

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан біологічного факультету


_____ Ігор ХАМАР

«15» Торезьке 2023р.

Ухвалено Вченою радою
біологічного факультету

«15» 03. 2023р.

Протокол № 10/33

ПРОГРАМА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ІСПИТУ

Спеціальність 091 – Біологія та біохімія

ОПП «Біофізика»

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Львів 2023

Програма кваліфікаційного іспиту здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОПП «Біофізика» за спеціальністю 091 – Біологія та біохімія

Розглянута на засіданні кафедри біофізики та біоінформатики

Протокол № 15 від «14» лютого 2023р.

Завідувач кафедри,

д. б. н., проф. Бабський Андрій БАБСЬКИЙ

«14» лютого 2023р.

Схвалено методичною радою біологічного факультету

Протокол № 3 від «15» лютого 2023р.

Голова методичної ради біологічного факультету

Гончаренко доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО

«15» 02. 2023р.

Кваліфікаційний екзамен – обов'язковий компонент атестації набуття компетентностей, визначених стандартом вищої освіти та достатніх для професійної діяльності за спеціальністю 091 – Біологія та біохімія.

Кваліфікаційний іспит для здобувачів ОПП «Біофізика» другого (магістерського) рівня вищої освіти буде проведено у грудні 2024 року.

Формат проведення – очний.

Екзаменаційна робота складається з 25 тестових завдань, що мають по чотири варіанти відповіді, з яких лише один правильний. На виконання тесту відводиться **60 хв.**

Програма кваліфікаційного екзамену здобувачів ОПП «Біофізика» спеціальності 091 – Біологія та біохімія складається з таких розділів:

1. Проблемні питання сучасної біології
2. Біоінформатика
3. Екологічна біофізика
4. Біофізика транспортних процесів
5. Біофізика м'язів
6. Біофізичні засади енергетичного метаболізму (англ. мовою)
7. Біофізика сенсорних систем
8. Методологія наукових досліджень у біофізиці

Програма складена співробітниками кафедри біофізики та біоінформатики біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка.

1. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЇ

Головні етапи в становленні сучасної біології. Характеристика взаємовідносин між окремими «оміками». Структурна організація живої матерії. Інтерактоміка: взаємодії білок-ДНК і білок-білок. Ген-регуляторні мережі клітини. Біоінформатика: головні методичні підходи, роль у сучасній біології.

Клітинний цикл: структура. Структура клітинного циклу, рестрикційні точки у клітинному циклі та їх біохімічний зміст. Синхронізація клітинного циклу в популяції клітин. Роль Cdk-циклінових комплексів у регуляції клітинного циклу. Визначення і загальна характеристика цитокінів.

Поліпептидні фактори росту (цитокіни) – головні регулятори проліферації і диференціації клітин тварин і людини. Родина інсуліноподібних факторів росту. Родина епідермального фактора росту. Родина тромбоцитарного фактора росту. Родина фактора росту фібробластів. Родина трансформуючого фактора росту бета-типу.

Спряження рецепторів з регуляторними системами клітини. Структура плазматичної мембрани та мембранних рецепторів. Специфічні рецептори поліпептидних факторів росту. Інтерналізація ліганд-рецепторних комплексів та її біологічна роль. Внутрішньоклітинна сигналізація. Рецептори та G-білки плазматичної мембрани: спряження між ними та роль у механізмах дії цитокінів. Протеїнкіназні каскади та їх роль у передачі регуляторних сигналів у клітину: сигнальний шлях Ras/MAPK. Сигнальні функції продуктів розщеплення фосфоліпідів. Участь протеїнкіназ A і C у передачі регуляторних сигналів у клітині. Сигнальний шлях JAK/STAT у тваринних клітинах. Роль білків Smad у передачі регуляторних сигналів цитокінами родини трансформуючого фактора росту бета-типу. Транскрипційні фактори (на прикладі NFκB). Механізми руйнування білків у клітинах. Роль та механізми функціонування протеасом. Роль білків-шаперонів у клітині. Механізми транслокації білків у клітині та механізми, які визначають локалізацію білків у клітині. Секретовані та мембранні білки – практичне застосування скерованої локалізації білків.

Молекулярні механізми канцерогенезу. Хімічний та вірусний канцерогенез. Протоонкогени та онкогени. Молекулярні механізми дії білкових продуктів протоонкогенів. Внутрішньоклітинна локалізація та біологічні властивості білкових продуктів протоонкогенів. Зв'язок продуктів онкогенів із поліпептидними факторами росту. Антионкогени – гени-супресори пухлинного росту. Молекулярні механізми дії антионкогенів. Основні фенотипічні характеристики злоякісних клітин. Автокринна регуляція. Фенотипові ознаки злоякісних і трансформованих клітин. Особливості регуляції проліферації клітин під час злоякісного росту. Втрата контактного інгібування росту клітин. Автокринна регуляція клітинних функцій. Зміни у структурі і функціях мембранних рецепторів клітин під час злоякісного росту. Зміни у механізмах передачі регуляторних сигналів від рецепторів на плазматичній мембрані до внутрішньоклітинних молекулярних мішеней. Зміни в експресії специфічних генів під час злоякісного росту. Теорія багатостадійного канцерогенезу та її суть. Молекулярні механізми дії канцерогенів. Промотори та ініціатори канцерогенезу. Хімічний та вірусний канцерогенез: загальна характеристика. Структура та функції ретровірусів. Білок p53 і канцерогенез.

Молекулярні механізми старіння і загибелі клітин. Фізіологічна смерть клітин у багатоклітинних еукаріотичних організмів. Запрограмована смерть клітин. Апоптоз: цитоморфологічна і біохімічна характеристика. Індуктори апоптозу. Супресори апоптозу. Автофагія. Незапрограмувана (випадкова) смерть клітин, некроз).

Молекулярні механізми поширених захворювань. Діабет і ожиріння. Патогенетичні аспекти діабету. Молекулярно-генетичні механізми, які лежать в основі розвитку діабету. Атеросклероз і серцево-судинні захворювання. Цитокіни і паракринно-автокринна регуляція при атеросклерозі. СНІД та автоімунні захворювання. Спадкові захворювання.

Генна інженерія. Генна терапія. Механізми виникнення резистентності до ліків. Клонування живих організмів. Стовбурові клітини. Трансгенні організми. Біовектори. Біоінженерія. Молекулярні механізми формування імунологічної різноманітності. Т-клітинний та В-клітинний імунітет. Гібридомна біотехнологія та моноклональні антитіла. Прокаріотичні та еукаріотичні клітинні біореактори у біотехнологіях. Посттрансляційна модифікація білків: біологічне значення. Регуляція

експресії генів під час процесів розвитку у тварин і диференціації їх клітин. Критичні для морфогенезу періоди в ембріогенезі тварин та їхній вплив на розвиток. Поняття про генетичну і епігенетичну інформацію під час процесів біологічного розвитку. Джерела і методи отримання стовбурових клітин. Біомедичні та етичні проблеми отримання і використання стовбурових клітин.

Нанобіотехнології і наноматеріали для біології і медицини. Наноматеріали, «розумні» матеріали, їх використання для доставки лікарських субстанцій і генетичних матеріалів. Біосенсори: принципи створення і застосування.

Біоетика: порушення етичних норм наукової діяльності. Наукова ідея, стаття, проект. Проблеми захисту інтелектуальної власності в науці. Екологічні проблеми: глобальне потепління, загроза біорізноманіттю, забруднення довкілля. Енергетичні проблеми. Відновлювані джерела енергії. Біопаливо. Об'єктивна біоетика: біозброя, біотероризм, клонування організмів, трансгенні організми, трансплантація тканин і органів, отримання ембріональних стовбурових клітин. Суб'єктивна біоетика: порушення етичних норм наукової діяльності. Наукова ідея, стаття, проект – шлях до матеріально-технічного забезпечення наукової діяльності та науково-технічного прогресу людства. Проблеми захисту інтелектуальної власності в науці.

2. БІОІНФОРМАТИКА

Вступ до біоінформатики. Що таке ДНК і білок. Центральна догма молекулярної біології ХХ століття, її сучасне тлумачення з точки зору епігенетики й теорії інформації. Біоінформатика як синтез методів молекулярної біології, генетики, інформатики і статистики. Маргарет О. Дейгоф і перші моделі еволюції НАП. Теорія прийнятних точкових мутацій (РАМ) М. Дейгоф.

Нуклеотид, кодон, амінокислотний залишок – елементарні одиниці інформації, якими оперує біоінформатика. Типи даних, що генерують геномні, транскриптомні і протеомні методи досліджень. Інтерактом. Системний аналіз. Роль біоінформатичних методів у біологічних дослідженнях. Журнал *Nucleic Acids Research* – провідник у світі біоінформатики.

Біоінформатичні сервіси на веб-порталі NCBI – PubMed, GenBank, Genome, Taxonomy, GEO datasets. Національний центр біотехнологічної інформації США (NCBI) – структура і функції.

Математичні моделі НАП – концептуальні засади. Біологічна модель – на прикладі абетки і мови. Що таке інформація? Символьне повідомлення. Що таке частота, імовірність та вірогідність події? Імовірність (частота) трапляння підпоследовності (слова) у последовності (тексті) – моделі Бернуллі і Маркова. Поняття Байєсової статистики стосовно аналізу НАП. Окремі випадки використання елементів Байєсової статистики, вірогідності і різноманітних розподілів імовірності до розв'язання біологічних питань.

Математичні моделі еволюції нуклеотидних последовностей. Моделі еволюції нуклеотидних последовностей як приклад параметризованих моделей. Модель Джакса-Кімури JC69, її параметри. Теорія молекулярного годинника, її практичне застосування. Типи матриць заміщення – одиничні, емпіричні, параметризовані. Райони низької складності в НАП та повтори.

Повтори – кількісно домінантна форма організації генетичного матеріалу. Неструктуровані білки як приклад последовностей з низькою складністю.

Порівняння НАП – концептуальні засади. Еволюційна спорідненість (гомологія) як концептуальна основа порівняння НАП. Гомологічність, подібність, ідентичність. Локальне і глобальне вирівнювання. Підпоследовності, прогаліни, штрафи, рахунок вирівнювання. Еволюція НАП як процес Маркова. Моделі Маркова в аналізі генетичних последовностей. Матриці мутаційних даних РАМ. Матриці BLOSUM. Емпіричні матриці кодонних заміщень і їхнє застосування в оцінці еволюції НАП.

Попарне вирівнювання НАП. Принцип графічного ілюстрування попарного вирівнювання НАП. Типи перебудов НАП, які можна виявляти за допомогою дотплот-аналізу – повтори, повні і часткові інверсії. Поняття “вікна” вирівнювання. Приклади програм відкритого типу для дотплот-аналізу на рівні окремих генів і геномів. Методи динамічного програмування у вирівнюванні НАП. Алгоритм локального вирівнювання Сміта-Уотермана з використанням унітарної матриці заміщень. Алгоритм глобального вирівнювання Нідельмана-Ванча. Порівняння рахунків вирівнювання НАП на основі унітарної матриці та BLOSUM62.

Аналіз РНК. Виявлення рРНК й тРНК у геномах. Аналіз даних RNAseq. Бази даних тРНК. Передбачення вторинної структури РНК та оцінка її стабільності. Бази даних рРНК для потреб молекулярної таксономії. Бази даних некодуючих РНК. Бази даних виявлення CRISPR-елементів у геномах бактерій.

3. ЕКОЛОГІЧНА БІОФІЗИКА

Тиск. Атмосферний тиск. Тиск води. Вплив тиску на живі організми.

Розчинність газів у рідинах. Вимірювання тиску. Вітер. Причини виникнення вітру. Параметри вітру. Стресові ситуації, пов'язані з вітром. Вплив вітру на живі організми. Вимірювання параметрів вітру.

Гравітація. Визначення гравітації. Вплив гравітації на живі організми. Вимірювання гравітопізму. Вібрації. Параметри вібрацій. Вплив вібрацій на організм людини. Вібрації та тварини. Вимірювання вібрацій. Коливання та хвилі. Основні визначення. Землетруси. Цунамі. Вплив природних коливань на тварин. Вимірювання природних коливань.

Акустичні фактори середовища. Хвилі в пружному середовищі. Характеристики звукових коливань. Утворення звуків тваринами. Фізичні процеси, що супроводжують поширення звуку у навколишньому середовищі. Акустична комунікація тварин. Шум. Основні визначення. Розподіл шуму за інтенсивністю. Сумарний шум. Розподіл шуму за частотою. Вплив шуму на живі організми. Вимірювання рівнів шуму. Звукова ізоляція.

Вологість. Параметри вологості. Вплив вологості на живі організми. Вимірювання вологості. Вологість ґрунту. Вимірювання вологості ґрунту.

Температура. Температурні шкали. Температура атмосфери. Температура ґрунту. Температура водойм. Вплив температури на живі організми. Вимірювання температури.

Опади. Параметри опадів. Взаємодія опадів з навколишнім середовищем. Ізотопи в опадах. Фракціонування ізотопів. Стабільні ізотопи у процесі опадів. Вимірювання опадів. Кислотні дощі. Вимірювання забруднень в опадах

Природні випромінювання. Параметри сонячного випромінювання. Вплив сонячного випромінювання на живі організми. Вплив випромінювання ультрафіолетової області спектра на живі організми. Атмосферне випромінювання. Випромінювання земної поверхні. Альbedo. Вимірювання природних випромінювань. Квантові властивості випромінювання. Закони теплового випромінювання. Короткохвильове сонячне випромінювання. Довгохвильове випромінювання земної поверхні.

Механорецепція. Визначення механорецепторів. Механорецептори шкіри. Вестибулорецепція. Інтерорецепція. Механорецепція у риб. Механорецепція у комах. Гравірецепція. Комахи та гравітація. Гравірецепція рослин. Акусторецепція. Акусторецепція у ссавців. Акусторецепція у птиці. Акусторецепція у риб. Акусторецепція у комах.

Терморецепція. Механізми терморецепції. Теплова чутливість тварин.

Фоторецепція. Фоторецепція у комах. Зоровий аналізатор риб. Зоровий аналізатор птахів. Зоровий аналізатор ссавців. Механізми зору ссавців.

Фізика явищ перенесення. Енергетичний баланс фізичних та біологічних систем з навколишнім середовищем. Явища перенесення. Перенесення маси: вода та розчинені речовини. Перенесення маси в ґрунті. Перенесення маси (дифузія). Дифузія через клітини. Осмос. Активне транспортування. Коренева система. Ксилема. Об'ємний потік. Флоема. Вимірювання потоків соку. Перенесення води під час ремедіації. Перенесення забруднювачів рослиною.

Зміна ентропії. Параметри термодинамічної системи. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Рівноважна термодинаміка. Нерівноважна термодинаміка. Термодинамічні сили та термодинамічні потоки.

Перенесення маси: водяна пара та гази. Транспірація. Газообмін. Вимірювання газообміну. Забруднення навколишнього середовища транспортними засобами.

Випаровування з водної поверхні. Дисперсійне перенесення маси. Моделювання поширення забруднень в атмосфері. Перенесення повітря та пари під час ремедіації.

Частинки у навколишньому середовищі. Фізика частинок. Аерозолі та біоаерозолі. Нано-частинки та ремедіація навколишнього середовища. Смог. Тютюновий дим. Перенесення імпульсу. Перенесення імпульсу (в'язкість). Моделювання зміни швидкості вітру поблизу земної поверхні. Моделювання зміни швидкості вітру у рослинному покриві.

Перенесення електрики. Електрохімічний потенціал. Потенціал спокою та потенціал дії. Збудливість рослинних клітин. Електрокінетичні методи ремедіації.

Перенесення теплоти. Перенесення теплоти через теплопровідність. Стаціонарна теплопровідність крізь шар речовини. Перенесення теплоти через конвекцію. Перенесення теплоти через випромінювання. Перенесення теплоти через пароутворення.

Ударні хвилі. Наслідки для живих організмів, поділ за ступенем ураження. Контузії, як наслідок механічного впливу ударних хвиль. Вплив різного типу забруднення, викликаного воєнними діями (вирви від вибухів, окопи, токсичні речовини від польоту ракет і рух важкої техніки і т.д.) на живі організми.

Озоновий шар. Вимірювання озону. Парниковий ефект. Вимірювання впливу парникового ефекту. Енергетичний баланс земної поверхні. Енергетичний баланс листка та рослини. Енергетичний баланс тварини. Енергетичний баланс водойм.

4. 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.

Склад та структурно-функціональна організація молекулярних компонентів біомембран.

Мембранні білки, вуглеводи мембран. Типи взаємодій мембранних компонентів і їх роль у функціонуванні біомембран.

Класифікація транспортних білків. Канали і переносники: будова та функції. Канали і переносники як ферменти: застосування теорії швидкостей. Аналіз стаціонарного стану.

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, амфотерицин.

Характеристика пор і каналів. Щілинні канали. Ядерні порові комплекси. Порини.

Мембранні рецептори. Нікотиновий ацетилхоліновий рецептор. Потенціалзалежний натрієвий канал. Кальцієвий канал. Значення рецепторів і каналів у взаємодії клітин із середовищем.

Уніпортери, симпортери, антипортери. Характеристика активних переносників, що використовують енергію гідролізу АТФ або фосфоенолпірувату. Активні транспортні системи, спряжені з переносом електронів або поглинанням світла.

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.

Молекулярні основи первинно-активного транспорту іонів. АТФази Р-типу. АТФази V-типу. АТФази F-типу.

Молекулярна організація Na^+ , K^+ -помпи. Молекулярні основи створення електрохімічного градієнту іонів. Na^+ , K^+ -помпа. Молекулярна організація. Механізм гідролітичної реакції. Модифікатори і інгібітори Na^+ , K^+ -АТФази.

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.

АТФази F_1/F_0 – типу мітохондрій, хлоропластів і бактерій. Активні транспортні системи, спряжені з процесом переносу електронів або поглинання світла. Цитохром-с-оксидаза.

Бактеріородопсин: H^+ -помпа.

Механочутливі іонні канали. Будова, функції. Об'єм – регулюючі системи транспорту іонів через плазматичну мембрану. Na^+ , K^+ , Cl^- –котранспорт. Na^+/H^+ , Na^+/Ca^{2+} -, Cl^-/HCO_3^- –обмін.

Мембранні пори, що створюються екзогенними агентами. Токсини і цитолітичні білки.

Пермеабілізація за допомогою детергентів, осмотичного шоку, під дією електричного поля. 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.

Структурно-функціональні модифікації молекулярних компонентів біомембран за умов впливу фізико-хімічних агентів.

Механізми нуклеоплазматичного транспорту. Будова і властивості ядерної пори. Енергетика нуклеоцитоплазматичного транспорту. Цикл Ran. Транспорт білкових компонентів.

Альтернативні механізми імпорту білків.

5. БІОФІЗИКА М'ЯЗІВ

Класифікації типів м'язових волокон і скелетних м'язів. Функції та класифікація м'язових тканин з морфо-функціонального і гістогенетичного принципів. Різниця в будові та функціонуванні поперечносмугастих та гладеньких м'язових клітин. Основні критерії класифікації типів м'язових волокон: характер скорочення, швидкість скорочення, тип окиснювального обміну. Структура рухової одиниці.

М'язові рецептори. Будова м'язового веретена. Інтрафузальне м'язове волокно з ядерною сумкою, ланцюжково-ядерні інтрафузальні м'язові волокна. Види м'язових рецепторів. Будова та функціонування інтрафузальних м'язових волокон: двох типів волокон з ядерною сумкою (динамічних і статичних) і волокон з ядерним ланцюжком. Будова м'язового веретена. Різниця в функціонуванні та сенсорній рецепції різновидів сумчасто-ядерних інтрафузальних м'язових волокон з великою та малою швидкістю реакції. Фізіологічна роль коротких та довгих ланцюжково-ядерних інтрафузальних м'язових волокон в сприйнятті інформації про рівень імовірнісного процесу зміни довжини м'яза.

Аферентна та еферентна іннервація інтрафузальних м'язових волокон. Нервово-сухожилльне веретено. Вільні нервові закінчення. Контроль стану скелетних м'язів зі сторони ЦНС. Нервово-м'язове з'єднання. Коркові мотонейрони. Функціонування клітин Беца. Функції чутливого спинномозкового вузла, альфа- і гамма- мотонейронів в системі контролю м'язової активності. Пряме постсинаптичне гальмування альфа-мотонейронів і непряме пресинаптичне гальмування альфа-мотонейронів. Функції інкапсульованих та вільних нервових закінчень в контролі стану м'язової системи.

Механіка, енергетика та регуляція скорочення. Молекулярні механізми м'язового скорочення. Амплітудно-часова характеристика скорочення. Структурна основа пружності м'язу. Активні і пасивні механічні характеристики поперечносмугастого м'язу. Ізометричне скорочення. зв'язок довжина–напруження. Тетанус. Ізотонічне скорочення. Залежність між навантаженням і довжиною м'яза. Енергетика скорочення, рівняння Хілла. Параметри потенціалу дії тонічних та фазних волокон. Взаємозв'язок між збудженням і скороченням.

Скелетний м'яз. Будова. Дані електронної мікроскопії. Розміщення актинових та міозинових філаментів. Основні структурні елементи м'язового волокна: поздовжнє розміщення товстих і тонких протофібрил, поперечний розріз саркомера в різних ділянках. Білки поперечносмугастого м'язу. Гіпотези м'язового скорочення. Регуляція взаємодії товстих та тонких філаментів.

Тонічні та фазні м'язові волокна. Взаємозв'язок між вивільненням іонів Ca , потенціалом дії та скороченням. Участь тропоніну С та іонів кальцію в регуляції скорочення.

Серцевий м'яз. Особливості структурно-функціональної організації. Структурні особливості міокарда. Електричні властивості міокарда. Біомеханіка й енергетика скорочення серцевого м'язу.

Гладенькі м'язи. Нем'язова форма рухливості. Будова гладеньком'язової клітини. Потенціал дії гладеньких м'язів. Зв'язок між збудженням і скороченням. Регуляція скорочення – розслаблення гладеньких м'язів.

Приклади нем'язової форми рухливості. Рухомість рокаріотичних організмів, еукаріотичних клітин, амебоїдний рух.

Розлади роботи м'язів. Типи міопатій. Розриви та пошкодження м'язів. Робота м'язів при ураженні хребта. Ушкодження м'язів під час бойових дій.

Протезування військових. Біонічні протези. Міоелектричні протези.

6. БІОФІЗИЧНІ ЗАСАДИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕТАБОЛІЗМУ (АНГЛ. МОВОЮ)

Bioenergetics and thermodynamics. Thermodynamic basics in bioenergetics. Free energy and equilibrium constants. Entropy, enthalpy etc.. Additivity of changes in standard free energy.

ATP as a source of energy storage. Energy transfer from ATP: two stages of ATP hydrolysis. ATP and bioluminescence. Other macroergic compounds.

Electron flux as a source of biological energy. Methods of electron transfer. Restorative potential. Nicotine dehydrogenases. Flavin dehydrogenases.

Respiratory (electron-transport) chain of mitochondria. Electron transfer reactions in mitochondria. Universal electron acceptors and transporters. Multi-enzyme complexes of the respiratory chain. Energy storage in the proton gradient.

ATPase and oxidative phosphorylation.

Chemical, conformal and chemiosmotic theories of coupling of respiration and oxidative phosphorylation. Prof. Peter Mitchell.

Structure of ATPase. The structure and role of the F_1 domain. The structure and role of the F_0 domain. The mechanism of oxidative phosphorylation. Transport of adenine nucleotides.

Adenylate Kinase and AMP Signaling Networks. Adenylate kinase as a bridge between energy generation and utilization sites.

Methods of cellular bioenergetics. Isolation of mitochondria and cells. Evaluation of enzyme activity. Polarography. pH-metry. Positron emission tomography.

Nuclear magnetic resonance: spectroscopy + tomography.

Biophysical bases of motion. Mechanism of muscle contraction. Energy sources for muscle work. Glycolysis during muscle contraction. The movement of lashes and flagella.

Bioenergetics muscles. Bioenergetics of white and red muscles. ATP hydrolysis and oxidative phosphorylation. The role of phosphocreatine. Muscle heat production. Heart energy.

Energetic of photosynthesis. General information about photosynthesis. Physico-chemical bases of photosynthesis. Efficiency of photosynthesis. Integration of photosynthesis in chloroplasts. Proton and electron cycles in thylakoids.

Features of bioenergetics in aerobic and anaerobic bacteria.

Are free radicals healthy? General characteristic and sources of Reactive Oxygen Species. Processes of lipid peroxidation. Antioxadative defense of cells.

7. БІОФІЗИКА СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

Предмет і завдання біофізики сенсорних систем. Закон «специфічних нервових енергій». Предмет біофізики сенсорних систем. Розділи сенсорної біофізики. Загальна характеристика об'єктивної і суб'єктивної сенсорної біофізики. Чутливість аналізаторів організму людини в забезпеченні безпеки життєдіяльності. Поняття «сенсорний орган», «сенсорна система» («аналізатор»), «сенсорні рецептори». Класифікація сенсорних систем. Сенсорні рецептори, їхня класифікація. Специфічність сенсорних систем.

Механізми рецепції. Загальні особливості функціонування сенсорних систем. Процеси трансдукції і трансформації у рецепторах. Сенсорна мережа. Етапи трансдукції у сенсорних рецепторах. Механізм генерації і властивості рецепторного потенціалу. Трансформація і перекодування рецепторного потенціалу. Фазна і тонічна відповідь первинного аферента. Адаптаційні процеси у рецепторах. Організація і властивості сенсорної мережі.

Сенсорне відчуття. Співвідношення модальності і свідомості. Властивості відчуття. Інтенсивність відчуття. Абсолютний поріг відчуття. Суб'єктивний диференціальний поріг. Закон Вебера-Фехнера. Закон Стівенсона. Просторові властивості відчуття. Контраст. Часові властивості відчуття. Критична частота злиття. Адаптація і сенситизація. Моделювання нервових клітин (нейронів) і нейронних мереж.

Загальна характеристика зорової сенсорної системи. Електромагнітний спектр і видиме світло. Скотопічний і фотопічний зір. Периферична і центральна частина зорової сенсорної системи. Будова очного яблука. Функції слізних залоз. Сльозовиділення, значення і регуляція парасимпатичною і симпатичною нервовими системами. Синдром сухих очей. Зіниця. Реакція зіниці на освітлення, участь парасимпатичної і симпатичної нервові системи.

Оптична система ока. Діоптричний апарат ока. Формування зображення на сітківці. Регуляція діоптричного апарату ока. Акомодація. Порушення формування зображення на сітківці (катаракта, пресбіопія, або вікова далекозорість, астигматизм, сферична аберация, хроматична аберация, міопія, гіперметропія, глаукома) та їхня корекція.

Сітківка ока. Методи дослідження сітківки ока. Пряма офтальмоскопія. Структурна організація сітківки приматів. Світлочутлива, війкова і райдужна частина сітківки. Центральна ямка і жовта пляма. Сліпа пляма. Функції складових частин сітківки. Товщина сітківки у різних відділах. Живлення сітківки. Відшарування сітківки від судинної оболонки ока. Шари сітківки. Організація рецепторного апарату сітківки. Густина паличок і колбочок у різних частинах сітківки, їхня загальна кількість. Структура паличок і колбочок. Спектри поглинання паличок і колбочок. Типи колбочок.

Процеси трансдукції у фоторецепторах сітківки. Ввімкнення зорового каскаду. Реакція ізомеризації 11-цис-ретиналю, роль родопсину, трансдуцину, фосфодіестерази цГМФ. Темновий струм. Етапи підсилення у зоровому каскаді. Первинний і вторинний рецепторні потенціали паличок сітківки. Вимкнення зорового каскаду. Цикл родопсину. Біохімічна основа світлової і темної адаптації зорової сенсорної системи.

Нейронна мережа сітківки. Роль біполярів, горизонтальних і амакринових клітин. Спонтанна активність гангліозних клітин. Нервові клітини on-, off- і on-off-типу. Рецепторне поле гангліозних клітин. Кольороспецифічна організація рецепторних полів. Латеральне гальмування у сітківці ока. Найнебезпечніші травми ока під час війни. Біонічне око (або зоровий нейронний протез чи нейроімплант).

Кольоровий зір. Теорія опонентних кольорів Герінга. Виникнення після образів. Кольороспецифічні типи гангліозних клітин. S-колбочковий канал. Порушення кольорового зору.

Психофізика зорового сприйняття. Фізіологічна основа і визначення і гостроти зору. Точкова, сепарабельна, ноніусна і формена гострота зору. Точкова, сепарабельна, ноніусна і форменна гострота зору. Критична частота злиття світлових мерехтінь. Бінокулярний зір. Сприйняття глибини. Бінокулярна координація руху очей. Рухи очей при розглядання складних предметів. Саккади. Зорові ілюзії.

Загальна характеристика слухової сенсорної системи. Будова вуха: Зовнішнє, середнє і внутрішнє (завитка) вухо. Функції середнього вуха. Узгодження імпедансів. Структурно-функціональна організація завитки. Кортіів орган. Слухові процеси у внутрішньому вусі. Слуховий шлях. Центральна частина слухової сенсорної системи.

Процеси трансдукції і трансформації у внутрішньому вусі. Частотна дисперсія, роль біжучої хвилі у завитці. Розподіл частотних максимумів вздовж основної мембрани. Постійні потенціали каналів завитки (ендокохлеарний потенціал). Мікрофонний потенціал завитки. Механотрансдукція у волоскових клітинах. Характеристика волокон слухового нерва. Амплітудно-частотне перекодування слухового рецепторного потенціалу.

Психофізика слуху. Границі слухової чутливості. Ізофони. Мовна область. Поріг розрізнення частот. Гучність звуку. Поріг розрізнення сили звуку. Звукова травма. Слух в умовах шуму. Адаптація слухової сенсорної системи. Слухова орієнтація у просторі. Порушення слуху. Зовнішній слуховий апарат. Ендокохлеарний протез. Біоакустика та боротьба з шкідниками.

Нюхова сенсорна система людини. Загальна організація і властивості. Нюховий епітелій. Клітини нюхового епітелію. Механізм трансдукції у нюхових нейронах. Структура рецепторних молекул. Нюхова цибулина. Міжклітинні зв'язки у нюховій цибулині. Центральні зв'язки нюхової сенсорної системи. Класифікація пахучих речовин. Ольфактивні і ольфактивнотригімінальні запахи. Компенсація запахів.

Смакова сенсорна система людини. Смакові рецептори язика. Класифікація, розміщення, властивості й іннервація. Зони специфічної сенсорної чутливості. Центральна частина смакової сенсорної системи. Смакові речовини. Класифікація. Вибіркове виключення. Контраст.

Соматовісцеральна сенсорна система Відчуття рівноваги. Будова вестибулярного апарату (отолітовий апарат і півколові канали). Орієнтація півколових каналів в просторі. Волоскові клітини вестибулярної сенсорної системи. Трансдукція у волоскових клітинах. Адекватні стимули рецепторів отолітового апарату і півколових каналів. Центральна частина вестибулярної сенсорної системи. Вестибулярні рефлекси. Узгодженість активності отолітового апарату і рецепторів шиї. Вестибулярний ністагм.

Слухова орієнтація у просторі. Порушення слуху. Зовнішній слуховий апарат. Віброхвороба. Кохлеарні імпланти. Біонічні вуха. Акубаротравма. Отогематома. Вибухова травма вуха/акустична травма і втрата слуху. Розробка підходів до лікування постраждалих з акутравмою.

Соматична чутливість. Рецепторний апарат шкіри. Терморцепція. Холодові і теплові рецептори. Тактильні рецептори. Дифузний дотик. Кінестетична чутливість. Ендопротезування. Екзопротезування. Протези: механічні, або тягові; біонічні, або міоелектричні; гібридні (комбіновані) і спеціальні протези для певних видів діяльності. Ендокорпоральні орани. Штучні органи.

Загальні відчуття. Больова сенсорна система. Ноціцепція. Типи і компоненти болю. Ендогенне і екзогенне гальмування болю. М'язове відчуття і кінестезія. Рецептори м'язів і сухожилць. Відчуття пози руху сили. Відчуття голоду. Апетит. Ситість. Відчуття спраги. Преабсорбтивне і постабсорбтивне угамування спраги.

8. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОФІЗИЦІ

Наука й наукові дослідження у сучасному світі. Виникнення та еволюція науки. Види та ознаки наукового дослідження. Основні наукові категорії (метод дослідження, наукові факти, дані, гіпотези, теорії). Організація наукової діяльності в Україні. Система наукових ступенів і звань в інших країнах. Основні наукові заклади України біологічного спрямування. Місце біології та біофізики серед природничих наук. Сучасні біофізичні методи дослідження.

Методологія, методика і методи наукового дослідження. Основні поняття: метод, методика, засіб, алгоритм дій. Об'єктивна основа застосовності методів. Типологія методів. Загальнонаукові методи.

Основи методології досліджень емпіричного рівня. Методи емпіричних досліджень. Основи методології досліджень теоретичного рівня. Методи теоретичних досліджень.

Сутність наукових досліджень, їхні особливості та класифікація. Основні етапи наукових досліджень (постановка мети, завдань, об'єкта й предмета дослідження, літературний пошук, формулювання завдання, вибір методів дослідження та вимоги до них, експеримент, обробка й аналіз результатів експерименту, оформлення результатів експерименту). Основні відомості про відкриття, винахід і раціоналізаторські пропозиції. Правові норми охорони винаходів та відкриттів. Наукова творчість. Синектика.

Інформаційне забезпечення наукового дослідження. Бібліографічний апарат наукових досліджень. Правила складання бібліографічного опису для списків літератури і джерел. Правила бібліографічного опису окремих видів документів. Розташування бібліографічних записів у списках літератури і джерел. Правила наведення цитат і бібліографічних посилань у текстах наукових і навчальних робіт.

Пошук інформації у процесі наукової роботи. Особливості пошуку інформації в Internet. MedLine, BioMedNet. Основні пошукові системи для роботи з науковою літературою біологічного профілю.

Експеримент як метод наукового дослідження. Загальна характеристика процесів наукового дослідження. Формулювання теми наукового дослідження та визначення робочої гіпотези. Визначення експерименту. Виконання теоретичних і прикладних наукових досліджень. Роль експерименту в отриманні наукових фактів. Особливості біологічного експерименту.

Провідні методологічні концепції ХХ ст. Загальнонаукові методологічні принципи: вимоги до теорії, перевіряність, максимальна спільність, простота, прогностичні можливості. Методологічне забезпечення міждисциплінарних досліджень.

Представлення наукових результатів. Правильне представлення числових значень отриманих результатів. Застосування статистичної обробки результатів. Наглядне представлення результатів у вигляді таблиць, рисунків, гістограм, діаграм різного типу.

Форми впровадження результатів наукового дослідження. Монографія, наукова стаття, тези доповіді. Реферат, доповідь, виступ, книги. Інформація, інформаційна записка, звіт по науководослідній роботі. Особливості впровадження результатів наукового дослідження у виробництво.

Види кваліфікаційних робіт магістра. Загальна характеристика видів кваліфікаційних робіт. Підготовчий етап роботи над курсовою (кваліфікаційною) роботою. Робота над текстом курсової (кваліфікаційної) роботи. Принцип академічної доброчесності. Плагіат. Антиплагіатні системи. Оформлення курсової і кваліфікаційної робіт.

Форми звітності при науковому дослідженні. Науковий звіт, науковий семінар, загальні правила ведення записів експериментів.

Організації самостійної роботи студентів. Необхідність самостійної роботи. Сутність та структура самостійної роботи. Роль та місце викладача в організації самостійної роботи. Індивідуалізація та активізація самостійної роботи. Шляхи подальшого удосконалювання самостійної роботи. Практичні рекомендації студентів щодо організації самостійної роботи.

Підготовка до захисту і захист курсових і дипломних робіт. Написання доповіді і підготовка презентаційного матеріалу. Поводження під час доповіді. Керівництво і рецензування кваліфікаційних робіт. Дисертаційна робота.

Наукова та методологічна культура як чинник підвищення ефективності наукової діяльності. Поняття наукової та методологічної культури. Сучасні умови формування наукової культури. Проблема підвищення ефективності наукової діяльності та різноманіття підходів до її розв'язання. Рефлексія над власним дослідницьким досвідом як засіб підвищення ефективності наукової діяльності.

ШКАЛА ОЦІНКИ ЗНАТЬ

Оцінювання знань студента здійснюється за 100-бальною шкалою:

Оцінка ECTS	Оцінка в балах	За національною шкалою	
		Оцінка	
Екзаменаційні оцінки			
A	90 – 100	5	Відмінно
B	81-89	4	Дуже добре
C	71-80		Добре
D	61-70	3	Задовільно
E	51-60		Достатньо

ЛІТЕРАТУРА

Проблемні питання сучасної біології

1. Дубінін С. І., Пілюгін В.О., Ваценко А.В., Улановська-Циба Н.А., Передерій Н.О. Сучасні проблеми молекулярної біології. Підручник. Полтава, 2016. 395 с.

2. Основи глікобіології: монографія [Н.О. Сибірна, А.І. Шевцова, Г.О. Ушакова, І.В. Бродяк, І.Ю. Письменецька]; за ред. проф. Н. О. Сибірної. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 492 с.
3. Стойка Р.С. Методичні вказівки до навчального курсу “Методи клітинної біології”. Львівський державний університет, Львів, 1996. 79 с.
4. Фільченков О.О., Стойка Р.С. Апоптоз і рак: від теорії до практики. Тернопіль: УкрМед-Книга. 2006. 524 с.
5. Angeli J.P.F., Shah R., Pratt D.A., Conrad M. Ferroptosis Inhibition: Mechanisms and Opportunities. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2017. 38(5). 489–498.
6. Cao J.Y., Dixon S.J. Mechanisms of ferroptosis. *Cell. Mol. Life Sci*. 2016. 73. 2195–2209.
7. Conrad M., Kagan V.E., Bayir H. et al. Regulation of lipid peroxidation and ferroptosis in diverse species. *Genes Dev*. 2018. 32. 602–619.
8. Cooper G. M. *The Cell. A Molecular Approach*. 2nd Edition. ASM Press, Sinauer Associates, Inc. 2000. 689 p.
9. Goldberg A. L. Protein degradation and protection against misfolded or damaged proteins. *Nature*. 2003. 426, N 6968. P. 895–899.
10. Hunter T. The age of crosstalk: phosphorylation, ubiquitination, and beyond. *Mol. Cell*. 2007. 28(5). P. 730–738.
11. Jankowski M., Broderick T.L., Gutkowska, J. The Role of Oxytocin in Cardiovascular Protection. *Frontiers in Psychology*. 2020. 11. 2139. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02139>
12. Karp G. *Cell and Molecular Biology. Concepts and Experiment*. 2nd Edition. John Wiley and Sons, Inc. 1999. New York et al., 816 p.
13. Kerem L., Lawson E.A. The Effects of Oxytocin on Appetite Regulation, Food Intake and Metabolism in Humans. *International J. Molecular Sciences*. 2021. 22(14), 7737.
1. <https://doi.org/10.3390/ijms22147737>
14. Kucuksezer U.C., Ozdemir C., Cevhertas L., Ogulur I., Akdis M., Akdis C.A. Mechanisms of allergen-specific immunotherapy and allergen tolerance. *Allergology International*. 2020.
2. doi:10.1016/j.alit.2020.08.002
15. Lee G.Y., Han S.N. The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients*. 2018. 10(11):1614.
16. Lewin B. *Genes VII*. Oxford University Press. 2000. Oxford. 990 p.
17. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*.
3. 2018. 13, 757–772. <https://doi.org/10.2147/cia.s158513>
18. Lodish H., Berk A., Zipursky S.L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J. *Molecular Cell Biology*. 4th Edition. W.H. Freeman and Company. 2000. New York. 1084 p.
19. Lushchak V. I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*. 2014. 224. 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>
20. Magtanong L., Dixon S.J. Ferroptosis and Brain Injury. *Dev. Neurosci*. 2018. 40. 382–395.
21. Mascellino M.T., Di Timoteo F., De Angelis M., Oliva A. Overview of the Main Anti-SARS-CoV-2 Vaccines: Mechanism of Action, Efficacy and Safety. *Infect Drug Resist*. 2021. 14. 3459–3476.
22. Mendelsohn J., Howley P.M., Israel M.A., Liotta L.A. *The Molecular Basis of Cancer*. 2nd Edition. W.B. Saunders Company. 2001. Philadelphia et al. 691 p.
23. Niu J., Tong J., Blevins, J.E. Oxytocin as an Anti-obesity Treatment. *Frontiers in Neuroscience*.
4. 2021. 15, 743546. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.743546>
24. Orłowski R.Z., Kuhn D.J. Proteasome inhibitors in cancer therapy: lessons from the first decade. *Clin. Cancer Res*. 2008. 14(6). P. 1649–1657.
25. Pickart C.M. Back to the future with ubiquitin. *Cell*. 2004. 116(2). P. 181–190.
26. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., Squadrito F., Altavilla D., Bitto A. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>

27. Poprac P., Jomova K., Simunkova M., Kollar V., Rhodes C.J., Valko M. Targeting Free Radicals in Oxidative Stress-Related Human Diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2017. 38(7). 592–607. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2017.04.005>
28. Rosini R., Nicchi S., Pizza M., Rappuoli R. Vaccines Against Antimicrobial Resistance. *Front Immunol*. 2020. 11: 1048.
29. Tang R., Xu Z. Gene therapy: a double-edged sword with great powers. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2020. doi:10.1007/s11010-020-03834-3
30. Wirth T., Parker N., Ylä-Herttua S. History of gene therapy. *Gene*. 2013. 525(2), 162–169. doi:10.1016/j.gene.2013.03.137
31. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553112/>
32. <https://www.who.int/publications/m/item/recombinant-dna-annex-4-trs-no-987>
33. http://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/
34. <https://www.pdr.net/drug-summary/Fluvirin-influenza-virus-vaccine-452#:~:text=Mechanism%20of%20Action,which%20the%20vaccine%20was%20prepared>
35. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9963/>
36. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1002946/?page=2>
37. <http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1602/zloyakisne-novoutvorenyya>
38. <https://unci.org.ua/protyvopuhlynni-vaktsyny/>
39. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/7104-diabetes-mellitus-an-overview>
40. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7791288/>
41. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1392256/>
42. <https://www.nature.com/scitable/topicpage/epigenetic-influences-and-disease-895/#>
43. <https://viva.clinic.ua/stati-vrachey/metabolicheskiy-sindrom-vzglyad-akusher-ginekologa/>
44. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4518692/>
45. <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/oxytocin-the-love-hormone>
46. <https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-and-ecology-10-class-2018-standardlevel/49.php>
47. <https://www.rheumatology.kiev.ua/wp/wp-content/uploads/magazine/8/150.pdf>
48. <https://www.csdlab.ua/analyzes/hipotalamo-hipofizarno-nadnyrnykovasystema/insulinopodibnyy-faktor-rostu-1-somatomedyn-s>

Біоінформатика

1. Осташ Б.О. Біоінформатика: аналіз генетичних послідовностей. Електронний підручник. Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2022, 232 стор. ISBN 978-617-10-0729-1. Доступ онлайн: <http://dspace.lnlibrary.lviv.ua/handle/123456789/169>
2. Allman ES, Rhodes JA. *Mathematical Models in Biology. An Introduction*. Cambridge University Press, Cambridge, 2003. 386 p.
3. *Bioinformatics: a practical guide to the analysis of genes and proteins*, 2nd Ed / AD Baxevanis, BFF uellette. – New York: John Wiley & Sons, 2001. – 455 p.
4. Borodovsky M, Ekisheva S. *Problems and Solutions in Biological Sequence Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, 2006. 362 p. ISBN-13 978-0-521-61230-2
5. Durbin R, Eddy S, Krogh A, Mitchison G. *Biological Sequence Analysis. Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998. 371 p. ISBN-13 978-0-521-62971-3
6. Higgs PG, Attwood TK. *Bioinformatics and Molecular Evolution*. Blackwell Publishing, Oxford, 2005. 398 p. ISBN 1-4051-0683-2.
8. Pevsner J. *Bioinformatics and functional genomics*. 3rd edition. Wiley Blackwell, London. – 2015-1116 p. ISBN 978-1-118-58178-0.

Екологічна біофізика

1. Горго Ю.П., Маліков М.В., Богдановська Н.В. Екологічна біофізика людини: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2005. – 175 с.
2. Посудін Ю.І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища: Підручник.К.: 2011.–331 с.
3. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Київ, Світ, 2003. –286 с.
4. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища. Київ, Світ, 2000. –300 с.

Біофізика транспортних процесів

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 Ca²⁺-транспортувальних систем мембранних структур гладеньком'язевих клітин. – К.: Наук. думка, 2017.
4. Шуба Я.М. Основи молекулярної фізіології іонних каналів: Навч. Посібник.– К.: Наук. Думка, 2010. – 448с.
5. M. Ashrafuzzaman, J. Tuszynski. Membrane Biophysics.- Springer, 2013. – 178 p.
6. Hongda Wang, Guohui Li. Membrane Biophysics: New Insights and Methods. - Springer, 2018. – 421 p.

Біофізика м'язів

1. Костерін С., Цимбалюк О. Механокінетика вісцеральних гладеньких м'язів та її модуляція наноматеріалами. – Київ: Наукова думка, 2020. – 200 с.
2. Краснобокий Ю. М. Основи фізики з елементами біофізики :(навчальний посібник) / Ю. М. Краснобокий, О. В. Підгорний, І. А.Ткаченко. – Бровари : АНФ ГРУП, 2020. – 356 с.
3. Салєєва А.Д., Семенець В.В., Носова Т.В., Василенко І.М., Баєв П.О., Корнєєв С.В., Литвиненко О.М., Карпенко І.В., Чернишова І.М., Кабаненко І.В. Біомеханічні основи протезування та ортезування: навчальний посібник / А.Д. Салєєва, В.В. Семенець, Т.В. Носова, І.М. Василенко, П.О. Баєв, С.В. Корнєєв, О.М. Литвиненко, І.В. Карпенко, І.М. Чернишова, І.В. Кабаненко. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 352 с.
4. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. – Київ: Видавництво «ВПЦ Київський університет», 2008. – 567 с.
5. 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.
6. Клевєць М. Ю., Манько В. В. , Гальків М. О. та ін. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем): підручник: [для студ. вищ. навч. закл.] – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 312 с.
7. Костерін С.О., Бабіч Л.Г., Шликов С.Г. та ін. Біохімічні властивості та регуляція Ca²⁺-транспортувальних систем мембранних структур гладеньком'язевих клітин. – К.: Наук. думка, 2017. – 200 с.
8. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І. Ю. Худецький, Ю. В. Антонова-Рафі, Г. В. Мельник,Є. В. Сніцар ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,124Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 184 с.
9. Головаха М.Л., Нерянов Ю.М., Івченко Д.В. та ін. Загальні питання травматології та ортопедії: навчально-методичний посібник. 2- е видання видання (переглянуто та доповнено). Запоріжжя, 2016. – 200 с.
10. Козьолкін О. А. Диференційна діагностика та лікування нервово-м'язових захворювань : навч. посібник для лікарів-інтернів за спеціальностями «Неврологія», «Психіатрія», «Зага-

льна практика - сімейна медицина» / О. А. Козьолкін, С. О. Медведкова, А. В. Ревенько, А. А. Кузнєцов, А. О. Дронова. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2020. – 134 с.

11. Федірко Н.В. Анатомія та еволюція нервової системи. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 384 с.
12. Paul Davidovits Physics in Biology and Medicine. 2008. British Library. 352 p.
13. Syn Schmitt, Michael Günther, Daniel F. B. Häußl The dynamics of the skeletal muscle: A systems biophysics perspective on muscle modeling with the focus on Hill-type muscle models // GAMM -Mitteilungen. –2019;42:e201900013. <https://doi.org/10.1002/gamm.201900013>. DOI: 10.1002/gamm.201900013

Біофізичні засади енергетичного метаболізму (англ. мовою)

1. Hawking S., Mlodinov L. A Briefer History of Time. Харків: КСД, 2018.
2. Hawking S. The Illustrated Theory of Everything. New Millennium Press, 2019.
3. Keller P. Basic Principles of MR Imaging. Milwaukee, Wisconsin: General Electric Company, 1988.
4. Nelson D., Cox M. Lehningers Principles of Biochemistry. New York: W.H. Freedom and Co., 2005
5. Lowen A. Bioenergetics: The Revolutionary Therapy That Uses the Language of the Body to Heal the Problems of the Mind, 1994
6. Sherwood L. Human Physiology: From Cells to Systems, 9th edition, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2016.
7. Widmaier E. et al. Vander's Human Physiology. 11th Ed. New York, McGraw-Hill, 2008
8. Wehrli F. Advanced MR Imaging Techniques. Milwaukee: General Electric Company, 1988
9. Wolfe J. Cellular Thermodynamics. In: Encyclopedia of Life Sciences, Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group, 2002
10. Кайку М. Фізика майбутнього. Львів: Літопис, 2017
11. Бабський А, Іккерт О, Манько В. Основи біоенергетики: підручник: [для студ. вищ. навч. закл.]. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, Серія "Біологічні Студії". 2017. 312 с.

Біофізика сенсорних систем

1. Бура М.В., Санагурський Д.І. Біофізика сенсорних систем (навчальний посібник) – Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 192 с.
2. Smith C. U. M. Biology of Sensory Systems. John Wiley & Sons, Ltd 2008, 534 p.
3. 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.
4. Ганонг В. Фізіологія людини. – Львів: БаК, 2002. – 784 с.
5. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) : підручник : [для студ. вищ. навч. закл.] / М. Ю. Клевець, В. В. Манько, М. О. Гальків, та ін. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 304 с. – (Серія "Біологічні Студії").
6. Івашиків Л.Я. Методичні вказівки до вивчення спецкурсу "Біофізика сенсорних систем" для студентів біологічного факультету. – Львів, 2006. – 84 с.
7. Клевець М.Ю. Фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем. – В кн.: Фізіологія людини і тварин: Навч. пос. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2000. – С.168-188.
8. Анатомія і фізіологія людини / За ред. Бишевця М.І. – К., 1991. – 530 с.
9. Безпека життєдіяльності / За ред. Я.Бедрія. - Львів: Афіша, 1998. –
10. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології: Підручник. - К.: Либідь, 1995
11. Korzeniowski L.F. Securitologia na początku XXI wieku. «Securitologia / Securitology / Секюритология» Zeszyty Naukowe EUROPEAN ASSOCIATION for SECURITY. 2007, nr. 6, s. 181 - 192. s. 184.
12. Nag, Ahindra (2010). Biosystems engineering. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-160629-5.
13. Heldman, Dennis R.; Moraru, Carmen I. (2011). Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering (вид. 2nd edition). Boca Raton, FL. ISBN 978-1-4987-1107-4.
14. Coppola Antonio; Di Renzo Giovanni Carlo; Altieri Giuseppe; D'Antonio Paola (2020). Innovative biosystems engineering for sustainable agriculture, forestry and food production: International Mid-Term Conference 2019 of the Italian Association of Agricultural Engineering (AIIA). Cham, Switzerland. ISBN 978-3-030-39299-4.

15. *Кашуба В. О., Попадюха Ю. А.* Біомеханіка просторової організації тіла людини: сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень: монографія. К.: Центр учбової літератури, 2018. 768 с.
16. Біомеханіка: навчально-методичний посібник / укл. Мединський С.В. Чернівецький нац. ун-т, 2004. 138 с.
17. *Sapolsky R. M.* BEHAVE: The Biology of Humans at Our Best and Wors. Penguin Press: New York, NY. 2017
18. Zimmerman A, Bai L, Ginty DD. The gentle touch receptors of mammalian skin. *Science*. 2014 Nov 21;346(6212):950-4.
19. Dubin AE, Patapoutian A. Nociceptors: the sensors of the pain pathway. *J. Clin. Invest*. 2010 Nov;120(11):3760-72.
20. Physiology, Sensory System – StatPearls – NCBI Bookshelf
21. SensoryReceptors
22. http://biofiz.semmelweis.hu/run/dl_t.php?id=311&tid=102
23. https://www.wikilectures.eu/w/SENSORY_BIOPHYSICS
24. *Biophysics and Neurophysiology of the Sixth Sense*
25. [https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495\(00\)76519-2](https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495(00)76519-2)
26. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1185/1/012156>
27. <https://www.med.muni.cz/biofyz/files/en/sensory%20perception-vision-18.pdf>
28. <https://www.nature.com/articles/ncomms1533.pdf>
29. https://www.researchgate.net/publication/294283575_Biophysics_of_food_perception
30. https://www.slideshare.net/AHS_student/lecture-19pain-drreem-alsabah

Методологія наукових досліджень у біофізиці

1. Абрамов В. Методологія системного підходу та наукових досліджень (дослідницькі та інноваційні процеси в державній службі) [Текст]: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисципліни / В.Абрамов, В.Арутюнов. – К. : КНЕУ, 2005. – 178 с.
2. Власенко Л., Ладанюк А., Кишенько В. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. – К.: Вид-во Ліра-К, 2018. – 352 с.
3. Волгін С. О., Гнатуш С. О., Манько В. В. Оформлення курсових, дипломних і магістерських робіт : методичні вказівки для студентів біологічного факультету. – Вид. 3- те, випр. і доп. – Л.: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 52 с.
4. *Гарасим Н. П.* Великий практикум з біофізики. Лабораторний практикум: навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 091 – Біологія / Гарасим Н. П., Бура М. В., Боднарчук Н. О., – Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2023. – 200 с.
5. *Гнатуш С.О.* Методологія наукових досліджень у мікробіології: методичні вказівки для студентів біологічного факультету спеціальності 091 – Біологія / С.О. Гнатуш, А.А. Галушка – Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2018. – 43 с. (Методичні вказівки для студентів біологічного факультету спеціальності 091 – Біологія)
6. Данильян О.Г., Дзьобань О.П. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. – К.: Вид-во Право, 2019. – 368 с.
7. ДСТУ 3582-97. Скорочення слів в українській мові. Загальні вимоги та правила [Текст]: чинний від 01.07.1998. – К.: Держстандарт України, 1998. - 27 с.
8. Євтушенко М.Ю., Хижняк М.І. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2019. – 350 с.
9. Закон України «Про вищу освіту» : від 19 вересня 2014 р. № 2984-III. – К., 2014. – 69 с. (Документ 1556-VII, чинний, поточна редакція — **Редакція від 28.05.2023**, підстава - **3062-IX**)
10. Зацерковний В. І. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, В. К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 236 с.
11. Клименко М.О., Петрук В.Г., Мокин В.Б., Вознюк Н.М. Методологія та організація наукових досліджень (в екології): підруч. – Херсон: Олді-плюс, 2012. – 474 с.

12. Ковальчук, В.В. Основи наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / В.В.Ковальчук, Л.М.Моїсєєв. – 3-е вид., перероб. і допов. К. : ВД «Професіонал», 2005. – 240 с.
13. Корягін М., Чік В. Основи наукових досліджень: навч.посіб. –К.: Вид-во Алерта, 2019. – 492 с.
14. 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.
15. Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Войціцький В.М. Сучасні методи біохімічних досліджень: учбовий посібн. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 424 с.
16. Мальська М., Худо В., Рутинський М., Грищук А. Магістерські та дипломні роботи: методика організації наукових досліджень, рекомендації щодо написання та основні вимоги до оформлення. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2005. – 39 с.
17. Маніліч М.І., Григорьев В.А. Основи наукових досліджень. - Чернівці. ЧЮІ, 2005. – 136 с.
18. Основи методології та організації наукових досліджень: навчальний посібник для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнктів. – К.: ВПЦ "Київський університет", - 2010.
19. ПОЛОЖЕННЯ ПРО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ У ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА (https://www.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/06/reg_academic_virtue.pdf)
20. Про наукову і науково-технічну діяльність [Електронний ресурс] . -Електрон, дан. – К.: Верховна Рада України. <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1977-12>.
21. Руденко О.В. Методологія та організація наукових досліджень ПРОГРАМА для магістрів 1 курсу;
22. Санагурський Д.І. Об'єкти біофізики: Монографія. – Львів. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 522 с.
23. Соболев Х.С., Петровська Н.І., Гуняк О. М. Методологія і принципи наукових досліджень: навч. посіб. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 92 с.
24. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб.: [для студ. вищ. навч. закл.] / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головачук, М.В. Бура, Санагурський Д.І. // Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 182 с. – (Серія «Біологічні Студії»).
25. Affinity Chromatography: Principles and Methods / Handbooks from GE Healthcare. – 159 p. (ел.варіант).
26. Dubin AE, Patapoutian A. Nociceptors: the sensors of the pain pathway. J. Clin. Invest. 2010 Nov;120(11):3760-72.
27. <http://pbo.ztu.edu.ua/article/viewFile/72688/67931>
28. https://www.slideshare.net/AHS_student/lecture-19pain-drreem-alsabah
29. Mastellotto, Lynn. Writing for Academic Publication: A Manual for Non-Native Speakers of English. Ottawa: Centre for European Studies, Carleton University, 2015
30. Peat, Jennifer. Scientific Writing: Easy When You Know How. London: BMJ Books, 2010.
31. Phillips R., Kondev J., Theriot J., Garcia H. Physical Biology of the Cell. – Garland Science, 2013. - 1058 pp.
32. Prathapan K. Research Methodology for Scientific Research. / K. Prathapan. – Dreamtech Press, 2019. – 272 p.
33. Pringle, Chris. How to get published in scientific journals. [URL:http://www.phdacademy.org/phdc2011_files/PhDC-Writing-for-publication.pdf]
34. Rozakis, Laurie. Schaum's Quick Guide to Writing Great Research Papers, 2nd edition. New York: McGraw-Hill, 2007
35. Smith C. U. M. Biology of Sensory Systems. John Wiley & Sons, Ltd 2008, 534 p.
36. XIV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології», присвячена 185 річниці від дня народження Б. Дибовського: вимоги до тез [Електронний ресурс]. – 2018.
37. XVI Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів «МОЛОДЬ І ПОСТУП БІОЛОГІЇ», присвячена 75 річниці створення біологічного факультету Львівського націо-

нального університету ім. І. Франка та 90 річниці від дня народження проф. М.П. Деркача. - 2020.

38. Хроматографічний аналіз: підруч. / Мінаєва В.О. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с. (розділ 5).
39. [Хроматографія]
40. Біологічні студії / Studia Biologica: керівництва для авторів [Електронний ресурс].
41. Вісник Львівського університету. Серія біологічна
42. Електронний ресурс_МассСпектроскопія