

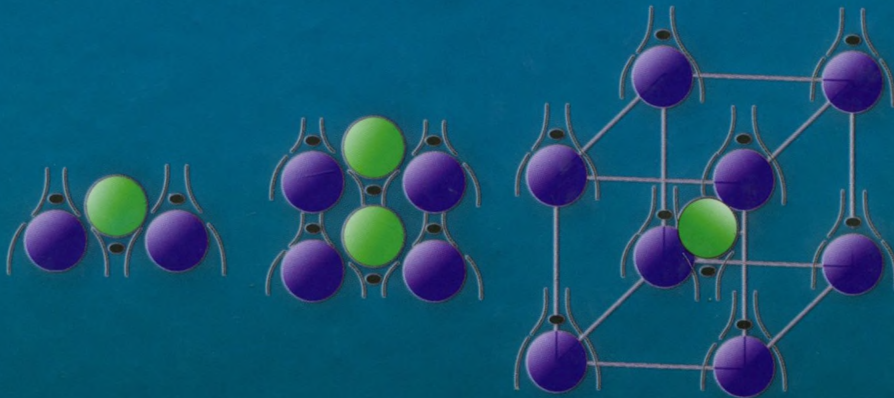
532.7

Л34



Б.І. ЛЕВ
О.М. ТОВКАЧ
С.Б. ЧЕРНИШУК

РІДКОКРИСТАЛІЧНІ КОЛОЇДИ ДЕЯКІ АСПЕКТИ ТЕОРІЇ



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова



Б. І. ЛЕВ, О. М. ТОВКАЧ,
С. Б. ЧЕРНИШУК

**РІДКОКРИСТАЛІЧНІ
КОЛОЇДИ:
деякі аспекти теорії**

*ПРОЕКТ
«НАУКОВА КНИГА»*

КИЇВ НАУКОВА ДУМКА 2018

УДК 532.783; 548-14

Актуальним напрямом досліджень фізики м'якої матерії є вивчення рідких кристалів з колоїдними частинками різної форми та різного розміру — від десятків нанометрів до мікронного. Пружна взаємодія між такими частинками сильно відрізняється від взаємодії в звичайних ізотропних колоїдних розчинах; вона принципово анізотропна і може в сотні разів перевищувати теплову енергію. Це призводить до утворення м'яких кристалів з колоїдних частинок. У монографії зроблена спроба побудувати теорію такої пружної взаємодії колоїдних частинок у необмежених і обмежених нематичних рідких кристалах, а також у смектиках і холестериках. Встановлено, що кожна колоїдна частинка з топологічними дефектами навколо може бути ефективно представлена у вигляді твердої шуби з трійкою (тріадою) чисел — пружних мультипольних моментів. Такий підхід дає змогу адекватно описати різні двовимірні та тривимірні м'які кристали з колоїдних частинок. Викладено послідовний підхід до опису таких систем та передбачено низку результатів, які можуть мати експериментальне підтвердження.

Для фахівців у галузі досліджень фізики м'якої матерії, рідких кристалів, фізики колоїдних систем, статистичної фізики, а також аспірантів і студентів фізичних спеціальностей старших курсів вишів.

Рецензенти:

академік НАН України Л. А. БУЛАВІН,
доктор фізико-математичних наук, професор Ю. Б. ГАЙДІДЕЙ

*Рекомендовано до друку
вченою радою Інституту теоретичної фізики
ім. М. М. Боголюбова НАН України
(протокол № 11 від 29.12.2015 р.)*

***Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми
«Створення та розвиток науково-видавничого комплексу
НАН України»***

Науково-видавничий відділ фізико-математичної та технічної літератури

Редактор *В. В. Вероцька*

© Б. І. Лев, О. М. Товкач, С. Б. Чернишук, 2018

© НВП «Видавництво “Наукова думка”

ISBN 978-966-00-1622-4

НАН України», дизайн, 2018

Зміст

Передмова	7
Вступ	9
1 Основи статистичної механіки конденсованих середовищ	15
1.1 Формування конденсованих середовищ.....	15
1.2 Взаємодія мікроскопічних частинок.....	16
1.3 Статистичний опис систем.....	19
1.4 Опис конденсованих середовищ методом кінетичних рівнянь.....	28
1.5 Газ. Кінетичне рівняння Больцмана.....	31
1.6 Рідини. Рівняння стану.....	33
1.7 Рідкі кристали. Рівняння гідродинаміки.....	36
1.8 Броунівський рух. Рівняння Ланжевена і Фоккера- Планка	46
2 Феноменологічна теорія рідких кристалів	52
2.1 Нематики	52
2.2 Холестерики.....	61
2.3 Смектики	64
2.4 Перехід смектика А в нематик.....	68
2.5 Переходи як наслідок дії зовнішніх сил.....	70
2.6 Флуктуації орієнтації в рідких кристалах	73

3	Дефекти в рідких кристалах	80
3.1	Топологічні особливості розподілу директора	80
3.2	Дефекти в нематичному рідкому кристалі.....	82
3.3	Дефекти в холестеринах і смектиках	86
3.4	Окреме включення в рідкому кристалі.....	91
3.5	Броунівський рух у нематиках.....	98
4	Типи взаємодії колоїдних частинок у конденсованих се- редовищах	103
4.1	Вандерваальсівська взаємодія макроскопічних частинок.....	103
4.2	Взаємодія за рахунок просторового розподілу заряду.....	105
4.3	Взаємодія за рахунок флуктуацій.....	109
4.4	Капілярні взаємодії.....	111
4.5	Взаємодія за рахунок скалярного параметра порядку	115
4.6	Взаємодія між колоїдними частинками за рахунок деформацій пружного поля директора	120
5	Пружні мультиполі та симетрія. Взаємодія колоїдних частинок у нематиках	128
5.1	Ефективний функціонал вільної енергії.....	128
5.2	Мультипольні коефіцієнти і симетрія частинок.....	134
5.3	Пружні монополі.....	142
5.4	Приклади пружних монополів.....	144
5.5	Пружні мультиполі вищих порядків.....	155
5.6	Вплив октупольного моменту в дипольних колоїдах.....	158
5.7	Сферичні частинки з буджунами.....	160
5.8	Гексадекапольні колоїди	165
5.9	Оцінка розміру шуби та межі застосовності мультипольного розвинення.....	171

5.10	Загальна парадигма — колоїдні частинки як пружні тріади в нематику	173
5.11	Поведінка частинок у викривленому полі директора.....	175
6	Пружні взаємодії в обмежених нематиках	187
6.1	Метод функцій Гріна для аксіально-симетричних частинок.....	187
6.2	Взаємодія однієї частинки зі стінкою.....	190
6.3	Взаємодія двох частинок поблизу стінки.....	192
6.4	Одна частинка в нематичній комірці.....	201
6.5	Взаємодії між двома частинками в гомеотропній комірці.....	206
6.6	Колоїдні взаємодії в гомеотропній нематичній комірці з різними пружними сталими	209
6.7	Взаємодія двох частинок у планарній комірці.....	225
6.8	Бананоподібні частинки в нематичній комірці	229
6.9	Монополь-монопольна взаємодія в нематичній комірці	236
6.10	Аксіально-симетричні частинки в нематичній комірці в зовнішньому полі	237
7	Пружні взаємодії в холестеричних та смектичних рідких кристалах	259
7.1	Взаємодія в холестеричному рідкому кристалі.....	259
7.2	Пружна взаємодія в смектиках	276
8	Структури в системі колоїдних частинок	286
8.1	Колоїдні кристали в нематиках.....	288

8.2	Структури на поверхні рідкого кристала.....	300
8.2.1	Одна гексагональна структура.....	300
8.2.2	Співіснування двох структур.....	307
8.3	Структури в нематику з неоднорідними граничними умовами	311
8.4	Розподіл наноколоїдів у деформованих нематиках.....	317
8.5	Комірчаста текстура феронематиків	319
8.6	Формування структур у рідкокристалічних наноколоїдах.....	324
9	Додатки	328
9.1	Енергія взаємодії за слабого зчеплення	328
9.2	Екранування пружної взаємодії в системі багатьох частинок.....	335
9.3	Основні похідні від функцій Гріна для холестеричної комірки.....	344
	Список літератури	347