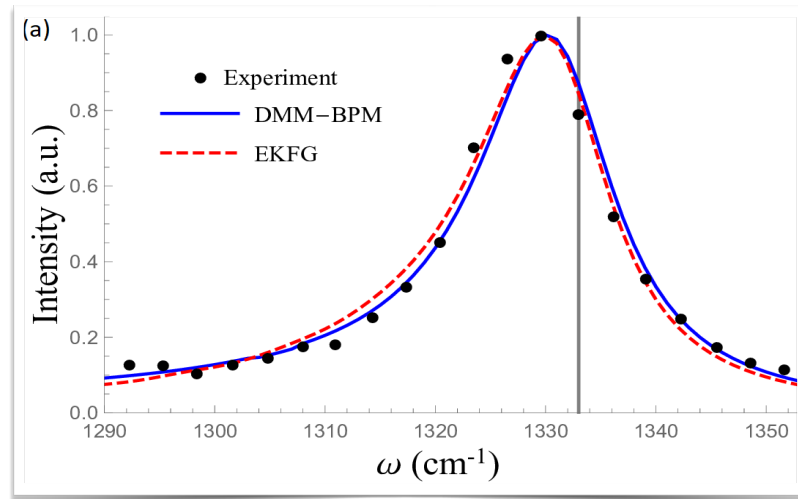
Впервые показано, что $\text{Lu}_3\text{Cu}_2\text{Sb}_3\text{O}_{14}$ представляет новый тип сильно коррелированного электрического изолятора, обладающего свойствами металлов с тяжелыми фермионами за одним исключением: он не проводит электрический ток. Свойства этого изолятора определяются квантовой спиновой жидкостью, образовавшейся в результате спин - зарядового разделения электрона. Заряд электрона оказывается локализованным, а спин электрона приобретает подвижность и формирует квантовую спиновую жидкость, заполняющую ферми-сферу и выполняющую функцию тяжелых фермионов. Вычисления термодинамических и транспортных свойств находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными. Теплоемкость $\text{Lu}_3\text{Cu}_2\text{Sb}_3\text{O}_{14}$ при низких температурах пропорциональна температуре T и соответствует теплоемкости металлов с тяжелыми фермионами, как это показано на Рис. Теплоемкость обычного изолятора определяется фононами и пропорциональна T^3 .

**V. R. Shaginyan *et al.*, EPL,
136,17003 (2021).**



Микроскопическая теория рамановского рассеяния света в нанопорошках слабонеупорядоченных неполярных кристаллов.

О. И. Утесов, А. Г. Яшенкин



1. "Raman spectra of crystalline nanoparticles: replacement for the phonon confinement model", S.V. Koniakhin, O. I. Utesov, I. N. Terterov, A. V. Siklitskaya, A. G. Yashenkin, D. Solnyshkov, J. Phys. Chem. C 122, 19219 (2018).
2. "Raman spectra of nonpolar crystalline nanoparticles: Elasticity theory-like approach for optical phonons", O. I. Utesov, A. G. Yashenkin, S. V. Koniakhin, J. Phys. Chem. C 122, 22738 (2018).
3. "Lifetimes of confined optical phonons and the shape of a Raman peak in disordered nanoparticles. I. Analytical treatment", O.I. Utesov, A. G. Yashenkin, S. V. Koniakhin, Phys. Rev. B 102, 205421 (2020).
4. "Lifetimes of confined optical phonons and the shape of a Raman peak in disordered nanoparticles. II. Numerical treatment", S.V. Koniakhin, O. I. Utesov, A. G. Yashenkin, Phys. Rev. B 102, 205422 (2020).
5. "Effects of bond disorder and surface amorphization on optical phonon lifetimes and Raman peak shape in crystalline nanoparticles", O. I. Utesov, S.V. Koniakhin, A. G. Yashenkin, J. Phys. Chem. C 125, 18444 (2021).
6. "Bench tests for microscopic theory of Raman scattering in powders of disordered nonpolar crystals: Nanodiamonds and beyond", A. G. Yashenkin, O. I. Utesov, S. V. Koniakhin, J. Raman Spectrosc. 52, 1847 (2021)

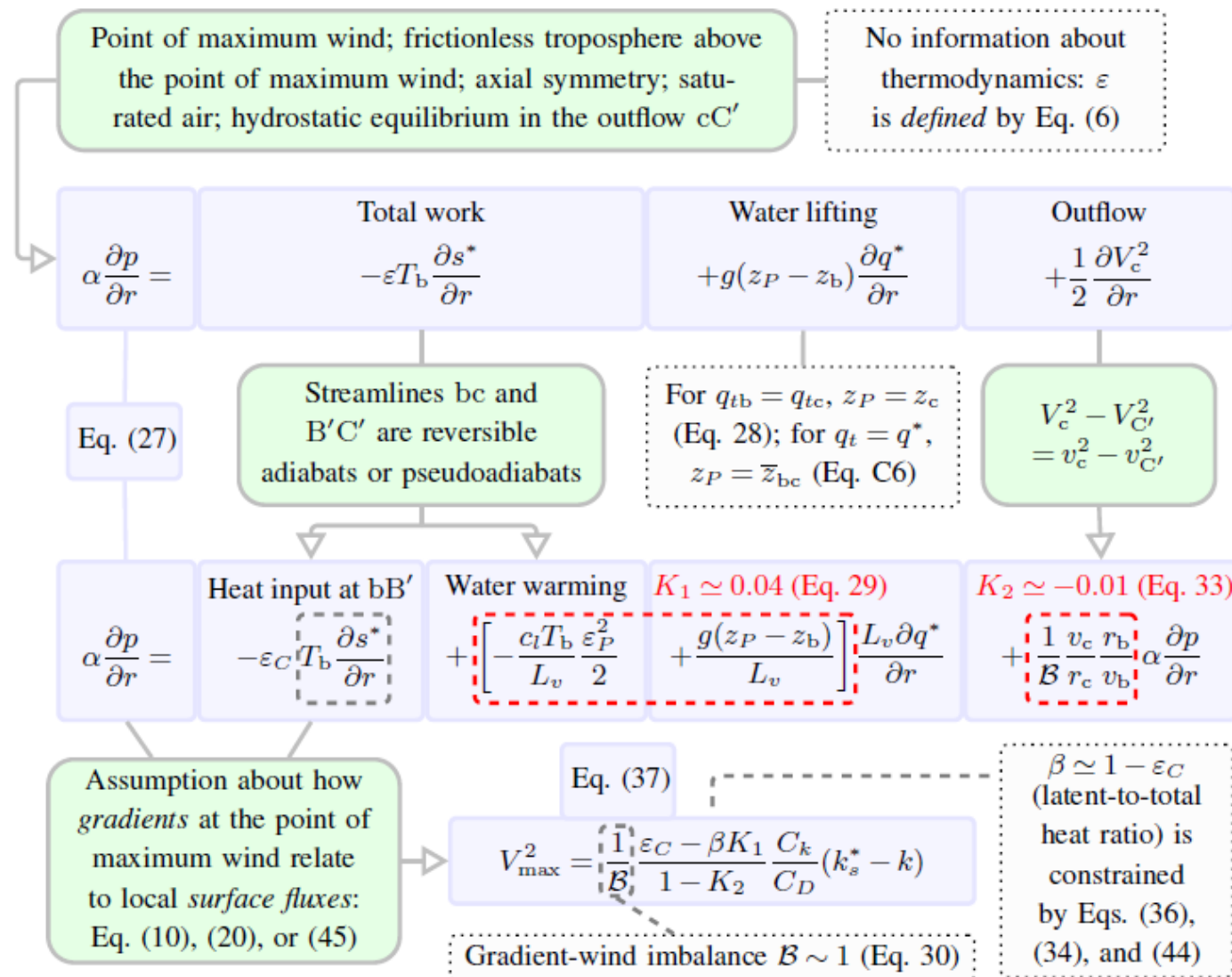
Рис.1 . (а) Сравнение DMM и EKFG подходов с экспериментом, (b) Сравнение подхода EKFG с феноменологическим PCM.



Подъём воды и приращение кинетической энергии в исходящей циркуляции в тропических циклонах

А.М. Макарьева, А.В. Нефёдов

Рассмотрены вклады процессов, связанных с подъёмом влаги и изменения углового момента, в энергетический баланс тропического циклона. Получена скорректированная оценка максимальной скорости ветра.



Данные результаты имеют значение не только для прогнозирования интенсивности циклонов, но и для обоснования эмпирически наблюдаемой связи между испарением и конденсацией над лесным покровом и атмосферным транспортом влаги, играющим ключевую роль в стабилизации круговорота воды на суше.

Journal of the Atmospheric Sciences,
doi:10.1175/JAS-D-21-0172.1



Спасибо за внимание!