

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики и методико-информационных технологий

Изучение жидких кристаллов в школе

АВТОРЕФЕРАТ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

студентки 5 курса 533 группы

направления 44.03.01 - «Физика» физического факультета

Чубаровской Алены Николаевны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.



В.П.Вешнев

Зав. Кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.



Б.Е.Железовский

Саратов 2019

Введение

Из школьного курса физики хорошо известно, что вещества могут находиться только в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Некоторые органические материалы, например, вещества, которые состоят из длинных вытянутых молекул, могут образовывать состояние – жидкокристаллическое. Жидкие кристаллы (ЖК) - вещества, обладающие одновременно свойствами как жидкостей (текучесть), так и кристаллов (анизотропия). Это состояние вещества было названо мезофазой, что означает состояние с промежуточной структурой. Сегодня известно несколько десятков тысяч органических веществ, которые могут находиться в таком состоянии и список этих веществ продолжает расти.

По своим физическим свойствам жидкие кристаллы занимают промежуточное положение между жидкостями и кристаллическими твердыми телами. Как любые жидкости они принимают форму того сосуда, в который его поместили. Они текут как обычные вязкие жидкости. Наряду с этим, жидкие кристаллы обладают так же свойствами кристаллов: молекулы жидких кристаллов частично упорядочены. Это не полный порядок, как в твердых кристаллах, он существенно влияет на физические свойства веществ в этом состоянии.

Важным характерным свойством ЖК является их способность изменять ориентацию молекул под воздействием электрических и магнитных полей, что открывает широкие возможности для применения их в промышленности. Так же особый интерес представляют упругие свойства жидких кристаллов. Параметры упругости контролируют ориентационные эффекты, вызванные внешними полями и, следовательно, являются важными параметрами для использования жидких кристаллов в разнообразных устройствах, таких как жидкокристаллические дисплеи, телевизионные экраны. Такое обширное применение ЖК получили благодаря малому потреблению энергии, которое примерно составляет 1 – 1,5 В. Современный

мир невозможно представить без приборов, в которых используются жидкие кристаллы, такие как: телефоны, телевизоры, мониторы, планшеты и т.д. Школьники ежедневно используют эти устройства, но не знают, как они устроены, а знания в данной области необходимы для расширения кругозора, поэтому тема дипломной работы является актуальной.

Новизна выпускной квалификационной работы состоит в том, что бы расширить понятие о состояниях вещества и необходимости применения жидких кристаллов в технике.

Цель выпускной квалификационной работы можно сформулировать следующим образом: Разработать для учителей методическое пособие для внеклассного занятия к теме «Агрегатное состояние вещества», используя материал из теории жидких кристаллов, легкоусвояемый школьниками.

Задачи:

1. Расширить понятия об агрегатных состояниях вещества.
2. Объяснить свойства веществ в жидкокристаллических состояниях,
3. Проиллюстрировать использование жидкокристаллических свойств в технике.

1 Жидкие кристаллы. По своим физическим свойствам жидкие кристаллы представляют собой промежуточное состояние вещества (мезофазу), сочетающее свойства твердого и жидкого состояний. Жидкие кристаллы – вещества, обладающие одновременно свойствами как жидкостей (текучесть), так и кристаллов (анизотропия). На данный момент насчитывается свыше 12000 видов. В дипломной работе рассмотрено четыре основных вида жидких кристаллов: нематический, холестерический, смектический и колонная фаза.

Нематиический жидкий кристалл (нематик или НЖК) характеризуются наличием микроструктур в виде нитей, концы которых либо свободны, либо связаны со стенкой емкости, в которой находится изучаемое вещество (см. рисунок 1). Длинные оси молекул лежат вдоль линий, параллельных определенному направлению, а их центры размещены хаотично.



Рисунок 1 – Нити в нематическом жидком кристалле

За кристаллические свойства нематической фазы отвечает дальний ориентационный порядок. Направление ориентации молекул создается таким образом, что кристалл помещают между двумя параллельными пластинками, данные поверхности натираются вдоль определенного направления, тем самым образуются царапины, вдоль которых и ориентируются молекулы.

Молекулы НЖК имеют тенденцию устанавливаться параллельно некоторой общей оси, характеризуемой единичным вектором n , называемом

директором. Направление n в пространстве произвольно; на практике оно определяется слабыми силами. Состояния директоров n и $-n$ неразличимы. Молекулы в нематическом жидком кристалле ориентированы (вдоль выделенного направления) не полностью; степень ориентации можно количественно описать с помощью одного параметра порядка, S .

$$S = \frac{1}{2} (3 \cos^2 \theta - 1),$$

θ - угол между длинной осью молекулы и осью симметрии нематика. Экспериментальные значения параметра S лежат в интервале от 0,4, данный показатель находится вблизи точки перехода нематика в изотропную жидкость, и до 0,8, находящийся вблизи точки кристаллизации нематика, если не образуется смектическая фаза.

Холестерики обладают еще более удивительными и необычными свойствами. Кристаллы этого вида обладают удивительными оптическими свойствами, и это связано с их своеобразной структурой. Холестерик имеет схожую структуру с нематическим жидким кристаллом. Это значит, что в малом объеме упорядочение молекул холестерика такое же как и в нематике, а так же его, как и нематический жидкий кристалл можно характеризовать директором n и параметром порядка S .

Отличия холестерика от нематика проявляются в небольших по сравнению с молекулярными размерами объемах и расстояния, а так же молекулы образуют холестерическую спираль, а именно, направление директора в холестерике не остается неизменным по его объему.

Имеется такое направление, которое называется холестерической осью, при смещении вдоль которого регулярным образом изменяется ориентация директора. Если провести воображаемые плоскости, перпендикулярные холестерической оси, то для каждой плоскости направление директора во всех ее точках оказывается фиксированным и

перпендикулярным холестерической оси, однако изменяющимся от плоскости к плоскости (см. рисунок 2).

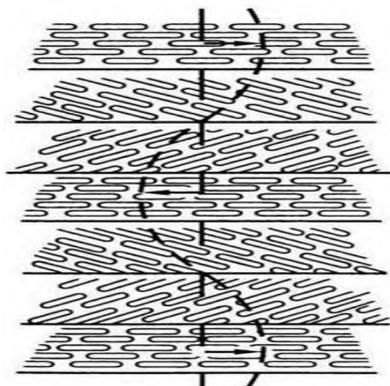


Рисунок 2 – Строение холестерика

Причина закрученной структуры холестерика лежит в специфике межмолекулярного взаимодействия, минимальной энергией взаимодействия молекул холестерика соответствует такая ориентация соседних молекул, при которой их длинные оси не параллельны, как в нематике, а образуют некоторый угол геометрическим проявлением.

Смектики – это название, которое Фридель дал определенным мезофазам с механическими свойствами, напоминающими свойства мыл. Все смектики слоистые с четко определенным расстоянием между слоями. Смектики отличаются от нематика тем, что они более упорядочены и всегда возникают при более низких температурах. Выделяю три основных типа смектической фазы: А, В и С.

Так же различают колончатые дискотические фазы (см. рисунок 3,а) и дискотическую фазу (см. рисунок 3,б).



Рисунок 3 – Структура двух дискотических фаз

При охлаждении изотропного вещества, которое состоит из молекул дискообразной формы и возникает диско – нематическая фаза.

Между данной фазой и нематической есть схожие свойства:

- 1) у данных фаз одинаковая симметрия;
- 2) $\mathbf{n} = -\mathbf{n}$, $\rho = \text{const}$;
- 3) диско нематическая и нематическая фазы являются оптически одноосными.

Так же, в первой главе были рассмотрены свойства жидких кристаллов и их применение в технике и медицине.

Молекулы нематика в среднем ориентированы вдоль общего направления \mathbf{n} . Нарушение конфигурации может возникать в случае наличия ограничивающих поверхностей или магнитных и электрических полей, которые действуют на молекулы. В результате возникает искажение упорядочения, и оно меняется от точки к точке.

При приложении к слою жидкого кристалла электрического или магнитного поля происходит его упругая деформация, она происходит в результате проскальзывания одних слоев относительно других. Упругость ЖК связана с изменением ориентации длинных осей молекул (см. рисунок 4).

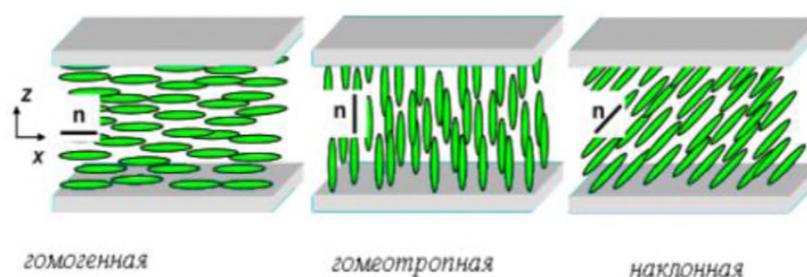


Рисунок 4 – Схемы ориентации молекул нематических жидких кристаллов

Существуют три типа деформации слоя жидкого кристалла.

Растяжению соответствует splay – деформация. Bend – деформация наблюдается в том случае, когда при приложении к слою внешнего поля длинные оси молекул стремятся переориентироваться из исходного в вертикальное положение, которое перпендикулярно направлению вектору

электрического поля. Кручению соответствует *torsion* – деформация или твист – эффект (см. рисунок 5).

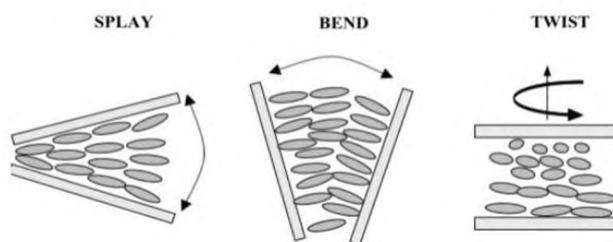


Рисунок 5 – Схемы иллюстрирующие деформацию директора нематического жидкого кристалла

Кристаллы, в большинстве случаев, ограничены стеклянными поверхностями и имеют конечную толщину (см. рисунок 6,а). В результате отклоняющее действие поля вступает в единоборство с силами сцепления молекул жидкого кристалла и стекла, и происходит деформация слоя кристалла и искривление оптической оси, что вызывает изменение его оптических свойств. Это явление получило название эффекта Фредерикса (см.рисунок 6,б).

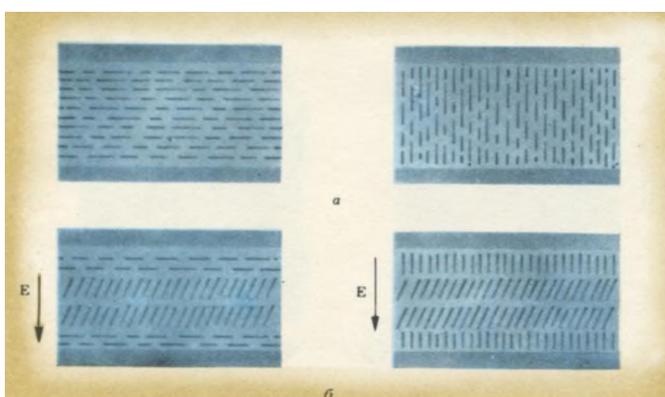


Рисунок 6 – Ориентация слоев нематических кристаллов: а - до воздействия электрического поля; б - при воздействии электрического поля (эффект Фредерикса)

Рассмотрим, как ведут себя кристаллы под воздействием магнитного поля. Поместим кристалл между двумя плоскопараллельными пластинами (см. рисунок 7, а) и включим магнитное поле. Молекулы вблизи стенок

сосуда не меняют своей ориентации. В то же время молекулы внутри объема ориентируются параллельно силовым линиям (см. рисунок 7, б). В результате происходит деформация структуры пленки.

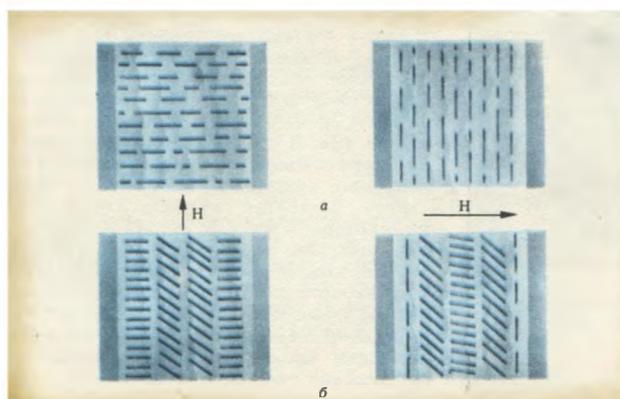


Рисунок 7 – Ориентация слоев нематического кристалла: а - до воздействия магнитного поля; б - при воздействии магнитного поля

Рассмотрен широко используемый в технике твист-эффект. Твист-структуры нематика применяются в различных дисплейных устройствах, ноутбуках, компьютерах, из-за возможности достижения с их помощью более высокого быстродействия и контраста. Все ЖК-дисплеи сами по себе отличаются практически малым потреблением энергии, энергия уходит только на переключение ЖК - ячейки. Так же было рассмотрено устройство обычных ЖК-дисплеев, используемых в качестве цифровых или цифробуквенных табло, в которых устройство ячейки такой простейшей (пассивной) матрицы индикатора, вместо подсветки использующей зеркало, отражающее внешний свет (см. рисунок 8).

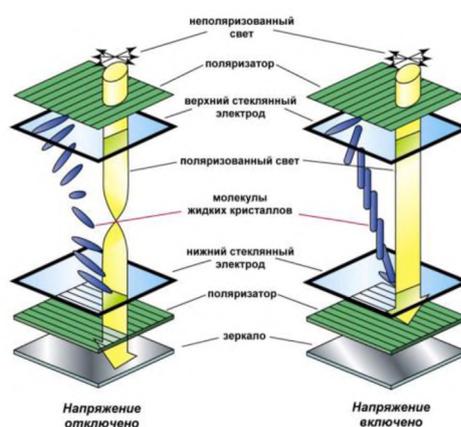


Рисунок 8 – Устройство ЖК – ячейки

Первым массовым продуктом с использованием жидких кристаллов стали электронные часы. Нужная цифра или буква воспроизводится с помощью комбинации небольших ячеек, выполненных в виде полосок.

Используя жидкие кристаллы, можно проводить визуализацию температурных полей дело в том, что некоторые жидкие кристаллы меняют свою окраску под действием изменения температуры.

Так же одним из важных направлений применения жидких кристаллов является термография. Она позволяет получить тепловое изображение объекта, в результате регистрации инфракрасного излучения – тепла.

Инфракрасные приборы ночного зрения используются пожарными, в случае задымления помещения, с целью обнаружения пострадавших в пожаре. Также они нашли применение у служб безопасности и военных служб.

Так же наиболее важное применение термографии используют в современной медицине. ИК - излучение от тела пациента попадает на зеркальную сканирующую систему. Тепловой луч, отразившись от зеркала, проходит через систему линз и далее подает на приемник излучения, который помещают в сосуд, содержащий жидкий азот. Система сканирующего зеркала и линз позволяет изучить малейшую часть тела. Электрический сигнал из приемника передается на усилитель, а затем в блок индикации. В итоге тепловое поле человека отображается в виде черно-белого или цветного изображения на экране прибора.

2. Методические рекомендации для проведения внеклассных занятий по теме: «Жидкие кристаллы»

Внеклассные занятия по физике позволяют расширить знания учащихся по пройденному материалу и расширить понятийную базу учащихся, а так же способствовать профессиональной ориентации учащихся. В выпускной работе предложены методические рекомендации по факультативному изучению жидких кристаллов и их физических свойств в школе, как дополнительного материала к разделу «Агрегатные состояния

вещества», изучаемые в школьном курсе физики. Разработаны два конспекта для внеклассных занятий по жидким кристаллам. Планы-конспекты занятий соответствуют ФГОС. Образовательные, воспитательные и развивающие цели формулируются для каждого занятия, ставятся цели и задачи урока.

Первое факультативное занятие разработано в форме лекции по теме: «Жидкие кристаллы, их виды и свойства», где материал о жидких кристаллах излагается в доступном для понимания учащихся школ. Второе факультативное занятие посвящено практическому применению жидких кристаллов, подробно рассказывается о твист-эффекте, нашедшем широкое применение в современных дисплейных устройствах, так же демонстрация жидкокристаллического индикатора.

Заключение

Таким образом, в выпускной квалификационной работе было рассмотрено еще одно агрегатное состояние вещества – жидкокристаллическое. По своим физическим свойствам жидкие кристаллы занимают промежуточное положение между жидкостями и кристаллическими твердыми телами. Рассмотрены основные виды жидких кристаллов: нематик, смектик, холестерик и колонная фаза, а так же структуры жидких кристаллов их упругие и оптические свойства, поведение жидких кристаллов в электрическом и магнитном полях. Так же было рассмотрено применение жидких кристаллов в технике и медицине.

Тема « Жидкие кристаллы» в школьном курсе физики отсутствует, однако, ее изучение существенно расширяет понятия учащихся об агрегатных состояниях вещества.

В итоге проделанной работы было составлено методическое пособие для внеклассного занятия к теме «Агрегатное состояние вещества». Выбранный уровень изложения материала ориентирован на объем знаний школьников 10 – х классов. Так же разработаны два плана – конспекта внеклассных занятий с презентациями уроков по следующим темам «Жидкие кристаллы их виды и свойства» и «Применение жидких кристаллов». Таким образом, поставленное задание вполне можно считать выполненным.

Список использованных источников

1. Беляков, В.А. Жидкие кристаллы / В.А. Беляков. – М.: Знание, 1986. – 160 с.
2. Чандрасекар, С. Жидкие кристаллы / С.Чандрасекар. – М.: Мир, 1980. – 343 с.
3. П. де Жен. Физика жидких кристаллов/ П.де Жен; пер А.А. Веденова. – М.: Мир, 1980. – 343 с.
4. Пикин, С.А. Жидкие кристаллы / С.А. Пикин, А.М. Блинов. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 208 с.
5. Блинов, Л.М. Жидкие кристаллы: Структура и свойства / Л.М.Блинов. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 480 с.
6. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. В 10 т. Т.7. Теория упругости / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2003. – 260 с.
7. Сонин, А.С. Введение в физику жидких кристаллов / А.С. Сонин. – М.: Наука, 1983. – 319 с.
8. Захаров, А.В. Физика твердого тела / А.В.Захаров, М.Н.Цветкова, В.Г.Корсаков// Упругие свойства жидких кристаллов. – 2002 . – Т.44. №9. – 1715 с.
9. Жданов, С.И. Жидкие кристаллы/ С.И.Жданов. – М.: Химия, 1979. – 328 с.
10. Карих, Е.Д. Оптоэлектроника / Е.Д. Карих. – М.: БГУ, 2002. – 107 с.
11. Адамчик, А. Жидкие кристаллы / Адамчик. А, Стругальский.З. – М.: Современное радио, 1979. – 160 с.
12. Давыдов, В.Н. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие/ В.Н. Давыдов. – Томск.: ТУСУР, 2016. – 139 с.
13. Коншина, Е.А. Оптика жидкокристаллических сред / Е.А.Коншина. - Учебное пособие СПб.: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 128 с.

14. Самарин, А.В. Жидкокристаллические дисплеи/ А.В.Самарин. – М.: Салон – Р, 2002. – 310 с.
15. Лузин, В.И. Основы телевизионной техники: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования/ В.И.Лузин. – М.: Салон – Пресс, 2003. – 426 с.
16. Ермаков, С.Ф. Жидкие кристаллы в технике и медицине/ С.Ф.Ермаков, В.Г.Родненков. – М.:ЧеРо, 2002. – 411 с
17. Честяков, И.Г. Эти удивительные жидкие кристаллы. / И.Г.Честяков. – М.: Букиническое издание, 1966. – 128 с.
18. Томилин, М.Г. Дисплеи на жидких кристаллах / М.Г.Томилин, Г.Е. Невская. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 108 с.
19. Беляев, В.В. Вязкость нематических жидких кристаллов/ В.В. Беляев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 222 с.
20. Пасынков, В.В. Материалы электронной техники/ В.В. Пасынков, В.С.Сорокин. – СПб.: Лань, 2001. – 368 с.

