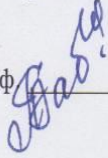


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра біофізики та біоінформатики

Затверджено
на засіданні кафедри біофізики
та біоінформатики біологічного факультету
Львівського національного університету імені
Івана Франка
(протокол № 1 від 30 серпня 2021 р.)

Завідувач кафедри, проф.  А.М. Бабський

Силабус з навчальної дисципліни
«Основи біофізики»,
що викладається в межах ОПП Освіта / Педагогіка
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 014.05 – Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Львів 2021

Назва дисципліни	Основи біофізики
Адреса викладання дисципліни	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра біофізики та біоінформатики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань 01 - Освіта / Педагогіка. Спеціальність 014.05 - Середня освіта (Біологія та здоров'я людини).
Викладачі дисципліни	Гарасим Наталія Петрівна, канд. біол.наук, доцент, доцент кафедри біофізики та біоінформатики
Контактна інформація викладачів	nataliya.harasym@lnu.edu.ua https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	щосереди, 11:00–12:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 325)
Сторінка дисципліни	https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Основи біофізики» є нормативною дисципліною з спеціальності 014.05 - Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) для освітньої програми _____, яка викладається в 5 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб вміти аналізувати біофізичні закономірності клітинних процесів. Тому у дисципліні представлено як огляд концепцій термодинаміки рівноважних станів, необоротних процесів, біофізики мембран, клітини, біоенергетики, а також і лабораторні роботи з цієї галузі біології.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Основи біофізики» є ознайомлення студентів з основними розділами біофізики. Сформувати знання з термодинаміки біологічних процесів, молекулярної біофізики, біофізики клітинних процесів, структури біомакромолекул і мембран, молекулярних механізмів клітинних процесів. Вивчити дію фізичних факторів на живі організми, передачу інформації, управління і регуляцію у біологічних системах.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. - 567 с. 2. Практикум з біофізики : навч. посіб. : [для студ. вищ. навч. закл.] / [А. В. Тарновська, М. Б. Галан, Н. П. Головчак та ін.] – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 181 с. – (Серія «Біологічні Студії») 3. Санагурський Д.І. Об'єкти біофізики. Львів. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 522 с. 4. Огурцов А.Н. Молекулярная биофизика и ферментативный катализ. Харьков: НТУ «ХПИ», 2011, 400 с. 5. Посудін Ю.І. Біофізика: Підручник.– Київ, 2016. – 451 с. 6. Посудін Ю.І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища: Підручник.– К.: 2013.– 354 с. 7. Антонов В.Ф., Коржуев А.В. Физика и биофизика. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 192 с.

	<p>8. Біофізика і біомеханіка [Текст]: підручник. / В.С. Антонюк, М.О. Бондаренко, В.А. Ващенко, Г.В. Канашевич, Г.С. Тимчик, І.В. Яценко. – Київ: Політехніка, 2012. – 344 с.</p> <p>Додаткова література:</p> <p>1. Артюхов В.Г., Наквасина М.А. Биологические мембраны: структурная организация, функции, модификация фізико-химическими агентами: Учеб. пособие. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 2000. – 296 с.</p> <p>2. Бура М.В., Санагурський Д.І. Біофізика сенсорних систем: Навч. пос. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2014. – С. 191.</p>
Тривалість курсу	Один семестр.
Обсяг курсу	90 годин. З них 32 години лекцій, 32 годин лабораторних занять та 26 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знати біофізичні особливості білків, нуклеїнових кислот, клітинних мембран, клітин в цілому, біоенергетики; - вміти застосовувати на практиці біофізичні закони для пояснення біологічних процесів з позицій фізики.
Ключові слова	Термодинаміка, біоенергетика, ліпосоми.
Формат курсу	Очний (денний, вечірній), заочний.
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	<p>Термодинаміка рівноважних станів. Закриті та відкриті термодинамічні системи. Перший закон термодинаміки. Його застосування до біологічних об'єктів. Ентальпія. Колориметрія і використання її для вимірювання термодинамічних параметрів біосистем. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Інформація і зв'язок її з ентропією. Термодинамічні потенціали. Хімічний і електрохімічний потенціали.</p> <p>Термодинаміка необоротних процесів. Зміна ентропії в відкритих системах. Швидкість продукції ентропії і дисипативна функція. Основні положення лінійної нерівноважної термодинаміки. Співвідношення взаємності Онзагера. Теорема Пригожина. Критерії стійкості системи при термодинамічній рівновазі і в стаціонарному стані. Нелінійна термодинаміка необоротних процесів. Сталі і несталі стани. Різні класи біфуркацій і дисипативні структури (реакція Білоусова-Жаботинського, біфуркації Хопфа, модель Вольтера-Лотка). Автохвильові процеси в біологічних системах.</p> <p>Фізико-хімічні властивості та методи досліджень біомакромолекул. Стабілізація просторової структури біомакромолекул за допомогою внутрімолекулярних взаємодій (електростатичні, Ван-дер-Ваальсові, гідрофобні взаємодії, водневі зв'язки). Взаємодія макромолекул в сольовому розчині (теорія Дебая-Хюккеля). Іонна сила розчину. Оптичні методи дослідження біомакромолекул (абсорбційна і флуоресцентна спектроскопія, дисперсія оптичного поглинання, круговий дихроїзм). Спектроскопія магнітного резонансу (електронного парамагнітного резонансу, ядерного магнітного резонансу). Поступальна і оберտальна дифузія біомакромолекул. Метод квазіпружного розсіювання світла макромолекулами. Седиментація біомакромолекул (методи швидкості седиментації і седиментаційної рівноваги). Електрофорез біомакромолекул.</p>

Біофізика білків. Первинна та вторинна структура білків. Конформації поліпептидів (α -спіраль, β -структура, неупорядкована форма). Надвторинна структура білків. Диференціальна скануюча мікроколориметрія як метод вивчення доменної будови білків. Динаміка білкової структури. Абсорбційна і флуоресцентна спектроскопія білків. Використання методів ядерного магнітного резонансу і електронного парамагнітного резонансу в дослідженнях структури білків.

Особливості структурної організації білків ферментів. Швидкість і константа швидкості реакції. Реакції нульового і першого порядку. Вплив температури на швидкість хімічної реакції. Рівняння Арреніуса. Енергія активації та її визначення. Теорія абсолютних швидкостей реакції (теорія перехідного стану). Рівняння Ейрінга. Кінетика взаємодії ферменту і субстрату. Рівняння Міхеліса-Ментен. Графічний метод Лайнуївера-Берка для визначення кінетичних параметрів ферментативних реакцій. Конкурентне і неконкурентне інгібування ферментативних реакцій. Молекулярний механізм взаємодії ферменту з субстратом. Конформаційні перебудови ферментів при взаємодії з субстратами. Методи вимірювання швидких ферментативних реакцій (метод зупиненого потоку, метод температурного стрибка). Структура алостеричних ферментів. Кооперативна кінетика реакцій з участю алостеричних ферментів. Рівняння Хілла. Моделі (симетрична і послідовна) функціонування алостеричних систем.

Біофізика нуклеїнових кислот. Просторова будова ДНК. Характер сил, які стабілізують структуру ДНК (водневі зв'язки між комплементарними парами, стекинг-взаємодії). Оптичні характеристики нуклеїнових кислот. Гіперхромний ефект і криві плавлення ДНК. Визначення ГЦ-сладу в ДНК. Круговий дихроїзм ДНК. Експериментальні докази різних конформацій ДНК (В-, С-, Т-, А-форми ДНК). Білково-нуклеїнове пізнання. Третинна структура РНК. Конформації нуклеотидів. Ендо-, екзо-конформації рибози. Механізм редуплікації ДНК (дослідження за допомогою ізотопів). Кінетика денатурації і ренатурації ДНК. Гібридизація ДНК-РНК.

Структурно-функціональна організація біомембран. Склад біологічних мембран. Вивчення структурної організації мембран (досліди з моношарами ліпідів). Критична концентрація міцелоутворення. Рідинно-кристалічний стан мембрани. Мікров'язкість мембрани. Динаміка ліпідів і білків в мембрані. Використання методу спінових міток для вивчення динамічних характеристик мембран. Гіпотеза кінків. Моделі структурної організації мембран (мозаїчна модель, асиметрична модель, асиметрична трьохшарова мембрана).

Транспорт речовин через мембрани. Пасивний транспорт речовин через біомембрани. Транспорт води. Осмотичний тиск і його вимірювання. Константа Ставерманна. Проста дифузія. Рівняння Теорелла. Рівняння Фіка. Коефіцієнт проникності біомембран. Транспорт неелектролітів через біомембрани. Полегшена дифузія. Білки-переносники. Механізм пасивного транспорту іонів через біомембрани. Селективна іонна проникність клітинних мембран. Поверхневий заряд мембрани. Дебаєвська довжина (довжина екранування). Моделювання іонної проникності штучних мембран.

Транспортні антибіотики. Активний транспорт іонів. Na^+ -, K^+ -помпи. Na^+ - Ca^{2+} обмін та Ca^{2+} -помпа. Структура і функції іонних каналів. Patch-clamp – метод локальної фіксації потенціалу клітинної мембрани.

Мембранний потенціал. Природа мембранного потенціалу. Рівняння Нернста. Мікроелектродна техніка для вимірювання мембранного потенціалу. Мембранний потенціал у випадку іонної рівноваги. Рівновага Гібса-Доннана. Електрохімічний потенціал і рівняння електродифузії Нернста-Планка. Теорія постійного поля. Рівняння Усінга. Вольтамперні характеристики мембрани; затримане випрямлення.

Електрична збудливість клітин. Потенціал дії. Роль іонів натрію і калію в генерації потенціалів дії. Вимірювання іонних струмів за допомогою метода фіксації потенціалу. Вольтамперні характеристики для натрієвого і калієвого струмів при збудженні аксону кальмара. Перфузія ізольованих нейронів та роздільне дослідження іонних струмів за допомогою метода «петч-клемп». Реєстрація струмів поодиноких каналів. Типи іонних каналів. Селективність каналів. Блокатори іонних каналів. Математична модель Ходжкіна-Хакслі процесу електричного збудження. Розповсюдження збудження. Локальні струми і сальтаторне проведення збудження. Електротонічний потенціал. Кабельна теорія. Константа довжини кабелю. Опір і ємність мембрани.

Механізми міжклітинних взаємодій. Щілинні з'єднання. Синаптична передача (хімічні і електричні синапси). Структура хімічного синаптичного контакту. Постсинаптичні потенціали. Передача сигналів від рецепторів мембрани всередину клітини. Вторинні посередники (цАМФ, іони Ca^{2+} , інозитолтрифосфат, діацилгліцерол). Потенціалкеровані та рецепторкеровані іонні канали.

Біофізика м'язового скорочення. Структура скелетного м'язу. Скоротливі білки, молекулярна організація м'язових волокон. Спряження між збудженням і скороченням в скелетному м'язі. Механізм вивільнення іонів кальцію із саркоплазматичного ретикулуму. Механокінетика скорочення скелетного м'язу. Ізометричне і ізотонічне скорочення. Енергетика процесу скорочення. Рівняння Хілла. Молекулярний механізм скорочення скелетного м'язу. Молекулярні механізми регуляції скорочення.

Серцевий м'яз. Структурно-функціональна організація міокарду. Особливості структури міоцитів. Електричні властивості і автоматія серця. Особливості регуляції скорочення серцевого м'язу. Гладенькі м'язи, особливості їх структурної організації та регуляції їх скорочення.

Нем'язова форма рухливості. Структура апарату руху прокариотичних організмів. Молекулярний механізм обертання джгутика. Рух еукариотичних клітин. Структурно-функціональна організація війок і джгутиків еукариот на молекулярному рівні. Динеїн і кінезин – білкові мотори. Амебоїдний рух. Мікрофіламенти нем'язових клітин як елемент цитоскелету. Роль цитоскелету в клітинній рухливості і транспорті речовин.

Трансформація енергії в мембранах. Структура внутрішніх мембран мітохондрій. Склад і організація електрон-транспортного ланцюга мітохондрій. Окисно-відновний потенціал та методи його

	<p>вимірювання. Окисно-відновні потенціали основних компонентів електрон-транспортного ланцюга мітохондрій. Електрон-транспортний ланцюг мітохондрій як електрохімічний генератор. Теорія Мітчела. Спряження процесів окиснення і фосфорилування. Структурна організація АТФ-синтетази, її локалізація в мембрані. АТФ-синтетаза як роторний молекулярний мотор.</p> <p>Біолоюмінесценція і хемілюмінесценція. Види біолоюмінесценції та її роль в життєдіяльності організмів. Біолоюмінесценція у бактерій, комах, медуз та інших організмах. Надслабка хемілюмінесценція біологічних тканин і середовищ. Методи реєстрації хемілюмінесценції. Генерація світла при вільнорадикальному окисненні біологічних молекул.</p> <p>Див. табл. 1.</p>
Підсумковий контроль, форма	Іспит у кінці семестру. Іспит – усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: хімії, біохімії, ботаніки, зоології, цитології, достатніх для сприйняття категоріального апарату впливу біологічно активних сполук на організм, розуміння джерел походження сполук.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування ситуативних задач, дискусія.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальнонавчівані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор, спектрофотометр.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні/самостійні тощо: 25 % семестрової оцінки; захист однієї лабораторної роботи оцінюється у 1,6 бала, який передбачає оцінювання теоретичних знань та практичних умінь з теми (всього 16 занять); максимальна кількість балів – 25; • контрольні заміри (модулі): 25 % семестрової оцінки; передбачається два модулі у вигляді тестових завдань; на один модуль відводиться 12 балів, на другий – 13 балів; одне тестове завдання оцінюється в 1 бал; максимальна кількість балів – 25. • Іспит: 50 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 50. <p>Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в родоту 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</p>

	<p>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. 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. Закони термодинаміки. 2. Ентальпія. Закон Гесса. 3. Калориметрія. 4. Термодинамічні потенціали. 5. Зміна стандартної вільної енергії. Константа рівноваги. 6. Електрохімічний потенціал. 7. Зміна ентропії у відкритих системах. 8. Швидкість продукції ентропії і дисипативна функція. 9. Основні положення лінійної нерівноважної термодинаміки. 10. Співвідношення взаємності Онзагера. 11. Теорема Пригожина. 12. Стійкість стаціонарного стану. 13. Нелінійна термодинаміка необоротних процесів. 14. Рівні структурної організації білків. 15. Динаміка структури білків. 16. Структура мономерних компонентів нуклеїнових кислот. 17. Первинна структура нуклеїнових кислот та вторинна структура ДНК. 18. Структура тРНК. 19. Рівні компактизації ДНК. 20. Гіперхромний ефект ДНК. 21. Кінетика ренатурації денатурованої ДНК. 22. Біологічна функція нуклеїнових кислот. 23. Нуклеїново-білкове впізнавання. 24. Дисперсія оптичного обертання і круговий дихроїзм. 25. Ядерний магнітний резонанс. 26. Електронний парамагнітний резонанс. 27. Диференційна скануючі мікрокалориметрія, абсорбційна і диференціальна спектрофотометрія білків. Флуоресцентна спектроскопія білків. 28. Ферментативний каталіз. 29. Кінетика ферментативних реакцій. 30. Вплив температури на швидкість ферментативних реакцій. 31. Алостеричні ферменти. 32. Сили, стабілізуючі просторову структуру макромолекул. 33. Структура води. 34. В'язкість розчинів макромолекул.

	<p>35. Дифузія макромолекул. 36. Квазіпружне розсіювання світла. 37. Седиментація макромолекул. 38. Електрофорез макромолекул. 39. Теорія Дебая-Хюкеля. 40. Клітина як об'єкт вивчення у біофізиці. 41. Біофізика мембран. 42. Рідинно-мозаїчна модель мембрани. 43. Типи мембранного транспорту. 44. Дифузія і полегшена дифузія крізь мембрану. 45. Вибіркова іонна проникність клітинних мембран. 46. Мембранний потенціал. 47. Активний мембранний транспорт. 48. Ендоцитоз і екзоцитоз. 49. Моделювання іонної проникності клітинних мембран. 50. Потенціал дії і його розповсюдження. 51. Метод фіксації потенціалу. 52. Ворітні механізми потенціал-залежних іонних каналів. 53. Поверхневий потенціал клітини. 54. Потенціал-залежні канали. 55. Щілинні контакти. 56. Синаптична передача. 57. Хімічна сигналізація в організмі. 58. Іони Ca^{2+} як вторинний месенджер. 59. Типи м'язів. 60. Поперечно-посмуговані м'язи. 61. Серцевий м'яз. 62. Гладенькі м'язи. 63. Будова мітохондрій. 64. Перенесення електронів у мембранах мітохондрій. 65. Окисно-відновні потенціали. 66. Теорії спряження біологічного окиснення і фосфорилування. 67. Біolumінесценція і біохемілюмінесценція. 68. Трансформація енергії у фотосинтетичних мембранах хлоропластів.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1.

Схема курсу «Основи біофізики»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1,2	Термодинаміка рівноважних станів.	Лекції – 4 год, лабораторна робота – 4 год, самостійна робота – 3,2 год		2 тижні
3,4	Термодинаміка необоротних	Лекції – 4 год,		2 тижні

	<i>процесів.</i>	лабораторна робота – 4 год, самостійна робота – 3,2 год		
5	<i>Фізико-хімічні властивості та методи досліджень біомакромолекул.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
6	<i>Біофізика білків.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
7	<i>Біофізика нуклеїнових кислот.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
8	<i>Структурно-функціональна організація біомембран.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
9	<i>Транспорт речовин через мембрани.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
10	<i>Мембранний потенціал.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
11	<i>Електрична збудливість клітин.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
12	<i>Механізми міжклітинних взаємодій.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
13	<i>Біофізика м'язового скорочення.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
14	<i>Нем'язова форма рухливості.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год,		1 тиждень

		самостійна робота – 1,6 год		
15	<i>Трансформація енергії в мембранах.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень
16	<i>Біоломінесценція і хемілюмінесценція.</i>	Лекції – 2 год, лабораторна робота – 2 год, самостійна робота – 1,6 год		1 тиждень

Автор

 _____ Наталія ГАРАСИМ

«Погоджено»
Голова методичної ради
біологічного факультету
Віталій ГОНЧАРЕНКО
« 20 » 08 2021 р.

Гарант ОПІ
Віталій ГОНЧАРЕНКО
« 20 » 08 2021 р.