

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра біофізики та біоінформатики

Затверджено

на засіданні кафедри
біофізики та біоінформатики
біологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 19 від 05.04 2023 р.)

Завідувач кафедри,
д.б.н., проф. *А. Бабський* Андрій БАБСЬКИЙ

Силабус із навчальної дисципліни
«Біофізика транспортних процесів»,
що викладається в межах ОПП Біофізика
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 091 – Біологія та біохімія

Назва курсу	Біофізика транспортних процесів
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра біофізики та біоінформатики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	09 Біологія. 091 – Біологія та біохімія.
Викладачі дисципліни	Дика Марія Василівна, канд. біол. наук, доцент кафедри біофізики та біоінформатики
Контактна інформація викладачів	mariya.dyka@lnu.edu.ua https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/dyka-m-v
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Аудиторні консультації: Щовівторка, 15:00-16:00 (вул. Грушевського 4, корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, біологічний факультет, III поверх, ауд. № 325 (викладацька)). Онлайн-консультації: через Zoom; за допомогою попередньої домовленості. Для погодження часу онлайн-консультацій слід писати на корпоративну електронну скриньку Дикої М.В.
Сторінка дисципліни	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5693
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Біофізика транспортних процесів» є нормативною дисципліною з спеціальності 091 – Біологія та біохімія для освітньо-професійної програми «Біофізика», яка викладається в 1 семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні теоретичні та практичні знання про найновіші класифікації транспортних білків, загальні закономірності та механізми транспортування речовин крізь мембрану, будову та функції іонних каналів, переносиків, помп. Даний курс передбачає вивчення найновіших концепцій та підходів до з'ясування механізмів функціонування біологічних мембран; засвоєння біофізичних особливостей регуляторних процесів у клітинах та організмі, з'ясування особливостей кінетики мембранних ферментів.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Біофізика транспортних процесів» є формування у студентів знань про біофізичні особливості транспортних білків, загальні закономірності та механізми транспортування речовин крізь мембрану, будову та функції іонних каналів, переносиків, помп, біофізичні особливості регуляторних процесів у клітинах та організмі, особливості кінетики мембранних ферментів.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. – Київ: Видавництво «ВПЦ Київський університет», 2008. – 567 с. 2. Курський М.Д., Кучеренко С.М. Біомембранологія: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 260 с. 3. Костерін С.О., Бабіч Л.Г., Шликов С.Г. та ін. Біохімічні властивості та регуляція Ca ²⁺ -транспортувальних систем мембранних структур гладеньком'язевих клітин. – К.: Наук. думка, 2017. 4. Шуба Я.М. Основи молекулярної фізіології іонних каналів: Навч.

	<p>Посібник.– К.: Наук. Думка, 2010.- 448с. Додаткова література: 1. М. Ashrafuzzaman, J. Tuszynski. Membrane Biophysics.- Springer, 2013. – 178 p. 2. Hongda Wang, Guohui Li. Membrane Biophysics: New Insights and Methods. - Springer, 2018. – 421 p.</p>
Тривалість курсу	Один семестр.
Обсяг курсу	120 годин. З них 32 години лекцій, 16 годин практичних, 72 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>знати</p> <ul style="list-style-type: none"> • класифікацію транспортних білків, механізми переносу речовин через мембрану, будову та функції основних переносників, каналів, pomp; • механізми регуляції процесів транспорту у клітинах та організмі, особливості кінетики мембранних ферментів. <p>вміти</p> <ul style="list-style-type: none"> • застосовувати на практиці знання про механізми транспортування речовин крізь мембрану; класифікувати транспортні білки; • пояснити основні принципи регуляторних процесів у клітинах та організмі, особливості кінетики транспортних білків. <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання:</p> <p>ФК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.</p> <p>ФК03. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.</p> <p>ФК04. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.</p> <p>ФК07. Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації.</p> <p>ФК11. Розуміння біофізичних та молекулярних механізмів функціонування різних видів клітин, субклітинних структур, тканин, органів та організму в цілому за нормальних умов та патологічних станів, та за впливу зовнішніх чинників.</p> <p>ПРН2. Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.</p> <p>ПРН6. Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.</p> <p>ПРН7. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.</p> <p>ПРН13. Дотримуватися основних правил біологічної етики, біобезпеки, біозахисту, оцінювати ризики застосування новітніх біологічних, біотехнологічних і медико-біологічних методів та технологій, визначати потенційно небезпечні організми чи</p>

	<p>виробничі процеси, що можуть створювати загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.</p> <p>ПРН14. Дотримуватись норм академічної доброчесності під час навчання та провадження наукової діяльності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності.</p> <p>ПРН15. Уміти самостійно планувати і виконувати інноваційне завдання та формулювати висновки за його результатами.</p> <p>ПРН16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.</p> <p>ПРН17. Встановлювати та аргументувати нові залежності та закономірності між параметрами та характеристиками складних біофізичних систем.</p> <p>ПРН18. Аналізувати відомі принципи та механізми структурно-функціональної організації, регуляції та адаптації організмів.</p>
Ключові слова	Транспортні білки, АТФази, переносники.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, практичних занять, консультації для кращого розуміння тем.
Теми	<i>Наведено у табл. 1</i>
Підсумковий контроль, форма	Іспит у кінці семестру. Іспит – усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з фізіології, біофізики, біохімії, фізіології людини і тварин.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Словесні методи (лекція, розповідь, бесіда); наочні методи (демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; інтерактивні методи (дискусія). Основними формами навчання є лекційна подача матеріалу, проведення практичних занять (розповідь та демонстрація), а також організація самостійної роботи студентів (запропоновано представлення студентом рецензії на обрану доповідь).
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі, проєктор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються наступним чином:</p> <p>Поточний контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> • за результатами доповіді-презентації на практичних заняттях: 25 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 25; <ul style="list-style-type: none"> 2 доповіді-презентації на практичному занятті – максимально по 10 балів за 1 заняття, участь у дискусії – максимально 5 балів за семестр. • контрольні заміри (модулі): 25 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 25. <ul style="list-style-type: none"> Модуль здобувач отримує на підставі письмового опитування (50 тестових завдань) – максимальна кількість балів - 25. <p>Іспит: 50 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 50. Іспит здобувач отримує на підставі усного опитування за питаннями екзаменаційного білету (3 розгорнуті питання – 50 балів).</p>

	<p>Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет та завдання курсу "Біофізика транспортних процесів". 2. Загальна характеристика транспортних процесів та процесів біоелектрогенезу. Класифікація транспортних процесів. Транспорт води. 3. Пасивний і активний транспорт. Первинно-активний транспорт. Вторинно-активний транспорт. Уніпорт, симпорт, антипорт. 4. Склад та структурно-функціональна організація молекулярних компонентів біомембран. 5. Мембранні білки, вуглеводи мембран. Типи взаємодій мембранних компонентів і їх роль у функціонуванні біомембран. 6. Класифікація транспортних білків. Канали і переносники: будова та функції. 7. Канали і переносники як ферменти: застосування теорії швидкостей. Аналіз стаціонарного стану. 8. Методи дослідження транспортних процесів (рентгеноструктурний аналіз, електронний парамагнітний резонанс, ядерний магнітний резонанс, електронна мікроскопія, диференціальна скануюча калориметрія, метод фіксації потенціалу, метод резонансної міграції енергії і молекулярної мішені). 9. Реєстрація струму, що протікає через одиночний канал. Метод петч-клампу. 10. Невеликі молекули як моделі каналів і пор. Граміцидин, аламецитин, ністатин, амфотерицин.

	<ol style="list-style-type: none"> 11. Характеристика пор і каналів. 12. Щілинні канали. 13. Ядерні порові комплекси. 14. Порини. 15. Нікотиновий ацетилхоліновий рецептор. 16. Потенціалзалежний натрієвий канал. 17. Кальцієвий канал. 18. Значення рецепторів і каналів у взаємодії клітин із середовищем. 19. Уніпортери, симпортери, антипортери. Характеристика активних переносників, що використовують енергію гідролізу АТФ або фосфоенолпірувату. 20. Активні транспортні системи, спряжені з переносом електронів або поглинанням світла. 21. Транспорт неелектролітів. Дифузія. Полегшена дифузія. 22. Транспорт іонів. Іонна рівновага. Електрохімічний потенціал. Гідратація іонів. 23. Іонна рівновага на межі розділу фаз. Подвійний електричний шар. Доннанівська рівновага. 24. Електродифузійна теорія транспорту іонів через мембрану. Рівняння електродифузії Нернста-Планка. 25. Молекулярні основи первинно-активного транспорту іонів. АТФази Р-типу. АТФази V-типу. АТФази F-типу. 26. Молекулярні основи створення електрохімічного градієнту іонів. Na^+, K^+-помпа. Молекулярна організація. Механізм гідролітичної реакції. Модифікатори і інгібітори Na^+, K^+-АТФази. 27. Організація Ca^{2+}-помпи в мембрані. Кінетика транспорту Ca^{2+}. Схема роботи Ca^{2+}-помпи. АТФ як модулятор Ca^{2+}-помпи. Ca^{2+} як індуктор конформаційних перебудов білків. 28. АТФази F1/F0 –типу мітохондрій, хлоропластів і бактерій. Активні транспортні системи, спряжені з процесом переносу електронів або поглинання світла. Цитохром-с-оксидаза. Бактеріородопсин: H^+-помпа. 29. Механочутливі іонні канали. Будова, функції. 30. Об'єм – регулюючі системи транспорту іонів через плазматичну мембрану. Na^+, K^+, Cl^- –котранспорт. Na^+/H^+-, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$-, $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$-обмін. 31. Мембранні пори, що створюються екзогенними агентами. Токсини і цитолітичні білки. Пермеабілізація за допомогою детергентів, осмотичного шоку, під дією електричного поля. 32. Участь компонентів мембран в регуляції метаболічних процесів. Загальна характеристика передачі інформації в клітині. Роль іонів у метаболічних процесах за участю мембран. Молекулярні механізми інтеграції клітинного метаболізму. 33. Структурно-функціональні модифікації молекулярних компонентів біомембран за умов впливу фізико-хімічних агентів. 34. Механізми нуклеоплазматичного транспорту. Будова і властивості ядерної пори. Енергетика нуклеоплазматичного транспорту. Цикл Ran. Транспорт білкових компонентів. Альтернативні механізми імпорту білків.
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1.

Схема курсу «Біофізика транспортних процесів»



Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Предмет та завдання курсу «Біофізика транспортних процесів». Загальна характеристика транспортних процесів та процесів біоелектрогенезу. Класифікація транспортних процесів. Транспорт води. Пасивний і активний транспорт. Первинно-активний транспорт. Вторинно-активний транспорт. Уніпорт, симпорт, антипорт.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
2	Склад та структурно-функціональна організація молекулярних компонентів біомембран. Мембранні білки, вуглеводи мембран. Типи взаємодій мембранних компонентів і їх роль у функціонуванні біомембран.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
3	Класифікація транспортних білків. Канали і переносники: будова та функції. Канали і переносники як ферменти: застосування теорії швидкостей. Аналіз стаціонарного стану.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
4	Методи дослідження транспортних процесів (рентгеноструктурний аналіз, електронний парамагнітний резонанс, ядерний магнітний резонанс, електронна мікроскопія, диференціальна скануюча калориметрія, метод фіксації потенціалу, метод резонансної міграції енергії і молекулярної мішені). Реєстрація струму, що протікає через одиночний канал. Метод петч-клампу. Невеликі молекули як моделі каналів і пор. Граміцидин, аламецитин, ністатин,	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень

	амфотерицин.			
5	Характеристика пор і каналів. Щілинні канали. Ядерні порові комплекси. Порини. Нікотиновий ацетилхоліновий рецептор. Потенціалзалежний натрієвий канал. Кальцієвий канал. Значення рецепторів і каналів у взаємодії клітин із середовищем.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень
6	Уніпортери, симпортери, антипортери. Характеристика активних переносиків, що використовують енергію гідролізу АТФ або фосфоенолпірувату. Активні транспортні системи, спряжені з переносом електронів або поглинанням світла.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень
7	Транспорт неелектролітів. Дифузія. Полегшена дифузія. Транспорт іонів. Іонна рівновага. Електрохімічний потенціал. Гідратація іонів. Іонна рівновага на межі розділу фаз. Подвійний електричний шар. Доннанівська рівновага. Електродифузійна теорія транспорту іонів через мембрану. Рівняння електродифузії Нернста-Планка.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
8	Молекулярні основи первинно-активного транспорту іонів. АТФази Р-типу. АТФази V-типу. АТФази F-типу.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень
9	Молекулярні основи створення електрохімічного градієнту іонів. Na ⁺ , K ⁺ -помпа. Молекулярна організація. Механізм гідролітичної реакції. Модифікатори і інгібітори Na ⁺ , K ⁺ -АТФази.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень
10	Організація Ca ²⁺ -помпи в мембрані. Кінетика транспорту Ca ²⁺ . Схема роботи Ca ²⁺ -помпи. АТФ як модулятор Ca ²⁺ -помпи. Ca ²⁺ як індуктор конформаційних перебудов білків.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень
11	АТФази F1/F0 –типу мітохондрій, хлоропластів і бактерій. Активні транспортні системи, спряжені з процесом переносу електронів або поглинання світла. Цитохром-с-оксидаза. Бактеріородопсин: H ⁺ - помпа.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень

12	Механочутливі іонні канали. Будова, функції. Об'єм – регулюючі системи транспорту іонів через плазматичну мембрану. Na^+ , K^+ , Cl^- –котранспорт. Na^+/H^+ –, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ –, $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^{3+}$ –обмін.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
13	Мембранні пори, що створюються екзогенними агентами. Токсини і цитолітичні білки. Пермеабілізація за допомогою детергентів, осмотичного шоку, під дією електричного поля.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
14	Участь компонентів мембран в регуляції метаболічних процесів. Загальна характеристика передачі інформації в клітині. Роль іонів у метаболічних процесах за участю мембран. Молекулярні механізми інтеграції клітинного метаболізму.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 5 год		1 тиждень
15	Структурно-функціональні модифікації молекулярних компонентів біомембран за умов впливу фізико-хімічних агентів.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
16	Механізми нуклеоплазматичного транспорту. Будова і властивості ядерної пори. Енергетика нуклеоцитоплазматичного транспорту. Цикл Rap. Транспорт білкових компонентів. Альтернативні механізми імпорту білків.	Лекції – 2 год, практична робота – 1 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень

Автор

 Марія ДИКА


«Погоджено»
Голова методичної ради
біологічного факультету
Віталій ГОНЧАРЕНКО
«15» 02. 2023 р.

Гарант ОПШ
Марта БУРА
«15» 02. 2023 р.