МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра біохімії

Затверджено
На засіданні кафедри біохімії
біологічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 14 від 15.02. 20__р.)

Завідувач кафедри _____ проф. Наталія СИБІРНА

Силабус з навчальної дисципліни
«СТРАТЕГІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ ЖИВИХ СИСТЕМ»,
що викладається в межах ОПП «Біологія»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
спеціальності 091 – Біологія
галузь знань 09 Біологія

Львів

Назва курсу	Стратегія енергетичного обміну живих систем
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра біохімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	09 «Біологія», 091 «Біологія»
Викладачі курсу	доцент кафедри біохімії к.б.н. Нагалєвська Марія Романівна доцент кафедри біохімії, к. б. н. Люта Мар`яна Ярославывна
Контактна інформація викладачів	mariia.nagalievska@lnu.edu.ua maryana.lyuta@lnu.edu.ua
Консультації по курсу відбуваються	щосереди, 11:00–12:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 319)
Сторінка курсу	https://bioweb.lnu.edu.ua/course/stratehiya-enerhetychnoho-obminu-zhyvyh-system
Інформація про курс	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для розуміння сучасних механізмів перетворення, накопичення та використання енергії зовнішніх джерел в живих системах. Тому у курсі представлено як структурні та функціональні особливості біологічних мембран, молекулярні механізми організації везикулярного транспорту так і структурна організація і молекулярні механізми енергозабезпечення живих систем, механізми реакцій окисного та субстратного фосфорилювання та акумуляції енергії в редокс-ланцюгах.
Коротка анотація курсу	Дисципліна «Стратегія енергетичного обміну живих систем» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 091 «Біологія» для освітньої програми бакалавра, яка викладається в VI семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою). Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: 1.Склад і структурно-функціональна організація біологічних мембран. 2. Компартменти клітини та внутрішньоклітинний транспорт. 3. Генератори протонного потенціалу 4.Споживачі протонного потенціалу
Мета та цілі курсу	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Стратегія енергетичного обміну живих систем» є сформувати уявлення про структуру, хімічний склад та сучасну методологію дослідження біологічних мембран, внутрішньоклітинні компартменти і сортування білків як основу для вивчення різноманіття функцій біомембран; вивчення стратегії енергетичного обміну живих організмів в процесі становлення життя на Землі; становлення у студентів навичок аналізувати напрямки і стратегію енергетичного обміну живих систем в залежності від складності їх структурної організації.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Брик Т.М. Енциклопедія мембран: у 2 т. – К.: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2005-2006. – Т. 1. – 658 с.; Т. 2. – 684 с. 2. Великий М.М., Старикович Л.С., Климишин Н.І., Чайка Я.П. Молекулярні механізми інтеграції метаболізму. – Львів:вид.

	центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 229 с. 3. Brown T. Mechanisms of Primary Energy Transduction in Biology. The Royal Society of Chemistry, 2018 – 396 p. 4. Hardin J., Bertoni G. Becker's World of the Cell, 9th edition, Pearson Education Limited 2018, – 923 p. 5. Prebble J.N. Searching for a Mechanism: A History of Cell Bioenergetics Oxford University Press, 2019. — 297 p. 6. Nicholls D.G., Ferguson S. Bioenergetics N.-Y.: Academic Press, 2013. - 434p. 7. Buehler L. Cell Membranes New York: Garland Science, 2015. — 399 p. Додаткова література: 1. Остапченко Л.І., Михайлик І.В. Біологічні мембрани: методи дослідження структури та функцій: Навч. посібн. – К.: Вид.-поліграф. центр «Київський університет», 2006. – 215 с. 2. Ktyzjsko-Stefanowicz L. Cytobiochemia: biochemia niektorych struktur komorkovych // Warszawa: PWN, 2002. – 774 s 3. Salway J. G. Metabolism at a Glance. Wiley & Sons Inc., 2017 – 148 p. 4. Clark K. (Ed.) Bioenergetics. nTech, 2012, 272 pages 5. Ernster L. (Ed.) Molecular Mechanisms in Bioenergetics Elsevier, 1992. - 543 p. 6. Benga Gheorghe (ed.) Structure and Properties of Cell Membrane: Volume I: A Survey of Molecular Aspects of Membrane Structure and Function CRC Press, 2017. — 239 p. 7. Benga Gheorghe (ed.) Structure and Properties of Cell Membrane: Volume III: Methodology and Properties of Membranes CRC Press, 2017. — 299 p.
Тривалість курсу	90 год.
Обсяг курсу	**48** години аудиторних занять. З них 48 годин лекцій та 42 годин самостійної роботи
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде: - знати основні концепції структурної організації, фізико-хімічних та біологічних властивостей компонентів біомембран, механізми везикулярного транспорту, методологію дослідження біологічних мембран, специфіку організації енергетичного обміну живих систем, етапи уніфікації енергетичних ресурсів та акумуляції енергії в них. - вміти практично застосовувати теоретичні знання для характеристики мембранних структур у забезпеченні функціонування метаболічних шляхів, прогнозувати патологічні зміни біомембран за дії різних чинників, аналізувати зміни структурної організації мембран відповідно до змін умов середовища, застосовувати отримані знання для аналізу причинно-наслідкових взаємодій в процесі життєдіяльності клітини, орієнтуватися в принципових питаннях і теоріях сучасної клітинної біології, вміти самостійно проводити підбір та аналіз сучасної біологічної наукової інформації, застосувати отримані знання для постановки і проведення експериментальної роботи, розрахувати на основі термодинамічних даних вихід АТФ і коефіцієнт корисної дії основних окислювальних процесів обміну вуглеводів і ліпідів,

	спрогнозувати напрямок протікання біохімічних реакцій в залежності від термодинамічної характеристики умов реакцій, використовувати ці знання при вивчення інших біологічних дисциплін.
Ключові слова	Мембрани, компартменти, окисне фосфорилювання, субстратне фосфорилювання, мітохондрії, АТФ
Формат курсу	очний
	проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл. 1
Підсумковий контроль, форма	залік у кінці семестру
Пререквізити	Викладання курсу "Стратегія енергетичного обміну живих систем" базується на знаннях студентів, отриманих при вивченні курсів «Хімія біоорганічна», «Біохімія», «Цитологія», «Біофізика» та «Фізіології людини і тварин». Отримані знання студенти можуть використовувати для засвоєння матеріалу спецкурсів з «Регуляції обміну речовин», «Функціональна біохімія» та «Молекулярних механізмів міжклітинної комунікації».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування вправ і задач, дискусія
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор, програмне забезпечення для дистанційного навчання (ZOOM, MSTeams, MOODLE)
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Максимальна кількість балів при оцінюванні знань студентів з дисципліни, яка завершується заліком, становить за поточну успішність 100 балів. Поточне тестування 4 змістових модулів (по 25 балів) включає питання лекційного курсу та самостійної роботи (разом 100 балів). Рейтингова оцінка студента перед підсумковим контролем визначається шляхом сумування балів за всі вищеописані види робіт студента під час навчального семестру.
Питання до модульних контролів (замірів знань)	1. Структурно - функціональні особливості мембранних білків. 2. Структурна характеристика ліпідів біологічних мембран. 3. Модельні мембранні системи. 4. Мембранна ензимологія. 5. Мембрани і міжклітинна взаємодія. 6. Ушкодження мембран як чинник порушення метаболічних процесів. 7. Структурна організація та функції ядерних мембран. 8. Структурно-функціональна характеристика мітохондріальних мембран. 9. Внутрішньоклітинний везикулярний транспорт. 10. Основні транспортні шляхи. 11. Мембрани ендоплазматичного ретикулуму. 12. Мембрани комплексу Гольджі. 13. Динамічні властивості біологічних мембран. 14. Предмет і завдання біоенергетики. Принципи біоенергетики. 15. Еволюція біоенергетичних механізмів. 16. Хемотрофна енергетика та метаболізм гетеротрофних

	організмів. 17. Дихальний ланцюг. 18. Хімічна робота за рахунок протонного потенціалу 19. Осмотична робота за рахунок протонного потенціалу. 20. Протонний потенціал, як джерело енергії для утворення теплоти. 21. Регуляція, транспорт і стабілізація протонного потенціалу. 22. Генератори натрієвого протонного потенціалу.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу у системі деканат.

Таблиця 1

Схема курсу «Стратегія енергетичного обміну живих систем»

Тиждень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	**Предмет і завдання біоенергетики. Принципи біоенергетики. Мембрана як універсальний компонент біологічних систем.** Історія становлення біоенергетики як науки. Біоенергетика - наукова дисципліна, що досліджує процеси в клітинах, тканинах, оорганізмах та екосистемах і т.д. Біоенергетика - це дисципліна, що вивчає процеси енергетичних трансформацій в процесі існування біологічних організмів і функціонування біосфери в цілому. Цілі, завдання і методи біомембранології. Історія становлення вчення про біологічні мембрани. Сучасні моделі біологічних мембран. Основні методичні підходи до вивчення структури та функції біологічних мембран. Методи руйнування клітин і тканин. Розділення субклітинних компонентів. Виділення різних клітинних органел. Критерії чистоти мембранних фракцій.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
2	**Структурно - функціональні особливості мембранних білків та ліпідів.** Характеристика інтегральних мембранних білків: способи зв'язування з мембранами, характеристика секретаз, вплив ліпідного оточення. Приклади інтегральних мембранних білків: бактеріородопсин, глікофорин, порини. Характеристика периферичних мембранних білків. Мембранні білки, ковалентно зв'язані з ліпідами. Виділення, очищення та дослідження мембранних білків. Класи мембранних ліпідів та їх структурні особливості. Хімічна структура і поведінка ліпідів у воді. Асоціати ліпідних молекул. Структурні стани ліпідного бішару. Модельні ліпідні мембрани.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень

3	**Модельні мембранні системи та мембранна ензимологія** Моношари на межі розділу фаз повітря – вода. Плоскі бішарові мембрани. Характеристика ліпосом. Моноламелярні ліпосоми. Мультиламелярні ліпосоми. Протеоліпосоми. Класифікація ліпосом. Біологічне значення мембранної організації ензимів. Класифікація мембранозв'язаних ензимів. Загальна характеристика мембранозв'язаних ензимів. Вплив мембранного оточення на активність ензимів. Реконструкція мембранних ензимів.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
4	**Мембрани і міжклітинна взаємодія. Ушкодження мембран як чинник порушення метаболічних процесів.** Міжклітинні контакти: закупорювальні контакти (щільні та перегородчасті контакти.). Характеристика якірних контактів. Комунікаційні контакти. Будова та функції щілинних контактів. Родини адгезивних мембранних білків.). Причини ушкодження клітин. Типи загибелі клітини. Молекулярно-біохімічні та морфологічні ознаки апоптозу та некрозу. Ушкоджуюча дія активних форм оксигену.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
5	**Структурна організація та функції ядерних та мітохондріальних мембран.** Будова та склад ядерної оболонки. Будова ядерного порового комплексу. Нуклеопорини. Організація ядерно-цитоплазматичного транспорту. Динаміка ядерної оболонки в процесі мітозу. Ядерні мембрани та генетичні захворювання людини. Загальна характеристика мітохондріальних мембран, хімічний склад. Мітохондріальна динаміка Імпорт білків у мітохондрії: транслокази зовнішньої та внутрішньої мітохондріальної мембрани. Взаємодія білків-попередників із зовнішньою мітохондріальною мембраною. Моделі включення білків-попередників у внутрішню мітохондріальну мембрану та у міжмембранний простір.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
6	**Внутрішньоклітинний везикулярний транспорт.** Принципи організації везикулярного транспорту у клітині. Роль везикулярного транспорту. Стадії транспортного процесу. Принцип дії малих ГТФаз. Облямування та їхні типи. Механізм злиття мембран везикул з плазматичною мембраною. Біосинтетичний (екзоцитозний) та ендозитозний шлях. Основні компартменти ендозитозного шляху. Ранні, рециркулюючі і пізні ендосоми. Лізосоми. Загальна характеристика лізосом та лізосомальних мембран. Транспорт лізосомальних гідролаз та мембранних білків до лізосом.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
7	**Мембрани ендоплазматичного ретикулуму та комплексу Гольджі.** Структурна та хімічна характеристика ЕПР. Біохімічні процеси, локалізовані на гладенькому	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень

	ЕПР. Мембранні контактні сайти ЕПР. Біохімічні процеси, локалізовані на шорсткому ЕПР. Імпорт білків до ЕПР та люмену ЕПР. Механізми транслокації трансмембранних білків. Процес глікування в ЕПР. Стрес ЕПР. Елементи цитоскелету і комплекс Гольджі. Функціональна роль апарату Гольджі. Глікозилювання. Біогенез апарату Гольджі. Моделі структурно-функціональної організації апарату Гольджі.			
8	**Еволюція біоенергетичних механізмів.** Механізми еволюційного становлення аденозинтрифосфату в ролі універсального джерела запасання енергії. Гіпотеза про «аденіновий» фотосинтез. Запасні енергетичні ресурси і гліколіз. Бактеріородопсиновий фотосинтез первинний механізм використання видимого світла. Хлорофільний фотосинтез. Дихальний механізм енергозабезпечення	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
9	**Хемотрофна енергетика та метаболізм гетеротрофних організмів.** Обмін енергією, як складова частина метаболізму. Екзергонічні і ендергонічні реакції. Сполучення ендергонічних процесів з екзергонічними. Макроергічні зв'язки. Роль високоенергетичних фосфатів в біоенергетиці і в процесах уловлювання енергії.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
10	**Гліколіз та ферментація** Взаємозв'язок процесів катаболізму і анаболізму. Аденіловая система. Механізми синтезу АТФ і шляхи перетворення енергії в клітині. Механізм субстратного фосфорилювання.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 3 год		1 тиждень
11	**Глюконеогенез. Регуляція гліколізу і глюконеогенезу.** Альтернативні субстрати гліколізу. Глюконеогенез. Регуляція гліколізу і глюконеогенезу. Додаткові функції гліколітичних ферментів.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 2 год		1 тиждень
12	**Загальні принципи аеробного дихання. Цикл трикарбонових кислот** Клітинне дихання: максимізація виходу АТФ. Мітохондрії – місце локалізації основних процесів аеробного дихання. Цикл трикарбонових кислот. Алостерична регуляція ключових ензимів ЦТК.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 2 год		1 тиждень
13	**Ліпіди та протеїни, як джерело енергії в клітині** β-окиснення жирних кислот. Протеїни, як джерело енергії та амінокислот. Цикл трикарбонових кислот, як джерело попередників анаболічних шляхів.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 2 год		1 тиждень
14	**Система транспорту електронів: потік електронів від коферментів до кисню** Види переносників системи транспорту електронів. Послідовність розміщення переносників електронів у системі транспорту електронів. Комплекси дихального ланцюга.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 2 год		1 тиждень
15	**Синтез АТФ за рахунок електрохімічного**	Лекції – 3 год,		1

	протонного градієнту Електрохімічний протонний градієнт. Експериментальні докази, що підтверджують існування хеміосмотичної моделі. Синтез АТФ	самостійна робота – 2 год		тиждень
16	**Регуляція, транспорт і стабілізація протонного потенціалу**. Регуляція протонного потенціалу, альтернативні функції дихання, регуляція потоків відновних еквівалентів між цитозолем та мітохондріями. Відношення системи контролю протоного потенціалу до основних регуляторних механізмів еукаріот. Транспорт енергії вздовж мембран у формі протонного потенціалу.	Лекції – 3 год, самостійна робота – 2 год		1 тиждень

Автори Марія НАГАЛЄВСЬКА

Мар'яна ЛЮТА

«ПОГОДЖЕНО»
Голова методичної ради
біологічного факультету
_____ доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО
«__» _____ 2022 р.

Гарант ОПП
_____ доц. Ігор ХАМАР
«03» 02 2022 р.