

Московский государственный университет

им. М. В. Ломоносова

Факультет фундаментальной физико-химической инженерии

Лаборатория спектроскопии дефектных структур

ИФТТ РАН

Курсовая работа по физике жидких кристаллов

Спектральные свойства холестерических фотонных кристаллов с различной оптической анизотропией

студента второго курса 201 группы

Матвеева Дмитрия Николаевича.

Научный руководитель

д.ф.-м.н. В. К. Долганов

Черноголовка 2014

**Содержание**

|  |
| --- |
| Введение ………………………………………………………….………..……..3  1. Литературный обзор …………………………………….…………………….5  2. Экспериментальная часть ………………………………………………….....7  3. Результаты и их обсуждение …………………………………………………9  Выводы ……………………………………………………………………….......13  Список литературы ………………………………………………………………14  **Введение**  Жидкий кристалл (ЖК) - это специфическое агрегатное состояние вещества, в котором оно проявляет одновременно свойства кристалла (анизотропия) и жидкости (текучесть). Сразу надо оговориться, что далеко не все вещества могут находиться в жидкокристаллическом состоянии. Большинство веществ может находиться только в трех, всем хорошо известных агрегатных состояниях: твердом или аморфном, жидком и газообразном. Оказывается, что некоторые органические вещества, состоящие из сложных молекул, могут образовывать четвертое агрегатное состояние - жидкокристаллическое. [1]  В конце XIX века австрийский учёный Фридрих Рейнитцер, изучая извлеченные из моркови вещества, столкнулся с непонятным поведением **холестерилбензоата** (рис 1.).    **Рис.1** Первое ЖК-соединение — холестерилбензоат и диаграмма, иллюстрирующая температурную область существования ЖК-фазы. [2]  При температуре плавления (Tпл), 145 0C, кристаллическое вещество превращалось в мутную, сильно рассеивающую свет жидкость, которая при 179 0C становилась прозрачной. Наблюдая жидкость мутной фазы в микроскоп, Рейнитцер установил наличие свойств, характерных для типичного кристалла (например, двойное лучепреломление света). В отличии от точки плавления температуру, при которой происходило просветление образца, Рейнитцер назвал точкой просветления (Tпр). Пораженный этим необычайным явлением, свидетельствующим как будто о двойном плавлении, Рейнитцер отправил свои препараты немецкому кристаллографу Отто Леману с просьбой помочь разобраться в странном поведении холестерилбензоата. Исследуя их при помощи поляризационного микроскопа, Леман установил, что мутная фаза, наблюдаемая Рейнитцером, является анизотропной. Поскольку свойства анизотропии присуще твердому кристаллу, а вещество в мутной фазе было жидким, Леман назвал его жидким кристаллом. Также существует другое название жидкокристаллической фазы – мезоморфное (мезоморфный означает промежуточный). Вот как высказывается о жидких кристаллах выдающийся французский [физик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0), лауреат [Нобелевской премии по физике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%BE_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5) в [1991](https://ru.wikipedia.org/wiki/1991) г. Пьер Жиль де Жен : «Жидкие кристаллы красивы и загадочны. Меня восхищает и то и другое». [3] |
| **Литературный обзор.**  По своим общим свойствам ЖК можно разделить на две большие группы:   1. Термотропные жидкие кристаллы, образующиеся при плавлении кристаллических тел. 2. Лиотропные жидкие кристаллы, образующиеся при изменении концентрации. Образование лиотропного ЖК может происходить, в частности, следующим образом: если в разбавленном растворе находится полимер, имеющий жесткие стержнеобразные макромолекулы, то с увеличением их числа в растворе (повышением концентрации) произвольное расположение этих макромолекул становится все менее вероятным, и при достижении некоторой критической концентрации дальнейшее ее увеличение станет невозможным без взаимного упорядочения части молекул. В результате должно последовать разделение системы на две фазы: в одной – стержнеобразные молекулы будут расположены согласованно, в другой – произвольно. При дальнейшем увеличении содержания макромолекул в растворе доля упорядоченной фазы будет возрастать, и в конце концов система станет однофазной, причем все молекулы будут взаимоупорядоченными. [1]   Термотропные ЖК подразделяются на три больших класса: нематические, холестерические, смектические. Температурный интервал существования жидкокристаллического состояния может быть различным: от одного до нескольких десятков градусов. Некоторые органические вещества склонны к проявлению полиизоморфизма: они обнаруживают несколько переходов внутри мезофазы, например, кристалл – смектическая мезофаза – нематическая мезофаза – изотропная жидкость.  В данной работе предметом изучения были холестерические фотонные жидкие кристаллы (рис.2). Они образованы оптически активными молекулами и отличаются тем, что направление длинных осей молекул в каждом последующем слое, состоящем из параллельно направленных молекул, составляет с направлением осей молекул предыдущего слоя некоторый угол. При этом образуется спираль, шаг которой зависит от природы молекул и внешних воздействий. Шагу спирали соответствует поворот оси ориентации молекул на 360http://optics.sgu.ru/~simonenko/labs/pict/grad.gif. Фотонный кристалл - это структура, характеризующаяся периодическим изменением значения диэлектрической проницаемости. Для таких структур характерно наличие разрешённых и запрещённых зон для энергии фотонов, обусловленных различием диэлектрической проницаемости в среде или в структуре.    **Рис. 2.** Структура холестерических жидких кристаллов; пунктиром изображен шаг спирали; стрелки указывают направление длинных осей молекул. [4]  Целью работы является получение экспериментального спектра пропускания жидкого кристалла (холестерика), расчета теоретического спектра, изучение некоторых свойств холестерических фотонных жидких кристаллов. |
| **Экспериментальная часть.**  В данной работе была задействована следующая экспериментальная установка (рис.3) :    **Рис. 3**. Схема экспериментальной установки, использовавшейся для исследования холестерического фотонного ЖК. Обозначения: 1 – источник тока, 2 – источник света, 3 – образец, 4 – микроскоп, 5 – спектрометр, 6 – ПК, 7 – световод. Источником света служит обычная лампа накаливания, на которую мы подавали ток 1.5 А. В работе используется микроскоп «Альтами ЛЮМ 1 LED», работающий в режиме пропускания. Образец представляет собой ячейку (рис.4), состоящую из двух стеклянных пластин, на внутренних сторонах которого нанесен ориентант, и непосредственно самого холестерического фотонного жидкого кристалла. Ориентант задает ориентацию ближайшим молекулярным слоям холестерика, по которым далее сформирована сама спираль. Образец не полностью заполнен холестериком, что позволяет определить толщину образца.    **Рис. 4**. Образец. Обозначения: 1 – стеклянная пластина, 2 – ориентант, 3 – холестерический фотонный жидкий кристалл.  **Результаты и их обсуждение.**  Сначала нам было необходимо определить толщину холестерического слоя. Для этого мы сняли спектр с пустой ячейки (рис. 5) и воспользовались формулой:  (1),  Где d – толщина образца, - угол падения света, в данном случае равен 90 градусов  Мы можем на рисунке 5 взять два пика, необязательно соседних, определить длину волны на этих пиках и путем несложных математических действий получить формулу:  . , (2)  где Таким образом, мы вычислили толщину образца. Она оказалась равна .    **Рис. 5**. Экспериментальный спектр пропускания пустой ячейки.  Далее мы измеряем спектр пропускания нашего холестерического жидкого кристалла при комнатной температуре. Экспериментальный спектр приведен на рисунке 6 черной кривой. В спектре видны интенсивная полоса при λ ~ 560 нм, боковые осцилляции, широкая полоса при λ~ 470 нм. Для описания измеренного спектра построен теоретический спектр, используя следующие формулы:  (3)  (для неполяризованного света) (4), где  (5)  (6) (7) (8)  (9),  (10)    где Т – коэффициент пропускания, р – шаг спирали, n – показатель преломления, с – скорость света, λ0 – длина волны, соответствующая центру интенсивной полосы, показатель анизотропии ɛ1 – диэлектрическая проницаемость вдоль молекулы, ɛ2 - диэлектрическая проницаемость поперек молекулы. [5]  Теоретический спектр приведен на рисунке 6. Видно, что теоретический спектр, построенный по формулам (3, 4) качественно описывает особенности холестерического жидкого кристалла, но не дает пика в коротковолновой области. Связано это с тем, что не теория не учитывает поглощение, имеющееся в используемом веществе.    **Рис. 6.** Экспериментальный спектр жидкого кристалла (черная кривая), спектр, рассчитанный по формуле (4) с параметрами (красная кривая) при t = 23 0C  Далее, при помощи фена, мы нагрели образец примерно до 70 градусов и убедились, что он переходит в изотропную жидкость, сняв спектр (рис.7).    **Рис.7.** Экспериментальный спектр пропускания в изотропной фазе. Полоса селективного отражения отсутствует; t ~ 70 0C  В спектре, снятом при высокой температуре, полоса селективного отражения и боковые особенности отсутствуют, остается только полоса поглощения при λ~ 480 нм. Это подчеркивает, что особенности экспериментального спектра на рисунке 6 связаны с упорядоченным строением в холестерической фазе. |
| **Выводы** В ходе проделанной работы я:   * познакомился с понятием жидкий кристалл, ознакомился с литературой по жидким кристаллам; * Освоил методику измерения спектров пропускания холестерических фотонных жидких кристаллов; * Измерил спектры селективного пропускания холестерических фотонных жидких кристаллов, когда спектр селективного пропускания перекрывается с поглощением; * Произвел расчет спектра пропускания холестерических фотонных жидких кристаллов; * Определил диэлектрическую анизотропию, шаг спирали холестерика, длину волны центра полосы и другие характеристики исследованного холестерического фотонного жидкого кристалла.   Далее предполагается измерение спектра селективного пропускания холестерических фотонных жидких кристаллов с разной диэлектрической анизотропией, при различных температурах.  **Список литературы:**   1. П. де Жен «Физика жидких кристаллов», перевод с английского Москва «Мир» 1977, 400 стр. 2. <http://www.nanometer.ru/2007/08/09/liquid_crystal_3905.html> 3. Физика за рубежом. Сборник научно-популярных статей. Теория поля, жидкие кристаллы, физика твердого тела, астро0 и геофизика, новости физики. Москва «Мир». 1983. стр. 21. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1540.html> 4. В. А. Беляков, В. Е. Дмитриенко, В. П. Орлов, УФН 127, 221 (1979) |