

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и методико-
информационных технологий

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ И ИХ СВОЙСТВА.

**Методические рекомендации для факультативных занятий по теме:
«Агрегатные состояния вещества» в школьном курсе физики**

**АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
СПЕЦИАЛИСТА**

специальности 050203 – «Физика»

студентки 6 курса 633 группы

физического факультета

Корольковой Натальи Анатольевны

Научный руководитель:

к.ф.-м.н., доцент



30.06.16.

В.П. Вешнев

Зав. кафедрой ФиМИТ,

д.ф.-м.н., профессор



30.06.16.

Б.Е. Железовский

Саратов 2016

Введение. Из школьного курса физики хорошо известно, что вещества могут находиться только в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. Однако, вещества, состоящие из длинных вытянутых молекул, могут образовывать еще одно агрегатное состояние - жидкокристаллическое. Сегодня известно несколько десятков тысяч органических веществ, которые могут находиться в таком состоянии.

Среди физических свойств жидких кристаллов особый интерес представляют упругие свойства нематических жидких кристаллов. Параметры упругости, контролирующие ориентационные эффекты, вызванные внешними полями, являются важными параметрами для использования нематических жидких кристаллов в разнообразных устройствах, таких как жидкокристаллические дисплеи, благодаря малому потреблению энергии, поэтому тема выпускной квалификационной работы, несомненно, является актуальной в наше время.

Школьный курс предполагает изучение темы «Агрегатные состояния вещества». Агрегатные состояния вещества изучаются в базовом курсе физики. Для более расширенного изучения агрегатных состояний вещества рекомендуется включить в школьный курс физики материал «Жидкие кристаллы» в форме факультативных занятий.

Цель работы: Разработать для учителей методическое пособие для факультативных занятий в школьном курсе физики к теме «Агрегатные состояния вещества».

Объект исследования: Методика проведения факультативных занятий по теме: «Агрегатные состояния вещества» «Жидкие кристаллы» в школьном курсе физики.

Задачи выпускной квалификационной работы:

а) рассмотрение основных типов жидких кристаллов, их структуры и упругих свойств;

б) разработка тематических планов факультативных занятий по изучению жидких кристаллов, для школьного курса физики.

Новизна выпускной квалификационной работы в том, что тема «Жидкие кристаллы» в школьном курсе физики отсутствует и, как следствие, таких методических пособий для учителей еще не было.

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

Главы называются:

- 1) Жидкие кристаллы. Текстура и физические свойства жидких кристаллов;
- 2) Упругие свойства нематических жидких кристаллов;
- 3) Методические рекомендации по факультативному изучению жидких кристаллов в школе.

Глава 1. Жидкие кристаллы. текстура и физические свойства жидких кристаллов. По своим физическим свойствам жидкие кристаллы представляют собой промежуточное состояние вещества (мезофазу), сочетающее свойства твердого и жидкого состояний. Как любые жидкости они принимают форму того сосуда, в который его поместили. Они текут как обычные вязкие жидкости. Наряду с этим, жидкие кристаллы обладают также свойствами кристаллов: молекулы жидких кристаллов частично упорядочены. От обычных кристаллов жидкие кристаллы отличает отсутствие жесткой кристаллической решетки, то есть отсутствует упорядочение центров масс молекул, подвижность молекул и сильная реакция на изменение направления оси соседних молекул.

Жидкие кристаллы состоят из сложных органических молекул продолговатой формы. В зависимости от упорядочения осей молекул жидкие кристаллы разделяются на три разновидности. В работе рассмотрены основные типы жидких кристаллов: нематические, смектические и холестерические, их текстура и физические свойства.

В определенном интервале температур молекулы жидкого кристалла демонстрируют ориентационный порядок благодаря своей продолговатой форме, соответствующей нематической фазе. Молекулы по-прежнему способны передвигаться в жидкости, но их длинные оси в слое

нематического жидкого кристалла ориентированы в определенном направлении. Более сложный позиционный порядок молекул характерен для смектических (smectic) жидких кристаллов, в которых центры молекулярной массы расположены в слоях, а движение ограничено главным образом внутри этих слоев. В холестерических жидких кристаллах молекулы расположены в слоях, а продольные оси одного слоя развернуты на небольшой угол относительно соседнего слоя.

Название «жидкие кристаллы» обычно применяется для смектиков и для нематиков. Для построения жидких кристаллов используют вытянутые объекты, например, небольшие органические молекулы. Классическим примером небольших органических молекул является п-азоксианизол (ПАА) или N-(п-метоксибензилиден)-п-бутиланилин (МББА).

В работе приводятся схематическое расположение молекул в жидких кристаллах. На рисунке 1 представлено схематическое расположение молекул в холестериках.

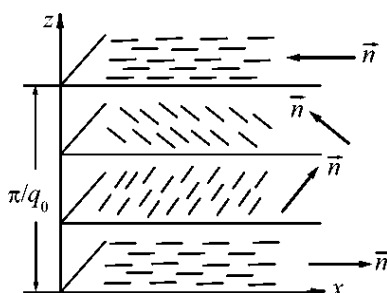


Рис. 1. Расположение молекул в холестерической мезофазе.

В расположении центров тяжести молекул нематиков дальний порядок отсутствует, нематики текут как жидкости. В направлении молекул наблюдается определенный порядок – они имеют тенденцию устанавливаться параллельно некоторой общей оси, характеризующейся единичным вектором, или директором. Его направление определяется слабыми силами, такими как ориентирующее влияние стенок сосуда.

Холестерики являются искаженной формой нематической фазы. Это спиральное искажение, полученное растворением в нематической жидкости хиральных (отличающихся от своего зеркального изображения) молекул.

Такое искажение возникает у чистого эфира холестерина. Холестерик очень похож на нематическое вещество. Здесь так же отсутствует дальний порядок в расположении центров тяжести, а молекулы ориентированы преимущественно вдоль оси, направленной по вектору-директору \mathbf{n} . (В тексте обозначим вектор-директор \mathbf{n} жирным шрифтом). Однако \mathbf{n} не имеет постоянного направления в пространстве .

Смектики – это мезофазы с механическими свойствами, напоминающими свойства мыл. Со структурной точки зрения все смектики слоистые с четко определенным расстоянием между слоями, которое можно измерить с помощью дифракции рентгеновских лучей. Смектики более упорядочены, чем нематики. Для данного вещества смектическая фаза всегда возникает при температурах, более низких, чем нематическая.

Различают три основных типа смектиков: смектики А, смектики С и смектики В. Кроме простых типов, описанных выше термотропные смектики могут быть и более сложных типов, которые были названы типами D, E, F, G.

Глава 2. Упругие свойства нематических жидких кристаллов. Молекулы нематика в среднем ориентированы вдоль общего направления $\square \mathbf{n}$. Однако наличие ограничивающих поверхностей (стенки сосуда) или внешние поля (магнитные, электрические), действующие на молекулы, нарушают их конфигурацию. Возникает упругая деформация. Упругость жидких кристаллов связана с изменением ориентации длинных осей молекул. Деформация жидкого кристалла отличается от деформации растяжения, сжатия или кручения твердого тела, так как она происходит в результате проскальзывания одних слоев относительно других.

При положительных значениях диамагнитной и диэлектрической проницаемости $\Delta\chi$ и $\Delta\epsilon$ директор стремится установиться вдоль поля, при отрицательных – перпендикулярно ему.

Поэтому в зависимости от знака диэлектрической анизотропии вещества жидкого кристалла формируется соответствующая исходная ориентация молекул.

Так для жидкого кристалла с положительной $\Delta\epsilon$ используется исходная гомогенная ориентация молекул, а для жидких кристаллов с отрицательной диэлектрической анизотропией начальная ориентация молекул в слое должна быть гомеотропной.

Основным типам деформации твердого тела соответствуют три типа деформации слоя жидкого кристалла.

Растяжению соответствует *splay* - деформация. Если $\Delta\epsilon > 0$, а директор жидкого кристалла в исходном состоянии параллелен поверхности электрода, то действие внешнего поля вызывает S - эффект. В результате этого эффекта длинные оси молекул стремятся развернуться вдоль вектора электрического поля.

Изгибу соответствует *bend* - деформация. Если $\Delta\epsilon < 0$ и в исходном состоянии директор жидкого кристалла направлен перпендикулярно поверхности электродов. При приложении к слою жидкого кристалла внешнего поля длинные оси молекул стремятся переориентироваться из исходного в вертикальное положение, перпендикулярно направлению вектора электрического поля и наблюдается В – эффект. Кручению соответствует *torsion* - деформация или твист - эффект. Если при $\Delta\epsilon > 0$ и в исходном состоянии ориентация директоров близи поверхностей, ограничивающих слой жидкого кристалла, взаимно перпендикулярны, то возникает закрученная структура, которая поворачивает плоскость поляризации проходящего пучка света на 90° .

На рисунке 2 приведены схемы иллюстрирующие деформацию директора нематического жидкого кристалла в случаях *splay*-, *bend*-деформации и твист-эффекта.

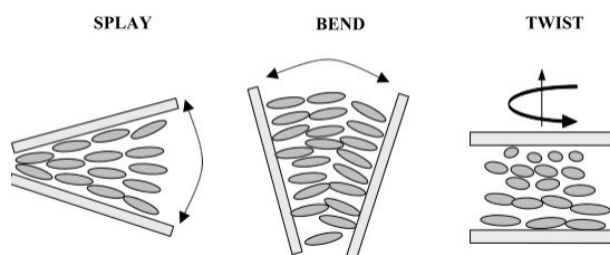


Рис. 2. Схемы, иллюстрирующие деформацию директора нематического жидкого кристалла

Изменение положения директора в пространстве вызывает увеличение свободной энергии. Для того чтобы минимизировать свободную энергию на единицу объема образца молекулы будут переориентироваться при приложении электрического поля к слою жидкого кристалла, заключенному между двумя ограничивающими его ориентирующими поверхностями. Это условие лежит в основе феноменологической теории упругости, используемой для определения ориентации директора внутри данной ЖК структуры.

Рассмотрим нематик в определенном искаженном состоянии, описываемом переменным директором $\mathbf{n}(\mathbf{r})$.

Свободную энергию деформации нематических жидких кристаллов для учащихся школ можно представить следующей формулой

$$\Delta F = \sum_i \frac{K_i X_i^2}{2},$$

где K_i – константы упругой деформации; X_i – векторная характеристика деформации, которая берется при постоянной температуре.

Свободная энергия деформации жидких кристаллов аналогична потенциальной энергии упругодеформированного тела по закону Гука. Для каждого вида деформации свой X_i ($i=1,2,3$).

Способы наблюдения этого эффекта основаны на измерении зависимости какого-либо анизотропного параметра вещества: диэлектрической постоянной, электропроводности, теплопроводности, в результате приложения к слою жидкого кристалла внешнего поля.

Далее подробно рассматривается работа ячейки черно-белого дисплея.

Глава 3. Методические рекомендации по факультативному изучению жидких кристаллов в школе Факультативные занятия по физике позволяют расширить знания учащихся по пройденному материалу и расширить

понятийную базу учащихся, а так же способствовать профессиональной ориентации учащихся.

Для более полного понимания изучаемого материала рекомендуется сочетать изложение материала с самостоятельной работой учащихся. Для этого можно использовать практикумы по решению задач, выполнение учащимися самостоятельного физического эксперимента, самостоятельное выполнение заданий, связанных с обработкой литературных источников.

В выпускной квалификационной 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. Разработано два плана-конспекта факультативных 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 и их свойства», где материал о жидких кристаллах излагается в доступном для понимания учащихся школ виде. Говорится о физических свойствах жидких кристаллов и твист-эффекте, нашедшем широкое применение в современных дисплейных устройствах. Второе факультативное занятие посвящено практическому применению жидких кристаллов.

Заключение. Таким образом, в выпускной квалификационной работе рассмотрено ещё одно агрегатное состояние вещества – жидкокристаллическое. Рассмотрены три типа жидких кристаллов: нематик, смектик, холестерик, их физические свойства, необходимые для расширения понятийной базы учащихся школ об агрегатных состояниях вещества. Представлены планы-конспекты двух факультативных занятий, реализующих эти задачи.