

Заключение диссертационного совета 24.2.435.01,  
созданного на базе федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный  
государственный университет» Минобрнауки России, по диссертации на  
соискание ученой степени доктора наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 23.01.2025 г. № 2

О присуждении Ельниковой Лилии Вячеславовне, гражданке Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Решеточные калибровочные поля топологических дефектов лиотропных жидких кристаллов и полимерных композитов» по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 17 октября 2024 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом 24.2.435.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Минобрнауки России, адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Ельникова Лилия Вячеславовна, 16 июля 1969 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния на тему «Решеточные модели лиотропного жидкокристаллического упорядочения» защитила в 2006 г. в диссертационном совете Д 501.002.01, созданном на базе Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

В настоящее время Ельникова Л.В. работает старшим научным сотрудником в Региональном центре нанотехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Минобрнауки России и научным сотрудником Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Диссертация выполнена в Региональном центре нанотехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Беляев Виктор Васильевич, главный научный сотрудник отдела организации научных исследований и международных связей управления развития науки, профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет просвещения».



*Официальные оппоненты:*

- Аксенова Елена Валентиновна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры статистической физики физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», (г. Санкт-Петербург);

- Ларионов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математики и физики, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (г. Воронеж);

- Кудрейко Алексей Альфредович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры общей физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа) дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН) (г. Москва) в своем положительном заключении, утвержденном член-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, профессором Гарновым Сергеем Владимировичем и подписанном доцентом, доктором физико-математических наук заведующим лабораторией фотоники и органической электроники Центра Биофотоники Чаусовым Денисом Николаевичем и профессором, доктором биологических наук, профессором РАН, руководителем Центра Биофотоники Гудковым Сергеем Владимировичем, указала, что диссертация «Решеточные калибровочные поля топологических дефектов лиотропных жидких кристаллов и полимерных композитов» по своей актуальности и новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям пп. 9,10,11,13,14 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук. Автор диссертации, Л.В. Ельникова, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ по теме диссертации общим объемом 14,6 печатных листа, в том числе 10 статей в научных журналах, индексируемых базами данных Scopus, Web of Science, а также 19 статей, входящих в перечень изданий ВАК РФ. Авторский вклад по публикациям 9,2 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ельникова, Л. В. Модель Изинга на дуальной решётке и лиотропный мезоморфизм растворов неионных суфрактантов / Л. В. Ельникова //

- Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2006. – Т. 12. – С. 93–97.
2. Ельникова, Л. В. Анализ везикуляции в липидных системах методом случайных поверхностей / Л. В. Ельникова // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2007. – Т. 10. – С. 106–108.
  3. Elnikova, L. V. Model for nanoscopic domain formation in dipalmitoylpc/dilauroyl-pc/ cholesterol mixture / L. V. Elnikova // J. of Superconductivity and Novel Magnetism. – 2007. – V. 20. – P. 197–199.
  4. El'nikova, L. V. Elastic Properties of Vanadium Pentoxide Aggregates and Topological Defects / L. V. Elnikova // J. of Superconductivity and Novel Magnetism. – 2008. – V. 21. – P. 473–478.
  5. Ельникова, Л. В. Методы комбинированного облучения в фотодинамической терапии / Л. В. Ельникова // Жидк. крист. и их практич. использование. – 2010. – Т. 2. – № 32. – С. 75–84.
  6. Ельникова, Л. В. Моделирование переходов из двуосной фазы нематических жидких кристаллов с топологическими дефектами / Л. В. Ельникова // Жидк. крист. и их практич. использ. – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 12–16.
  7. Ельникова, Л. В. Топологические фазы комплексов металлофталоцианинов / Л. В. Ельникова // Изв. РАН. Сер. Физич. – 2016. – Т. 80. – № 9. – С. 1279–1281.
  8. Ельникова, Л. В. Активный режим лиотропных нематиков и калибровочное поле дефектов / Л. В. Ельникова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-Математика. – 2018. – № 4. – С. 84–91.
  9. Ельникова, Л.В. Диэлектрические свойства смазочных композиций на основе солидола с присадками мезогенных карбоксилатов меди / Л. В. Ельникова, А. Т. Пономаренко, В. Г. Шевченко, В. В. Терентьев, О. Б. Аكوпова // Жидк. крист. и их практич. использ. – 2019. – Т. 19. – № 1. – С. 70–78.
  10. Elnikova, L. V. Spatial structure and aggregation of carbon allotrope nanofillers in isotactic polypropylene composites studied by small-angle neutron scattering / L. V. Elnikova, A. N. Ozerin, V. G. Shevchenko P. M. Nedorezova, A. T. Ponomarenko, V. V. Skoi, A. I. Kuklin // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. – 2021. – V. 29. – Iss. 10. – P. 783–792.
  11. Ельникова, Л. В. Образование узлов из углеродных нанотрубок в матрице изотактического полипропилена по результатам малоуглового рассеяния нейтронов и численного моделирования на решётке / Л. В. Ельникова, А. Н. Озерин, В. Г. Шевченко, П. М. Недорезова, О. М. Палазник, А. Т. Пономаренко, В. В. Ской, А. И. Куклин // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2021. – Т. 9. – С. 3–8.



12. Elnikova, L. V. Melting dislocation transition in composite lithium greases with copper(II) carboxylate mesogenic additives / L. V. Elnikova, A. T. Ponomarenko, V. G. Shevchenko // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. – 2022. – V. 741. – Iss. 1. – P. 1–16.
13. Ельникова, Л. В. Топологические особенности в тактоидной нематической фазе / Л. В. Ельникова, В. В. Беляев // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии*. – 2024. – Т. 14. – № 1. – С. 104–114.
14. Ельникова, Л. В. Мезоморфизм и триботехнические характеристики смазочных композиций с мезогенными присадками карбоксилатами меди(II) / Л. В. Ельникова, А. Т. Пономаренко, В. Г. Шевченко // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии*. – 2024. – Т. 14. – № 1. – С. 150–160.
15. Ельникова, Л. В. Эффекты упорядочения в антифрикционных материалах с углеродосодержащими покрытиями (обзор) / Л. В. Ельникова, А. П. Кузьменко, В. В. Беляев // *Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика*. – 2024. – № 2. – С. 45–59.
16. Ельникова, Л. В. О диффузионной модели кластеризации фуллерена C<sub>60</sub> в жидкостях / Л. В. Ельникова, В. Г. Шевченко, А. П. Кузьменко // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии*. – 2024. – Т. 14. – № 2. – С. 156–167.
17. Ельникова, Л. В. Методы активного управления трением в присутствии смазочных композиций с мезогенными присадками / Л. В. Ельникова, В. В. Беляев // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии*. – 2024. – Т. 14. – № 3. – С. 165–177.
18. Elnikova, L. V. Topological Defects in the Aggregation of C<sub>60</sub> Fullerene in an Isotactic Polypropylene Matrix / L. V. Elnikova, A. N. Ozerin, V. G. Shevchenko, P. M. Nedorezova, O. M. Palaznik, A. T. Ponomarenko, V. V. Skoi, and A. I. Kuklin // *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. – 2024. – V. 18. – № 4. – P. 936–943.  
Автореферат и публикации соискателя полностью отражают основные результаты работы.

От ведущей организации **ИОФ РАН** поступили следующие замечания:

1) Стиль описания полученных теоретических результатов (Главы 2-8) не всегда позволяют однозначно определить индивидуальный вклад автора в исследуемую проблему. Частично это связано с тем, что в каждой главе приводится непропорциональное количество общей информации о проблеме с большим количеством цитируемой литературы, которая могла бы быть помещена в литературный обзор. Также не во всех главах явным образом присутствуют разделы с обсуждением оригинальных численных результатов. Например, в выводах второй главы декларируются полученные результаты без привязки к формулам и выкладкам из предыдущих подразделов этой главы.



2) Как известно, методами молекулярной динамики (LAMMPS, NAMD, GROMACS и др.) можно охарактеризовать различные физико-химические свойства, такие как межмолекулярные связи, агрегацию в многокомпонентных системах, например, в растворах жидкостей, металлических сплавах и пр. В том числе, методы расчетов из первых принципов применяются для жидких кристаллов и полимеров. В диссертации использован принципиально другой, статистический метод вычисления потенциальной энергии систем – метод Монте-Карло на решетке. Однако сравнение расчетных параметров, полученных методом Монте-Карло и молекулярной динамики приведено только для некоторых построенных моделей: моделей главы 4, раздел 4.2. – с моделью Штокмаера, и главы 7 для металлофталоцианинов, но не для всех изучаемых систем.

3) В Главе 3 о релаксации низкотемпературных липидных смесей остается неопределенным вопрос о локализации дефектов доменных стенок относительно липидных ЖК фаз, смектической и гексагональной, а также не обсуждаются другие возможные структурные дефекты и их взаимодействия друг с другом и структурами липидных мембран.

Также в диссертации и автореферате отмечены мелкие опечатки и недочеты:

На стр. 21 диссертации в разделе «Методы исследования» не перечисляется метод ИК Фурье спектроскопии [539], также и в автореферате на стр. 5. Есть опечатки, на стр. 128, Рис. 32 и на стр. 129 в подписи к Рис.33: пропуск обозначений мас. %.

От оппонента **Ларионова А.Н.** поступили следующие замечания:

В Главе 2 следовало бы дать более подробное описание дефекта вортонна, в частности, провести оценку радиуса его вихревой петли (например, по более позднему обзору Раду и Волкова в *Physics Reports* 2008, [227]), что было бы полезным для сравнения с корреляционной и дипольной длинами, размерными параметрами частиц коллоидной нематической фазы.

По Главе 3: Результаты механической спектроскопии Каstellано и других ([250]) были опубликованы в 2006, квантовая трактовка поведения доменных стенок была сформулирована автором в рамках модели Изинга на решетке. Существуют ли более поздние классические или квантовые интерпретации фазовых переходов низкотемпературных фаз в липидных смесях в присутствии дефектов в литературе? Если имеются, то в работе не проводится обсуждение альтернативных моделей.

В Главе 4 в разделе 4.2. о смазочных композициях дается возможное объяснение релаксации двух типов,  $\alpha$ ,  $\beta$ , наблюдаемой в эксперименте автора и соавторов. Считается, что  $\beta$ -релаксация обусловлена поворотом цикла и вращением C–C связей мезогенных присадок. Для более строго утверждения о типах релаксации следует выяснить, какие еще известны трактовки релаксации в структурно родственных системах, например, других

мезогенных гомологов карбоксилатов меди (II) в синтетических маслах, а также экспериментальные свидетельства в более широком диапазоне частот.

В разделе 6.3. упоминается много классов диссипативных систем, описываемых моделью СШХ, тогда как подробности описания и обоснование ее применимости содержатся в основном, в литературных источниках. Создается ощущение перегруженности текста.

В диссертации преимущественно используются модели с бозонными гамильтонианами, тогда как раздел 6.3. и глава 7 даже с имеющимися преобразованиями для гамильтонианов фермионных частиц выпадают из единого типа конструкций калибровочных теорий.

Также в диссертации и автореферате обнаружены мелкие неточности и опечатки:

На стр. 211 диссертации на 9 строчке сверху имеется опечатка в слове «характеризующихся», на стр. 230 на 4 строчке снизу – в слове «плоскостность». На стр. 218 в 11 строчке снизу запятая после ссылки [361] не нужна. В подписи к рис. 33 текста диссертации отсутствует знак мас.% при величине 10 мас.%. В автореферате нет расшифровки символов формулы (32). Модули упругости  $K$  формулы (1) на стр. 11 расшифрованы на стр. 30.

От оппонента **Кудрейко А.А.** поступили следующие замечания:

- 1) В тексте диссертации (введение) и в автореферате в разделе «Методы исследований» не упоминается метод ИК-Фурье спектроскопии, хотя на стр. 115-118 текста диссертации приводятся ее результаты, полученные самим автором.
- 2) В главе 3 о низкотемпературных липидных смесях присутствует утверждение о прохождении фазового перехода, есть ссылка на определенные измеренные термодинамические параметры, но из текста неясно, в каком фазовом переходе, т.е. между гексагональной и смектическими фазами какой симметрии, возникают дефекты типа «доменных стенок». Необходимо объяснение.
- 3) По результатам раздела 4.2 о диэлектрической спектроскопии и поляризационной оптической микроскопии для наглядности было бы желательно построить новые фазовые диаграммы по составу и температуре для исследованных смазочных композиций (СК), поскольку температура их плавления при добавлении мезогенных присадок возрастает в сравнении с базовой смазкой.
- 4) В тексте рис. 23 стр. 121 по температурным зависимостям распределения частиц по размерам для СК Литол-24-изовалерат меди(II) не имеет какой-либо интерпретации.
- 5) В литературе чаще встречается термин одного из дефектов в жидких кристаллах «буджум», чем «бужум».
- 6) Исследователи в области ЖК пытаются избегать возникновения дефектов. Для этого созданы разные методики ориентации жидких кристаллов на



поверхности. Более того, фазовый переход жидкого кристалла при работе устройства – это нежелательный эффект. Таким образом, развитие теории дефектов в жидких кристаллах находится в полной противоположности с развитием фотонных устройств, сенсоров, устройств управления лучом и т.д. Автору следует пояснить целесообразность исследования с данной точки зрения.

В тексте диссертации имеются также и мелкие недостатки:

– В разделе 4.1. п. 4.1.5. Выводы (стр. 112): не указано, о каких 10% концентрации сшивок идет речь, о массовых или молярных. Аналогично на стр. 115, 2 абзац. При расшифровке компонентного состава базовой смазки указан %, но не указан, молярный или массовый, хотя по контексту понятно, что имеется в виду молярный процент.

– На стр. 116, в седьмой строчке снизу пропущен знак «мас» в обозначении размерности «мас. %» для величины концентрации присадки валерата меди(II). То же – в подписи к рис. 33 на стр. 129, 2 строка сверху.

– На стр. 119 и 120 на изображениях микрофотографий СК масштабы обозначены и по-русски и по-гречески, желательнее было бы единство обозначений.

– На стр. 187, в 1 абзаце раздела 5.3.3. Выводы пропущена запятая между словами «величин» и «мы».

– Автору следовало бы перевести на русский язык обозначения в ряде графических зависимостей и иллюстраций (рис. 5, 13, 14, 23, 38, 62 и т.д.).

– В формуле энергии Франка (6) описание модуля упругости  $K_{24}$  можно было произвести более конкретно, чем «некая смешанная» константа.

Замечания по автореферату:

1) Не все величины формул (1), (15), (16) и (32) обозначены в тексте.

2) Графические зависимости на рис. 2, 3, 8, 9, 11, 13 и т.д. следовало бы сделать полностью на русском языке. Рисунок 11 практически не читаем.

3) По стилю изложения автореферата. Основные результаты работы следовало бы изложить на доступном языке для широкого круга читателей. Например, на с. 15 автореферата не очевиден результат Главы 3. Описание заканчивается формулой плотности кинков и рисунком 4. На мой взгляд, подобные обсуждения обогатили бы выполненное исследование.

От оппонента **Аксеновой Е.В.** поступили следующие замечания:

В Главе 2 показано, что фазовым переходом является слияние, или коалесценция тактоидов в магнитном поле при посредстве дефектов вихортов. Само наличие дефектов является необходимым, но недостаточным условием периода. Следовало бы подробно описать характер поведения полученных ранее ван дер Шутом термодинамических функций, доказывающих возможность протекания таких переходов в системе пятиокси ванадия и воды  $V_2O_5/H_2O$ .

В диссертации рассмотрены различные классы систем, к ним применяются различные методы исследования: теоретические, численные, экспериментальные. Все это указывает на высокую квалификацию автора и ее хорошую «оснащенность». Однако мне, как оппоненту, немного не хватило некоего единства методов и подходов в данной работе.

Хорошо было бы уделить больше внимания исследованию влияния киральности на топологические дефекты в жидких кристаллах. Такого рода топологические солитоны хорошо известны, например, по работам группы Смалюха. Подходы, развиваемые автором диссертации, могли бы быть применимы к таким системам. Возможно, это может стать направлением дальнейших исследований.

На диссертацию и автореферат поступили 12 положительных отзывов от:

1. Ефимова Виктора Борисовича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ФГБУ науки «Института физики твердого тела РАН», г. Черноголовка. Отзыв положительный, без замечаний.

2. Буяновского Ильи Александровича, доктора технических наук, главного научного сотрудника ФГБУ науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН», г. Москва. Отзыв положительный, в тексте автореферата имеются недочеты: на стр. 11 в формуле (1) отсутствует расшифровка обозначений для энергии упругости  $\Phi_{el}$ , параметра порядка  $n$ , модули упругости  $K_i$  расшифрованы только на стр. 30. Для формулы (32) также нет обозначений коэффициентов. На стр. 11 ссылка [28] указана вместо ссылки [24].

3. Шевченко Виталия Георгиевича, доктора химических наук, главного научного сотрудника ФГБУ науки «Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН», г. Москва. Отзыв положительный, имеются замечания: на стр. 31 не даны пояснения к формуле (32) относительно калибровочных величин  $D$ ,  $F$ , коэффициентов  $J$  и компонентов тензора напряжений  $k$ ,  $g$ . На стр. 33 в формуле (33) не указано, что  $\rho$  обозначает действительный или мнимый член энергии расщепления уровней.

4. Бажина Павла Михайловича, доктора технических наук, заместителя директора по научной работе ФГБУ науки «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова РАН», г. Черноголовка. Отзыв положительный, указано, что недостатком автореферата является отсутствие упоминания об использовании метода ИК Фурье спектроскопии для характеристики порошков присадок смазочных композиций, карбоксилатов меди(II), хотя в списке литературы под номером [31] данные об использовании метода присутствуют.

5. Кузнецовой Ирины Александровны, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой микроэлектроники и общей физики ФГБОУ ВЛ «Ярославский государственный университет им.



П.Г. Демидова», г. Москва. Отзыв положительный, замечания к отзыву: 1) Не указана погрешность метода Монте-Карло на рис. 20, стр. 32; 2) Имеются орфографические ошибки, например, на стр. 36, 7 строчка снизу, должно быть – «ассоциированными».

6. Кабирова Юрия Вагизовича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры общей физики физического факультета ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону. Отзыв положительный, Следует отметить некоторые недостатки автореферата: на стр. 5 среди методов исследований не отмечен метода ИК спектроскопии, однако публикация по использованию инфракрасной спектроскопии имеется – ссылка в автореферате [31], на стр. 11 некорректно дана ссылка [28]. Рисунок 6 на стр. 17 нечеткий.

7. Котова Леонида Нафанаиловича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой радиофизики и электроники, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар. Отзыв положительный. Замечания по реферату: на стр. 5 не обозначен метод исследования ИК Фурье спектроскопии, в формуле (1) на стр. 11 не расшифрован коэффициент  $K_{24}$ .

8. Кузнецова Михаила Михайловича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии, доцент, ФГАОУ ВО «Государственный университет просвещения», г. Москва. Отзыв положительный. К автореферату имеются замечания: в формулах (1), (32), (33) обозначения расшифрованы не полностью.

9. Шагиняна Василия Робетровича, доктора физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики имени Б. П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Гатчина, Ленинградская область. Отзыв положительный, без замечаний.

10. Соломатина Алексея Сергеевича, доктор технических наук, профессор кафедры информатики и компьютерного проектирования, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва. Отзыв положительный, без замечаний.

11. Дмитриенко Владимира Евгеньевича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, Института кристаллографии им. Б. П. Шубникова Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Москва. Отзыв положительный. Замечание: В тексте автореферата имеются такие мелкие недостатки, как упущенные обозначения некоторых величин в формулах (1), (32).

12. Каманиной Наталии Владимировны, доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника, начальника отдела «Фотофизика наноструктурированных материалов и устройств» АО Научно-производственное объединение «Государственный оптический институт им. С.А. Вавилова, г. Санкт-Петербург. Отзыв положительный. Замечание:



Отсутствует разъяснение обозначений  $K_{24}$  для формулы (1), обозначений формулы (32).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, которой соответствует диссертация, владеющих методами исследования, используемых автором, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» является крупнейшим многопрофильным научным комплексом с широко развитой инфраструктурой и современной материально-технической базой и ее выбор обоснован высокой квалификацией сотрудников и соответствием направлений научных исследований, выполняемых в лаборатории фотоники и органической электроники Центра биофотоники.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*разработана* калибровочная 3D модель Виллейна и спинового стекла для шитых эластомеров с дефектами типа доменных стенок на основе механизма Березинского-Костерлица-Таулесса (БКТ);

*разработаны* модели кластеризации углеродных наночастиц: нанотрубок, графена, наногрифта, фуллерена в полимерной матрице, позволяющие вычислять критические свойства целых образцов в базисе дефектов (дисклинаций, дислокаций, монополей);

*разработана* калибровочная модель эволюции поверхностных дисклинаций самодвижущихся нематических частиц с кривизной, связывающих гидродинамические величины и дефектозависимые упругие свойства нематиков;

*разработан* теоретический подход для анализа коллоидных золей ванадия пентаоксида в воде  $V_2O_5/H_2O$  в магнитном поле;

*введено* понятие «вортонов», точечных топологических дефектов, применительно к системе золей  $V_2O_5/H_2O$  в магнитном поле;

*предложена* теоретическая интерпретация эволюции дефектов солитонного типа для низкотемпературных смесей липидов с использованием механизмов Киббла-Журека и Ландау-Зинера;

*доказана* универсальность модели Су-Шриффера-Хигера применительно к анализу топологически нетривиальных фаз различных композитных материалов с наноразмерными наполнителями.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

*доказана* необходимость применения методов квантовой теории поля наряду с общеизвестной молекулярной теорией для исследования



критических явлений в системах с жидкокристаллическим упорядочением;

*продемонстрирована* целесообразность использования калибровочного метода дифференциальных форм на решетке при вычислении термодинамических величин и инвариантов в системах неабелевыми симметриями лагранжиана для различных типов жидких кристаллов и полимеров, в том числе, использования метода максимальной абелевой проекции;

*раскрыты* преимущества методов понижения размерности на примере анализа эволюции дисклинаций активных нематиков и трансформации линейных дефектов в переходах между двуосной и одноосной нематическими фазами жидких кристаллов различных типов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

*разработан* метод оценок структурных параметров коллоидных зелей ванадия пентаоксида в воде  $V_2O_5/H_2O$ , который позволяет моделировать концентрационные зависимости термодинамических величин и определять критические размеры коллоидных частиц тактоидов при их коалесценции для задач триботехники и экологии;

*разработана* решеточная версия модели БКТ, которая служит для характеристики функциональных свойств эластомеров, в частности, определения порога перколяции полисилоксанового эластомера в зависимости от концентрации сшивок, подобные оценки используются в проектировании искусственных мышц и суставов, элементов сенсорных устройств и датчиков, в электронике;

*разработана* модель эволюции дефектов дислокаций дискотической фазы в смазочных композициях с мезогенными присадками, которая позволяет оценивать условия использования смазочных композиций в сельскохозяйственной технике засчет определения температурных критериев существования мезофаз с наилучшими трибологическими показателями;

*разработаны* модели агрегации углеродных наночастиц в матрице изотактического полипропилена, выявляющие связь морфологических, упругих и проводящих свойств образцов полимерных композитов, количественные оценки физических параметров, полученные в рамках предложенных моделей, используются при проектировании электронных и фотонных устройств и смазочных композиций, на этапе выбора оптимального состава конкретного функционального материала;

*показана* возможность оценок физических свойств состояний с топологически защищёнными экситонами Френкеля на примере комплексов металлофталоцианинов меди в  $3D$  в магнитном поле в целях их использования в функции топологических изоляторов, а также в задачах фотодинамической терапии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном современном научном оборудовании, с использованием взаимодополняющих экспериментальных методов исследования, с хорошей воспроизводимостью результатов и корреляцией с данными, полученными альтернативными методами;

*теоретические модели* построены на общеизвестных концепциях и физических законах, с использованием проверенных данных, согласуются с теоретическими данными и решениями других авторов, опубликованных в высокорейтинговых отечественных и зарубежных журналах, не противоречат существующим физическим представлениям и согласуются с выводами и теоретическими положениями по сходной тематике, базируются на строго доказанных выводах;

*использовано* сравнение авторских данных с результатами работ, выполненных другими исследователями;

*установлено* хорошее количественное и качественное описание обнаруженных экспериментальных закономерностей структурных параметров и физических свойств многокомпонентных жидкокристаллических и упорядоченных полимерных систем в рамках используемых физических моделей, механизмов, а также совпадение авторских результатов с теоретическими и экспериментальными данными других авторов, опубликованными по данной тематике;

*использованы* современные программные методики и средства математической обработки экспериментальных данных.

*Личный вклад соискателя* состоит в выборе объектов исследования, формулировке цели и постановке задач, в проведении экспериментальных исследований и обработке результатов, теоретической интерпретации результатов, формулировке новых моделей и их представлении в публикациях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и заданы вопросы:

От д.ф.-м.н. Пугачевского М.А., члена совета, поступил вопрос, каким образом разработчики фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии могли бы использовать результаты диссертации.

От д.ф.-м.н. Малая Н.В., члена совета, поступил вопрос, каким образом переброшен мостик от континуального представления жидкого кристалла к решеточному.

От председателя совета д.ф.-м.н. Кузьменко А. П., поступил вопрос, сохраняется ли топологический заряд при коалесценции тактоидов по аналогии с магнетиками.

От д.т.н. Сизова А.С., члена совета, поступил вопрос, чем вызвано нетривиальное поведение функции релаксации на рисунке слайда 15.



От д.т.н. Жусубалиева Ж.Т., члена совета, поступило замечание о новизне результатов диссертации, а также поступил вопрос: «Соискатель вводит универсальное определение фрактала. Что такое фрактал?»

Ельникова Л.В. ответила на вопросы и критические замечания, высказанные в ходе защиты:

На вопрос д.ф.-м.н. Пугачевского М.А. Ельникова Л.В. ответила, что возможно взаимодействие дефектной структуры с электронной структурой фотосенсибилизаторов при различных воздействиях и необходимо выбор конкретных фотосенсибилизаторов осуществлять с учетом поставленных задач.

На вопрос д.ф.-м.н. Малая Н.В. Ельникова Л.В. ответила, что в вычислениях приняты уже имеющиеся решеточные модели, применимость которых для данных типов систем в работе была теоретически обоснована и подтверждена экспериментально.

На вопросы д.ф.-м.н. Кузьменко А.П. о сохранении топологического заряда в магнетиках и аналогиях с жидкими кристаллами, а также о критическом параметре коалесценции тактоида, Ельникова Л.В. ответила утвердительно и привела необходимые пояснения.

На вопрос д.т.н. Сизова А.С. Ельникова Л.В. ответила, что нетривиальное поведение функции релаксации вызвано образованием доменных стенок в липидных мембранах.

На замечание д.т.н. Жусубалиева Ж.Т., члена совета, о научной новизне представленных результатов Ельникова Л.В. ответила, что в работах по предмету исследования отсутствовали результаты по вновь синтезированным материалам изученным в диссертационной работе. То же – касательно разработанных моделей для изученных систем. На вопрос о фрактале Ельникова Л.В. пояснила, что совсем не претендовала на личное авторство в определении понятия фрактала и отметила, что фрактальные объекты описываются полиномами с дробными степенями.

Ельникова Л.В. ответила на замечания оппонентов и ведущей организации.

Замечания от ведущей организации ИОФ РАН: О необходимости сравнения результатов метода молекулярной динамики с полученными в диссертации расчетами методом Монте-Карло на решетках для всех типов рассматриваемых систем, а не только результатов Глав 4 и 7; по Главе 3: «не указана локализация дефектов доменных стенок относительно липидных фаз и не обсуждаются другие возможные структурные дефекты и их взаимодействия». Ельникова Л.В. согласилась с замечаниями и дала по ним соответствующие пояснения, подкрепив их ссылками на свои и других авторов литературные источники.

На замечание оппонента Ларионова А.Н. по Главе 2 о необходимости дать описание дефекта вортонна и оценку радиуса его вихревой петли,



полезную для сравнения с дипольной и корреляционной длиной, Ельникова Л.В. признала неполное описание вортонна в тексте диссертации и отметил, что оно развернуто приведено в обзоре Раду и Волкова 2008 г. по вортоннам, но продемонстрировала представленные в ее работе расчеты корреляционной длины; по Главе 3 Ларионовым А.Н. задан вопрос о наличии альтернативных интерпретаций образования дефектов липидных фаз, в ответ Ельникова Л.В. признала, что такие данные недостаточно приведены в диссертации, сославшись на их детальное описание в ряде работ, указав, в частности, работы Th. H. Haines. Water transport across biological membranes, FEBS Letters 346 (1994) 115 и F. C. E. Lima, R. Casana, C. A. S. Almeida. Kinks and double-kinks in generalized  $\phi_4$ - and  $\phi_8$ -models, Eur. Phys. J. C 84 (2024) 1266; по Главе 6 – Ельникова Л.В. согласилась с замечанием об излишней информации по диссипативным системам.

На замечание оппонента Кудрейко А.А. о необходимости построить фазовые диаграммы по составу и температуре для литиевых смазочных композиций на основании данных диэлектрической спектроскопии и поляризационной оптической микроскопии (раздел 4.2.) Ельникова Л.В. согласилась с замечанием. На его же замечание об отрицательном влиянии структурных дефектов на работу фотонных устройств Ельникова Л.В. аргументированно описала критерий учета их вклада в эффективность работы в рамках функционального назначения конкретного жидкокристаллического материала и в качестве примера привела триботехнические приложения и образование дискотических фаз в смазочных композициях, а также отличия условий дефектообразования в однокомпонентных термотропных и многокомпонентных, лиотропных, жидких кристаллах.

На замечание оппонента Аксеновой Е.В. по Главе 2 диссертации о необходимости представления сведений о полученных Ван дер Щутом термодинамических функциях для системы  $V_2O_5/H_2O$  Ельникова Л.В. пояснила, что полученные Ван дер Щутом фазовые диаграммы  $V_2O_5/H_2O$  фактически совпадают с приоритетными результатами Казначеева при размерах тактоидов больше 200 мкм, поэтому не дублировались в работе.

Ельникова Л.В. согласилась с большинством замечаний, указанных в отзывах на автореферат, а по наиболее значимым, касающимся его оригинальной части дала исчерпывающие комментарии, пояснения и ответы.

На заседании 23.01.2025 г. диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Ельниковой Лилии Вячеславовны представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, полученные в диссертационной работе результаты характеризуются высокой степенью новизны и практической значимости для развития предметной области физики конденсированного состояния, закладывает основу направления по исследованию структурных особенностей, комплекса физико-химических и



трибологических свойства, дефектозависимых критических явлений в отдельных классах лиотропных жидких кристаллах и полимерных нанокompозитах, широко используемых в различных областях промышленности и медицины.

Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней». В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании 23.01.2025 г. диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Ельниковой Лилии Вячеславовны представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, полученные в работе результаты характеризуются высокой степенью новизны и практической значимости для развития предметной области физики конденсированного состояния, закладывает основу научного направления по исследованию структурных особенностей, комплекса физико-химических и трибологических свойств, дефектозависимых критических явлений в отдельных классах неорганических и органических соединений как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии, в том числе композитов, а именно, лиотропных жидких кристаллов и полимерных нанокompозитов, широко используемых в различных областях науки, промышленности и медицины и принял решение присудить Ельниковой Лилии Вячеславовне ученую степень доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 12, против - 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета  
24.2.435.01



Кузьменко Александр Павлович

Учёный секретарь  
диссертационного совета  
24.2.435.01

Кочура Алексей Вячеславович

«23» января 2025 года