

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Кокорина Дмитрия Ивановича «Диффузия света и когерентное обратное рассеяние в нематических жидких кристаллах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика**

Диссертационная работа Д.И. Кокорина посвящена изучению распространения и рассеяния электромагнитных волн оптического диапазона в нематических жидких кристаллах, которые, как правило, представляют собой сложные органические соединения. Особенностью этих объектов является их способность менять свою ориентацию под действием сравнительно слабых электрических и магнитных полей. Это обуславливает их широкое практическое применение в системах передачи и отображения информации. Одной из актуальных проблем при изучении оптических свойств этих систем является исследование рассеяния света, которое в нематических жидких кристаллах велико по сравнению с другими органическими соединениями. Это связано с тем, что в нематических жидких кристаллах велики флуктуации ориентации вследствие того, что энергия ориентационного упорядочения очень мала. В результате даже в сравнительно тонких образцах необходимо учитывать многократное рассеяние света на флуктуациях ориентации.

В последние годы проблемам теоретического описания и экспериментального исследования многократного рассеяния света уделяется большое внимание. При теоретическом описании для корректного решения задачи требуется вводить существенные упрощения, что может сказаться на достоверности получаемых результатов. Экспериментальное исследование этих систем также представляет собой сложную задачу. Это связано с тем, что при исследовании многократного рассеяния в анизотропных средах, которыми являются нематические жидкие кристаллы, требуется проводить измерения с высокой точностью для скорости переноса электромагнитного излучения в различных направлениях. А также проводить измерения угловой зависимости интенсивности многократно рассеянного света в чрезвычайно узких диапазонах углов (порядка ста микрорадиан).

В результате достаточно трудно сопоставить различные теоретические подходы и экспериментальные данные. Однако существует третий альтернативный подход, который позволяет, с одной стороны, проверять достоверность аналитических приближений, с другой стороны, моделировать перенос излучения в условиях, близких к экспериментальным. Этим подходом является метод компьютерного моделирования.

В настоящей диссертации этот метод применен для изучения переноса излучения в упорядоченных нематических жидких кристаллах во внешних магнитных полях, в частности, детально изучаются коэффициенты диффузии света и пик когерентного обратного рассеяния. Тема исследования является актуальной, поскольку на настоящий момент известны как экспериментальные данные, так и аналитические результаты, описывающие перенос излучения в анизотропных средах.

Диссертация состоит из трех глав, введения, заключения и списка литературы.

В первой главе диссертационной работы приводятся необходимые сведения об оптических свойствах жидких кристаллов, изложены теория многократного рассеяния света в анизотропных средах и методика численного моделирования переноса излучения. Предложенная методика моделирования представляет собой «блуждание» фотона в среде, при этом для каждого акта рассеяния происходит выбор направления распространения фотона и выбор канала рассеяния в соответствии с индикатрисой однократного рассеяния. Фактически, такой подход позволяет считать многократные интегралы, соответствующие вкладам с разными кратностями рассеяния хорошо известным методом Монте-Карло.

Во второй главе изложены оригинальные результаты по изучению диффузии света в нематическом жидком кристалле. Автором подробно изучен процесс перехода от описания переноса излучения в виде суммы по кратностям рассеяния к диффузионному режиму. Обнаружено, что этот процесс требует порядка десяти кратностей рассеяния, после чего возможно описание системы в рамках диффузионного приближения. Большое внимание уделяется изучению зависимости коэффициентов диффузии от внешнего магнитного поля и длины световой волны. Интересным результатом является обнаруженная диссертантом немонотонная зависимость коэффициентов диффузии от напряженности внешнего магнитного поля. В отличие от аналитических подходов, методы численного моделирования позволили провести расчеты коэффициентов диффузии с высокой степенью точности. Интересно отметить, что этот результат допускает прямую экспериментальную проверку, поскольку недавно синтезированы парамагнитные жидкие кристаллы, обладающие достаточно большой магнитной восприимчивостью. Достоинством предложенного автором метода является возможность проведения сравнения, как с результатами аналитических расчетов, так и с экспериментом, что и было проделано в настоящей работе. Выполненное автором в этой главе сравнение с простыми модельными системами придает результатам необходимую достоверность.

В третьей главе диссертационной работы изучается эффект когерентного обратного рассеяния света в анизотропной среде. Он состоит в появлении чрезвычайно узкого пика интенсивности рассеяния в направлении, строго противоположном падающему излучению. Следует подчеркнуть, что если для расчета интенсивности обратного рассеяния суммировать фотоны, попадающие в область очень малых углов, то в этом случае время выполнения расчетов для получения надежной статистики крайне велико. Автором был применен оригинальный подход, основанный на полуаналитическом методе, позволяющий учитывать вклад каждого фотона в формирование пика когерентного обратного рассеяния на каждой кратности рассеяния. Это позволило рассчитывать параметры пика когерентного обратного рассеяния за сравнительно небольшое машинное время. Автором было проведено сравнение параметров пика как с результатами аналитических расчетов, так и с имеющимися экспериментальными данными. Оказалось, что метод численного моделирования значительно лучше описывает экспериментальные данные, чем аналитический подход, в котором приходится делать значительные упрощения, такие, например, как пренебрежение рассеянием необыкновенного луча в обыкновенный.

Не умаляя общую высокую оценку работы, считаю необходимым сделать следующие замечания.

1. В тексте диссертации и на рисунках 2.5 - 2.8, на которых приведены зависимости коэффициентов диффузии от внешнего магнитного поля, не указано, что при нулевом поле результаты моделирования теряют смысл, поскольку пропадает анизотропия системы.

2. Было бы интересно провести численное моделирование с таким подбором параметров жидкого кристалла (диэлектрические проницаемости, модули Франка), чтобы один из коэффициентов диффузии был близок к нулю. В этом случае можно надеяться, что аналитические и численные подходы будут согласовываться между собой.

В целом диссертация представляет собой законченное научное исследование, позволяющее глубже понять процессы, происходящие в рассматриваемых системах. Получено достаточное количество **новых и оригинальных** научных результатов, представляющих научную и практическую ценность. **Достоверность** результатов подтверждается достаточно высоким методическим уровнем работы и согласием с имеющимися экспериментальными и литературными данными .

Материалы диссертации достаточно полно отражены в автореферате и публикациях. О качестве результатов свидетельствует и высокий рейтинг журналов, в которых они опубликованы. Результаты автора целесообразно использовать в исследованиях, нематических ЖК , а также в спецкурсах, посвященных методам расчета рассеяния света анизотропными средами.

Т.о. диссертационная работа Д.И. Кокорина полностью удовлетворяет требованиям п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, и другим требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации Д.И. Кокорин несомненно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Главный научный сотрудник лаборатории теории и моделирования полимеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт высокомолекулярных соединений РАН  
Большой пр.31. 199004, Санкт-Петербург,  
доктор физико-математических наук, профессор,

(Даринский Анатолий Анатольевич)

Тел. 78123285601

E-mail: a.darinskii@mail.ru

26.11.2014

