

КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

УДК 532.783

На правах рукопису

РЕШЕТНЯК Віктор Юрійович

ОРІЄНТАЦІЙНЕ ВПОРЯДКУВАННЯ ТА
СВІТЛОІНДУКОВАНІ ЯВИЩА В ПРОСТОРОВО
ОБМЕЖЕНИХ РІДКИХ КРИСТАЛАХ

01.04.02 - теоретична фізика.

01.04.14 - теплофізика і молекулярна фізика

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
доктора фізико-математичних наук

Київ-1994

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті хімії поверхні Національної
Академії наук України

Офіційні опоненти:

доктор фізико-математичних наук, професор Чалий Олександр
Васильович

доктор фізико-математичних наук, професор Клімушева Гертруда
Василівна

доктор фізико-математичних наук, професор Немцов Валентин
Борисович

Провідна організація: Одеський державний університет
ім. І. Мечнікова

Захист відбудеться " 27 " жовтня 1994 р. о 14³⁰ на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 068.1822 при Київському університеті ім.
Тараса Шевченка за адресою: 252022, Київ-22, проспект академіка
Глушкова, 6, фізичний факультет, ауд. 500

З дисертацією можна ознайомитися в Науковій бібліотеці Київського
університету ім. Тараса Шевченка

Автореферат розісланий "22" листопада 1994 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Верлан

Е.М.Верлан

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777272 (W)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Рідкі кристали (РК) являють собою проміжні стани речовини (мезофази) між ізотропною рідиною та твердим тілом, поєднуючи такі властивості, як текучість з одного боку, і анізотропія фізичних властивостей з іншого. Особливості властивостей рідких кристалів обумовлені орієнтаційним впорядкуванням їх молекул. Дальні орієнтаційні кореляції молекул рідких кристалів призводять до того, що границя рідкий кристал-орієнтуюча поверхня відчувається не тільки на відстанях порядку міжмолекулярної взаємодії, а визначає просторове поле директора в усьому об'ємі комірки РК. Тому взаємодія з орієнтуючими поверхнями, що обумовлена силами різної природи (дисперсійними, полярними, анізотропно-пружними та іншими) суттєво впливає на характер фізичних процесів у РК, а часто і визначає їх. Від величини енергії взаємодії РК з орієнтуючою поверхнею залежать такі важливі характеристики РК-комірок як порогове поле переходу нематик-холестерик, чутливість та просторова розрізняюча здатність, час переорієнтації директора, вольт-контрасна характеристика та інші.

За останній час накопичено багатий фактичний матеріал та розроблено технології отримання рідкого кристала з потрібною орієнтацією [1-3]. Проте, незважаючи на великий обсяг досліджень природи орієнтуючої дії поверхні, розробку різних методик визначення величини енергії взаємодії РК з орієнтуючою поверхнею, вплив взаємодії РК з поверхнею на структуру поля директора, флуктуації орієнтаційного порядку у просторово обмежених РК вивчені недостатньо.

Останнім часом активно досліджуються гетерогенні системи у вигляді краплин РК капсульованих у полімерній матриці [4]. Практичне застосування таких капсульованих нематиків базується на зміні розсіяння світла при прикладанні до них електричного поля, що змінює орієнтацію директора всередині краплин таким чином, щоб показники

заломлення РК та полімера були однаковими для падаючого світла. У таких системах особливо важлива взаємодія з поверхнею, яка впливає на фазовий перехід, просторовий розподіл директора та параметра порядку всередині краплини, орієнтацію краплин у матриці. Необхідно знати, як впливає на розсіяння світла орієнтаційний порядок як всередині краплин, так і краплин як цілого, вміти знаходити ефективні електродинамічні параметри дисперсій.

Отже дослідження впливу взаємодії рідкий кристал поверхня на орієнтаційний порядок, оптичні властивості, фазовий перехід та інші є важливою і актуальною задачею.

Практичне використання рідких кристалів базується на зміні просторового розподілу директора під впливом зовнішніх чинників: світла, електричного та магнітного полів, механічних напруг, нагріву і т.п. Поглинання світла може викликати конформаційні перетворення молекул РК, що призведе до зміни міжмолекулярної взаємодії, а отже до нелінійного оптичного відгуку комірки, так званої конформаційної оптичної нелінійності. Перші експериментальні роботи [5] показали, що нелінійна чутливість на декілька порядків вища ніж у звичайних ізотропних рідинах. Побудова теорії такої нелінійності дозволить описати отримані експериментальні результати та передбачити нові. Конформаційні перетворення молекул РК або домішок можуть суттєво впливати також на різні порогові явища, наприклад, такі як світлоіндукований перехід Фредерікса [6]. Тому актуальною є також задача дослідження світлоіндукованих явищ, пов'язаних з конформаційними ступенями вільності молекул.

Метою дисертації є теоретичне вивчення впливу взаємодії рідких кристалів з орієнтуючими поверхнями на орієнтаційний порядок та орієнтаційні переходи в комірках РК; розгляд світлоіндукованих явищ, пов'язаних з конформаційними ступенями вільності молекул; дослідження обумовлених орієнтаційною структурою та

фотоперетвореннями молекул оптичних явищ у просторово обмежених РК. У зв'язку з цією метою виникають наступні *завдання дослідження*:

1. Розглянути вплив взаємодії холестеричних рідких кристалів (ХРК) з орієнтуючою поверхнею комірки та світлоіндукованої зміни хіральності молекул на структуру поля директора ХРК та динаміку його зміни.

2. Теоретично дослідити вплив орієнтуючих поверхонь на кореляції орієнтаційних флуктуацій та розсіяння світла у комірках нематичних рідких кристалів (НРК).

3. Побудувати теорію конформаційної оптичної нелінійності нематичних рідких кристалів.

4. Побудувати теорію світлоіндукованої переорієнтації директора у комірках НРК, що поглинають світло.

5. Дослідити орієнтаційне впорядкування краплин рідкого кристалу у полімерних матрицях та його вплив на фазовий перехід та розсіяння світла.

Наукова новизна. В дисертаційній роботі вперше отримано такі результати:

Встановлена залежність кроку холестеричної спіралі у комірці рідкого кристалу від енергії взаємодії директора з орієнтуючими поверхнями, величини кута переднахилу на них та закручуючої здатності холестерика. Остання при цьому може змінюватися внаслідок конформаційних перетворень у полі світлової хвилі, що поглинається. Передбачено "зонну" структуру відбитого світла при поглинанні просторово неоднорідного випромінювання, що викликає конформаційну перебудову хіральних молекул (утворення світлоіндукованих домішкових молекул (СДМ)), яка знайшла експериментальне підтвердження. Розраховано характерні часи орієнтаційної релаксації спіралі холестерика після вимкнення світла, що утворювало СДМ.

Знайдено кореляційні функції флуктуацій директора та параметра порядку нематичного рідкого кристалу з урахуванням енергії взаємодії з поверхнею. Показано, що ця взаємодія впливає на температурну поведінку кореляційної функції флуктуацій та на радіус кореляцій флуктуацій.

Отримано закон дисперсії для флуктуаційних мод директора нематика. Встановлено, що енергія взаємодії рідкого кристалу з поверхнею може мати значний вплив на розсіяння світла та його кутову залежність.

Розвинено теорію конформаційної оптичної нелінійності, з якої випливає, що значення параметрів оптичної кубічної нелінійності суттєво залежать від ступеня орієнтаційного впорядкування молекул. Температурна залежність параметрів нелінійності у нематичній фазі обумовлена зміною з температурою параметрів порядку.

Показано, що кореляція орієнтаційних флуктуацій поляризованості молекул нематика та коефіцієнта поглинання світла призводить поблизу точки фазового переходу до критичного росту з температурою кубічного по електричному полю вкладу у діелектричну проникність ізотропної фази нематика.

Запропоновано теорію переорієнтації директора нематика в полі світлової хвилі, що поглинається. Отримано, що світлоіндуковане зростання закручуючої здатності рідкого кристалу викликає зниження порогу переорієнтації директора в електричному полі. Показано, що порогове значення поля при появі домішкових дипольних молекул може як підвищуватися, так і понижуватися в залежності від знака анізотропії коефіцієнта поглинання та кута постійного диполя з довгою віссю молекули. Для типових параметрів рідкого кристалу зміна величини порогу може бути на порядки, що дозволяє пояснити експериментально знайдене зниження порога.

Визначена залежність порогового поля від просторового періоду інтенсивності світла, енергії зчеплення та параметрів рідкого кристала. У разі безпорогової переорієнтації директора його просторовий розподіл являє собою суперпозицію ґраток на конформаційно-орієнтаційній нелінійності. Дифракційна ефективність цих ґраток може значно змінюватися у порівнянні з ефективністю ґраток на одній лише орієнтаційній нелінійності.

Знайдено просторовий розподіл директора та параметра порядку капсульованих у полімерній матриці рідких кристалів. Розраховано кореляційну функцію флуктуацій параметра порядку в краплині рідкого кристалу та зсув температури фазового переходу.

У рамках наближення Релея-Ганса розраховано переріз розсіяння світла капсульованими нематиками з урахуванням орієнтаційного порядку оптичних осей краплин та їх форми. Показано, що анізотропія діелектричної проникності сферичної краплини НРК призводить до додаткового внеску у переріз розсіяння світла краплинами, який залежить від ступеня орієнтаційного впорядкування їх оптичних осей.

Неоднорідний розподіл директора всередині краплин, обумовлений взаємодією директора з поверхнею краплини, також може помітно змінювати переріз розсіяння при деяких геометріях експерименту.

Розраховано компоненти тензора ефективної діелектричної проникності полімера з диспергованими в ньому краплинами в залежності від ступеня орієнтаційної впорядкованості краплин, їх форми та анізотропії.

Практичне значення роботи. Результати роботи можуть бути використані для експериментального визначення енергії взаємодії директора рідкого кристалу з поверхнею. Побудована теорія конформаційної оптичної нелінійності дозволяє пояснити залежність від орієнтаційного впорядкування параметрів нелінійності та дифракційної

інтенсивності голографічних ґраток на конформаційній нелінійності. Знайдені в роботі кореляційні функції флуктуацій директора та параметра порядку в комітках рідкого кристалу можуть бути використані для пояснення експериментальних даних по розсіянню світла у просторово обмежених рідких кристалах, в тому числі поблизу температури фазового переходу в ізотропну рідину. Зроблені в дисертації розрахунки та оцінки порога переорієнтації директора у полі світлової хвилі, що поглинається, дозволяють пояснити фізичні причини експериментально знайденої значної зміни порога переорієнтації та його немонотонної температурної залежності. Розрахований в дисертації вплив орієнтаційної впорядкованості оптичних осей краплин, що дисперговані в полімерній матриці, на розсіяння світла, а також знайдені ефективні значення тензора діелектричної проникності такої гетерогенної системи можуть бути застосовані для оптимізації параметрів дисплеїв на їх основі.

На захист виносяться наступні положення:

1. Теорія впливу енергії взаємодії директора холестеричного рідкого кристалу з орієнтуючими поверхнями комірки, кута переднахилу на цих поверхнях та світлоіндукованої зміни хіральності на поле директора та характерні часи його зміни.

2. Розрахунок кореляційної функції флуктуацій директора та параметра порядку в комітці нематичного рідкого кристалу, який встановлює їх залежність від енергії взаємодії РК з поверхнею і дозволяє оцінити енергію взаємодії за експериментальними даними.

3. Механізм критичного зростання параметрів нелінійності в ізотропній фазі з температурою при наближенні до точки фазового переходу. Значення компонент тензора кубічної конформаційної оптичної нелінійності залежать від параметрів орієнтаційної впорядкованості та характерних часів орієнтаційної релаксації в нематичній фазі.

4. Поріг світлоіндукованої переорієнтації директора та дифракційна ефективність динамічних голографічних ґраток на конформаційно-орієнтаційній нелінійності залежать від енергії взаємодії директора з поверхнею, просторового періоду інтенсивності світла та можуть суттєво (на порядки) змінюватися внаслідок фотоперетворень молекул РК.

5. Теорія впливу взаємодії з поверхнею капсульованих рідких кристалів на орієнтаційний порядок всередині краплин, його флуктуації, зсув температури фазового переходу в ізотропну рідину; залежність перерізу релеєвського розсіяння світла та ефективної діелектричної проникності від орієнтаційного впорядкування осей краплин.

Науковий напрямок, який розвивається у роботі - теорія орієнтаційного впорядкування та світлоіндукованих явищ у просторово обмежених рідких кристалах з конформаційними ступенями вільності молекул.

Вклад автора у роботи, виконані у співавторстві і включені в дисертацію, полягає у формуванні наукового напрямку, загальній постановці переважної більшості завдань, теоретичному їх вирішенні, аналізі і трактуванні одержаних результатів. Експериментальні результати отримані співавторами відповідних робіт.

Апробація роботи. Матеріали дисертації були представлені на V та VI Всесоюзних конференціях по рідких кристалах та їх практичному використанню (Іваново-1985, Чернігів-1988), VII Вавилівській конференції з нелінійної оптики (Новосибірськ-1981), IV, V, VI, VII Конференціях соціалістичних країн по рідких кристалах (Тбілісі-1981, Одеса-1983, Пардубіце-1987, Краків-1989), VII, VIII, IX, X Республіканських школах "Спектроскопія молекул і кристалів" (Одеса-1985, Полтава-1987, Тернопіль-1989, Суми-1991), Всесоюзних нарадах з оптики рідких кристалів (Москва-1983, 1987; Красноярськ-1990), Міжнародній конференції HOLOGRAPHY-89 (Софія-1989), II, III, IV

Міжнародних симпозіумах з оптики рідких кристалів (Турин-1989, Цетраро-1990, Орландо-1991, Шіофок-1993), Літній Європейській конференції по рідких кристалах (Вільнюс-1991), X Зимовій Європейській конференції по рідких кристалах (Флімс-1993), XV Міжнародній конференції по рідких кристалах (Будапешт-1994) I и II Різдвяних конференціях по рідких кристалах (Київ-1991,1993). Результати обговорювались також на семінарах в Інститутах хімії поверхні, фізики, теоретичної фізики, ядерних досліджень і металофізики НАН України; Інституті кристалографії РАН; фізичних факультетах Єреванського та Київського університетів, Інституті фізики твердого тіла Угорської АН (Будапешт).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 47 наукових статей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти глав, висновків і списку цитованої літератури. Вона викладена на 236 сторінках друкованого тексту і містить 1 фото, 14 малюнків та 1 таблицю. Бібліографія містить 214 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми досліджень, сформульована мета роботи і вказані задачі дослідження, показана новизна отриманих результатів, їх практичне значення та викладені положення, що захищаються. Кожна глава має стислий огляд літератури, що відноситься до предмету дослідження.

Глава 1. Структура поля директора в комірці холестеричного рідкого кристала.

Перша глава присвячена дослідженню впливу взаємодії холестеричного рідкого кристала з орієнтуючими поверхнями, кута переднахилу на них і світлоіндукованої зміни хіральності молекул на поле директора та динаміку його зміни, середні значення тензора діелектричної проникності.

Для отримання рівнянь, що описують поле директора у комірниці холестеричного рідкого кристала в параграфі 1.2 записано вільну енергію з урахуванням взаємодії з поверхнею

$$F_V = \frac{1}{2} \int_V dV \left[K_1 (\operatorname{div} \vec{n})^2 + K_2 \left(\vec{n} \cdot \operatorname{rot} \vec{n} + \frac{2\pi}{p_0} \right)^2 + K_3 [\vec{n} \times \operatorname{rot} \vec{n}]^2 \right] - \frac{W_1}{2} \int dS_1 (\vec{n} \vec{e}_1) - \frac{W_2}{2} \int dS_2 (\vec{n} \vec{e}_2), \quad (1)$$

де \vec{n} - директор рідкого кристалу, p_0 - крок спіралі у необмеженому холестерику, значення якого визначається закручуючою здатністю молекул ХРК або оптично активної добавки, \vec{e}_1, \vec{e}_2 - вектори осей легкого орієнтування директора на обмежуючих площинах комірки, K_i - пружні сталі, W_i - енергія взаємодії директора з орієнтуючими поверхнями. У сферичній системі координат

$$\vec{e}_i = (\cos \phi_i, \sin \phi_i, \sin \theta_i, \cos \theta_i), \quad \vec{n} = (\cos \phi \sin \theta, \sin \phi \sin \theta, \cos \theta).$$

В результаті мінімізації виразу (1) отримано наступні рівняння для $\theta(z)$ та $\phi(z)$

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} - \sin 2\theta \left(\sin^2 \theta \frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{2\pi}{p_0} \right) \frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{1}{4} \sin 4\theta \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 = 0, \quad (2)$$

$$\left(\sin^4 \theta + \frac{1}{4} \sin^2 2\theta \right) \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + \left(4 \sin^3 \theta \cos \theta + \frac{1}{2} \sin 4\theta \right) \frac{\partial \theta}{\partial z} \frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{2\pi}{p_0} \sin 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

та граничні умови до них

$$-\frac{\partial \theta}{\partial z} + (-1)^i \frac{W}{K} [\cos \theta \cos \theta_i + \sin \theta \sin \theta_i \cos(\phi - \phi_i)] \times \\ \times [\sin \theta \cos \theta_i - \cos \theta \sin \theta_i \cos(\phi - \phi_i)] = 0, \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{2\pi}{p_0} \right) \sin^2 \theta + (-1)^i \frac{W}{K} [\cos \theta \cos \theta_i + \sin \theta \sin \theta_i \cos(\phi - \phi_i)] \times \\ \times \sin \theta \sin \theta_i \sin(\phi - \phi_i) = 0, \quad (5)$$

де $i = 1, 2$ і при $i = 1$ треба покласти $z = -l$, при $i = 2$ - $z = l$.

Спочатку розглянуто випадок планарної орієнтації директора на поверхнях комірки, коли $\theta_1 = \theta_2 = 0$, $\phi_1 = \phi_2 = 0$. Тоді розв'язок рівняння (3) має вигляд

$$\phi(z) = \frac{2\pi z}{p} + k \frac{\pi}{2}, \quad (6)$$

де k - ціле число; p - крок спіралі ХРК в комірці, котрий треба знаходити з рівняння

$$\sin\left(\frac{4\pi l}{p}\right) = (-1)^k + \frac{4\pi l}{\epsilon} \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p_0}\right), \quad \epsilon = \frac{Wl}{K_2} \quad (7)$$

В загальному випадку рівняння (7) можна розв'язати лише чисельними методами.

Якщо енергія взаємодії директора з поверхнями комірки достатньо мала, так що виконується $\epsilon \ll 1$. Тоді з точністю до членів $\sim \epsilon^2$ одержимо

$$p = p_0 \left[1 + (-1)^k \epsilon \frac{p_0}{4\pi l} \sin\left(\frac{4\pi l}{p_0}\right) \right], \quad (8)$$

Коли ж енергія взаємодії молекул ХРК з поверхнею досить велика, так що виконується $\epsilon \gg 1$, тоді відповідно маємо з точністю до малих членів $\sim \epsilon^{-2}$

$$p = p_x \left[1 + \epsilon^{-1} \left(1 - \frac{p_x}{p_0} \right) \right], \quad p_x = \frac{4l}{n} \quad (9)$$

де n - ціле число напівкроків спіралі, що вміщується на товщині комірки.

Якщо у молекул ХРК при поглинанні світла змінюється закручуюча здатність, тоді $p_0 = p_0(I)$, де I - інтенсивність світла, яке викликає фотоперетворення молекул. Змінюючи інтенсивність світла можна керувати значенням p кроку спіралі ХРК в комірці. При цьому, якщо граничні умови такі, що $\epsilon \ll 1$, тоді крок спіралі визначається формулою (8) і він буде плавно змінюватися у відповідності до залежності $p_0(I)$.

Якщо ж граничні умови досить жорсткі, тобто $\epsilon \gg 1$, тоді крок спіралі ХРК в комірці описується формулою (9) і плавно змінюється у відповідності до залежності $p_0(I)$ лише в певному інтервалі значень. Дійсно, повна вільна енергія комірки ХРК з жорсткими граничними умовами залежить у відповідності до (1), (6), (9) як від p_0 , так і від

$p_{\infty} = (4L)/n$, тобто $F = f(n, p_0)$. Тоді при деякому значенні закручуючої здатності молекул ХПК, при якій $p_0 = p_{0k}$ повна енергія комірки ХПК може бути однаковою при значеннях n , що відрізняються на одиницю.

$$F(n, p_{0k}) = F(n \pm 1, p_{0k}).$$

Це означає, що при інтенсивності світла, яке викликає конформаційні перетворення молекул, що відповідає значенню $p_0(l) = p_{0k}$, відбудеться стрибкоподібний перехід кроку спіралі в комірни ХПК від значення (9) з $p_{\infty} = (4L)/n$ до значення з $p_{\infty} = 4L/(n \pm 1)$.

Фіксуючи експериментально значення кроків спіралі, при яких відбуваються стрибки можна оцінити енергію взаємодії директора з орієнтуючою поверхнею (параграф 1.3).

Далі (параграф 1.4) розглянуто випадок, коли на орієнтуючих поверхнях задається деякий кут переднахилу. Отримано вирази для кроку спіралі та зміни з координатою вздовж товщини комірки кута $\theta(z)$.

Стрибкоподібна зміна кроку холестеричної спіралі може привести до стрибків деяких фізичних параметрів комірки ХПК, наприклад, тензора діелектричної проникності. Зроблені далі в параграфі 1.5 розрахунки показують, що зміна закручуючої здатності ХПК викликає стрибок середніх по товщині комірки значень тензора діелектричної проникності $\langle \epsilon_{ij} \rangle = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L \epsilon_{ij} dz$, обумовлений як енергією взаємодії директора з поверхнями, так і кутом переднахилу на них.

На закінчення першої глави в параграфі 1.6 розглянуто динаміку зміни кроку спіралі. Отримано вирази для характерних часів релаксації кроку спіралі, обумовлених в'язкопружними властивостями ХПК, часом життя фотоперетвореного стану молекули та взаємодією з орієнтуючими поверхнями. В граничних випадках нескінченної або нульової взаємодії вони зводяться до відомих раніше результатів.

Розглянута теоретично можливість стрибкоподібної зміни кроку спіралі знайшла експериментальне підтвердження при опроміюванні

комірки ХРК світлом He-Cd лазера з гаусовим розподілом інтенсивності світла. Холестерик являв собою нематичний рідкий кристал з оптично активною хіральною добавкою. При поглинанні світла відбувалося конформаційне перетворення молекул добавки і її закручуюча здатність падала. Внаслідок просторової залежності інтенсивності світла закручуюча здатність була промодульована в площині комірки. Вплив взаємодії директора з поверхнею проявився в дискретному розподілі результуючого кроку холестеричної спіралі - появи "зонної" структури кольорів відбитого від комірки світла (див. Фото 1).

Вивчення текстури в циркулярно поляризованому білому світлі показало, що кольори змінюються від зеленого з краю до білого всередині плями, де λ_{Bragg} лежить в інфрачервоній області. Зміна кольорів відбувалася від зони до зони стрибкоподібно,



Фото 1.

що відповідає випадку сильної взаємодії директора з поверхнею у теоретичній моделі.

Глава 2. Динаміка та кореляція флуктуацій орієнтаційної впорядкованості в комірці нематичного рідкого кристалу.

Друга глава роботи присвячена розгляду впливу взаємодії нематичного рідкого кристалу з орієнтуєчими поверхнями комірки на кореляційні властивості флуктуацій директора і параметру порядку.¹ Досліджено динаміку флуктуацій директора в комірці НРК. Знайдено переріз розсіяння світла на флуктуаціях директора, що дозволило

¹Раніше авторами роботи [7] розглянуто флуктуації директора в комірці при умовах нескінченно великої взаємодії директора з поверхнею.

експериментально оцінити величину енергії взаємодії директора з орієнтуючими поверхнями.

В параграфі 2.2 отримано вираз для флуктуації пружної енергії НРК δF у вигляді середнього від самоспряженого оператора \hat{H} :

$$\delta F = \frac{1}{2} \int \delta n_i H_{ij} \delta n_j dV \quad (10)$$

$$H_{xx} = -K_1 \frac{\partial^2}{\partial x^2} - K_2 \frac{\partial^2}{\partial y^2} - K_3 \frac{\partial^2}{\partial z^2},$$

$$H_{yy} = -K_2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} - K_1 \frac{\partial^2}{\partial y^2} - K_3 \frac{\partial^2}{\partial z^2},$$

$$H_{xy} = H_{yx} = (K_2 - K_1) \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}.$$

Для знаходження $\delta \vec{n} = (\delta n_x, \delta n_y, 0)$ флуктуацію директора розкладено по власних функціях оператора H_{ij} , які задовольняють граничним умовам, враховуючим скінченність взаємодії директора з поверхнею:

$$\delta \vec{n} = \sum_N C_N \vec{\Psi}_N(\vec{r}), \quad \vec{\Psi}' = \begin{pmatrix} \Psi'_x \\ \Psi'_y \end{pmatrix}$$

В результаті, маємо

$$\begin{aligned} \langle \delta n_x(\vec{r}) \delta n_x(\vec{r}') \rangle &= \frac{1/k_B T}{(2\pi^2)L} \sum_n \left\{ \sum_\alpha \frac{\pi}{K_\alpha} \left[\tilde{K}_0 \left(R \sqrt{\frac{K_3}{K_\alpha}} \mu_{2n}^2 \right) \sin \mu_{2n} z' \sin \mu_{2n} z + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \tilde{K}_0 \left(R \sqrt{\frac{K_3}{K_\alpha}} \mu_{2n+1}^2 \right) \cos(\mu_{2n+1} z) \cos(\mu_{2n+1} z') \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \left[\frac{\pi}{K_1} \tilde{K}_2 \left(R \sqrt{\frac{K_3}{K_1}} \mu_{2n}^2 \right) - \frac{\pi}{K_2} \tilde{K}_2 \left(R \sqrt{\frac{K_3}{K_2}} \mu_{2n}^2 \right) \right] \sin(\mu_{2n} z) \sin(\mu_{2n} z') - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \left[\frac{\pi}{K_1} \tilde{K}_2 \left(R \sqrt{\frac{K_3}{K_1}} \mu_{2n+1}^2 \right) - \frac{\pi}{K_2} \tilde{K}_2 \left(R \sqrt{\frac{K_3}{K_2}} \mu_{2n+1}^2 \right) \right] \cos(\mu_{2n+1} z) \cos(\mu_{2n+1} z') \right\} \end{aligned}$$

де μ_n треба знаходити з рівнянь

$$\tan(\mu_{2n} L) = \frac{W}{K_3 \mu_{2n}}, \quad \cot(\mu_{2n+1} L) = -\frac{W}{K_3 \mu_{2n+1}} \quad (11)$$

$\tilde{K}_0(x)$ та $\tilde{K}_2(x)$ - модифіковані функції Бесселя; $R = |\vec{\rho} - \vec{\rho}'|$.

Якщо прийняти до уваги асимптотичну поведінку функцій $\tilde{K}_\nu(x)$, то можна побачити, що на відміну від просторово необмеженого зразка,

в якому кореляційна функція спадає як $|\bar{r} - \bar{r}'|^{-1}$ (у відсутності зовнішнього поля), спад кореляційної функції в обмеженій комірці відбувається в площині XOY за законом

$$\langle \delta n_x(\bar{r}) \delta n_x(\bar{r}') \rangle = \frac{\exp(-\gamma R)}{R^{1/2}}, \quad \gamma \sim \left(\frac{K_3}{K_\alpha} \mu_n \right)^{1/2},$$

а по осі OZ взагалі носить складний, та не експоненційний характер. Величина взаємодії з орієнтуючою поверхнею впливає на значення μ_n і, відповідно, оскільки як W , так і K_α залежать від температури, на температурну поведінку кореляційної функції флуктуацій директора.

Зауважимо, що коли $L \rightarrow \infty$, переходячи від сумування по n до інтегрування та поклавши для спрощення $K_1 = K_2 = K_3 = K$, отримуємо відомий результат

$$\langle \delta n_x(\bar{r}) \delta n_x(\bar{r}') \rangle = \frac{Vk_B T}{4\pi K |\bar{r} - \bar{r}'|}.$$

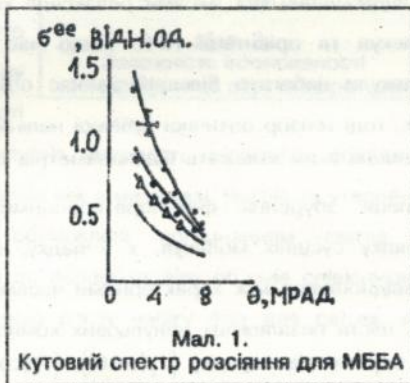
В наступному параграфі знайдено кореляційну функцію флуктуацій параметра порядку в ізотропній фазі НРК з урахуванням скінченності взаємодії молекул нематика з поверхнями комірки. Подібно до роботи [8] введено і розраховано радіус кореляції флуктуацій параметра порядку в комірці і показано, що в площинах паралельних орієнтуючим поверхням він по порядку величини співпадає з радіусом кореляції флуктуацій у нескінченному зразку, але його температурна залежність може бути іншою внаслідок зміни з температурою енергії взаємодії молекул з поверхнями комірки. В напрямку перпендикулярному орієнтуючим поверхням другий момент кореляційної функції визначається товщиною комірки, його залежність від температури також відрізняється від температурної залежності радіуса кореляції флуктуацій у необмеженому зразку.

У параграфі 2.3 досліджується динаміка флуктуацій директора в комірці нематичного рідкого кристала. Записана система гідродинамічних рівнянь для директора та швидкості рідини, до якої додано відповідні граничні умови, що враховують скінченність взаємодії

директора з поверхнею комірки. Отримано закон дисперсії для флукуційних мод директора, з якого випливає, що збільшення взаємодії веде до росту затухання. З отриманих виразів для флукуцій директора випливає, що розширення смуг релеєвського розсіяння світла залежить від енергії взаємодії директора з поверхнею комірки. Вплив цієї взаємодії найбільш істотний для малих векторів розсіяння.

Далі у параграфі 2.4 розглянуто розсіяння світла на флукуціях директора у планарній комірці НРК. Розраховано переріз розсіяння світла та знайдено умови для експериментального спостереження впливу взаємодії директора з поверхнею на розсіяння світла. Необхідно досліджувати малокутове розсіяння, повинна бути вибрана геометрія експеримента коли директор, падаючий та розсіяний хвильові вектори лежать в одній площині і реєструвати слід ee -розсіяння (падаюча і

розсіяна хвилі незвичайні по відношенню до зразка). На малюнку 1 наведено результати розрахунків та експериментальних вимірювань розсіяння світла в НРК МББА. Порівняння результатів теорії та експеримента дозволило оцінити величину енергії



взаємодії директора з поверхнею комірки. З теоретичних розрахунків випливає, що по характеристиках розсіяння світла можна визначити енергію взаємодії в межах її значень $W_p = 10^{-5} - 10^{-2} \text{ ерг} \cdot \text{см}^{-2}$.

Глава 3. Конформаційна оптична нелінійність рідких кристалів.

В цій главі розглянуто оптичну нелінійність, обумовлену утворенням в нематичному рідкому кристалі під дією падаючого світла

довгоживучих фотоперетворених молекул. Параметри фотоперетворених молекул можуть відрізнятися від параметрів молекул в початковому стані і тому вони розглядаються як світлондуковані домішки, концентрація яких залежить від інтенсивності світла.

В параграфі 3.2 для характеристики зміни поляризованості $\Delta\alpha_{ij}$ нематичного рідкого кристалу вводиться тензор четвертого рангу χ_{ijkl} .

такий що

$$\Delta\alpha_{ij} = \sum_{kl} \chi_{ijkl} I_{kl}$$

де $I_{kl} = \frac{1}{2} E_k E_l$ - тензор інтенсивності падаючого електромагнітного поля.

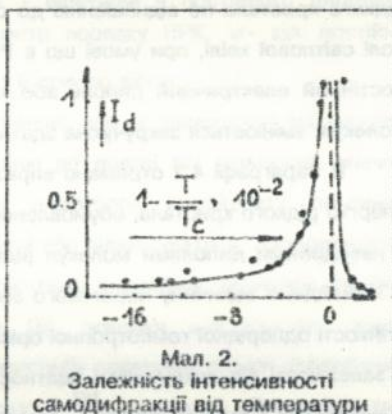
Далі в цьому параграфі робиться розрахунок тензора нелінійності χ_{ijkl} . Показано, що значення компонент тензора нелінійності та їх кількість суттєво залежать від ступеня орієнтаційної впорядкованості і співвідношення між часами релаксації концентрації фотоперетворених молекул та орієнтації НРК. Якщо час релаксації фотоперетвореної молекули набагато більший за час орієнтаційної релаксації молекул НРК, тоді тензор оптичної кубічної нелінійності має чотири компоненти, значення яких залежать від параметрів порядку $\langle P_2(\cos\theta) \rangle$, а також від ступеня збурення фотоперетвореними молекулами орієнтаційного порядку сусідніх молекул. У випадку, коли виконується протилежне співвідношення між характерними часами, тензор кубічної нелінійності має шість незалежних ненульових компонент, значення яких залежать від параметрів порядку $\langle P_2(\cos\theta) \rangle$, $\langle P_4(\cos\theta) \rangle$. Температурна залежність параметрів порядку визначає в основному зміну з температурою тензора нелінійності.

В наступному параграфі 3.3 розглянуто конформаційну нелінійність в ізотропній фазі нематичного рідкого кристалу. Оскільки флуктуації концентрації фотоперетворених молекул та тензора поляризованості пропорційні флуктуаціям тензора орієнтаційної впорядкованості, то маємо вклад в діелектричну проникність в

ізотропній фазі пропорційний функції $K_{\text{дифр}} = S_{\text{дф}}(x, t) S_{\text{дф}}(x', t')$. В результаті для температурної поведінки дифракційної ефективності ґратки на конформаційній нелінійності отримаємо залежність вигляду

$$\eta \sim N^2(T) \left[1 + \frac{\text{const}}{(T - T^*)^2} \right]^2$$

Оцінки свідчать, що поблизу точки фазового переходу для типових значень параметрів рідкого кристалу вклад орієнтаційних кореляцій може бути істотним, що підтверджується експериментом (мал. 2).



В параграфі 3.4 розглянуто конформаційну оптичну нелінійність у двохфазній області

НРК. Встановлено, що температурна залежність параметра порядку в двохфазній області значно слабкіша ніж в мезофазі. Нагрів та утворення фотоперетворених молекул, обумовлені поглинанням світла, в двохфазній області призводять до перерозподілу об'ємів співіснуючих фаз та лінійному з температурою росту набігу фаз для світла, яке проходить крізь зразок.

В цій главі також отримано вирази для обумовленого оптично активними світлоіндукованими домішковими молекулами тензора гірації в нематичній та ізотропній фазах рідкого кристала (параграф 3.5). Тензор гірації залежить від параметрів порядку в нематичній фазі, та від орієнтаційних кореляцій молекул в ізотропній фазі. В параграфі 3.6 показано, що в НРК, молекули яких містять рухливі кінцеві групи атомів, орієнтаційна взаємодія останніх з жорстким остовом молекули дає вклад в орієнтаційне розширення полос комбінаційного розсіяння світла

на внутрішньомолекулярних коливаннях, який можна порівняти з вкладом флуктуацій орієнтаційної впорядкованості остовів.

Глава 4. Світлоіндукована переорієнтація директора в полі світлової хвилі, яка поглинається.

В четвертій главі дисертації розглянуто зміну порога нестійкості рідкого кристала по відношенню до орієнтаційних мод в електричному полі світлової хвилі, при умові що в РК з'являються домішки, які мають постійний електричний диполь або коли внаслідок фотоперетворення молекул, змінюється закручуюча здатність молекул рідкого кристалу.

В параграфі 4.2 отримано вираз для додаткового вкладу у вільну енергію рідкого кристала, обумовленого взаємодією дипольних молекул з наведеними диполями молекул рідкого кристалу. Далі в параграфі 4.3 знайдено величину порогового значення електричного поля втрати стійкості однорідної гомеотропної орієнтації директора рідкого кристала в залежності від закручуючої здатності молекул та енергії взаємодії з поверхнями. У випадку коли $\frac{WL}{K} \gg 1$ поріг треба знаходити з рівняння:

$$\cot y = 2 \frac{\alpha^2}{\beta y},$$

де $\beta = \frac{\epsilon_a E^2}{4pK_3}$, $\alpha = \frac{K_3 p}{K_2}$, $y = \lambda L / 2$, $\lambda = \sqrt{4\alpha^2 - \beta}$, p - закручуюча здатність РК. Якщо $\frac{K_3 p L}{K_2} = \pi$, тоді навіть у відсутності електричного

поля гомеотропний розподіл директора нестійкий. В параграфі 4.4 знайдено залежність порогового поля, яке переорієнтує директор нематика, від концентрації домішкових молекул, величини та напрямлення їх постійного диполя, а також ступеня орієнтаційного впорядкування молекул і енергії взаємодії директора з поверхнею комірки. Поява дипольних фотоперетворених молекул веде (з формальної точки зору) до ренормалізації анізотропної частини діелектричної проникності нематичного рідкого кристалу. Для члена, ренормалізуючого ϵ_a отримано вираз:

$$\Delta = \chi_a \tau \delta \left[(3\gamma + \gamma') (\epsilon_{\perp}^0 - 1) + \epsilon_a^0 \left(\gamma + \frac{2}{3} \gamma' \left(S + \frac{1}{2} \right) \cos^2 \psi \right) \right],$$

де додатні величини $\gamma \sim \gamma' \sim \frac{d^2}{R^6}$, R - середня відстань між РК молекулами, χ_a - анізотропія коефіцієнта поглинання, τ - час життя фотоперетвореної молекули, d - величина її постійного дипольного моменту, $S = \langle P_2(\cos\theta) \rangle$ - параметр порядку НРК, ψ - кут постійного електричного диполя молекули з її довгою віссю.

З отриманих виразів випливає, що в залежності від напрямку постійного диполя по відношенню до довгої осі молекули, значення параметра порядку та знаку анізотропії коефіцієнту поглинання порогове поле може понижуватися або підвищуватися. Запропонований механізм зміни порога переорієнтації директора дозволяє пояснити експериментальні дані роботи [6], оскільки для типових значень параметрів нематичних рідких кристалів проведені оцінки передбачають значну зміну порогу переорієнтації (на порядки). Отримано також залежність порогового поля від просторового періоду інтенсивності світла, що викликає переорієнтацію директора.

Відомо, що в рідких кристалах має місце так звана "гігантська" орієнтаційна нелінійність [9]. Крім того, для деяких РК характерна конформаційна нелінійність. Отже в останньому параграфі глави розглянуто безпорогову переорієнтацію директора у випадку коли нелінійний відгук носить конформаційно-орієнтаційний характер. Отримано, що дифракційна ефективність конформаційно-орієнтаційних ґраток може значно змінюватися у порівнянні з ефективністю чисто орієнтаційних ґраток.

Глава 5. Орієнтаційне впорядкування краплин рідкого кристалу в полімерній матриці. Розсіяння світла.

П'ята глава роботи присвячена вивченню впливу взаємодії з поверхнею капсульованих рідких кристалів на просторовий розподіл директора та параметра порядку в краплинах РК, зсув температури

фазового переходу. Досліджено розсіяння світла капсульованими РК з урахуванням орієнтаційного вполюдкування оптичних осей краплин. Знайдено ефективну діелектричну проникність капсульованого РК.

В параграфі 5.2 розглянуто сферичну краплину рідкого кристала в полімерній матриці, яка задає гомеотропні граничні умови на поверхні краплини. Виходячи з виразу для повної вільної енергії краплини, яка включає об'ємну пружну енергію, енергію взаємодії з поверхнею та електричним полем, отримано варіаційні рівняння Ейлера-Лагранжа разом з граничними умовами до них. У випадку коли взаємодія директора з поверхнею досить мала, $\frac{WR}{K} \ll 1$, маємо: $\vec{n} = \vec{e}_z + \delta\vec{n}$

$$\delta\vec{n} = A \sqrt{\frac{\pi}{2t}} J_{5/2}(t) \sin 2\theta \vec{e}_r, \quad t = r \left\{ \frac{\epsilon_a E^2}{4\pi K} \right\}^{1/2} \quad (12)$$

де $J_{5/2}(t)$ - модифікована сферична функція Бесселя, \vec{e}_r - орт циліндричної системи координат ($\vec{e}_r \perp \vec{e}_z$),

$$A = \frac{WR}{2K} \left[-\frac{3 \sinh t}{t} \left(\frac{2}{t^2} + 1 \right) + \left(1 - \frac{6}{t^2} \right) \cosh t \right]_{t=t_0}^{-1}, \quad t_0 = R \left\{ \frac{\epsilon_a E^2}{4\pi K} \right\}^{1/2}$$

З (12) видно, що амплітуда викривлення директора визначається параметром $\frac{WR}{K}$, а параметр $\left\{ \frac{\epsilon_a E^2}{4\pi K} \right\}^{1/2}$ характеризує швидкість спадання викривлення директора. Якщо енергія взаємодії директора з поверхнею досить велика, $\frac{WR}{K} \gg 1$, тоді у відсутності електричного поля розподіл директора має вигляд "їжака" : $\vec{n} = \vec{e}_r$. Наприкінці параграфа показано, що вплив нещодавно вимірної так званої поверхневої константи пружності K_{24} не змінює суттєво результати розрахунків, а лише перенормує їх.

Орієнтуючий вплив поверхні призводить не тільки до просторової неоднорідності директора всередині краплини, а також до залежності параметра порядку від відстані до поверхні краплини. В наступному параграфі 5.3 знайдено вираз для просторового розподілу параметра

порядку в сферичній краплині для випадку коли вплив поверхні найбільш значний і розподіл директора має вигляд "їжака". Для отримання рівнянь, що описують просторовий розподіл параметра порядку, до пружної енергії Франка і енергії взаємодії з поверхнею додано також вільну енергію Ландау, яка характеризує вклад ступеня орієнтаційного впорядкування молекул відносно директора НРК, і має вигляд

$$F_{\Sigma} = \int \left[\frac{1}{2} \lambda (VS)^2 + \frac{1}{2} a' (T - T_0^*) S^2 + \frac{1}{3} b S^3 + \frac{1}{4} c S^4 \right] dV.$$

В результаті розв'язку відповідної крайової задачі отримано просторовий розподіл параметра порядку.

Далі в параграфі 5.4, у випадку коли просторовою залежністю параметра порядку можна нехтувати, розглянуто вплив взаємодії НРК з поверхнею краплини на зсув температури фазового переходу в ізотропну рідину. Цей зсув у випадку конфігурації директора $\vec{n} = \vec{e}_z$, наприклад, має вигляд

$$T^* = T_0^* + \frac{3W}{a'R},$$

і для типових параметрів НРК $W = 10^{-1}$ Джм⁻², $a' = 6 \cdot 10^4$ Дж/(м³К), $a \approx 7 \cdot 10^{-12}$ Н, якщо покласти радіус краплини $R = 0.1$ мкм, маємо $\frac{3W}{a'R} \approx 0.5^\circ$, що легко може бути помічено в експерименті.

Параграф 5.5 присвячений розрахунку кореляційної функції флуктуацій параметра порядку всередині краплини ізотропного розплаву нематика. При розрахунках прийнято до уваги скінченність енергії взаємодії молекул рідкого кристала з поверхнею краплини. В загальному випадку функція Гріна має вигляд

$$\langle \hat{\rho}(\vec{\rho}) \hat{\rho}'(\vec{\rho}') \rangle = -\frac{1}{4\pi} \sum_{nv} (2n+1) P_n^v(\cos\gamma) \frac{j_n(\sqrt{1-\mu_{nv}\rho}) j_n^*(\sqrt{1-\mu_{nv}\rho'})}{\mu_{nv} \|j_n(\sqrt{1-\mu_{nv}\rho})\|^2},$$

де γ - кут между векторами $\vec{\rho}$ і $\vec{\rho}'$, $P_n^v(\cos\gamma)$ - поліном Лежандра, j_n - сферична функція Беселя, власні числа μ є коренями рівняння:

$$\left\{ \frac{\partial j_n(\sqrt{1-\mu\rho})}{\partial \rho} - \epsilon_j^n(\sqrt{1-\mu\rho}) \right\}_{\rho=R/r_c} = 0.$$

Далі в цій главі розглянуто у наближенні Релея-Ганса розсіяння світла капсульованими нематиками. Спочатку в параграфі 5.6 отримано загальний вираз для перерізу розсіяння світла, який враховує анізотропію тензора діелектричної проникності краплин. В наступному параграфі 5.7 розраховано розсіяння світла сферичними анізотропними краплинами з орієнтаційно впорядкованими оптичними осями.

$$\begin{aligned} & \left\langle \left(\frac{j_\sigma}{i\Omega} \right) - (D_y D_{kl}) - \left(\frac{16\pi^2}{q^3} \right) (\sin q_s R - q_s \cos q_s R)^2 \left\{ \delta_y \delta_{kl} \left(\frac{1}{3\epsilon_p} S p \hat{\epsilon} - 1 \right) \times \right. \right. \\ & \left. \left[\left(\frac{1}{3\epsilon_p} S p \hat{\epsilon} - 1 \right) + \frac{1}{\epsilon_p} (\epsilon_3 - \epsilon_1) \langle P_2(\cos\theta) \rangle (2\delta_{iz} + 2\delta_{kz} - \delta_{ix} - \delta_{kx} - \delta_{iy} - \delta_{ky}) \right] \right. \\ & \left. + \frac{2}{3\epsilon_p^2} (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 \left[\frac{1}{6} \delta_{kl} \delta_y (2\delta_{iy} - \delta_{ix} - \delta_{iy}) (2\delta_{kz} - \delta_{kx} - \delta_{ky}) \langle P_2(\cos\theta) \rangle \right. \right. \\ & \left. \left. + \sum_{\rho=-2}^2 A_{ij}^{2\rho} A_{kl}^{2\rho} \sum_{L=0,2,4} (22 - \rho\rho |L0\rangle \langle 2200 |L0\rangle \langle P_L(\cos\theta) \rangle \right) \right] \end{aligned}$$

де $\langle \dots \rangle$ - означає усереднення з функцією розподілу оптичних осей краплин, $f(\theta)$, $P_L(\cos\theta)$ - поліном Лежандра L -го порядку, $(22 - \rho\rho |L0\rangle$ - коефіцієнти Клебша-Гордана, δ_{ij} - символ Кронекера.

З отриманих виразів видно, що орієнтаційне впорядкування оптичних осей краплин призводить до вкладу в переріз розсіяння світла, який пропорційний анізотропії діелектричної проникності та ступеню орієнтаційного порядку, що характеризується параметрами $\langle P_L(\cos\theta) \rangle$. В цьому параграфі також розглянуто деякі граничні випадки. Зокрема, якщо анізотропія дорівнює нулю, маємо відомі результати по розсіянню світла ізотропною кулею.

У параграфі 5.8 розглянуто розсіяння світла ізотропними краплинами еліпсоїдальної форми. Знайдено залежність перерізу розсіяння світла від орієнтаційної впорядкованості довгих осей еліпсоїдів.

Отримані вище результати справедливі, якщо директор краплини, яка розсіює світло, має однорідний розподіл всередині краплини. Тому в параграфі 5.9 досліджено як зміниться характер розсіяння світла при неоднорідному розподілі директора в ній. Використовуючи результати параграфа 5.2 для поля директора всередині краплини, знайдено геометрії експерименту, коли ця неоднорідність має проявитися. Зокрема, якщо падаюча та розсіяна хвилі поляризовані взаємно перпендикулярно, причому одна з них вздовж оптичної осі краплини, то з'являється розсіяння відсутнє у випадку однорідного поля директора.

Для керування орієнтацією оптичних осей краплин найбільш зручно використовувати електричне поле. Величина поля в краплині, а також розсіяння світла, залежать від діелектричної проникності оточуючого її полімера. Останній містить інші краплини, тому являє собою гетерогене середовище з випадковим, взагалі кажучи, розподілом однорідних компонент. Останній параграф 5.10 присвячений розрахунку ефективної діелектричної проникності такого середовища $\hat{\epsilon}$

$$\langle \hat{\epsilon} \rangle = \hat{\epsilon}(E)$$

де $\langle \dots \rangle$ - усереднення по фізично малому об'єму полімера, але вміщуючому достатньо велику кількість краплин.

Отримано вирази для ефективної діелектричної проникності орієнтаційно неупорядкованих сферичних анізотропних краплин, та ізотропних еліпсоїдальних краплин з орієнтаційно впорядкованими осями та однорідним розподілом за формою.

В кінці дисертації викладено *основні результати і висновки* дослідження, виконаного в роботі:

1. Крок спіралі холестеричного рідкого кристала в коміріці залежить як від закручуючої здатності молекул, так і від енергії взаємодії директора з орієнтуючими поверхнями комірки. Можливість утворення в холестеріку за допомогою падаючого світла

світлоіндукованих домішок, які змінюють закручуючу здатність ХРК, дозволяє керувати кроком спіралі. В залежності від величини взаємодії директора з поверхнями комірки світлоіндукована зміна кроку спіралі може бути плавною, або стрибкоподібною. Стрибки кроку спіралі повинні призводити до стрибків середніх по товщині комірки значень компонент тензора діелектричної проникності. Отримано вираз для енергії взаємодії директора з поверхнями, який пов'язує її значення з границями інтервалів монотонної зміни кроку спіралі. Теоретичне передбачення стрибкоподібної зміни кроку спіралі знайшло експериментальне підтвердження в "зонній" структурі кольорів відбитого світла.

2. Релаксація кроку спіралі при вимкненні світла, яке викликало зміну закручуючої здатності холестерика, описується часом життя фотоперетворених станів молекул та набором характерних часів, що залежать як від в'язкопружних властивостей холестерика, так і від енергії взаємодії з поверхнями комірки.

3. Розраховано кореляційні функції флуктуацій директора та параметра порядку нематичного рідкого кристала з урахуванням скінченної величини взаємодії з орієнтованими поверхнями. Показано, що ця взаємодія впливає на температурну залежність кореляційних функцій. Розглянута динаміка флуктуацій директора в просторово обмеженій комірці. Отримано закон дисперсії для флуктуаційних мод. Показано, що збільшення взаємодії з поверхнями приводить до росту затухання флуктуацій директора. Крім того з'являється мода, затухання якої в граничному випадку малих хвильових векторів визначається енергією взаємодії з поверхнею та не залежить від пружних сталих рідкого кристалу.

4. В одноконстантному наближенні розв'язано задачу про розсіяння світла планарно орієнтованим нематичним рідким кристалом в комірці з скінченною енергією взаємодії з поверхнею. Показано, що

значення енергії взаємодії директора з поверхнями комірки суттєво впливають на абсолютне значення та кутовий розподіл перерізу розсіяння світла на флуктуаціях директора, коли падаюча та розсіяна хвилі являються незвичайними по відношенню до зразка. Отримані результати дозволили визначити умови експерименту, при яких вплив енергії взаємодії директора з поверхнями повинен проявитися найбільш чітко, і оцінити значення поляризованої енергії взаємодії нематичного рідкого кристалу МББА для декількох типів орієнтуючих покриттів. Показано, що розширення смуг релеевського розсіяння світла на флуктуаціях директора залежить від енергії взаємодії директора з поверхнею. Вплив енергії взаємодії найбільш істотний при малих кутах розсіяння.

5. Значення параметрів оптичної кубічної нелінійності залежать від ступеня орієнтаційної впорядкованості молекул та співвідношення між часами релаксації концентрації фотоперетворених молекул і орієнтації молекул в нематичній фазі рідкого кристалу. Показано, що кореляція орієнтаційних флуктуацій поляризованості молекул рідкого кристалу і коефіцієнта поглинання світла може приводити поблизу точки фазового переходу ізотропна рідина-нематик до критичного росту з температурою нелінійного кубічного по електричному полю вкладу в діелектричну проникність, обумовленого фотоперетвореними молекулами. Отримані вирази описують експериментальну залежність дифракційної ефективності динамічної голографічної ґратки в ізотропній фазі МББА.

6. Розглянуто переорієнтацію директора нематичного рідкого кристалу у полі світлової хвилі, яка поглинається і викликає зміну постійного електричного диполя або хіральності молекул. Отримано залежність порогового значення амплітуди електричного вектора світлового поля, яке переорієнтує нематичний рідкий кристал, від закручуючої здатності молекул рідкого кристалу, величини і напрямку дипольного моменту, просторового періоду інтенсивності світла, а

також ступеня орієнтаційної впорядкованості молекул і енергії взаємодії директора з поверхнею комірки. Збільшення закручуючої здатності рідкого кристалу понижає поріг переходу Фредерікса. Показано, що порогове значення поля може при появі світлоіндукованих домішкових дипольних молекул як підвищуватися, так і понижуватися в залежності від анізотропії коефіцієнта поглинання та кута між постійним диполем та довгою віссю молекули. Для типових значень параметрів нематичних рідких кристалів ця зміна може бути на порядки величини, що дозволяє пояснити експериментальне спостереження пониження порогу. У випадку безпорогової переорієнтації директора його просторовий розподіл являє собою суперпозицію ґраток на конформаційно-орієнтаційній нелінійності. Дифракційна ефективність цих ґраток також може значно змінюватися у порівнянні з дифракційною ефективністю ґратки на чисто орієнтаційній нелінійності.

7. Отримано аналітичні вирази для просторового розподілу директора і параметра порядку всередині сферичної краплини в полімерній матриці, яка задає гомеотропні граничні умови на поверхні краплини. Знайдено зсув температури фазового переходу в ізотропну рідину для випадків сильної та слабкої взаємодії директора з поверхнею краплі. Розраховано кореляційну функцію флуктуацій параметра порядку в краплині ізотропного розплаву нематика, яка, зокрема, визначає розсіяння світла при температурах вище температури фазового переходу в нематичну фазу.

8. Анізотропія діелектричної проникності сферичної краплини нематичного рідкого кристалу приводить до додаткового внеску в диференційний переріз розсіяння світла краплями, який залежить від ступеня орієнтаційного впорядкування оптичних осей краплін. Неоднорідний розподіл директора всередині краплін, обумовлений взаємодією директора з поверхнею краплини, дає внесок в розсіяння світла при геометріях експерименту, коли падаюча та розсіяна хвилі

поляризовані взаємно перпендикулярно і один з векторів поляризації направлений вздовж оптичної осі краплини. При однорідному розподілі директора в краплині розсіяння в цій геометрії може бути помітним лише якщо анізотропія діелектричної проникності досить велика.

9. Отримано вирази для компонент тензора ефективної діелектричної проникності полімера з диспергованими в ньому краплинами рідкого кристалу, які враховують орієнтаційну впорядкованість осей краплин, їх об'ємну долю та форму.

Публікації по темі дисертаційної роботи:

1. Светоиндуцированное уменьшение рассеяния света в нематических жидких кристаллах / Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Соскин М.С., Хижняк А.И. // УФЖ. -1984. -29,№8. -С.1269-1272.

2. Влияние ориентирующей поверхности на рассеяние света в нематическом жидком кристалле / Марусий Т.Я., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Хижняк А.И. // УФЖ. -1985. -30,№9. -С.1351-1353.

3. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Ориентационная упорядоченность и наведенная фотопревращенными молекулами оптическая нелинейность нематических жидких кристаллов // УФЖ. -1985. -30,№9. -С.1355 - 1357.

4. Рассеяние света нематическими жидкими кристаллами в кюветах с конечной энергией сцепления директора со стенками / Марусий Т.Я., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Соскин М.С., Хижняк А.И. // ЖЭТФ. -1986. -91,Вып.3(9). -С.851-860.

5. Резников Ю.А., Решетняк В.Ю. Светоиндуцированные примесные молекулы в нематических жидких кристаллах. // В сб.: "Физика молекулярных кристаллов". Киев: Наукова думка. -1986. -С. 193-205.

6. Effect of surface-induced anchoring on NLC light scattering characteristics / Marusiy T., Reznikov Yu., Reshetnyak V., Soskin M., Khizhnyak A. // MCLC. -1987. -152. -P. 495-502

7. Светоиндуцированные изменения параметра порядка и поляризуемости молекул нематических жидких кристаллов / Пинкевич И.П., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Соскин М.С., Хижняк А.И., Ярощук О.В. // УФЖ. -1987. -32,№8. -С.1216-1220.
8. Электрооптический эффект в фотополимере с диспергированным жидким кристаллом / Гречко Л.Г., Марусий Т.Я., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Соскин М.С., Хижняк А.И. // УФЖ. -1987. -32,№8. -С.1213 -1215.
9. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Форма и ширина полосы инфракрасного поглощения. // В сб.: "Спектроскопия конденсированных сред". Киев: Наукова Думка. -1988. -С.30-35.
10. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Оптическая нелинейность на фототрансформированных молекулах вблизи точек фазового перехода изотропная жидкость-нематик. //УФЖ. -1988. -33,№8. -С.1180-1185.
11. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Влияние конформационных степеней свободы на ширину комбинационного рассеяния света в жидких кристаллах. // Оптика и спектроскопия. -1988. -64,№1. -С. 210-212
12. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Влияние ориентационного взаимодействия в жидких кристаллах на спектральное распределение комбинационного рассеяния света. // Физика жидкого состояния. -1988. -№16. -С.32-38
13. Флуктуационная СПМ-нелинейность изотропной фазы нематического жидкого кристалла / Пинкевич И.П., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Соскин М.С., Хижняк А.И., Ярощук О.В. //В сб.: "Спектроскопия конденсированных сред". Киев: Наукова думка. -1988. -С. 101-106,
14. Температурная зависимость интенсивности малоуглового рассеяния света в нематических жидких кристаллах / Гречко Л.Г., Марусий Т.Я., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю. // УФЖ.-1988. -33,№9. -С. 1353-1356.

15. Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Ярошук О.В. Диффузия фотоконформеров молекул нематического жидкого кристалла МББА. // ДАН УССР, сер.А. -1988. -№8. -С. 51-54.
16. Конформационная оптическая нелинейность изотропной фазы нематического жидкого кристалла / Пинкевич И.П., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Хижняк А.И. // ЖЭТФ. -1989. -96, Вып.3. -С.948-955.
17. Optical nonlinearity and dynamic holography of nematic liquid crystals / Khizhnyak A.I., Pinkevich I.P., Reznikov Yu.A., Reshetnyak V.Yu. // SPIE. -1990 -1183, -P. 210-218.
18. Конформаційна оптична нелінійність НРК і фотостимульовані внутрішньо-молекулярні переходи з ефективністю, більшою одиниці / Пінкевич І.П., Резніков Ю.О., Решетняк В.Ю., Соскін М.С., Хижняк А.І., Ярошук О.В. // ДАН УРСР, сер.А. -1989. - №8. -С. 57-61.
19. Фотостимулированные конформационные переходы молекул нематических жидких кристаллов с квантовым выходом, большим единицы / Пинкевич И.П., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Соскин М.С., Хижняк А.И., Ярошук О.В. // Оптика и спектроскопия. -1989. -67, Вып.4. -С.753-755.
20. Фотостимулированный сдвиг полосы селективного отражения в индуцированном холестерическом жидком кристалле / Виноградов В.Б., Кутуля Л.А., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Хижняк А.И. // Письма в ЖТФ. -1989. -15, Вып. 23. -С. 60-66.
21. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Светоиндуцированная оптическая активность в жидких кристаллах. // Физика жидкого состояния. -1989. -N17. -С. 89-96
22. Photoinduced change of cholesteric LC-pitch / Vinogradov V., Khizhniak A., Kutulya L., Reznikov Yu., Reshetnyak V. // MCLC. -1990. -192. -P. 273-278.

23. Энергия сцепления НЖК с ориентирующими поверхностями и ее методы определения / Марусий Т.Я., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Чигринов В.Г. // Поверхность. -1990. -N7. -С. 5-23.
24. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Светоиндуцированная оптическая активность в жидких кристаллах. // В сб.: "Спектроскопия неметаллических кристаллов". Киев: Наукова Думка. -1990. -С. 111-116
25. Pinkevich I.P., Reznikov Yu.A., Reshetnyak V.Yu. Conformational optical nonlinearity of nematic liquid crystals. // MCLC. -1991. -207. -P. 43-52.
26. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. О возможности определения энергии сцепления молекул ХЖК с ориентирующей поверхностью с помощью светоиндуцированных примесей. // ЖТФ. -1991. -61. Вып.1. -С.161-167
27. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю., Ледней М.Ф. Влияние энергии сцепления директора с поверхностью на шаг спирали и среднюю диэлектрическую проницаемость в ячейке холестерического жидкого кристалла. // УФЖ. -1992. -37, N2. -С.218-224.
28. Influence of light induced molecular conformations and anchoring energy on cholesteric liquid crystal pitch and dielectric properties / Pinkevich I.P., Reshetnyak V.Yu., Reznikov Yu.A., Grechko L.G. // MCLC. -1992. -222. -P.269-278.
29. Pinkevich I.P., Reshetnyak V.Yu. Influence of anchoring energy on orientational order and phase transition temperature in nematic droplets in polymer matrix. // SPIE. -1992. -1665 -P. 414-425.
30. Influence of anchoring energy on orientational ordering and phase transition in nematic droplets in polymer matrix / Pinkevich I.P., Reshetnyak V.Yu., Reznikov Yu.A., Smirnov A.G. // MCLC. -1992. -222. -P.279-286
31. Conformational nonlinearity of nematic liquid crystals / Pinkevich I.P., Reznikov Yu.A., Reshetnyak V.Yu., Yaroshchuk O.V. // Intern.J.Nonlinear.Opt.Phys. -1992. -3. -P. 447-472.

32. Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Ярошук О.В. Светоиндуцированные примеси в двухфазной области жидкого кристалла. // ЖЭТФ. -1992. - 101,Вып.5. - С.1529-1540.
33. Influence of light-induced molecular conformational transformation and anchoring energy of cholesteric liquid crystal pitch and dielectric properties / Pinkevich I.P., Reshetnyak V.Yu., Reznikov Yu.A., Iljin A.G. // SPIE. - 1993. -1845. -P. 510-516.
34. Pinkevich I.P., Reznikov Yu.A., Reshetnyak V.Yu.. Influence of photo transformed molecules on optical properties of finite cholesteric liquid crystal cell. //SPIE. -1993. -1915. -P.316-324.
35. Динамика и корреляция флуктуаций ориентационной упорядоченности жидкого кристалла, взаимодействующего с поверхностью / Гречко Л.Г., Заседка Л.Н., Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. //Поверхность. - 1993. -N3. -С.72-84.
36. Oriented dispersion of liquid crystal droplets in a polymer matrix with light induced anisotropy / Nazarenko V.G., Reznikov Yu.A., Reshetnyak V.Yu., Sergan V.V., Zyryanov V.Ya. // Molecular materials. -1993. -2. - P.295-299.
37. Pinkevich I.P., Reshetnyak V.Yu., Grechko L.G. The influence of nematic optical axes ordering on light scattering in polymer matrix. // MCLC. -1994. -251. -P.283-287.
38. Пинкевич И.П., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю. Светоиндуцированные примесные молекулы в нематических жидких кристаллах. // Препринт ИФ АН УССР. -1984. - N6. - 26с.
39. Энергия сцепления НЖК с ориентирующими поверхностями. Методы определения / Марусий Т.Я., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Хижняк А.И. //Препринт ИФ АН УССР. -1988. - N8. - 60с.
40. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю., Гречко Л.Г. Светоиндуцированные оптические явления в нематических жидких кристаллах. // Препринт ИТФ-89-73Р -1989. - 35с.

41. Конформационная нелинейность в двухфазной области НЖК / Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Ярошук О.В., Лутковский В.В. // Препринт ИФ АН УССР. - 1989. - N21. - 46 с.
42. Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Влияние энергии сцепления жидких кристаллов с ориентирующими поверхностями на корреляции ориентационных флуктуаций и шаг холестерической спирали. // Препринт ИТФ-90-65Р. - 1990. - 29с.
43. Конформационная оптическая нелинейность НЖК / Пинкевич И.П., Резников Ю.А., Решетняк В.Ю., Ярошук О.В. // Препринт ИФ АН УССР. -1990. -N18. -28с.
44. Эффективные электродинамические параметры гетерогенных систем / Гречко Л.Г., Мотрич В.В., Огенко В.М., Решетняк В.Ю., Морозов А.В. //Препринт ИТФ-90-73Р. -1990. -31с.
45. Поверхностные моды в малых частицах дисперсно-неоднородных сред / Гречко Л.Г., Мотрич В.В., Огенко В.М., Решетняк В.Ю., Семенов А.В. // Препринт ИТФ-90-36Р. -1990. -37с.
46. Гречко Л.Г., Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю. Ориентационное упорядочение и фазовый переход в сферической капле нематика. // Препринт ИТФ-93-5Р. -1992. -С.13
47. Рассеяние света нематическими каплями в полимерной матрице / Гречко Л.Г., Пинкевич И.П., Решетняк В.Ю., Заседка Л.Н. // Препринт ИТФ -93-6Р. Киев. -1993. -20с.
48. Pinkevich I.P., Reshetnyak V.Yu. Orientational instability of nematic liquid crystal in the light wave field inducing the molecular conformational transformations. // Abstracts of the V International topical meeteng on optics of liquid crystals, October 4-8, 1993, Hungary, P.119.
49. Reshetnyak V.Yu., Pinkevich I.P. Director fluctuations in nematic liquid crystals with light induced molecular conformational transformations. // Abstracts of the European conference on liquid crystals "Science and Technology", 7-12 March, 1993, Flims, Switzerland. P.39 .

50. Reshetnyak V.Yu., Pinkevich I.P., Lednei M.F. NLC Orientational instability in the absorbed light wave field with spatially modulated intensity. // Abstracts of the 15th International liquid crystal conference, 3-8 July, 1994, Budapest, Hungary, P.54.

Література

1. Лукьянченко Е.С., Козунов В.А., Григос В.И. Ориентация нематических жидких кристаллов. // Успехи химии. - 1985. - 54, N2. - С.214-238.
2. Блинов Л.М., Кац Е.И., Сонин А.А. Физика поверхности термотропных жидких кристаллов. // УФН. - 1987. - 152, N3. - С.449-477.
3. Коньяр Ж. Ориентация нематических жидких кристаллов и их смесей. - Минск: Изд-во Белорус.ун-та, 1986, 101с.
4. Doane J.W. Polymer dispersed liquid crystal displays in Liquid Crystals - Application and Uses, В. Bahadur (ed.) World Sci. Publ., Singapore (1990).
5. Одулов С.Г., Резников Ю.А., Соскин М.С., Хижняк А.И. Фотостимулированные превращения молекул - новый тип "гигантской" оптической нелинейности жидких кристаллов. // ЖЭТФ. - 1982. - 82, вып. 5. - С.1475-1484.
6. Janossy I., Lloid A.D., Low-power optical reorientation in dyed nematics. // Mol.Cryst.Liq.Cryst. - 1991. - 203. - P.77.
7. Зельдович Б.Я., Табирян Н.В. Флуктуации директора нематического жидкого кристалла в ячейке конечной толщины. // ЖЭТФ. - 1981. - 81, вып. 5. - С.1738-1747.
8. Гречко Л.Г., Чалый А.В., Черненко Л.М. Критические явления в поверхностных слоях: корреляционная функция и радиус корреляции. // Поверхность. - 1990. - N12. - С.22-27.
9. Зельдович Б.Я., Табирян Н.В. Ориентационная оптическая нелинейность жидких кристаллов. // УФН. - 1985. - 147, Вып.4. - С.633-674.

Решетняк В. Ю.

Ориентационное упорядочение и светоиндуцированные явления в пространственно ограниченных жидких кристаллах

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика, 01.04.14 - теплофизика и молекулярная физика, Киевский университет им. Т.Шевченко, Киев, 1994.

Защищается 47 научных работ, которые содержат теоретическое исследование влияния взаимодействия жидких кристаллов с ориентирующими поверхностями и светоиндуцированного изменения конформации молекул на ориентационный порядок и оптические свойства ячеек жидких кристаллов. Установлены зависимости шага холестерической спирали, корреляционных функций ориентационных флуктуаций директора и параметра порядка, пространственного распределения директора и параметра порядка внутри капель жидкого кристалла в полимерной матрице от энергии взаимодействия жидкого кристалла с поверхностью. Найдены сдвиг температуры фазового перехода, эффективная диэлектрическая проницаемость и зависимость рассеяния света от ориентационного упорядочения капсулированных нематиков.

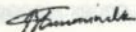
Reshetnyak V.Yu. Orientational ordering and light induced phenomena in spatially bounded liquid crystals

The dissertation is applied for a doctor degree in physico-mathematical sciences. Specialization: 01.04.02 - theoretical physics, 01.04.14 - physics of heat and molecular physics. Kiev T. Shevchenko University, 1994

47 scientific publications are defended. It is theoretically studied influence of anchoring energy and light induced molecular conformation changes on orientational ordering and optical properties of liquid crystal cells. It is found the dependencies on anchoring energy of cholesteric liquid crystal pitch, correlation functions of director and order parameter fluctuations, director and order parameter distribution in polymer dispersed liquid crystals (PDLC). Shift of phase transition temperature and effective values of dielectric susceptibility in PDLC are calculated. It is considered dependence of light scattering in PDLC on orientational ordering of droplet's axes.

Ключові слова:

рідкі кристали, капсулювані рідкі кристали, енергія взаємодії з поверхнею, крок холестеричної спіралі, кореляційна функція, конформаційна оптична нелінійність, фазові переходи, розсіяння світла, ефективна діелектрична проникність.



Решетняк Віктор Юрійович

Орієнтаційне впорядкування та світлоіндуковані явища в просторово обмежених рідких кристалах

Підписано до друку 16. 11 .1994 р. Формат папіру 60x84/16.

Офсетний друк. Ум.друк.лист. 2,25. Обл.вид.листів 2,0.

Тираж 100. Зам. 59. Безкоштовно.

Інститут фізики НАН України, ВНТІ. 252022, Київ, проспект Науки, 46.

Результаты В. Ю.

Ориентированные полимерные и жидкокристаллические слои в жидкокристаллических ячейках рассмотрены.

Изучены на примере жидкой ячейки ячейки фазовых переходов между двумя жидкокристаллическими жидкостями $5C_2$ и $5C_4$ - жидкокристаллическая фаза $5C_2$ и жидкокристаллическая фаза $5C_4$ (см. У.Д.Ковалев Киев, 1994).

Изучены 47 научных работ, включая обзорные публикации, посвященные жидкокристаллическим ячейкам жидкокристаллических жидкостей с ориентированным полимером и жидкокристаллическими жидкостями с ориентированным полимером на ориентированных поверхностях и ориентированных поверхностях жидкокристаллических жидкостей. Установлены зависимости между ориентацией слоя, ориентационными функциями ориентации, фазовой директор и параметра порядка, пространственной ориентацией директора и параметра порядка внутри ячейки жидкокристаллической и жидкокристаллической матрицы от энергии взаимодействия жидкокристаллической и жидкокристаллической жидкостей. Найденные зависимости фазовых переходов, эффективной диэлектрической проницаемости и коэффициента двойного лучепреломления от ориентационного распределения жидкокристаллической жидкости.

Результаты В. Ю. Ориентированные полимерные и жидкокристаллические слои в жидкокристаллических ячейках рассмотрены.

The structure is applied in a liquid crystal cell, which is oriented in a liquid crystal phase $5C_2$ and $5C_4$ (see U. D. Kovalev, Kiev, 1994).

47 scientific publications are detected, it is determined the dependence of anchoring energy and light induced molecular conformation change on orientational ordering and optical properties of liquid crystal cells. It is found the dependencies on anchoring energy of cholesteric liquid crystal pitch, correlation functions of director and order parameter fluctuations. Director and order parameter distribution in polymer dispersed liquid crystal (PDLG). Shift of phase transition temperature and refractive index of birefringence susceptibility in PDLG are calculated. It is determined dependence of light scattering in PDLG on orientational ordering of liquid crystal.

Киев, Украина.

Для цитирования: ориентированные полимерные и жидкокристаллические слои в жидкокристаллических ячейках. Киев, Украина, 1994. 47 научных работ, включая обзорные публикации, посвященные жидкокристаллическим ячейкам жидкокристаллических жидкостей с ориентированным полимером и жидкокристаллическими жидкостями с ориентированным полимером на ориентированных поверхностях и ориентированных поверхностях жидкокристаллических жидкостей. Установлены зависимости между ориентацией слоя, ориентационными функциями ориентации, фазовой директор и параметра порядка, пространственной ориентацией директора и параметра порядка внутри ячейки жидкокристаллической и жидкокристаллической матрицы от энергии взаимодействия жидкокристаллической и жидкокристаллической жидкостей. Найденные зависимости фазовых переходов, эффективной диэлектрической проницаемости и коэффициента двойного лучепреломления от ориентационного распределения жидкокристаллической жидкости.

Результаты Виталия Юрченко.

Ориентированные полимерные и жидкокристаллические слои в жидкокристаллических ячейках рассмотрены.

Результаты В. Ю. Ориентированные полимерные и жидкокристаллические слои в жидкокристаллических ячейках рассмотрены.

Изучены на примере жидкой ячейки ячейки фазовых переходов между двумя жидкокристаллическими жидкостями $5C_2$ и $5C_4$ - жидкокристаллическая фаза $5C_2$ и жидкокристаллическая фаза $5C_4$ (см. У.Д.Ковалев Киев, 1994).

Изучены 47 научных работ, включая обзорные публикации, посвященные жидкокристаллическим ячейкам жидкокристаллических жидкостей с ориентированным полимером и жидкокристаллическими жидкостями с ориентированным полимером на ориентированных поверхностях и ориентированных поверхностях жидкокристаллических жидкостей. Установлены зависимости между ориентацией слоя, ориентационными функциями ориентации, фазовой директор и параметра порядка, пространственной ориентацией директора и параметра порядка внутри ячейки жидкокристаллической и жидкокристаллической матрицы от энергии взаимодействия жидкокристаллической и жидкокристаллической жидкостей. Найденные зависимости фазовых переходов, эффективной диэлектрической проницаемости и коэффициента двойного лучепреломления от ориентационного распределения жидкокристаллической жидкости.

Изучены 47 научных работ, включая обзорные публикации, посвященные жидкокристаллическим ячейкам жидкокристаллических жидкостей с ориентированным полимером и жидкокристаллическими жидкостями с ориентированным полимером на ориентированных поверхностях и ориентированных поверхностях жидкокристаллических жидкостей. Установлены зависимости между ориентацией слоя, ориентационными функциями ориентации, фазовой директор и параметра порядка, пространственной ориентацией директора и параметра порядка внутри ячейки жидкокристаллической и жидкокристаллической матрицы от энергии взаимодействия жидкокристаллической и жидкокристаллической жидкостей. Найденные зависимости фазовых переходов, эффективной диэлектрической проницаемости и коэффициента двойного лучепреломления от ориентационного распределения жидкокристаллической жидкости.

АВ 31.409

АВ 31.409

БЕЗКОШТОВНО