



ÚSTAV FYZIKÁLNYCH VIED

ÚFV PF UPJŠ, Park Angelinum 9, 041 54 Košice
tel.: +421 (055) 234 6101, fax: +421 (055) 622 21 24, IČO: 00397768
e-mail: ufv@upjs.sk, <http://www.science.upjs.sk>

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Гнатича Михала на диссертацию **Молоткова Юрия Георгиевича** на тему: «Исследование перехода в сверхтекучее состояние в формализме временных функций Грина при конечной температуре», предоставленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. - Теоретическая Физика.

Диссертация Ю.Г. Молоткова посвящена изучению квантовых фазовых переходов второго рода. В работе проводится исследование так называемого динамического критического индекса z для класса явлений, к которым можно отнести переход в сверхтекучее состояние гелия-4.

Хорошо известно, что различные физические системы демонстрируют нетривиальное сингулярное поведение в окрестности своих критических точек. Корреляционные функции имеют степенную (скейлинговую) форму с универсальными критическими показателями, которые зависят лишь от глобальных характеристик системы, таких как симметрия и размерность пространства. Количественное описание критического поведения и вычисления соответствующих индексов проводятся на основе метода ренормализационной группы (РГ метода). Стоит отметить, что сам метод РГ был разработан еще в середине 50-х годов прошлого века, но долгое время не находил себе достойного применения. И только спустя несколько десятилетий было обнаружено, что теория критического поведения является областью эффективного применения этой техники.

Переход в сверхтекучее состояние для гелия-4 или схожие модели зачастую описывались феноменологическими моделями стохастической динамики, полная классификация которых была предложена Хохенбергом П.Ц. и Халперином Б.И. в 1977 году в их хорошо известном обзоре. Тем не менее обсуждение того, какая именно модель является пригодной для описания перехода в сверхтекучее состояние велось очень давно и какого-то согласия достигнуть тут не удавалось. Причиной этому послужило то, что в моделях **E**, **F**, которые были предложены для описания данного явления, многопетлевые вычисления являются нетривиальной задачей в силу наличия множества взаимодействий, что влечет за собой усложнение диаграммной техники, а счет в первых порядках теории возмущений не позволял выбрать ИК устойчивую фиксированную точку и уж тем более не позволял проверить её устойчивость в следующих порядках. Ситуация усугубляется тем, что эксперимента, в котором бы был измерен динамический критический индекс z попросу нет в связи с чрезвычайной

сложностью проведения экспериментов в теории критического поведения. Стоит напомнить, что для того, чтобы определить индекс темплоёмкости потребовалось проводить дорогостоящий эксперимент на орбите Земли.

В диссертации Молоткова Ю.Г. было проведено построение теории пригодной для описания перехода в сверхтекучее состояние исходя из первых принципов квантовой механики и квантовой теории поля. Оказалось, что если стартовать с типичного для моделей вида ϕ^4 гамильтониана, то используя основные объекты квантовой теории поля — неравновесные функции Грина можно построить модель пригодную для описания динамических явлений при ненулевой температуре. Общность этой модели конечно же сразу не позволяет проводить какие-то вычисления, но сузив её, выбрав соответствующий гамильтониан, оказывается возможным, преодолев появляющиеся расходимости несвязанные большими или малыми волновыми числами, построить самосогласованную микроскопическую теорию, для которой можно написать вполне конкретное действие. В этой модели присутствуют регуляризаторы смысл которых заранее не очевиден. Он раскрывается при вычислении в низших порядках теории возмущений и применении техники РГ метода. Оказывается, что сами эти регуляризаторы генерируются в процессе ренормировки.

РГ анализ полученной модели показывает, что существует лишь одна устойчивая фиксированная точка. Сосчитав соответствующий динамический индекс λ было обнаружено, что он равен индексу из феноменологической модели А стохастической динамики. Более того, в рамках диссертации был сосчитан следующий порядок теории возмущений и оказалось, что несмотря на то, что ряды для матрицы ω , которая ответственна за устойчивость фиксированной точки являются расходящимися, их пересуммирование приводит к тому, что ИК устойчивость точки сохраняется. Кроме того, было замечено, что в единственной фиксированной ИК устойчивой точке модель, предложенная в диссертации Молоткова эквивалента модели А стохастической динамики.

Такая эквивалентность привела к тому, что была сделана попытка понять, почему же выбор феноменологических моделей Е, F в их каноническом виде не совсем удачный для описания перехода в сверхтекучее состояние. Оказалось, что введение сжимаемости, какой бы малой она не была приводит к коренной перестройке уравнений стохастической динамики. Эти изменения, если проводить их в соответствии с общими правилами построения динамических действий для стохастической динамики, приводят к тому, что модель F эффективно редуцируется к модели А стохастической динамики. Это объясняет то, почему долгое время появлялись противоречащие друг другу результаты о том, какая именно модель Е, F пригодна для описания данного класса явлений.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В целом работа написана в очень укороченном стиле не всегда позволяющем отследить существенные шаги при выводе отдельных выражений. Но, особенно это касается первой главы, в которой дано описание основополагающей для дальнейшего анализа вычислений результатов и сложной техники временных функций Грина при конечной температуре, выявлено существование нестандартных расходимостей фейнмановских диаграмм и предложен

технический трюк для их устранения путем введения дополнительного затухания в пропагаторах. Думаю все эти очень интересные, сложные и нестандартные теоретические механизмы могли быть описаны более подробно. Диссертация как раз является хорошей платформой для такого описания.

2. В работе имеются опечатки и недоработки: напр. неопределены ссылки на стр. 16 и 61, в формулах (1.22), (1.29) в функциях Грина пропущен индекс n и др. мелкие опечатки. Вопрос: разве формула (1.31) генерирует только однопетлевое выражение, как утверждается в диссертации?

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Молоткова Ю.Г.

Диссертация является законченным оригинальным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. **Достоверность** полученных результатов обеспечивается, как использованием мощного развитого аппарата квантовой теории поля так и сравнением с результатами, полученными для феноменологических теорий стохастической динамики. Все основные результаты диссертации являются новыми, они своевременно и полно опубликованы в зарубежных и отечественных журналах, входящих в базы WoS, Scopus, РИНЦ и представлены на научных конференциях и семинарах.

Диссертация **Молоткова Юрия Георгиевича** на тему: «Исследование перехода в сверхтекучее состояние в формализме временных функций Грина при конечной температуре» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 №11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Молотков Юрий Георгиевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. - теоретическая физика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
Доктор физ.-мат. наук, профессор,
Профессор Факультета естествознания
Университета П.Й. Шафарика
в Кошице, Словакия

28.02.2022



Гнатич Михал