

«Утверждаю»

Первый проректор

Федерального государственного

бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

«МИРЭА - Российский технологический университет»

д.х.н. проф.

Прокопов Н.И.

2026 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» на диссертационную работу Спириденко Никиты Андреевича по теме «Топологические переходы в нематических жидких кристаллах с рождением и аннигиляцией топологических дефектов», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Диссертация Спириденко Н.А. посвящена исследованию топологических переходов с изменением Эйлеровой характеристики, исследованию структуры и динамики топологических дефектов в нематических жидких кристаллах, а также исследованию неустойчивости Рэлея-Плато прослоек изотропной жидкости в нематическом жидком кристалле. Результаты представленного исследования значительно расширяют существующие представления о динамике жидкого кристалла, в том числе при коалесценции жидкокристаллических и изотропных капель, образовании и аннигиляции топологических дефектов, о неустойчивости

Рэлея-Плато в анизотропных жидкокристаллических средах, топологических переходах в жидких кристаллах.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы. Объем диссертационной работы составляет 108 страниц машинописного текста, 58 рисунков. В списке литературы представлено 97 наименований.

Во **введении** приведено обоснование актуальности темы диссертации, сформулированы цель и задачи, показаны научная новизна и теоретическая и практическая значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору литературы по тематике диссертационной работы. На основе анализа литературных данных сформулирована цель и задачи диссертационной работы.

Во **второй главе** приводится описание экспериментальных методик и образцов, приведены основные методы получения исследуемых капель нематического жидкого кристалла и изотропной жидкости. Представлена схема экспериментальной установки.

В **третьей главе** представлены результаты исследования динамики коалесценции капель в плоских ячейках. Глава посвящена исследованию различных этапов слияния капель, динамике релаксации к равновесной форме и получению зависимости характерных времен от размера капель и толщин ячейки. Установлена временная зависимость ширины перешейка и анизотропии капель для разных размеров капель и толщины ячеек. На начальном этапе слияния скорость расширения перешейка не зависит от радиуса капли и толщины ячейки. В середине и в конце процесса коалесценции динамика определяется потоком Пуазейля. Для тонких ячеек характерные времена на начальной, средней и релаксационной стадиях слияния можно представить в виде универсальной зависимости от размера капель. Скорость релаксации на заключительном этапе слияния возрастает с увеличением толщины ячеек.

В четвертой главе представлены результаты исследования топологических дефектов в тонких слоях нематика. Глава посвящена получению и исследованию упорядоченных одномерных структур топологических дефектов, исследованию топологических дефектов на поверхности изолированных нематических и изотропных капель, зарождению и аннигиляции топологических дефектов при коалесценции капель. Впервые получены одномерные кольцевые цепочки из дефектов с противоположными топологическими зарядами («ожерелья» из дефектов) и изучена зависимость числа дефектов от времени, которую можно описать степенным законом $N(t) = A/(t - t_0)^{\nu}$ с показателем степени $\nu = 0,4 \pm 0,1$. Были обнаружены различные типы топологических дефектов на поверхности капель изотропной жидкости и жидкого кристалла. При слиянии изотропных капель в нематической среде, в соответствии с законами топологии, возникают антиподы существующих дефектов. Был выполнен анализ динамики их аннигиляции с уже имеющимися дефектами.

В пятой главе представлены результаты исследования топологических переходов в нематических жидких кристаллах и динамической неустойчивости с разрывом тонких прослоек изотропной жидкости, сопровождающейся рождением топологических дефектов. Исследованы топологические переходы и распад тороидальных капель. Впервые наблюдалась серия топологических переходов с изменением Эйлеровой характеристики капли ($\chi = +1 \rightarrow \chi = 0 \rightarrow \chi = -1 \rightarrow \chi = 0$). Обнаружены топологические дефекты, возникающие в результате каскадного разрыва слоев изотропной жидкости. Топологические дефекты возникают как на границе раздела между изотропной жидкостью и нематической фазой, так и на поверхности образующихся сателлитных капель.

Научная новизна

Впервые на одних и тех же образцах изучены три этапа коалесценции капель. На начальном этапе коалесценции скорость роста перешейка не зависит от радиуса капли и толщины ячейки. На средней и конечной стадиях

динамика коалесценции определяется течением Пуазейля. Для тонких ячеек характерные времена τ , определенные на начальной, средней и релаксационной стадиях слияния, можно свести к одной универсальной зависимости от размера сливающихся капель. Релаксация на поздней стадии происходит быстрее в более толстых ячейках. Определена временная зависимость ширины перешейка и анизотропии формы для капель различного размера в ячейках разной толщины. Ранее на одном и том же веществе не исследовали экспериментально все три этапа слияния.

Определена структура и динамика топологических дефектов в ограниченной квазидвумерной геометрии оптической ячейки, приводящей к существованию различных типов топологических дефектов на интерфейсе нематик – изотропная жидкость. Впервые обнаружено, что дефект в виде «кольца Сатурна», существующий в малых каплях, трансформируется в больших квазидвумерных каплях в два дефекта, локализованных в мениске. Антиподы существующих дефектов появляются при слиянии изотропных капель в нематической среде из-за топологических требований. Была исследована динамика их аннигиляции с существующими дефектами. Динамика сближения между двумя точечными дефектами-антиподами демонстрирует универсальную зависимость. Расстояние между ними r уменьшается со временем t по степенному закону $r = B(t_0 - t)^{0,5}$, где t_0 – момент их аннигиляции. Скорость сближения дефектов к точке их аннигиляции уменьшается с уменьшением толщины ячейки. Процесс аннигиляции локализованных дефектов отличается от аннигиляции точечных дефектов.

Впервые исследована коллективная динамика трансформации линейной структуры из топологических дефектов на поверхности капли в результате попарной аннигиляции дефектов. Показано, что зависимость числа дефектов от времени существенно отличается от зависимости для широко исследованных ранее двумерных систем.

Обнаружена неустойчивость Рэлея-Плато прослоек изотропной

жидкости в нематическом жидком кристалле, сопровождающаяся образованием топологических дефектов.

Впервые показано, что переход капли изотропной жидкости в нематическую фазу может происходить через образование неодносвязных тороидальных структур. Формирование тороидальных структур происходит через образование дырки в изотропной капле в центре топологического дефекта с топологическим зарядом $+1$.

Впервые реализована серия топологических переходов с изменением Эйлеровой характеристики ($\chi = +1 \rightarrow \chi = 0 \rightarrow \chi = -1 \rightarrow \chi = 0$). Впервые в жидком кристалле получены тороидальные структуры с Эйлеровой характеристикой -1 . Впервые реализован распад тороидальных структур в жидком кристалле с образованием микрокапель и топологических дефектов на их поверхности.

Научная и практическая значимость

Результаты проведенного исследования значительно расширяют существующие представления о динамике жидкого кристалла, в том числе при коалесценции жидкокристаллических и изотропных капель, образовании и аннигиляции топологических дефектов, о неустойчивости Рэлея-Плато в анизотропных жидкокристаллических средах, топологических переходах в жидких кристаллах.

Апробация работы

Результаты работы представлены и обсуждены на 7 всероссийских и международных конференциях, а также опубликованы в 9 статьях в научных журналах, входящих в перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Замечания по работе:

По содержанию и оформлению диссертации Спириденко Н.А. имеются следующие замечания:

1. Не слишком детально описаны результаты работ, на которые

ссылается автор в первой главе, посвящённой обзору литературы.

2. Во второй главе «Экспериментальные методики и образцы» не указаны концентрации растворов, использовавшихся для нанесения ориентирующих покрытий на ячейки.

3. Во введении к третьей главе сказано, что приводятся результаты слияния капель изотропной жидкости в окружении нематического жидкого кристалла, а на самом деле также представлены и результаты по слиянию капель нематического жидкого кристалла в окружении изотропной жидкости.

4. В тексте диссертации также присутствует незначительное количество опечаток.

Вышеуказанные недостатки не снижают ценности диссертационной работы в целом. Язык изложения диссертации и автореферата удовлетворяют нормам научной лексики.

Заключение

Диссертационная работа Спириденко Никиты Андреевича, на тему «Топологические переходы в нематических жидких кристаллах с рождением и аннигиляцией топологических дефектов», представленная к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены практические значимые результаты, которые могут найти применение в соответствующих отраслях науки и техники. Затронутые Н.А. Спириденко направления исследований соответствуют 1 и 6 пунктам паспорта научной специальности.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №

842 (в ред. 16.10.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор достоин присуждения искомой степени по научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором Пасечником Сергеем Вениаминовичем. Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры биокибернетических систем и технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет», протокол заседания № 2-1/2627 от 10.09.2026 года.

Заведующий кафедрой
Биокибернетических систем и
технологий
Института искусственного
интеллекта
д.ф.-м.н., профессор



Пасечник Сергей Вениаминович

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«МИРЭА — Российский технологический университет»

Адрес: 119454, ЦФО, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78 Телефон: +7 (499)
600-80-80