

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
д.ф.м.н. С.В.Лебедев



« » ноября 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации 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

Работа Д.И. Кокорина посвящена изучению многократного рассеяния света в нематических жидких кристаллах. Проблема многократного рассеяния в различных средах вызывает большой интерес как с точки зрения теории переноса излучения в сильно неоднородных средах, так и с практической точки зрения. В частности, оптические методы анализа неоднородных сред широко применяются в медицинской диагностике, при разработке стохастических лазеров, анализе структуры концентрированных суспензий и т.д.

Вместе с тем, полное теоретическое описание многократного рассеяния еще далеко от своего завершения ввиду чрезвычайной сложности проблемы, хотя многие задачи здесь удалось успешно решить. В частности, в случае изотропных систем значительный прогресс был достигнут при описании когерентных и интерференционных явлений, благодаря аналогии рассматриваемой проблемы с проблемой Андерсоновской слабой локализации. Здесь удалось последовательно описать когерентное обратное рассеяние и временные и частотные корреляции многократного рассеяния.

В случае анизотропных сред, к которым относятся жидкие кристаллы, возникают серьезные трудности из-за тензорного характера задачи и наличия двух типов собственных волн. С другой стороны, именно жидкие кристаллы с точки зрения теории привлекают значительное внимание, поскольку к настоящему времени детально изучена структура и физические свойства этих систем и спектры тепловых флуктуаций, на которых происходит рассеяние света. Кроме того, многократное рассеяние света в жидких кристаллах достаточно детально исследовано экспериментально.

Диссертационная работа Д.И. Кокорина посвящена компьютерному моделированию многократного рассеяния света в нематических жидких кристаллах, изучению процесса диффузии света и эффекта когерентного обратного рассеяния. Результаты расчетов сравнивались с результатами аналитических расчетов и с экспериментальными данными.

При изучении диффузионного режима переноса излучения был детально исследован переход от суммы кратностей рассеяния к процессу диффузии фотонов. Сложность задачи состояла в том, что было необходимо последовательно учитывать переход в процессе рассеяния из одного типа волн в другой и на каждом шаге исключать рассеяние обыкновенного луча в обыкновенный, которое отсутствует в данной системе. Другая трудность, которая существует в данной задаче – это необычайно сложная индикатриса однократного рассеяния. Д.И. Кокориным было показано, что переходной процесс требует порядка десяти кратностей рассеяния, после чего рассеяние света можно рассматривать как диффузию фотонов в анизотропной среде. Этот результат является новым и никогда ранее не обсуждался.

При изучении зависимости интенсивности многократного рассеяния от внешнего магнитного поля было обнаружено, что зависимость тензора диффузии от поля носит немонотонный характер. Физически это обусловлено сложной угловой зависимостью транспортной длины. Оказалось, что полученный результат качественно согласуется с результатами аналитических расчетов. Однако, в отличие от аналитических расчетов, где решение искалось в виде разложения по сферическим гармоникам и вклад высших гармоник удавалось оценить только в низшем приближении, примененный метод численного моделирования позволил фактически учесть весь ряд по сферическим гармоникам. Таким образом, развитый подход позволит в дальнейшем корректно анализировать экспериментальную зависимость тензора диффузии от приложенного внешнего магнитного поля.

При исследовании когерентного обратного рассеяния в нематических жидких кристаллах наряду с проблемами, которые существуют при исследовании тензора диффузии, возникают дополнительные трудности. Они связаны с тем, что в отличие от изотропных систем в жидких кристаллах из-за большой длины экстинкции пик когерентного обратного рассеяния чрезвычайно узкий, на два порядка уже, чем в обычно исследуемых изотропных системах. Поэтому для анализа ширины и формы пика когерентного обратного рассеяния был применен оригинальный полуаналитический подход модифицированный для анизотропных систем. Он позволил радикально сократить время вычислений и контролировать точность полученных результатов.

Было проведено сравнение с аналитическими расчетами и с экспериментальными данными. Было показано, что поскольку аналитические расчеты удастся корректно провести только в приближении одной оптической моды, численное моделирование приводит к гораздо лучшему согласию с экспериментом.

Оценивая результаты работы в целом, следует отметить, что диссертанту удалось провести корректное исследование особенностей многократного рассеяния света в анизотропных средах, не используя упрощающих предположений. Этот результат является особенно значимым при применении развитого подхода для анализа экспериментальных данных и оценки точности тех приближений, которые используются в аналитических подходах при описании многократного рассеяния света.

Полученные в диссертации результаты и выводы могут быть использованы в научно-педагогическом процессе в соответствующих академических институтах и университетах.

Материалы диссертации полно изложены в трех статьях, опубликованных в ведущих мировых рецензируемых научных журналах, входящих в список Web of Science. Основные результаты диссертационной работы докладывались на двух международных конференциях (24th International Liquid Crystal Conference, Майнц, Германия, 2012; 25th International Liquid Crystal Conference, Дублин, Ирландия, 2014). Автореферат правильно отражает основное содержание работы и ее результаты.

По диссертации возникли следующие замечания.

1. Следовало бы более подробно рассмотреть сравнение результатов, полученных в диссертации, и ранее известных результатов. Несмотря на большое количество приведенных автором данных для сравнения, трудно понять, по каким причинам данные не совпадают и какую величину расхождения можно считать приемлемой.

2. Поскольку подход, развитый автором, является достаточно общим, было бы желательно применить его к другим анизотропным сильно неоднородным системам, для которых известны экспериментальные результаты по диффузии света или когерентному обратному рассеянию.

3. В тексте диссертации не дана физическая интерпретация того факта, что в нематиках отсутствует превращение обыкновенного луча в обыкновенный при упругом рассеянии. Для понимания явлений, описанных в работе это надо пояснить.

4. Из текста диссертации не ясно, почему не удобно использовать аналитическое решение уравнения Бете-Солпитера. (Это возможно, поскольку ядро уравнения-разностное).

В целом диссертация Д. И. Кокорина представляет интерес с теоретической и практической точек зрения. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Отзыв заслушан и обсужден на научном семинаре сектора «Теории оптических и электрических явлений в полупроводниках» 13 ноября 2014 года (Протокол № 25).

Заведующий сектором,

доктор физ.мат.наук, профессор



Аверкиев Н.С.

17.11.2014