

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова

Національна академія наук України



Затверджую

Директор ІРЕ ім. О.Я.Усикова

НАН України

П.М.Мележик

» 02 2021 р.

ВИБРАНІ ПИТАННЯ СУЧАНОЇ БІОФІЗИКИ

(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

з підготовки доктора філософії

рівень підготовки: ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)

(назва ступеня вищої освіти)

галузь знань: 01 природничі науки

(шифр і назва галузі знань)

спеціальність – 014 «Фізика та астрономія»

(код і назва спеціальності)

для аспірантів 2 курсу 4 семестру

мова навчання – українська

Харків, 2021

Розробники програми: д.ф.-м.н., проф. Шестопалова Г.В.,
к.ф.-м.н., с.н.с. Духопельников Є.В.



РЕЦЕНЗЕНТИ:

Берест В.П., к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри молекулярної та медичної біофізики факультету РБЕКС ХНУ імені В.Н. Каразіна.

Обговорено та затверджено Вченою радою Інституту
Протокол №3 від 11.02.2021 року.

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Вибрані питання сучасної біофізики» складена відповідно до Освітньо-наукової програми Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН України

на третьому освітньо-науковому рівні

(назва рівня вищої освіти)

галузі знань 109 «Природничі науки»

(шифр і назва галузі знань)

спеціальності 104 «Фізика та астрономія»

(код і назва спеціальності)

Опис навчальної дисципліни

Освітньо-науковий рівень вищої освіти передбачає здобуття особою теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницької діяльності, оволодіння методологією наукової та педагогічної діяльності, проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення (Закон України «Про вищу освіту», 2014).

У рамках навчальної дисципліни аспірантам винесені питання ознайомлення з загальними уявленнями сучасної біофізики та оволодіння знаннями про сучасний стан розвитку основних напрямків молекулярної біофізики, біофізики мембран, біофізики регуляторних процесів як основи для подальшого використання у практиці наукових досліджень, викладацької та іншої професійної діяльності.

Згідно з навчальним планом вивчення дисципліни «Вибрані питання сучасної біофізики» здійснюється у 4 семестрі. Організація навчального процесу здійснюється за кредитно-трансферною системою. На вивчення навчальної дисципліни відводиться 150 годин, 5 кредитів ЄКТС.

Статус навчальної дисципліни: за вільним вибором.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є молекулярна біофізика, біофізика мембран та біофізика процесів регуляції.

Міждисциплінарні зв'язки: відповідно до навчального плану, вивчення навчальної дисципліни «Вибрані питання сучасної біофізики» здійснюється, коли аспірантом набуті відповідні знання з основних базових дисциплін на III рівні вищої освіти, а також дисциплін: «Іноземна мова», «Філософія», «Методологія, технологія та організація наукових досліджень», з якими інтегрується програма наукової дисципліни. У свою чергу, дисципліна «Вибрані питання сучасної біофізики» формує засади поглибленого вивчення аспірантом спеціальних фізичних та фундаментальних теоретичних дисциплін: загальної фізики, теоретичної фізики, радіофізики і біофізики.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Вибрані питання сучасної біофізики» є вивчення загальних уявлень сучасної біофізики: структури, фізичних властивостей, функцій біологічних полімерів (білки, нуклеїнові кислоти); процесів взаємодії білків і нуклеїнових кислот; структури, функцій біологічних мембран та їх моделей; фізичних аспектів нервової провідності, зору та слуху, гормональної і нюхової рецепції; біофізичних методів дослідження; формування у аспірантів системи сучасних знань про основи життєдіяльності на молекулярному рівні та практичне застосування цих знань у різних галузях фізики.

1.2. Основним завданням вивчення дисципліни «Вибрані питання сучасної біофізики» є:

дати необхідний обсяг знань в області сучасної біофізики з метою їх застосування при дослідженні фізичних властивостей молекулярно-біологічних систем, а саме:

- Ознайомлення з основними фізичними закономірностями стосовно побудови молекулярно-біофізичних систем.
- Ознайомлення з основними фізичними принципами формування стабільних структур білків; фізичні основи конфірмаційної рухливості та динаміки білків; фізико-хімічні механізми функціонування білків.
- Вміння аналізувати природу сил, які лежать в основі формування стабільних структур біологічних макромолекул.
- Вміння виконувати розрахунки енергій взаємодій в молекулярних системах, які містять компоненти та фрагменти біологічних макромолекул.
- Ознайомлення з основними фізичними властивостями нуклеїнових кислот, фізичними принципами конформаційних та структурних перебудов ДНК і РНК та їх роль в функціонуванні спадкового матеріалу.
- Вміння орієнтуватися в сучасних даних щодо розшифровки і аналізу геномів різних організмів.
- Ознайомлення з типами іонних каналів та механізмами транспорту речовин, сучасними уявленнями щодо механізмів нервової провідності та їх регуляції.
- Вміння аналізувати спектри біомолекул у видимій і ультрафіолетовій областях та коливальні спектри біомолекул.
- Вміння орієнтуватися в матеріалах сучасних публікацій за результатами молекулярного моделювання структури біомолекул та їх комплексів.

1.3. Очікувані результати навчання з дисципліни:

- Аспірант повинен знати основні фізичні принципи формування стабільних структур біологічних структур – білків, нуклеїнових кислот та біологічних мембран; фізичні основи функціонування молекулярно-біологічних систем.
- Аспірант повинен вміти аналізувати природу сил, які лежать в основі формування стабільних молекулярно-біологічних систем.
- Аспірант повинен ознайомитися з сучасними методами експериментальних біофізичних досліджень молекулярно-біологічних систем, вміти аналізувати їх результати та проводити порівняльний аналіз з відомими літературними даними.
- Аспірант повинен ознайомитися з сучасними методами комп'ютерного моделювання молекулярно-біологічних систем, вміти аналізувати їх результати та проводити порівняльний аналіз з відомими літературними даними.
- Аспірант повинен знати можливості сучасних біофізичних методів досліджень та теорій, розуміти обмеження їх використання і сферу практичного застосування результатів біофізичних досліджень.

1.4 Програма навчальної дисципліни

Дисципліна	Модулі	Загальна кількість годин	Кредити ЄКТС	Лекції (годин)	Практичні та семінарські заняття	Самостійна робота
Вибрані питання сучасної біофізики	Модуль 1	150	5	30	0	120

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Структура та функції білків.

Тема 1.

Класифікація і фізико-хімічні властивості амінокислот. Первинна структура білка, структура пептидного зв'язку. Типи вторинної структури білка, третинна та четвертинна структура.

Тема 2.

Конформаційні перетворення в білках. Проблема самозбирання білкової глобули. Перехід спіраль-клубок в поліпептидах.

Тема 3.

Різноманітність функцій білків. Структурні білки. Мембранні білки. Глобулярні білки. М'язові білки. Білки – молекулярні машини.

Розділ 2. Структура та функції нуклеїнових кислот

Тема 4.

Компоненти нуклеїнових кислот. Фізичні властивості мономерів нуклеїнових кислот. Первинна структура нуклеїнових кислот. Подвійна спіраль ДНК. Особливості структури РНК.

Тема 5.

Поліморфізм ДНК. А-, В-, Z – форми подвійної спіралі ДНК. Неканонічні форми подвійної спіралі. Природа стабільності та конфірмаційної рухливості подвійної спіралі ДНК. Структурні переходи подвійної спіралі.

Тема 6.

Фізичні механізми взаємодії нуклеїнових кислот з біологічно активними речовинами. Комплекси нуклеїнових кислот з білками. Структура нуклеосом та рибосом.

Тема 7.

Генетичний код. Центральна догма молекулярної біології. Процеси транскрипції, трансляції та реплікації. Геном людини. Епігенетика, епігенетичні маркери.

Розділ 3. Біофізика мембранних процесів.

Тема 8.

Сучасні моделі структури мембран. Біліпідні слої. Іонні канали.

Тема 9.

Функції мембран. Транспорт речовин через мембрану. Закон Фіка. Рівняння Нернста. Механізм переносу іонів через канали. Активний транспорт речовин через мембрану. Хеміостатична гіпотеза окислювального фосфорилування Мітчела.

Тема 10.

Біопотенціали. Потенціал покою та його зв'язок з розподілом іонів. Потенціал дії. Структура нервових волокон. Механізми передачі нервового імпульсу. Сучасні теорії нервової провідності.

Тема 11.

Рецептори: структура і функції. Структура ока, сітківки і фоторецепторних клітин. Механізми зорового сприйняття. Передача і посилення зорового сигналу. Структура і функції органів слуху. Механізм сприйняття звуку. Механізми нюху і посилення запахових сигналів. Естафетна передача регуляторних сигналів. Нейроендокринна регуляція.

Розділ 4. Біофізичні методи дослідження.

Тема 12.

Методи молекулярної спектроскопії в УФ- та видимій областях. Флуоресценція та люмінесценція. Коливальна спектроскопія.

Тема 13.

Метод рентгеноструктурного аналізу. Метод ЯМР. Електронна мікроскопія, крио-електронна мікроскопія. Атомна силова мікроскопія. Метод мас-спектрометрії.

Тема 14.

Молекулярне моделювання молекулярно-біологічних систем (методи квантової хімії, молекулярної механіки, метод Монте Карло, молекулярний докінг, молекулярна динаміка). Біоінформатика.

ПІДСУМКОВИЙ МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ. Екзамен

2. Структура навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни	Кількість годин, з них			
	Всього	Аудиторних		Самостійна робота
		Лекцій	Практичних та семінарських занять	
Структура та функції білків	36	6	0	30
Структура та функції нуклеїнових кислот	38	8	0	30

Біофізика мембранних та регуляторних процесів	38	8	0	30
Біофізичні методи досліджень	39	9	0	30
Всього	150	30	0	120

Примітка: 1 кредит ЄКТС – 30 год.

Аудиторне навантаження - 20%, самостійна робота - 80%.

3. Тематичний план лекцій

Тематика лекції	Кількість годин
Розділ 1. Структура та функції білків	
Тема 1. Структура білків.	2
Тема 2. Структурні перетворення білків.	2
Тема 3. Функції білків. Протеоміка.	2
Разом	6
Розділ 2. Структура та функції нуклеїнових кислот	
Тема 4. Структура нуклеїнових кислот.	2
Тема 5. Конформаційні перебудови нуклеїнових кислот.	2
Тема 6. Біологічна роль нуклеїнових кислот.	2
Тема 7. Геном людини. Епігенетика	2
Разом	8
Розділ 3. Біофізика мембранних та регуляторних процесів	
Тема 8. Структура біологічних мембран.	2
Тема 9. Функції біологічних мембран.	2
Тема 10. Механізми нервової провідності.	2
Тема 11. Механізми рецепції, зору та слуху.	2
Разом	8
Розділ 4. Біофізичні методи досліджень	
Тема 12. Молекулярна спектроскопія.	2
Тема 13. Методи отримання структури біомолекул.	2
Тема 14. Комп'ютерне моделювання. Біоінформатика.	4
Разом	8
Усього годин	30

4. Тематичний план практичних та семінарських занять

№ п/п	Тематика практичних та семінарських занять	Години
	Всього	-

5. Завдання для самостійної роботи

№	Тема 1. Структура білків	Кількість годин.
1.	Хіральність амінокислот. Оптично-активне середовище.	2
2.	Роль водневих зв'язків в утворенні вторинної структури білків.	2
3.	Карти Рамачандрана. Конформації поліпептидного ланцюга.	2
	Разом	6
№	Тема 2. Структурні перетворення білків	Кількість годин.
1.	Сучасні уявлення про фолдинг білків.	2

2.	Шаперони та регуляція згортання білків в клітині.	2
3.	Розплавлена глобула: гіпотези і їх докази.	2
4.	Пріони та амілоїдні фібрили. Структура, особливості, механізм утворення та функціонування.	2
	Разом	8
№	Тема 3. Функції білків. Протеоміка.	Кількість годин.
1.	М'язові білки і проблема м'язового скорочення.	4
2.	Ферменти. Особливості структури. Механізми ферментативного каталізу.	2
3.	Кінетика ферментативного каталізу. Швидкість ферментативних реакцій, енергія активації. Засоби прискорення реакції ферментами.	2
4.	Структура та принципи функціонування протеаз. Вірусні протеази.	2
5.	Особливості структури та функціонування імуноглобулінів. Основи імуноферментативного аналізу.	2
6.	Алостеричне регулювання функції білків. Гемоглобін та міоглобін як приклади різного регулювання їх функцій.	2
7.	Структурна протеоміка. Передбачення просторової структури білків за їх амінокислотної послідовності. Структурні бази даних.	2
	Разом	16
№	Тема 4. Структура нуклеїнових кислот.	Кількість годин.
1.	Особливості конформацій нуклеотидів. Цикл псевдообертання сахарів.	2
2.	Моделі подвійної спіралі ДНК: помилки та успіхи. Дані рентгеноструктурного аналізу.	2
3.	Неканонічні форми подвійної спіралі: сучасні дані. Біологічна роль неканонічних форм подвійної спіралі.	2
	Разом	6
№	Тема 5. Конформаційні перебудови нуклеїнових кислот.	Кількість годин.
1.	Методи реєстрації конформаційних перебудов ДНК.	2
2.	Циркулярна та надспіральна ДНК. Залежні від надспіралізації структурні переходи	4
3.	Вплив середовища на конформаційні та структурні перебудови подвійної спіралі ДНК. Гідратація ДНК. ДНК як поліаніон.	6
	Разом	12
№	Тема 6. Біологічна роль нуклеїнових кислот.	Кількість годин.
1.	Взаємодія ДНК з біологічно активними речовинами. Методи дослідження, механізми та параметри комплексоутворення.	4
2.	Компактизація ДНК в клітині. Рівні компактизації. Структура та позиціонування нуклеосом. Структура і динаміка хроматинової фібрили. Хроматин	4
3.	Механізми білково-нуклеїнового впізнавання. Приклади білково-нуклеїнових комплексів.	2
4.	Типи РНК. Сплайсінг матричної РНК. Малі РНК. Інтерференційна РНК.	4
	Разом	14
№	Тема 7. Геном людини. Епігенетика.	Кількість годин.
1.	Секвенування ДНК. Фізичні та молекулярно-біологічні принципи та тех-	4

	нології. Геноми вірусів.	
2.	Механізми утворення епігенетичних маркерів.	2
	Разом	6
№	Тема 9. Функції біомембран.	Кількість годин.
1.	Рідкокристаличний стан біліпідних шарів та біомембран. Засоби дослідження.	4
2.	Транспорт біологічно активних речовин через мембрани. Біліпідні слої як засіб створення цільової доставки фармакологічних препаратів	6
	Разом	10
№	Тема 10. Механізми нервової провідності.	Кількість годин.
1.	Сучасні теорії нервової провідності.	4
2.	Регуляція нервової провідності.	4
3.	Дослідження біоелектричних явищ. Фізичні принципи.	4
	Разом	12
№	Тема 11. Механізми рецепції, зору та слуху.	Кількість годин.
1.	Створення біосенсорів на підставі структури та функціонування клітинних рецепторів.	4
2.	Взаємодія клітинних рецепторів з спайк-білками коронавірусів як механізм інфікування: молекулярний механізм.	4
	Разом	8
№	Тема 12. Молекулярна спектроскопія.	
1.	Застосування спектроскопії у видимій і ультрафіолетовій областях для оцінки стану просторової структури біополімерів.	4
2.	Коливальні спектри біомолекул. Відношення характеристичних частот.	2
3.	Спектроскопія комбінаційного розсіяння світла, або Раман-спектроскопія. Принцип роботи Раман-спектрометрів.	2
	Разом	8
№	Тема 14. Комп'ютерне моделювання. Біоінформатика.	
1.	Можливості сучасних методів квантової хімії при вивченні структури компонентів біомолекул.	2
2.	Застосування результатів квантово-хімічних розрахунків для аналізу УФ- та ІЧ-спектрів.	4
3.	Сучасні силові поля. Обґрунтування використання певних силових полів для комп'ютерного моделювання біомолекул та біомембран.	2
4.	Результати застосування методів Монте Карло та молекулярної динаміки при вивченні просторової структури біомолекул та процесів їх взаємодії.	4
5.	Особливості використання методу молекулярного докінгу для розрахунків комплексів НК з білками та малими молекулами	2
	Разом:	14
	Разом:	120

Орієнтовний перелік питань до підсумкового контролю

1. Система, енергія, робота, внутрішня енергія, ентальпія, вільна енергія та ентропія. Перший та другий закони термодинаміки.
2. Гібридизація атомних орбіталей. Хімічний зв'язок. Потенціал обертання навколо хімічних зв'язків.
3. Основи теорії міжмолекулярної взаємодії.
4. Типи міжмолекулярних взаємодій. Водневі зв'язки.
5. Амінокислоти, їх розподіл за складом та властивостями.
6. Функції білків. Фібрилярні, мембранні та глобулярні білки.
7. Механізми генерації мембранних потенціалів. Роль іонів в генерації мембранних потенціалів.
8. Первинна структура білків. Пептидний зв'язок, його властивості.
9. Вторинна структура білків. Елементи вторинної структури білків.
10. Третинна та четвертинна структури білків.
11. Транспорт речовин через мембрани. Активний та пасивний види мембранного транспорту. Згорання та денатурація білків. Сили, що стабілізують просторову структуру білків.
12. Кінетика та термодинаміка ферментативних реакцій. Рівняння Арреніуса та Михаеліса-Ментен.
13. Енергія активації. Каталіз хімічних та ферментативних реакцій.
14. Механізми каталітичних реакцій. Алостеричні ферменти, рівняння Хілла. Інгібітори ферментів.
15. Структура та механізми скорочення гладкого м'язового волокна.
16. Структура та механізми скорочення поперечносмугастого м'язового волокна.
17. Структура та дія молекулярного мотору – АТФ-синтази.
18. Молекулярні машини. Механізми рухливості бактерій.
19. Компоненти нуклеїнових кислот. Первинна структура нуклеїнових кислот.
20. Особливості складу та структури РНК. Функції РНК.
21. Просторова структура ДНК. Модель Уотсона-Крика.
22. Поліморфізм ДНК: порівняльний аналіз форм подвійної спіралі.
23. Денатурація та ренатурація ДНК. Загальні поняття та методи дослідження.
24. Компактизація нуклеїнових кислот у клітині. Хроматин.
25. Поняття генетичного коду. Центральна догма молекулярної біології.
26. Механізми передачі спадкової інформації: реплікація, транскрипція, трансляція.
27. Функції мембран. Сучасні моделі структури мембран.
28. Мембранні канали. Механізм переносу іонів через канали.
29. Транспорт неелектролітів через мембрану. Закон Фіка.
30. Електродифузна теорія транспорту іонів через мембрану. Рівняння Нернста.
31. Основи теорії нервової провідності. Проведення нервового імпульсу по мієліновим і немієліновим нервовим волокнам.
32. Потенціал спокою і його зв'язок з розподілом іонів. Потенціал дії і роль іонів натрію і калію в генерації потенціалу дії.
33. Механізми рецепції на прикладі функціонування бактеріородопсину та G-білків.
34. Фізичні основи методу діелектричної спектроскопії. Методи вимірювання діелектричних параметрів у біофізичних дослідженнях. Особливості отримання діелектричних параметрів біологічних об'єктів.
35. Абсорбційна спектроскопія у видимій і ультрафіолетовій областях. Фізичні основи та загальні поняття.
36. Особливості спектрів поглинання біополімерів у видимій і ультрафіолетовій областях.
37. Застосування спектроскопії у видимій і ультрафіолетовій областях для оцінки стану просторової структури біополімерів.
38. Методи дослідження коливальних спектрів біомолекул.
39. Фізичні основи методу інфрачервоної спектроскопії. Коливальні спектри біомолекул.

40. Спектроскопія комбінаційного розсіяння світла, або Раман-спектроскопія.
 41. Сучасні методи отримання структури біомолекул (РСА, ЯМР, мас-спектрометрія, електронна мікроскопія).
 42. Загальні уявлення про методи молекулярного моделювання структури біологічних молекул.

7. Завдання для самостійної роботи: опрацювання матеріалу згідно тематичного плану із застосуванням рекомендованої літератури, сучасних інформаційних технологій та спеціалізованих ресурсів в Інтернеті.

8. Методи навчання. Основними видами навчальних занять згідно з навчальним планом є лекції та самостійна робота. Темі лекційного курсу розкривають проблемні питання відповідних розділів дисципліни, передбачають застосування аспірантами методів дослідження у практиці вирішення наукових задач у галузі фізики.

Допоміжні методи навчання: пояснення, бесіда, розповідь, ілюстрація, спостереження, навчальна дискусія, обговорення теоретичного та/або науково-практичного питання, моделювання ситуації інтересу та опора на життєвий досвід.

9. Методи оцінювання (контролю): усний контроль (основне запитання, додаткові та допоміжні запитання); індивідуальне, фронтальне і комбіноване опитування; контроль практичних навичок.

10. Форма поточного контролю успішності навчання: оцінка з дисципліни визначається з урахуванням поточної навчальної діяльності аспіранта із відповідних тем. Максимальна поточна кількість балів – 60 балів. Поточний контроль проводиться у формі опитування, тестів та написання рефератів.

11. Форма підсумкового контролю успішності навчання та критерії оцінювання. Максимальна поточна кількість балів – 60 балів, за результатами підсумкового модульного контролю – 40 балів, разом – 100 балів. Мінімальна поточна кількість балів, яку треба набрати для допуску до підсумкового контролю – 30 балів. Підсумковий модульний контроль вважається зархованим при отриманні не менше 65% від максимальної кількості балів.

Оцінювання знань за кожне запитання під час підсумкового модульного контролю здійснюються наступним чином:

1-3 бали – аспірант здатен визначити загальне у поняттях або явищах, але присутні 4 і більше помилок;

4-8 балів – аспірант здатен визначити головне у поняттях або явищах, але припустився неточностей, 2-3 помилок та не зробив достатньо аргументованих висновків;

9-15 балів – аспірант вміє визначити головне у поняттях або явищах, здатен зробити аргументовані висновки, що дозволило йому правильно і повністю розкрити питання, навести приклади явищ та процесів, зробити аргументовані висновки, помилки відсутні або несуттєві.

Поточний контроль, самостійна робота					
Розділи 1,4 опитування	Розділи 2,3 опитування	Тестові завдання (4)	Разом	Іспит	Сума
T1÷T3, T12÷T4	T4÷T7, T8÷T11	T1, T2 (1); T4, T5 (2); T9, T10 (3); T12, T13 (4) 4 тести × 5 бал. = 20 бал.			
8	12		40	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

12. Методичне забезпечення: навчальний контент (конспект, розширений план лекції, презентація з використанням мультимедійних пристроїв), план самостійної роботи, методичні рекомендації за темами, завдання для поточного та підсумкового контролю знань і вмінь аспіранта.

ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Огурцов А.Н. **Физика и биофизика**. Учеб. пособие в 2 ч. Ч.1. Основы общей физики. Харьков: НТУ "ХПИ", 2016. – 528 с.
2. Огурцов А.Н. **Физика и биофизика**. Учеб. пособие в 2 ч. Ч.2. Основы биофизики. Харьков: НТУ "ХПИ", 2016. – 559 с.
3. Огурцов А.Н., Близнюк О.Н. **Основы химической и молекулярной биофизики**. Учебное пособие. Харьков: НТУ "ХПИ", 2017. – 400 с.
4. Блюменфельд Л.А., **Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики**, «Единоритал УРСС», Москва, 2002. – 158 с.
5. Финкельштейн А.В. **Физика белковых молекул**. М.-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2014. – 424 с. (pdf).
http://www.mol.bio.msu.ru/res/DOC61/2012_Book_fizika_belka.pdf
6. Огурцов А.Н. **Введение в биофизику макромолекул**. учеб. пособие. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – 384 с.
7. Огурцов, А.Н. **Биологические мембраны**. Учеб. пособие – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 368 с.
8. Сиволоб А.В. **Фізика ДНК**. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. – 352 с. (pdf) –
http://www.biol.univ.kiev.ua/public/pidruch/DNA_physics_sivolob.pdf
9. Сиволоб А.В. **Молекулярна біологія**. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 384 с. (pdf) – http://www.biol.univ.kiev.ua/public/pidruch/MolBiol_sivolob.pdf
10. Костюк П.Г., Гродзинський Д.М., Зима В.П., Магура І.С., Сидорик Е.П., Шуба М.Ф. **Біофізика**. Вища школа, 2001 р. (електронна версія).
11. Рубин А.Б., **Биофизика**, т.1, книжный дом «Университет», Москва, 1999 г.
12. Малеев В.Я. **Методи біофізических исследований**. Х.: ХНУ им. А.Н.Каразина, 2014. – 457 с.
13. Tamar Schlick. **Molecular Modeling and Simulation**. An Interdisciplinary Guide, 2nd edition, Interdisciplinary Applied Mathematics, Volume 21, Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2012. – 727 p.
http://organical.org/modelacion/mm/Molecular_Modeling_and_Simulation_An_Interdisciplinary_Guide_Interdisciplinary_Applied_Mathematics.pdf
14. Иванов В.В., Слета Л.А. **Квантовая химия**. Учебное пособие. Харьков, Фолио, 2007. – 447 с.

Допоміжна

1. Джексон М.Б. **Молекулярная и клеточная биофизика**, Бином, Москва, 2009 (електронна версія).
2. Кантор Ч., Шиммель П. **Биофизическая химия**, т. 1, 3; изд. "Мир", Москва, 1985 (електронна версія).
3. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. **Лекции по физической химии полимеров**. Мир, М., 2000 (електронна версія).
4. Кольман Я., Рем К.-Г. **Наглядная биохимия**. Мир, Москва, 2000 (електронна версія).
5. Рис Э., Стернберг М. **Введение в молекулярную биологию**. Мир, Москва, 2002 (електронна версія).
6. John Kuriyan, Boyana Konforti, David Wemmer. **The Molecules of Life: Physical and Chemical Principles**. 2013. Published by Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC.
<https://books.google.com.ua/books?id=jwcPBAAAQBAJ&pg=PA616&lpg=PA616&dq=electrostatic+potential+of+DNA+shape+readout&source=bl&ots=NzS94ZFPPF&sig=Uk3q1bu3oUKcJdXsCsPLHW4pzxo&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjO6-OT3MDMAhWGkiwKHYP0CIQ4ChDoAQgkMAI#v=onepage&q=electrostatic%20potential%20of%20DNA%20shape%20readout&f=false>

7. Шестопалова А. В., Житникова М.Ю., Борискина Е.П. Полиморфизм ДНК и проблема белково-нуклеинового узнавания: монография. — LAP: Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2014-03-25, 112 с., ISBN 978-3-659-30140-7.
8. [Evstigneev M.P.](#), [Shestopalova A.V.](#) [Structure, Thermodynamics and Energetics of Drug-DNA Interactions: Computer Modeling and Experiment](#), pp.21-58, In: Application of Computational Techniques in Pharmacy and Medicine; Series: [Challenges and Advances in Computational Chemistry and Physics](#), Vol. 17; Gorb, Leonid, Kuz'min, Victor, Muratov, Eugene (Eds.), 2014, XIII, 550 p.; ISBN: 978-94-017-9256-1 (Print) 978-94-017-9257-8 (Online).
9. Березняк Е.Г., Духопельников Е.В., Гладковская Н.А., Хребтова А.С., Песина Д.А., Хорунжая О.В., Костюков В.В., Евстигнеев М.П. **Термодинамика комплексообразования лигандов с нуклеиновыми кислотами в водном растворе**. Монография М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 166 с. ISBN 978-5-9558-0417-0. Код - 334700.01.01.
10. Zhitnikova M.Yu., Boryskina O.P., Shestopalova A.V. **Nucleosome as an example of a nanosystem formation: structural dynamics of nucleosomal DNA**, pp.95-128 / Chapter 4. In book: "Nanobiophysics: Fundamentals and Applications", Pan Stanford Publishing, 434 p., (35,11) ISBN: 9789814613972 9814613975 eBook, November 16, 2015; ISBN-10: 9814613967, ISBN-13: 978-9814613965, Print book, December 15, 2015, CRC press, Taylor & Francis Group, NY.
11. Miroshnychenko K. V. Shestopalova A. V. Molecular Docking of Biologically Active Substances to Double Helical Nucleic Acids: Problems and Solutions. Chapter 5. In book: Applied Case Studies and Solutions in Molecular Docking-Based Drug Design (Advances in Medical Technologies and Clinical Practice). Publisher: // IGI Global, USA, Hershey PA. – 2016. – P. 127-157. ISBN-10: 1522503625 ISBN-13: 978-1522503620.
12. Шестопалова А.В. Фізичні принципи побудови і властивостей білків і нуклеїнових кислот. С. 79-86. У монографії: «Наукова рада з проблеми «Фізика м'якої речовини»: короткий підсумок діяльності у період 2011-2015 років. Ред.: Юхновський І.Р. та ін. – Львів-Київ, 2016, 227 с.
13. Shestopalova A. V., Pesina, D. A. Kashpur V. A., Khorunzhaya O. V. Hydration of DNA-binding biological active compounds: EHF dielectrometry and molecular modeling results. Structural Chemistry. – 2016. – V. 27. – N.1. – P.159-173.
14. Глибицкий Д.М., Горобченко О.А., Николов О.Т., Чейпеш Т.А., Джемиева Т.Н., Зайцева И.С., Рошаль А.Д., Зибаров А.М., Шестопалова А.В., Семенов М.А., Глибицкий Г.М. Метод оценки влияния физических и химических факторов на биополимеры по текстурам их пленок // Радиофизика и электроника, 2019, 24(1): 58-68.
15. Маджидов Т.И, Куракин Г.Ф. **Компьютерные технологии против коронавируса: первые результаты**. 2020. - Природа, № 3. – С.3-16.

Інформаційні ресурси

1. Клітинні мембрани і мембранний транспорт <https://www.youtube.com/watch?v=eEVIQQLIs0U>
2. Мембрани: 12 відео. [Мембранный транспорт | Биология](#)
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLxGo9dxQkqWDTi3s2YGJIeWSYerUhDuCg>
3. Біологічні мембрани <https://www.youtube.com/watch?v=HBi6J519iJU>.
4. Мембранні потенціали, потенціали спокою та потенціали дії, передача нервових імпульсів https://www.youtube.com/results?search_query=потенциал+покоя+потенциал+действия+нервный+импульс