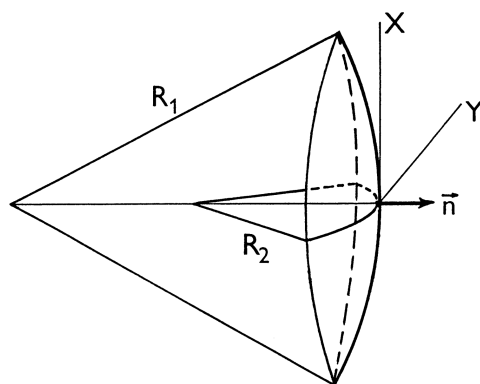


Александър Г. Петров

Физика на живата материя

Течнокристален подход



АКАДЕМИЧНО ИЗДАТЕЛСТВО
„Проф. МАРИН ДРИНОВ“

*Книгата се издава в чест на 145-годишнината
на Българската академия на науките*

*Книгата излиза с подкрепата на Проект REGPOT INERA 316309
“Research and Innovation Capacity Strengthening of ISSP-BAS
in Multifunctional Nanostructures” от Седма рамкова програма
на Европейската комисия.*

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО
„АКАД. ГЕОРГИ НАДЖАКОВ“

Александър Г. Петров

Физика на живата материя

Течнокристален подход

СОФИЯ • 2014



АКАДЕМИЧНО ИЗДАТЕЛСТВО
„Проф. МАРИН ДРИНОВ“

„Физика на живата материя“ е ново понятие във физичната терминология. Живата материя от обща физична гледна точка спада към един особен тип кондензирана материя, известна като мека кондензирана материя.

Тази монография е посветена на приложението на течнокристалния подход от физиката на меката материя в биофизиката на мембраните. Основни обекти са лиотропните течни кристали: концентрирани разтвори на сапуни и детергенти, както и на голямо многообразие от биологично активни вещества: липиди, липополизахариди, белтъци, нуклеинови киселини и др. Меката течнокристална материя показва всички онези удивителни, но характерни за течните кристали способности за високоспецифични реакции към най-слаби външни въздействия, които същевременно са комбинирани с относителна структурна устойчивост и възможност за възстановяване на изходната структура след отстраняване на тези въздействия. Именно тези свойства правят лиотропната материя най-подходящо агрегатно състояние за живата материя. То е и нативното състояние на най-високоорганизираната материя в природата – човешкия мозък.

Като първо изчерпателно монографично третиране на молекулната физика и биофизика на живата материя книгата ще представлява интерес не само за специалисти по течни кристали, които не са запознати с физиката на живата материя, за биофизици, които не познават задълбочено учението за течните кристали, но и за експерти в тези две области. Студентите по физика, физикохимия, биофизика, биохимия и молекулярна биология също биха могли да я разберат в по-голямата ѝ част. Монографията разглежда както теорията, така и експеримента в тази бурно развиваща се област на науката. Тя представя модерен поглед върху състоянието на специализираната литература, като излага и редица оригинални резултати на автора, между които централно място заема учението за биофлексоелектричеството.

На корицата: *Лого на конгресите по биофлексоелектричество (Бъфало, 2001, и Хюстън, 2003): външна слухова клетка и флексоелектрична поляризация на клетъчната мембрана (диаграма и уравнение).*

© Александър Георгиев Петров, 2014

© Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“ – БАН, 2014

© Константин Атанасов Жеков, художник на корицата, 2014

© Академично издателство „Проф. Марин Дринов“, 2014

ISBN 978-954-322-799-0

*На моята съпруга Мими
посвещавам тази книга.*

СЪДЪРЖАНИЕ

Предговор / 9

Означения и символи / 10

Съкращения / 13

Първа глава. Въведение / 15

- 1.1. Физика на живата материя / 15
- 1.2. Физика на меката материя. Лиотропни течни кристали. Защо живата материя е мека? / 16
- 1.3. Исторически бележки / 19

Втора глава. Лиотропни мезогени и лиотропен полиморфизъм / 27

- 2.1. Общи молекулни характеристики на лиотропните мезогени / 27
- 2.2. Полиморфизъм на лиотропиците. Основни типове молекулно подреждане / 40
- 2.3. Течнокристални биоструктури / 81

Трета глава. Молекулна асиметрия на мезогените и биомолекулите / 99

- 3.1. Мултиполен модел. Обобщени мултиполи / 99
- 3.2. Обобщени потенциали и полета / 109
- 3.3. Обобщени поляризуемости. Зависимост на обобщените мултиполи от обобщените полета / 122
- 3.4. Молекулна асиметрия, междумолекулни взаимодействия и структура на живата материя от течнокристален тип / 128
- 3.5. Комбинации от асиметрии / 135
- 3.6. Заключение / 137

Четвърта глава. Еластичност на живите мембрани и на слоестите липидни системи / 138

- 4.1. Феноменология / 138
- 4.2. Еластичност на липидни монослоеви: молекулни модели / 143
- 4.3. Еластичност на липидни бислоеве и молекулна динамика / 172
- 4.4. Компютърно моделиране на мембранната еластичност / 188
- 4.5. Методи за измерване на мембранната еластичност и анализ на експерименталните данни / 197
- 4.6. Еластични свойства на липидни бислоеве и на живи мембрани: критично сравнение / 236

Пета глава. Дефекти в течнокристалната структура на мембраните / 239

- 5.1. Механизми на порообразуването / 239
- 5.2. Хидрофобни, хидрофилни и хибридни пори. Модел на структурната им трансформация / 245
- 5.3. Теория / 247
- 5.4. Числени пресмятания. Двубариерен модел. Метастабилни пори / 256
- 5.5. Сравнение с експеримента / 261
- 5.6. Порообразуване от някои олигопептиди: антибиотици, токсини / 267

Шеста глава. Биофлексоелектричество / 285

- 6.1. Въведение / 285
- 6.2. Феноменология на биофлексоелектричеството. Прав и обратен биофлексоефект / 287

- 6.3. Биофлексоелектричество и разпределение на поляризацията / 290
- 6.4. Диполен механизъм на биофлексоелектричеството и молекулна динамика / 291
- 6.5. Монополни механизми на биофлексоелектричеството / 306
- 6.6. Квадруполен принос към биофлексоелектричеството / 317
- 6.7. Флексоелектричество и мембранни белтъци / 320
- 6.8. Флексоелектричество и еластичност на огъване / 324

Седма глава. Експериментални изследвания на биофлексоелектричеството / 326

- 7.1. Прав биофлексоефект. Теоретични бележки / 326
- 7.2. Режим на регистрация на тока при прав биофлексоефект / 330
- 7.3. Режим на регистрация на напрежението при прав биофлексоефект / 342
- 7.4. Стробоскопична интерферометрия при правия биофлексоефект / 346
- 7.5. Обратен биофлексоелектричен ефект. Релации на Максвел / 354
- 7.6. Техника на мембранна фиксация и флексоелектричество на нативни мембрани / 362
- 7.7. Обсъждане на резултатите / 384
- 7.8. Механично, електрично и фотоелектрично преобразуване на енергията в мембраните: фотофлексоелектричество / 386

Осма глава. Изследвания на биохелиелектричеството и биопиезоелектричеството / 397

- 8.1. Хелиелектричество на наклонени хирални ламеларни фази. Симетрични изисквания / 397
- 8.2. Хелиелектричество в лиотропици. Експерименти / 398
- 8.3. Хиралността на липидите създава хелиелектричество и във флуидните ламеларни фази / 404
- 8.4. Заклучителни бележки / 412

Девета глава. Течнокристален подход във физиката на живата материя. Приложение на учението за биофлексоелектричеството / 415

- 9.1. Самоасемблиране на липиди и белтъци в течнокристални мембранни структури / 415
- 9.2. Липидна асиметрия и нестабилност в планарната конфигурация на мембраните / 429
- 9.3. Липид-белтъчни взаимодействия: еластични и флексоелектрични аспекти / 434
- 9.4. Флукуации на кривината, флексоелектричество и мембранен контакт / 439
- 9.5. Флексоелектричество и йонни канали / 446
- 9.6. Флексоелектричество и мембранен йонен транспорт / 454
- 9.7. Механочувствителност на клетъчните мембрани / 459
- 9.8. Биофлексоелектричество, динамична чувствителност към еластични натяжения и електроподвижност / 489
- 9.9. Заключение / 489

Послеслов. Физиката на живата материя и течните кристали / 499

Библиография / 501

Александър Г. Петров

**Физика на
живата материя**

Течнокристален подход

Българска
Първо издание

Редактор *Албена Накева*
Художник на корицата *Константин Жеков*
Графичен дизайнер *Елисавета Илчева*

Формат 167 × 237 mm
Печатни коли 33,50

Печатница на Академично издателство „Проф. Марин Дринов“
1113 София, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 5

www.baspress.com

ISBN 978-954-322-799-0