

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально науковий інститут високих технологій

Кафедра супрамолекулярної хімії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора

з науково – педагогічної роботи

Галина ГРАБЧУК

«24» травня 2022 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### МОЛЕКУЛЯРНА МЕМБРАНОЛОГІЯ

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки

спеціальність **102 Хімія**

освітній рівень **магістр**

освітня програма **Високі технології (Хімія та наноматеріали)**

вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	1
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: д.б.н., доц. Цимбалюк О.В.

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

**КИЇВ – 2022**

Розробник: Цимбалюк О.В., доктор біологічних наук, професор кафедри молекулярної біотехнології та біоінформатики

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

Зав. кафедри

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

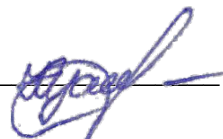
Сергій РЯБУХІН  
(прізвище та ініціали)

**Протокол № 7 від «19» серпня 2022 року**

Схвалено науково - методичною комісією Навчально-наукового інституту високих технологій

**Протокол 1 від «09» вересня 2022 року**

Голова науково-методичної комісії

  
\_\_\_\_\_

Наталія РУСІНЧУК

**1. Мета дисципліни** – отримання студентами ґрунтовних фундаментальних знань і сучасних уявлень про молекулярні аспекти структурних властивостей біологічних мембран, а також їх функціонування у нормі та за патологічних процесів.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

*1. Успішне опанування науково-теоретичним та практичним матеріалом навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «Бакалавр».*

*2. Вміти самостійно застосовувати знання з молекулярної біології, біохімії, органічної хімії та ін. дисциплін, виконувати лабораторні та практичні роботи, працювати з науково-методичною літературою.*

*3. Володіти елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в біологічних і хімічних лабораторіях.*

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

У навчальній дисципліні «Молекулярна мембранологія» розглянуті молекулярні аспекти структурних властивостей біологічних мембран, а також їх функціонування у нормі та за патологічних процесів. Навчальна дисципліна складається з двох модулів.

У межах першого модуля розглянуті сучасні дані щодо біохімічного складу мембран: ліпідів, протеїнів та вуглеводів: будова, класифікація, фізико-хімічні властивості, формування взаємодій між ними та роль у підтриманні структури і функції окремих біомембран (плазматичної мембрани, мітохондріальної, ядерної, ендоплазматичного ретикулуму та ін. органел); сучасні відомості щодо біогенезу і будови мембран. Значна увага приділена особливостям формування і функціонування ліпідних мікродоменів, рафтів та кавеол. Розглянуто процеси мембранного транспортування, злиття і розділення мембран, зокрема, формування транспортних везикул та злиття оболонкових вірусів.

Також розглянуті молекулярні особливості функціонування клітинних біомембран. Зокрема будуть детально проаналізовані молекулярні механізми мембранного транспорту за шляхами фізичної дифузії, пасивного, первинного і вторинного активного транспорту; а також властивості молекул протеїнів, які забезпечують ці транспортні потоки (іонні канали, білки-переносники, порини,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-аза плазматичної мембрани,  $\text{Ca}^{2+}$ -помпи плазматичної мембрани та ендоплазматичного ретикулуму,  $\text{H}^+$ -АТФ-аза,  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -обмінник та ін.).

Також розглянуті молекулярні особливості будови мембран мітохондрій, будова і властивості протеїнових комплексів дихального ланцюга, Н-АТФ-синтетази, а також особливості механізму і енергетики трансгідрогеназної реакції, осмотичної і механічної роботи систем внутрішньої мембрани мітохондрій.

У межах другого модуля розкрито медичні аспекти мембранології: біоактивні месенджерні ліпіди (види та їх участь в регуляції клітинного поділу, росту, апоптозу, старіння, адгезії, міграції, запалення, ангіогенезу тощо), жиророзчинні вітаміни (та їх взаємодія з мембранами), ліпосоми як спосіб транспортування лікарських препаратів (стелс-ліпосоми, термо-ліпосоми, рН-чутливі ліпосоми). Розглянуті патології людини, які пов'язані з мембранними

порушеннями (зокрема, хвороба Альцгеймера, муковісцидоз, м'язова дистрофія Дюшена, демієлінізація аксонів); проблеми, пов'язані з харчовими ліпідами, що впливають на властивості і функції мембран (транс-ізомери жирних кислот, омега-3 ненасичені жирні кислоти).

Проаналізовані системи генерування та інактивації активних форм кисню і продуктів перекисного окиснення ліпідів, порушення мембранних структур, пов'язані з підвищенням напруження активних форм кисню.

#### **4. Завдання (навчальні цілі):**

1. Сформувати у студента чітке уявлення про структуру плазматичної і ендомембран клітини еукаріотів та властивості їх структурних компонентів;
2. Сформувати у студента знання про механізми підтримання мембранної асиметрії, формування і динаміку мембранних мікродоменів, рафтів та кавеол.
3. Сформувати у студена уявлення про молекулярні властивості транспортних протеїнів, а також механізми і властивості мембранного транспорту речовин.
4. Сформувати у студента уявлення про медичний аспект біомембранології, зокрема, щодо захворювань організму людини, пов'язаних з мембранними порушеннями, а також методів терапії патологій з використанням ліпосом.
5. Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти (восьмий рівень НРК України), галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія», спеціальність 162 «Високі технології (біотехнологія)») дисципліна забезпечує набуття студентами таких *компетентностей*:
  6. інтегральної:
  7. ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі професійної діяльності або у процесі навчання в новому або незнайомому середовищі, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов та вимог.
  8. загальних:
  9. ЗК2. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.
  10. ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
  11. ЗК14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел
  12. спеціальних (фахових, предметних):
  13. ФК2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.
  14. ФК7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).
  15. ФК11. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати належні напрями та відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.
  16. ФК12. Розуміння етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (наукова доброчесність)

#### **5. Результати навчання за дисципліною:**

<b>Результат навчання</b> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		<b>Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання</b>	<b>Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)</b>	<b>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</b>
<b>Код</b>	<b>Результат навчання</b>			
1.1	Знати сучасні уявлення про структуру плазматичної та ендомембран, а також властивості молекул цих біомембран еукаріотичних клітин: склад, молекулярні і фізико-хімічні властивості, особливості їх розташування в нормі та за патологічних станів.	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота, іспит	30
1.2	Знати молекулярні механізми мембранного транспорту (за шляхами фізичної дифузії, пасивного, первинного і вторинного активного транспорту), а також молекулярні особливості транспортних протеїнів, які його забезпечують	Лекція, практичне заняття		
1.3	Знати види біоактивних месенджерних ліпідів: їх властивості, молекулярні і клітинні механізми участі у регуляції клітинних процесів	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота, іспит	30
1.4	Знати молекулярні механізми розвитку окремих патологій людини, пов'язаних з мембранними порушеннями	Лекція, практичне заняття		
2.1	Вміти аналізувати дані, ефективно використовувати їх для вирішення дослідницьких і практичних задач	Практичне заняття	Модульна контрольна робота, іспит	10
2.2	Володіти ґрунтовними знаннями про сучасні методи дослідження біомембран	Практичне заняття	Модульна контрольна робота, іспит	10
3.1	Вміти представляти результати наукового пошуку у формі доповідей з використанням сучасних технологій, коректно вести дискусію	Практичне заняття	Модульна контрольна робота, іспит	10
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Самостійна робота	Підготовка наукової доповіді	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

<b>Результати навчання дисципліни (код)</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>3.1</b>	<b>4.1</b>
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>								

Р2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	+	+	+	+	+			
Р6. Знати методологію та організації наукового дослідження.	+	+	+	+	+			
Р8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефакхівців.						+	+	+
Р13. Аналізувати наукові проблеми та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.	+	+	+	+	+	+	+	+
Р16. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології для вирішення загальних професійних задач.						+	+	+
Р19. Оцінювати актуальність досліджуваних наукових проблем, придатність відомих наукових методів для їх дослідження на основі аналізу наявних даних та публікацій у провідних виданнях.	+	+	+	+				+
Р17. Працювати з хімічними та біологічними базами даних.	+	+				+	+	+
Р20. Знати основні принципи виведення на ринок нового фармацевтичного препарату.	+	+	+	+				

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1; 1.2. – 10 балів/ 5 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3; 1.4 – 10 балів/ 5 балів
3. Практичні заняття – РН 2.1; 2.2; 3.1 – 30 балів/15 балів
4. Оцінювання наукової доповіді РН 4.1 – 10 балів/ 5 балів

#### - підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компоненту в цілому: підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Формою проведення іспиту є тестова контрольна робота. Результатами навчання, які оцінюються в тестовій контрольній роботі, є РН 1.1-1.4. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом, становить 40 балів за 100 бальною шкалою. Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

#### - умови допуску до підсумкового іспиту:

Обов'язковим для іспиту є успішне написання 2 модульних контрольних робіт (по кожній не менше 50% правильних відповідей), підготовки наукової доповіді. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

### 7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення лекцій з розділів 1 і 2, відповідно. Наукова доповідь оцінюється протягом семестру.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59

### 8. Структура навчальної дисципліни.

#### Тематичний план лекцій та лабораторних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
<i>Розділ 1</i>				
1	<b>Тема 1. Молекулярні особливості будови і функціонування плазматичної та ендомембран еукаріотичної клітини</b>	12	4	30
	<b>Лекція 1.</b> Вступ. Сучасні уявлення про структуру біомембран. Властивості мембранних ліпідів: класифікація, молекулярні і фізико-хімічні властивості, особливості їх розташування та динаміки.	2		
	<b>Лекція 2.</b> Мембранні протеїни: класифікація, способи розташування, молекулярні та фізико-хімічні особливості. Рухливість мембранних протеїнів та способи її регуляції. Взаємодії мембранних протеїнів з ліпідами і вуглеводами.	2		
	<b>Лекція 3.</b> Молекулярна асиметрія біомембран: латеральна і трансмембранна. Фізико-хімічні механізми підтримання мембранної асиметрії. Формування і динаміка мембранних мікродоменів, рафтів та кавеол.	2		
	<b>Лекція 4.</b> Властивості ендомембран еукаріотичних клітин. Особливості біомембран мітохондрій, ядра, ендоплазматичного ретикулуму, пероксисом і лізосом. Процеси біосинтезу, обміну і модифікації мембранних ліпідів і протеїнів у ендомембранах.	2		
	<b>Лекція 5.</b> Молекулярні механізми мембранного транспорту за шляхами фізичної дифузії, пасивного, первинного і вторинного активного транспорту. Молекулярні особливості транспортних протеїнів.	2		

	<b>Лекція 6.</b> Молекулярні особливості будови мембран мітохондрій, будова і властивості протеїнових комплексів дихального ланцюга, Н-АТФ-синтетази. Особливості механізму і енергетики трансгідрогеназної реакції, осмотичної і механічної роботи систем внутрішньої мембрани мітохондрій.	2		
	<b>Практична робота 1.</b> Сучасні методи дослідження біомембран. Біохімічні методи: препаратика мембранних фракцій. Характеризування мембранних фракцій. Дослідження функціонування мембранних протеїнів (систем активного іонного транспорту, іонних каналів і рецепторів).		2	
	<b>Практична робота 2.</b> Сучасні методи дослідження біомембран. Визначення структурних особливостей біомембран. Методи оптичної і електронної мікроскопії. Конфокальна мікроскопія. Дифракція рентгенівських променів.		2	
	<b>Самостійна робота.</b> Мембранне транспортування, злиття і розділення біомембран.			15
	<b>Самостійна робота.</b> Оболонкові віруси та їх взаємодія з біомембранами.			15
2	<b>Тема 2. Біоактивні месенджерні ліпіди; молекулярні механізми розвитку патологій внаслідок мембранних порушень.</b>	8	6	30
	<b>Лекція 7.</b> Біоактивні месенджерні ліпіди. Їх види, властивості, молекулярні і клітинні механізми участі у регуляції клітинних процесів.	2		
	<b>Лекція 8.</b> Ліпосоми як спосіб транспортування лікарських препаратів. Стелс-ліпосоми, термо-ліпосоми, рН-чутливі ліпосоми. Формування і стабілізація ліпосом	2		
	<b>Лекція 9.</b> Патології людини, які пов'язані з мембранними порушеннями, та механізми їх виникнення і прогресії.	2		
	<b>Лекція 10.</b> Системи генерування та інактивації активних форм кисню і продуктів перекисного окиснення ліпідів. Порушення в біомембранах, пов'язані з підвищенням напрацювання активних форм кисню	2		



	<b>Лабораторна робота 2.</b> Біохімічні методи дослідження та маркери окремих нейродегенеративних захворювань людини.		6	
	<b>Самостійна робота.</b> Жиророзчинні вітаміни: фізико-хімічні властивості та їх взаємодія з мембранами			10
	<b>Самостійна робота.</b> Патологічні зміни, які індукуються харчовими ліпідами (на прикладі транс-ізомерів жирних кислот). Незамінні жирні кислоти: їх фізико-хімічні властивості, молекулярні та клітинні функції.			20
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>60</b>

**Загальний обсяг 90 год.**, в тому числі:

Лекцій – 20 год.

Практичні заняття – 10 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 60 год.

## 9. Рекомендовані джерела:

**Основна:** (Базова)

1. Stillwell W. An Introduction to Biological Membranes: From Bilayers to Rafts 1st Edition. Elsevier Science; 2013, 378 p.
2. Yeagle P.L. The Membranes of Cells, Third Edition, Elsevier Academic Press, 2016, 440 p.
3. Blanco A., Blanco G. Medical Biochemistry, 2017 Elsevier Academic Press, 805 p.
4. Ion Channels in Health and Disease. Elsevier Academic Press. Edited by: Geoffrey S. Pitt, 2016, 378 p.
5. Methods in Cell Biology, Vol 140, Correlative Light and Electron Microscopy III. Edited by: Thomas Mueller-Reichert & Gustav Carus, Elsevier Academic Press, 2017, 350 p.
6. Levental, I., Levental, K. R., & Heberle, F. A. (2020). Lipid Rafts: Controversies Resolved, Mysteries Remain. Trends in cell biology, 30(5), 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2020.01.009>.
7. Bukrinsky, M. I., Mukhamedova, N., & Sviridov, D. (2020). Lipid rafts and pathogens: the art of deception and exploitation. Journal of lipid research, 61(5), 601–610. <https://doi.org/10.1194/jlr.TR119000391>
8. Parton R. G. (2018). Caveolae: Structure, Function, and Relationship to Disease. Annual review of cell and developmental biology, 34, 111–136. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100617-062737>
9. Lee, Y., & Thompson, D. H. (2017). Stimuli-responsive liposomes for drug delivery. Wiley interdisciplinary reviews. Nanomedicine and nanobiotechnology, 9(5), 10.1002/wnan.1450. <https://doi.org/10.1002/wnan.1450>
10. Karimi, M., Eslami, M., Sahandi-Zangabad, P., Mirab, F., Farajisafiloo, N., Shafaei, Z., Ghosh, D., Bozorgomid, M., Dashkhaneh, F., & Hamblin, M. R. (2016). pH-Sensitive stimulus-responsive nanocarriers for targeted delivery of therapeutic agents. Wiley interdisciplinary reviews. Nanomedicine and nanobiotechnology, 8(5), 696–716. <https://doi.org/10.1002/wnan.1389>
11. Gaschler, M. M., & Stockwell, B. R. (2017). Lipid peroxidation in cell death. Biochemical and biophysical research communications, 482(3), 419–425. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.10.086>

### **Додаткова:**

1. Advances in Protein Chemistry and Structural Biology, Vol 103, Ion Channels as Therapeutic Targets, Part A. Edited by: Rossen Donev, Elsevier Academic Press, 2016, 386 p.
2. Advances in Protein Chemistry and Structural Biology, Vol 104, Ion Channels as Therapeutic Targets, Part B. Edited by: Rossen Donev, Elsevier Academic Press, 2016, 450 p.
3. Methods in Cell Biology, Vol 132, G Protein-Coupled Receptors: Signaling, Trafficking and Regulation. Edited by: Arun K. Shukla, Elsevier Academic Press, 2016, 490 p.
4. Current Topics in Membranes, Vol 77, Dynamic Plasma Membranes: Portals Between Cells and Physiology. Edited by: Vann Bennett, Elsevier Academic Press, 2016, 242 p.
5. Methods in Enzymology, Vol 583, Enzymology at the Membrane Interface: Interfacial Enzymology and Protein-Membrane Binding. Edited by: Michael H Gelb, Elsevier Academic Press, 2017, 400 p.
6. [https://jfallen.org/lectures/membrane\\_biochemistry/index.html](https://jfallen.org/lectures/membrane_biochemistry/index.html)
7. Biochemistry and Biotechnology for Modern Medicine Edited by S. Komisarenko. – K.: Publishing House Moskalenko O. M., 2013, 704 p.
8. Sviridov, D., Mukhamedova, N., & Miller, Y. I. (2020). Lipid rafts as a therapeutic target. Journal of lipid research, 61(5), 687–695. <https://doi.org/10.1194/jlr.TR120000658>.
9. Sonnino, S., & Prinetti, A. (2013). Membrane domains and the "lipid raft" concept. Current medicinal chemistry, 20(1), 4–21.
10. Nicolson G. L. (2014). The Fluid-Mosaic Model of Membrane Structure: still relevant to understanding the structure, function and dynamics of biological membranes after more than 40 years. Biochimica et biophysica acta, 1838(6), 1451–1466. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2013.10.019>.
11. Hanafusa, K., Hotta, T., & Iwabuchi, K. (2020). Glycolipids: Linchpins in the Organization and Function of Membrane Microdomains. Frontiers in cell and developmental biology, 8, 589799. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.589799>
12. Parton, R. G., Tillu, V. A., & Collins, B. M. (2018). Caveolae. Current biology : CB, 28(8), R402–R405. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.11.075>.
13. Parton, R. G., Kozlov, M. M., & Ariotti, N. (2020). Caveolae and lipid sorting: Shaping the cellular response to stress. The Journal of cell biology, 219(4), e201905071. <https://doi.org/10.1083/jcb.201905071>
14. Glukhova O. E. (2020). Liposome Drug Delivery System across Endothelial Plasma Membrane: Role of Distance between Endothelial Cells and Blood Flow Rate. Molecules (Basel, Switzerland), 25(8), 1875. <https://doi.org/10.3390/molecules25081875>
15. Zylberberg, C., & Matosevic, S. (2016). Pharmaceutical liposomal drug delivery: a review of new delivery systems and a look at the regulatory landscape. Drug delivery, 23(9), 3319–3329. <https://doi.org/10.1080/10717544.2016.1177136>
16. Panov, A. V., & Dikalov, S. I. (2020). Cardiolipin, Perhydroxyl Radicals, and Lipid Peroxidation in Mitochondrial Dysfunctions and Aging. Oxidative medicine and cellular longevity, 2020, 1323028. <https://doi.org/10.1155/2020/1323028>
17. <https://themedicalbiochemistrypage.org/>

### **Електронні ресурси:**

1. Drug and Drug Target Database <http://www.drugbank.ca/>
2. A knowledgebase of biological pathways and processes <http://www.reactome.org/>
3. The Human Protein Atlas <http://www.proteinatlas.org/>
4. Single-nucleotide variation and disease association database <https://hive.biochemistry.gwu.edu/tools/biomuta/>
5. Transporter Classification Database <http://www.tcdb.org/>
6. Membrane-embedded protein structures and their lipid interactions <http://memprotmd.bioch.ox.ac.uk>

