



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
“Московский физико-технический институт(государственный  
университет)”

Факультет молекулярной и химической физики

Вопрос по выбору

К экзамену по общей физике  
раздела оптики

**“Твист-эффект нематического жидкого кристалла”**

Работу выполнил  
студент 2-го курса  
очного отделения  
Абдрахимов Даниил Александрович

Москва, 2018

## План вопроса повыбору:

1. Жидкие кристаллы
2. Деформация нематического жидкого кристалла в электрическом поле
3. Твист-эффект нематического жидкого кристалла

### 1. Жидкие кристаллы

Жидкий кристалл -наноструктурированный функциональный материал, широко используемый в различных дисплеях и представляющий интерес как для фундаментальных, так и для прикладных научных исследований в области фотоники и оптоинформатики.

Жидкие кристаллы представляют собой мезофазу вещества, сочетающую в себе свойство твердого и жидкого состояний. Благодаря текучести, можно создавать тонкие слои жидкого кристалла, порядка несколько десятков микрометров. В отличие от обычных жидкостей, жидкие кристаллы обладают свойствами упорядочивания в пространстве и формированию дальнего порядка пространственной ориентации молекул. В зависимости от упорядочения осей молекул жидкие кристаллы разделяются на три разновидности: нематические, смектические и холестерические.



Изотропное  
состояние



Оrientированная  
нематическая  
мезофаза



Оrientированная  
смектическая  
мезофаза

История жидких кристаллов началась более 100 лет назад с открытия австрийского биолога Фридриха Рейнитцера и работ известного немецкого физика Отто Лемана, обратившего свое внимание на необычные оптические свойства некоторых жидкостей. Леман показал, что эти соединения являются новым фазовым состоянием вещества - жидкими кристаллами

## 2. Деформация нематического жидкого кристалла в электрическом поле

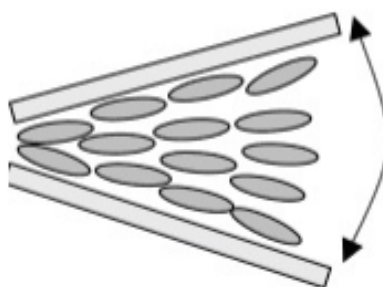
Жидкие кристаллы при воздействии на них электрического или магнитного поля начинают упруго деформироваться. Это происходит благодаря их подвижной структуре, позволяющей изменять ориентацию жидких кристаллов под влиянием даже слабых внешних воздействий.

Исходная ориентация молекул формируется в зависимости от знака диэлектрической анизотропии.

Если в исходном состоянии направления вектора электрического поля и директора жидкого кристалла не соответствуют условию минимума свободной энергии, то в электрическом поле произойдет переориентация молекул. Существует три типа деформации слоя жидкого кристалла, соответствующие деформации твердого тела.

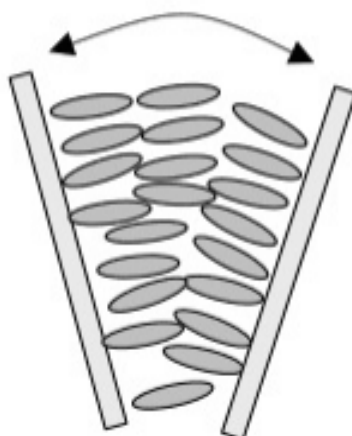
**Растяжению** соответствует *splay* -деформация. При параллельном расположении директора кристалла и электрода происходит так называемый S -эффект, в результате которого длинные оси молекул стремятся развернуться вдоль вектора электрического поля.

**SPLAY**

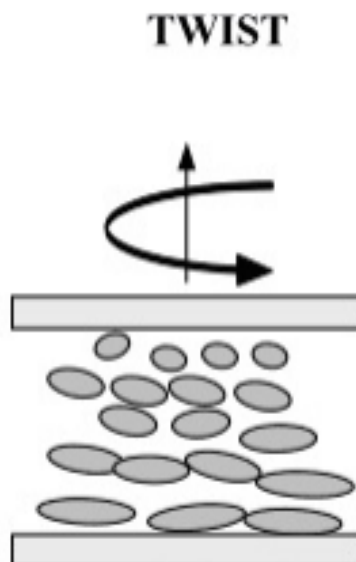


**Изгибу** соответствует *bend* -деформация, которая происходит при перпендикулярном расположении директора кристалла и электрода. При приложении к слою жидкого кристалла внешнего поля, длинные оси стремятся переориентироваться из своего исходного положения в вертикальное, в направлении перпендикулярном направлению вектора электрического поля.

**BEND**



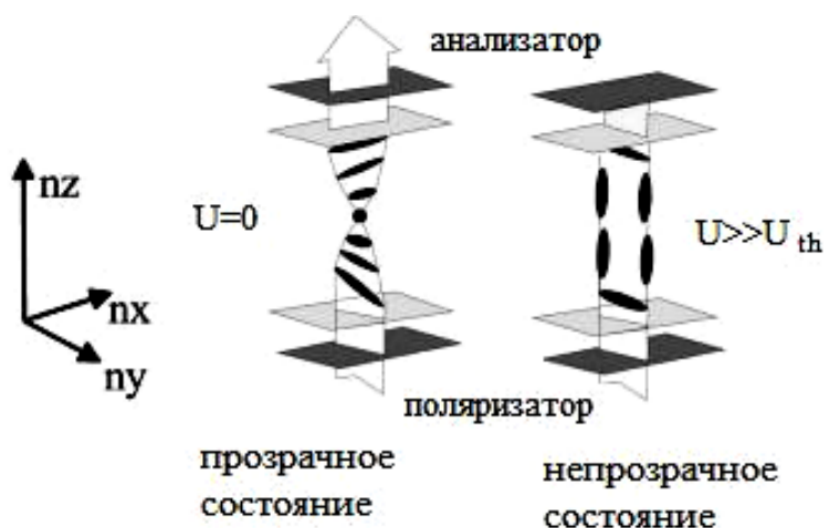
**Кручению** соответствует *torsion* -деформация или *twist* -эффект. Кручение происходит, когда ориентация директоров вблизи поверхностей, ограничивающих кристалл, взаимно перпендикулярны. Внешнее поле, приложенное к этому слою, вызывает *twist* деформацию, которая разворачивает директор вдоль вектора электрического поля.



### 3. Твист-эффект нематического жидкого кристалла

Твист-структуры нематика широко используются в различных дисплеях ноутбуков, телефонов и других коммуникационных устройств, благодаря возможности достигать с их помощью высокого быстродействия и контраста.

Твист -структура поворачивает поворачивает вектор поляризации света на 90 градусов и свет проходит через слой жидкого кристалла в скрещенных поляризаторах. После того, как мы приложим к ячейке электрическое поле, директор разворачивается, из-за чего происходит ослабление пропускания. После того, как директор приходит в вертикальное положение, свет перестает проходить через эту структуру.



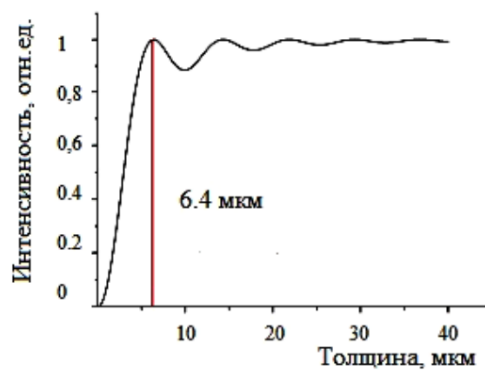
Если направление директора на фронтальной подложке совпадает с осью поляризатора, то интенсивность света, прошедшего через ячейку будет равна.

$$I = \frac{\sin^2(\varphi \sqrt{1+q^2})}{1+q^2}$$

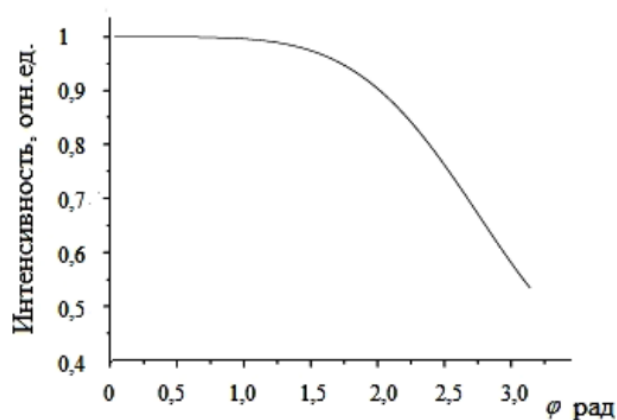
где  $\varphi$  - угол закрутки твиста, а  $q = \pi d \Delta n / \lambda$ . Для 90о твист-эффекта  $\varphi = \pi/2$ . Интенсивность пропускания  $I$  является осциллирующей функцией параметра  $d/\lambda$ . Полагая, что для первого минимума кривой пропускание  $I = 0$ , при решении уравнение, минимальная толщина слоя ЖК, при котором достигается максимальный контраст:

$$d_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\lambda}{\Delta n}$$

Изменение интенсивности пропускания твист ячейки в зависимости от толщины слоя иллюстрируется на графике.



При изменении угла закрутки твист структуры в электрическом поле интенсивность падает. Расчетная зависимость интенсивности прошедшего излучения от угла закрутки показана на графике.



### **Некоторые термины:**

**Дальний порядок** - упорядоченность во взаимном расположении атомов или молекул в веществе, которая повторяется на неограниченно больших расстояниях.

**Нематический кристалл** – кристалл, состоящий из удлинённых молекул, в среднем ориентируемых вдоль определённого направления. Положение молекул, в отличие от твёрдого кристалла не являются фиксированными. Это связано с текучестью нематической фазы.

**Анизотропия** -различие свойств среды в различных направлениях внутри этой среды.

Вопрос по выбору основывается на данных статьи университета ИТМО, Коншиной Е. А.  
“Оптика жидкокристаллических сред”.

Ссылка на статью: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1004.pdf>

Демонстрация работы монитора:

<https://www.youtube.com/watch?v=5bDpX6B9MUo>

