



**МІЖНАРОДНИЙ ЄВРОПЕЙСЬКИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
«ЄВРОПЕЙСЬКА МЕДИЧНА ШКОЛА»**

**Кафедра фундаментальних та
медико-профілактичних дисциплін**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою Університету,
протокол від 29.08.23 № 14

Заступник голови НМР Ліснічук О.А.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

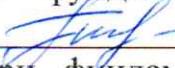
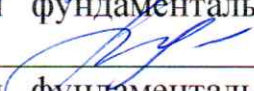

БІОЛОГІЧНА ТА БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

для підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
(денної форми навчання)

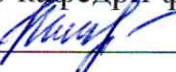
Галузі знань	22 «Охорона здоров'я»
Спеціальності	222 «Медицина»
Освітня програма:	Медицина
Статус дисципліни:	Обов'язкова


Робоча програма навчальної дисципліни «Біологічна та біоорганічна хімія» складена на основі освітньо-професійної програми «Медицина» для другого (магістерського) рівня 222 спеціальності «Медицина», затвердженої Вченою радою Університету, протокол № 4, від «30» травня 2023 року.

УКЛАДАЧИ ПРОГРАМИ:

Доцент кафедри фундаментальних та медико-профілактичних дисциплін  О. Голодаєва, к.х.н., доцент;
Завідувач кафедри фундаментальних та медико-профілактичних дисциплін  В. Коваленко, к.б.н., доцент;
Викладач кафедри фундаментальних та медико-профілактичних дисциплін  Р.Павленко

РЕЦЕНЗЕНТ:

Професор кафедри фундаментальних та медико-профілактичних дисциплін  Г. Костинський, д.м.н., професор

Гарант ОПШ «Медицина», завідувач кафедри педіатрії, імунології, інфекційних та рідкісних захворювань  А. Бондаренко д.м.н., професор

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто та схвалено кафедрою фундаментальних та медико-профілактичних дисципліни, протокол № 1 від «25» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри фундаментальних та медико-профілактичних дисципліни к.б.н., доцент  Вікторія КОВАЛЕНКО

Розглянуто і схвалено Вченою радою Навчально-наукового інституту «Європейська медична школа», протокол № 1 від «29» серпня 2023 р.

Голова Вченої ради ННІ
«Європейська медична школа»
к.м.н., доцент

 Євгеній СИМОНЕЦЬ

ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни “ Біологічна та біоорганічна хімія ” складена відповідно до Стандарту вищої освіти другого (магістерського) рівня підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня

«Магістр», галузі знань 22 – «Охорона здоров'я», спеціальності – 222 «Медицина», освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр медицини».

Опис навчальної дисципліни (анотація). Дисципліна «*Біологічна та біоорганічна хімія*» вивчає будову та реакційну здатність різних класів органічних речовин, а на їх основі найбільш важливі біологічно активні речовини, що входять до складу живих організмів - низькомолекулярних біомолекул, біополімерів (білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів), природних та синтетичних фізіологічно активних сполук (гормонів, вітамінів, лікарських засобів, токсичних речовин тощо). Завдання біоорганічної хімії полягають у визначенні структури біомолекул, природних і синтетичних біорегуляторів, виявленні залежності між їх молекулярною, електронною будовою та фізіологічними, зокрема фармакологічними, ефектами, виявленні закономірностей їх перетворень.

Організація навчального процесу здійснюється за кредитною системою відповідно до вимог Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи.

Програма дисципліни структурована на **три розділи**.

Розділ I. Біологічно важливі класи біоорганічних сполук. Біополімери та їх структурні компоненти.

Розділ II. Загальні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, білків та його регуляція.

Розділ III. Молекулярна біологія. Біохімія міжклітинних комунікацій. Біохімія тканин і фізіологічних функцій

Інформаційний опис початкової дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів – 8,0	Галузь знань 22 «Охорона здоров'я» Напрямок підготовки «Медицина»	Нормативна	
Розділів – 3	Спеціальність: 222 «Медицина»	Рік підготовки:	
Змістових розділів – 13		1-й	2-й
Загальна кількість годин – 240		Семестр	
		2-й	3-й
Тижневе навантаження: аудиторних – 120 самостійної роботи студента – 120	Освітньо-кваліфікаційний рівень: «магістр медицини» кваліфікації професійної «лікар»	Лекції	
		8 год.	16 год.
		Практичні	
		40 год.	64 год.
		Самостійна робота	
		42 год.	70 год.
		Вид контролю:	
		залік	іспит

Предметом вивчення навчальної дисципліни є молекулярна будова органічних сполук, фізичні та хімічні властивості біоорганічних сполук, біологічна активність органічних сполук,

залежність між структурою та властивостями органічних сполук, в тому числі метаболітів та лікарських засобів. Хімічний склад живих організмів (організму людини) та хімічні перетворення, яким підлягають молекули, що входять до їх складу.

Міждисциплінарні зв'язки. Біологічна та біоорганічна хімія як навчальна дисципліна базується на вивченні студентами медичної біології, біофізики, медичної хімії (біоорганічної, фізичної хімії) і морфологічних дисциплін й інтегрується з цими дисциплінами; закладає основи вивчення студентами молекулярної біології, генетики, фізіології, патології, загальної та молекулярної фармакології, токсикології та пропедевтики клінічних дисциплін, що передбачає інтеграцію викладання з цими дисциплінами та формування умінь застосовувати знання з біологічної хімії, насамперед біохімічних процесів, які мають місце в організмі здорової та хворої людини, в процесі подальшого навчання і професійній діяльності; закладає основи клінічної діагностики найпоширеніших захворювань, моніторингу перебігу захворювання, контролю за ефективністю застосування лікарських засобів та заходів, спрямованих на попередження виникнення та розвитку патологічних процесів.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Біологічна та біоорганічна хімія» є вивчення біомолекул та молекулярної організації клітинних структур, загальних закономірностей ферментативного каталізу та біохімічної динаміки перетворення основних класів біомолекул (амінокислот, вуглеводів, ліпідів, нуклеотидів, порфіринів тощо), молекулярної біології та генетики інформаційних макромолекул (білків та нуклеїнових кислот), тобто молекулярних механізмів спадковості та реалізації генетичної інформації, гормональної регуляції метаболізму та біологічних функцій клітин, біохімії спеціальних фізіологічних функцій.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є

- Оволодіння знаннями та навичками проводити біохімічні дослідження на виявлення нормальних та патологічних компонентів в біологічних рідинах.
- Аналізувати результати біохімічних досліджень для діагностики найпоширеніших захворювань людини.
- Аналізувати біохімічні процеси обміну речовин та його регуляції в забезпеченні функціонування органів та систем організму людини.
- Оволодіння знаннями про біохімічні властивості та обмін основних біомолекул в організмі людини в нормі та за умови патологій.
- Проведення біохімічних досліджень в біологічних рідинах та оцінювання результатів з інтерпретацією клініко-діагностичного значення.

1.3 Компетентності та результати навчання, формуванню яких сприяє дисципліна (взаємозв'язок з нормативним змістом підготовки здобувачів вищої освіти, сформульованим у термінах результатів навчання у Стандарті вищої освіти).

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальність 222 «Медицина») дисципліна забезпечує набуття студентами наступних компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК)	
ЗК 1.	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 2.	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК 3.	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 4.	Знання та розуміння предметної галузі та розуміння професійної діяльності
ЗК 5.	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації
ЗК 6.	Здатність приймати обґрунтовані рішення
ЗК 7.	Здатність працювати в команді
ЗК 8.	Здатність до міжособистісної взаємодії
ЗК 10.	Здатність використовувати інформаційні і комунікаційні технології

ЗК 11.	Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з
ЗК 12	Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків
Фахові компетентності (ФК)	
ФК 2	Здатність до визначення необхідного переліку лабораторних та інструментальних досліджень та оцінки їх результатів.
ФК 17	Здатність до оцінювання впливу навколишнього середовища, соціально-економічних та біологічних детермінант на стан здоров'я індивідуума, сім'ї, популяції
ФК 23	Здатність розробляти і реалізовувати наукові та прикладні проекти у сфері охорони здоров'я.
ФК 24	Дотримання етичних принципів при роботі з пацієнтами, лабораторними тваринами
ФК 25	Дотримання професійної та академічної доброчесності, нести відповідальність за достовірність отриманих наукових результатів
Програмні результати навчання (ПРН)	
ПРН 1.	Мати ґрунтовні знання із структури професійної діяльності. Вміти здійснювати професійну діяльність, що потребує оновлення та інтеграції знань. Нести відповідальність за професійний розвиток, здатність до подальшого професійного навчання з високим рівнем автономності
ПРН 2	Розуміння та знання фундаментальних і клінічних біомедичних наук, на рівні достатньому для вирішення професійних задач у сфері охорони здоров'я
ПРН 21	Відшукувати необхідну інформацію у професійній літературі та базах даних інших джерелах, аналізувати, оцінювати та застосовувати цю інформацію
ПРН 24	Організовувати необхідний рівень індивідуальної безпеки (власної та осіб, про яких піклується) у разі виникнення типових небезпечних ситуацій в індивідуальному полі діяльності

Інтегративні кінцеві результати навчання згідно зі Стандартом вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальність 222 «Медицина», формуванню яких сприяє навчальна дисципліна: «Біологічна та біоорганічна хімія» закладає фундамент для формування в подальшому наступних програмних результатів навчання згідно з Стандартом вищої освіти України додипломної підготовки фахівців другого (магістерського) рівня спеціальності «Медицина».

По завершенню вивчення дисципліни «Біологічна та біоорганічна хімія» студенти повинні знати:

- Структуру біоорганічних сполук та функції, які вони виконують в організмі людини.
- Реакційну здатність основних класів біомолекул, що забезпечує їх функціональні властивості та метаболічні перетворення в організмі.
- Біохімічні механізми виникнення патологічних процесів в організмі людини.
- Особливості діагностики фізіологічного стану організму та розвитку патологічних процесів на основі біохімічних досліджень.
- Зв'язок особливостей будови та перетворень в організмі біоорганічних сполук якоснови їх фармакологічної дії в якості лікарських засобів.
- Основні механізми біохімічної дії та принципи спрямованого застосування різних класів фармакологічних засобів.
- Біохімічні та молекулярні основи фізіологічних функцій клітин, органів і систем організму людини.
- Функціонування ферментативних процесів, що відбуваються в мембранах і органелах для інтеграції обміну речовин в індивідуальних клітинах.

- Норми та зміни біохімічних показників, що застосовуються для діагностики найпоширеніших хвороб людини.
- Значення біохімічних процесів обміну речовин та його регуляції в забезпеченні функціонування органів, систем та цілісного організму людини.

По завершенню вивчення дисципліни «Біологічна та біоорганічна хімія» студенти повинні вміти:

- Аналізувати відповідність структури біоорганічних сполук фізіологічним функціям, які вони виконують в організмі людини.
- Інтерпретувати особливості фізіологічного стану організму та розвитку патологічних процесів на основі лабораторних досліджень.
- Аналізувати реакційну здатність вуглеводів, ліпідів, амінокислот, що забезпечує їх функціональні властивості та метаболічні перетворення в організмі.
- Інтерпретувати особливості будови та перетворень в організмі біоорганічних сполук як основи їх фармакологічної дії в якості лікарських засобів.
- Інтерпретувати біохімічні механізми виникнення патологічних процесів в організмі людини та принципи їх корекції.
- Пояснювати основні механізми біохімічної дії та принципи спрямованого застосування різних класів фармакологічних засобів.
 - Пояснювати біохімічні та молекулярні основи фізіологічних функцій клітин, органів і систем організму людини.
 - Аналізувати функціонування ферментативних процесів, що відбуваються в мембранах і органелах для інтеграції обміну речовин в індивідуальних клітинах.
 - Аналізувати результати біохімічних досліджень та зміни біохімічних та ферментативних показників, що застосовуються для діагностики найпоширеніших хвороб людини
 - Інтерпретувати значення біохімічних процесів обміну речовин та його регуляції в забезпеченні функціонування органів, систем та цілісного організму людини.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 8 кредитів ЄКТС, 240 годин (24 годин лекцій, 104 практичних занять, 112 годин СРС). Другий семестр 90 годин (3 кредити ЄКТС.) Третій семестр 150 годин (5 кредитів ЄКТС.).

РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КЛАСИ БІООРГАНІЧНИХ СПЛУК. БІОПОЛІМЕРИ ТА ЇХ СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ

Змістовий розділ 1. Теоретичні основи будови та реакційної здатності біоорганічних сполук.

Тема 1. Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Природа хімічного зв'язку.

Види науково обґрунтованих класифікацій та номенклатури, що враховують як будову карбонового ланцюга, так і наявність у молекулі певних функціональних груп. Префікси, суфікси та закінчення, які застосовують в назвах біоорганічних сполук, що мають функціональні групи, за міжнародною замісничковою номенклатурою (ІЮПАК). Теорія будови біоорганічних сполук. Внесок О.М.Бутлерова в розробку основних положень ізомерії. Схематичне зображення розподілу електронів на атомних орбіталях (АО) атома карбону в нормальному та збудженому стані. Валентні стани атома карбону, що відповідає sp^3 , sp^2 та sp - гібридизаціям. Взаємний вплив атомів. Електронегативність.

Тема 2. Класифікація хімічних реакцій. Реакційна здатність алканів, алкенів, аренів.

Загальна характеристика хімічних реакцій біоорганічних сполук. Класифікація реакцій за спрямованістю та результатом. Класифікація реакцій за механізмом.

Характеристика нуклеофілів та електрофілів. Радикальне заміщення біля насиченого атома карбону (SR). Електрофільне приєднання до ненасичених сполук (AE). Електрофільне заміщення в ароматичних сполуках. Вплив замісників на реакційну здатність аренів (SE). Нуклеофільне заміщення біля насиченого атома карбона (SN).

Тема 3. Реакційна здатність спиртів, фенолів, амінів.

Типи реакцій. Гідроксилвмісні сполуки: спирти, феноли – будова, властивості та перетворення одно- і багатоатомних спиртів. Біомедична характеристика одноатомних та багатоатомних спиртів (метанол, етанол, гліцерин, ксиліт, сорбіт). Прості ефіри: будова, властивості. Феноли, тіоли: будова, властивості.

Аміни в біоорганічній хімії: номенклатура, хімічні властивості, біомедичне значення. Аліфатичні аміни. Біогенні аміни: андреналін, норадреналін, доорамін, триптамін, серотонін, гістамін. Ароматичні аміни. Анілін – попередник фармацевтичних препаратів: сульфаніламідів, анестезину, новокаїну. Аміноспирти, етаноламін – біомедичне значення.

Тема 4. Будова та хімічні властивості альдегідів, кетонів.

Карбонільні сполуки. Альдегіди, кетони. Будова та реакційна здатність карбонільної групи. Реакції нуклеофільного приєднання (AN) до оксосполук. Вплив нуклеофілу на утворення з альдегідами і кетонами нових зв'язків: C-C, C-O, C-H, C-N. Альдольна конденсація і її значення для подовження вуглецевого ланцюга. Окиснення альдегідів та кетонів. Якісні реакції на виявлення альдегідної групи (Толленса та Троммера). Реакція диспропорціонування (дисмутації, Канніццаро). Галоформні реакції. Йодоформна проба, її використання в аналітичних цілях. Властивості та біомедичне значення найбільш поширених представників.

Тема 5. Структура, властивості та біологічне значення карбонових кислоти та їх функціональних похідних.

Класифікація карбонових кислот, окремі представники монокарбонових кислот. Реакції нуклеофільного заміщення (SN) біля sp^2 -гібридизованого атома карбону оксогрупи. Будова та властивості дикарбонових кислот: щавлева, малінова, янтарна, глутарова, фумарова. Реакції декарбонізації. Функціональні похідні карбонових кислот: солі, ангідриди, амідні, складні ефіри. Вугільна кислота та її похідні.

Тема 6. Вищі жирні кислоти. Ліпіди. Фосфоліпіди.

Вищі жирні кислоти (ВЖК) як складові нейтральних ліпідів: пальмітинова, стеаринова, олеїнова, лінолева, ліноленова, арахідова. Ліпіди, прості ліпіди. Тригліцериди, нейтральні жири: будова, хімічні властивості, фізіологічне значення. Гідроліз жирів (кислотний, лужний, ферментативний). Мила: будова, фізико-хімічні та біологічні властивості як поверхнево-активних сполук. Складні ліпіди. Класифікація, будова фосфоліпідів: фосфатидна кислота, фосфатидилетаноламін, фосфатидилсерин. Роль складних ліпідів у побудові біомембран. Поняття про терпени, стероїди. Холестерин, вітамін D, жовчні кислоти, поняття про статеві гормони.

Тема 7. Будова, реакційна здатність та біологічне значення гетерофункціональних сполук (α -, β -, γ -гідроксикислот, кетокислот та фенокислот).

Класифікація та ізомерія гідроксикислот. Асиметричний атом карбону, хіральність, оптична активність. Енантіомери. Діастереоізомери. Властивості та специфічні хімічні реакції аліфатичних α -, β -, γ -гідроксикислот. Монокарбонові (молочна, β -гідроксимасляна), дикарбонові (яблучна, винна) кислоти. Оптична активність. Реакції дезамінування, трансамінування, декарбонізації.

Оксокислоти. Піровиноградна, ацетооцтова, щавелевооцтова, α -кетоглутарова. Біологічне значення кетокислот та їх похідних. Кетоніві тіла, діагностичне значення їх визначення при цукровому діабеті. Кето-енольна таутомерія кетокислот та їх похідних.

Фенокислоти та їх похідні. Використання саліцилової кислоти та її похідних у медицині (метилсаліцилат, салол, аспірин, саліцилати натрію) у вигляді лікарських препаратів.

Змістовий розділ 2. Структура та біологічні функції вуглеводів.

Тема 8. Вуглеводи. Будова та хімічні властивості моносахаридів.

Вуглеводи. Визначення, класифікація (альдози і кетози, тріози, тетрози, пентози, гексози), біомедичне значення. Пентози: рибоза, α -дезоксирибоза. Гексози: глюкоза, галактоза, фруктоза. Ізомерія. Таутомерні форми моносахаридів (D- і L-форми), відкриті та циклічні форми (Фішера, Коллі-Толленса, Хеурса). Фуранозні та піранозні цикли α - та β -аномери. Мутаротація. Хімічні реакції моносахаридів за участю карбонільної групи: окисно-відновні реакції (якісні на

виявлення альдегідної групи). Утворення глікозидів, їх роль в побудові оліго- та полісахаридів, нуклеозидів, нуклеотидів та нуклеїнових кислот. Фосфорні ефіри глюкози та фруктози, їх значення у метаболічних перетвореннях вуглеводів. Аскорбінова кислота як похідне гексоз, біологічна роль вітаміну С. Відновлення моносахаридів, утворення сорбіту.

Тема 9. Структура і функції дисахаридів та полісахаридів.

Олігосахариди. Класифікація дисахаридів за здатністю до окисно-відновних реакцій. Два типи зв'язків між залишками моносахаридів та їх вплив на реакційну здатність дисахаридів. Будова, властивості і роль в структуроутворенні дисахаридів мальтози і целобіози, їх таутомерні форми. Структура лактози і сахарози, їх властивості. Інверсія сахарози внаслідок гідролізу.

Полісахариди. Гомополісахариди: крохмаль, глікоген, целюлоза (клітковина), декстрини. Будова, біологічна роль та застосування крохмалю, його складові. Схема будови амілози та амілопектину. Конформаційна будова – вторинна структура – амілози. Гідроліз крохмалю та якісна реакція його виявлення. Будовата біологічна роль глікогену, клітковини, її роль в процесах життєдіяльності організму. Гетерополісахариди. Визначення, структура. Роль глюкуронової кислоти, глюкозаміну та галактозаміну в утворенні гетерополісахаридів. Будова та біомедичне значення гіалуронової кислоти, хондроїтин сульфату та гепарину.

Змістовий розділ 3. Біологічно активні гетероциклічні сполуки.

Тема 10. Класифікація, будова та значення біологічно важливих гетероциклічних сполук.

Класифікація гетероциклів за розмірами циклу, кількістю та якістю гетероатомів. П'ятичленні гетероцикли з одним та двома гетероатомами і їх похідні. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Пірол, фуран, тіофен – будова, властивості. Біомедичне значення порфінів, гема. Бензопірол (індол) як складоватриптофану та продуктів його перетворення – біологічно активних сполук (триптамін, серотонін) та токсичних речовин (скатол, індол) і продукти їх знешкодження. П'ятичленні гетероцикли з двома гетероатомами. Імідазол та його похідні: гістидин, гістамін. Утворення похідних піразолу як лікарських препаратів.

Шестичленні гетероцикли з одним та двома гетероатомами – основа біологічно важливих сполук та азотистих основ. Піридин, його ароматичність, хімічні властивості, похідні. Нікотинова кислота і її амід (вітамін РР) як складова частина коферментів. Шестичленні гетероцикли з двома атомами азоту. Піримідин та його похідні (урацил, цитозин, тимін). Лікарські засоби: оротат калію, барбітурати. Конденсовані системи гетероциклів. Пурин та його похідні: аденін, гуанін, їх таутомерні форми, біохімічне значення. Сечова кислота, ксантин, похідні: кофеїн, теофілін.

Тема 11. Структура та біохімічні функції нуклеозидів та нуклеотидів. Нуклеозиди та нуклеотиди – продукти неповного гідролізу нуклеїнових кислот. Структура нуклеотидів – складових компонентів нуклеїнових кислот: АМФ, ГМФ, УМФ, ЦМФ, д-ТМФ. Будова та значення 3', 5'-ц-АМФ, його роль в дії гормонів на клітини. Фосфорильовані похідні нуклеотидів, значення АДФ та АТФ. Участь нуклеотидів в будові коферментів. Механізм дії коферменту НАД⁺. **Тема 12. Будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.**

Нуклеїнові кислоти – полінуклеотиди, біополімери, що зберігають, передають спадкову інформацію та приймають участь в біосинтезі білка. Типи РНК: і-РНК, р-РНК, т-РНК, їх структурна організація та біологічна роль. Будова та біохімічні функції ДНК. Відмінності в будові, місце розташування та функціях РНК та ДНК.

Змістовий розділ 4. α -Амінокислоти. Пептиди. Білки

Тема 13. Амінокислотний склад білків та пептидів. Структурна організація білків.

Амінокислоти. Властивості. Класифікація за будовою вуглецевого ланцюга, здатністю до синтезу в організмі та полярністю радикалу. Загальні властивості амінокислот. Утворення біполярних іонів. Кислотно-основні властивості амінокислот. Хімічні реакції α -амінокислот *in vivo* та *in vitro*. Реакції по карбоксильній та аміногрупам. Декарбоксілювання, дезамінування, утворення основ Шиффа. Реакції кількісного визначення α -амінокислот (Ван-Слайка та

Серенсена). Реакції поліконденсації з утворенням пептидів. Якісні реакції на α -амінокислоти, пептиди, білки.

Тема 14. Фізико-хімічні властивості білків. Реакції осадження білків. Денатурація.

Білки як біополімери. Способи сполучення α -амінокислот в молекулах білків. Зв'язки, що формують первинну, вторинну, третинну та четвертинну структури. Глобулярні та фібрилярні білки. Вивчення рівнів структурної організації білкових молекул. Хімічний синтез пептидів та білків. Фактори стабільності існування білків в колоїдних розчинах. Механізм осадження білків. Види осадження. Реагенти, що спричиняють висолювання. Незворотне осадження. Фактори, що викликають незворотне осадження. Денатурація, її ознаки. Фактори, що спричиняють денатурацію білків. Ренатурація.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МЕТАБОЛІЗМУ. МЕТАБОЛІЗМ ВУГЛЕВОДІВ, ЛІПІДІВ, БІЛКІВ ТА ЙОГО РЕГУЛЯЦІЯ.

Змістовий розділ 5. Роль ферментів і вітамінів в обміні речовин

Тема 15. Контроль вихідного рівня знань. Предмет і задачі біохімії. Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей білків. Кількісне визначення білка біуретовим методом. Доказ білкової природи ферментів.

Визначення біохімії як науки. Місце біохімії серед інших медико-біологічних дисциплін. Об'єкти вивчення та завдання біохімії. Історія біохімії; розвиток біохімічних досліджень в Україні, наукові біохімічні школи. Значення біологічної хімії в системі вищої медичної освіти.

Розділи біохімії: статична (зв'язок з біоорганічною хімією, молекулярною біологією); динамічна; функціональна (зв'язок з молекулярною фізіологією). Медична біохімія (біохімія людини). Клінічна біохімія як розділ медичної біохімії. Досягнення і перспективи розвитку біохімії, теоритичної та молекулярної біології, біотехнології, генної інженерії та їх значення для діагностики і лікування основних захворювань людини – серцево-судинних, онкологічних, інфекційних, тощо. Роль біохімії у визначенні молекулярно-генетичних механізмів патогенезу хвороб, з'ясуванні значення спадкових та екологічних факторів у виникненні патологічних станів та їх впливу на тривалість життя населення.

Мета біохімічних лабораторних досліджень – отримання нової інформації, що може бути використана для пізнання нових явищ, пояснення механізмів функціонування органів і тканин в нормі та при патології, для постановки діагнозу, моніторингу перебігу захворювання та ефективності застосованого лікування. Критерії оцінки використаного методу лабораторних досліджень включають достовірність, точність, специфічність, чутливість та помилка методу. Матеріал для діагностичних досліджень: кров, сеча, спинно-мозкова рідина, шлунковий і дуодентальний вміст, фільтровані рідини (ексудати та трансудати), піт, амніотична рідина, тощо.

Принципи забору матеріалу для дослідження: стандартна підготовка хворого, забір крові для лабораторних досліджень (венозна, артеріальна, капілярна кров), забір сечі для лабораторних досліджень (одноразовий, добовий). Помилки, що мають місце під час проведення лабораторних досліджень: помилка підготовки, забору та зберігання матеріалу для дослідження, аналітична (лабораторна) помилка, помилка інтерпретації результату. Біохімічні компоненти клітини (біомолекули), їх біохімічні функції. Головні класи біомолекул: білки, пептиди, амінокислоти та їх похідні; нуклеїнові кислоти та нуклеотиди.

Тема 16. Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей ферментів. Ферменти як біологічні катализатори реакцій обміну речовин; властивості білків-ферментів. Одиниці виміру активності та кількості ферментів: міжнародні одиниці, катал, питома активність ферменту. Номенклатура ферментів та їх класифікація за типом реакції: оксидоредуктази, трансферази, гідролази, ліази, ізомерази, лігази. Будова ферментних білків; олігомерні білки-ферменти; мультиензимні комплекси, мембранно-асоційовані ферменти. Ізоферменти – множинні молекулярні форми білків, результат експресії різних генетичних клокусів.

Фізико-хімічні властивості білків-ферментів: електрохімічні властивості, розчинність. Термодинамічна стабільність білкових молекул ферментів; денатурація. Взаємодія з різними хімічними лігандами, її механізми та функціональне значення. Складні білки-ферменти;

простетичні групи складних білків-ферментів. Методи виділення ферментів з біооб'єктів, їх фракціонування (ультрацентрифугування, гель- та іонообмінна хроматографія, афінна хроматографія, електрофорез) і аналіз активності ферментів.

Тема 17. Визначення активності ферментів, дослідження кінетики ферментативного каталізу і вплив активаторів і інгібіторів.

Механізми дії ферментів: термодинамічні закономірності ферментативного каталізу; активні центри ферментів. Ферментативне перетворення субстратів за каталітичної дії ферменту на прикладі дії хімотрипсину та ацетилхолінестерази. Послідовність етапів каталітичного процесу.

Методи визначення активності ферментів: за кількістю продукту, який утворюється під дією ферменту за одиницю часу, за кількістю витраченого субстрату за одиницю часу. Спектрофотометричні методи визначення активності ферментів та візуалізація результатів ферментативної реакції. Кінетика ферментативних реакцій: залежність швидкості реакцій від концентрації ферменту, субстрату, рН та температури. Константа Міхаеліса-Ментен, її смислове значення. Обробка рівняння Міхаеліса-Ментен за методом подвійних зворотних величин рівняння Лайнуївера-Берка. Інгібітори, активатори ферментів. Зворотне (конкурентне та неконкурентне) і незворотне інгібування ферментів. Фізіологічно активні сполуки та ксенобіотики як зворотні (конкурентні, неконкурентні) та незворотні інгібітори ферментів.

Регуляція ферментативних процесів. Шляхи та механізми регуляції: алостеричні взаємодії у ферментах; ковалентна модифікація ферментів; дія регуляторних білків-ефекторів (кальмодуліну, протеїназ, протеїназних інгібіторів). Циклічні нуклеотиди як регулятори ферментативних реакцій та біологічних функцій клітини. Основні аспекти сучасної ензимодіагностики. Клітинні, секреторні та екскреторні ферменти. Ізоферменти в ензимодіагностиці, тканинна специфічність розподілу ізоферментів. Зміни активності ферментів плазми та сироватки крові як діагностичні показники розвитку патологічних процесів в органах і тканинах. Застосування ензимодіагностики в кардіології, гепатології, нефрології, урології, онкології, пульманології, ортопедії, тощо.

Порушення перебігу ферментативних процесів: природжені (спадкові) та набуті ензимопатії, уроджені вади метаболізму, їх клініко-лабораторна діагностика.

Ензимотерапія – використання ферментів в якості лікарських засобів. Фармакологічне застосування ферментів шлунково-кишкового тракту, згортальної та фібролітичної систем крові, калікреїн-кінінової та ренін-ангіотензинової систем. Інгібітори ферментів як лікарські засоби.

Тема 18. Дослідження ролі кофакторів і коферментних форм вітамінів у каталітичній активності ферментів.

Кофактори та коферменти. Будова і властивості коферментів; вітаміни як попередники в біосинтезі коферментів. Класифікація коферментів за хімічною природою типом реакції, яку вони каталізують: коферменти, що переносниками атомів водню та електронів; коферменти, що є переносниками хімічних груп; коферменти синтезу, ізомеризації та розщеплення вуглець-вуглецевих зв'язків. Найбільш поширені коферменти: похідні вітаміну РР (нікотинаміду); похідні вітаміну В₂ (рибофлавіну); похідні вітаміну В₆ (піридоксину); метало порфірини

– коферменти цитохромів; кофермент ацилювання – похідний пантотенової кислоти; коферменти – похідні фолієвої кислоти; ліпоева кислота; тіаминдифосфат – похідний вітаміну В₁; кофермент карбоксибіотин; коферменти

– похідні вітаміну В₁₂.

Тема 19. Дослідження участі вітамінів і коферментних форм вітамінів у різних біохімічних процесах.

Структура вітаміну С. Його біологічна роль, прояви авітамінозу. Вітамін Р. Його біологічна роль, прояви авітамінозу. Фолієва кислота. Її біологічна роль, прояви авітамінозу. Вітамін В₁₂. Його біологічна роль, прояви авітамінозу. Принципи кількісного визначення вітамінів С і Р у харчових продуктах.

Змістовий розділ 6. Обмін речовин і енергії.

Тема 20. Дослідження окисного фосфорилування і синтезу АТФ, інгібітори і роз'єднувачі окисного фосфорилування.

Шляхи синтезу АТФ в клітинах: субстратне та окисне фосфорилування. Утворення АТФ в клітинах за анаеробних та аеробних умов. Переваги аеробного окислення поживних сполук. Автотрофні та гетеротрофні організми. Окисне фосфорилування – процес за якого хімічна енергія, що вивільняється під час транспорту електронів по дихальному ланцюгу мітохондрій, використовується для синтезу АТФ з АДФ та неорганічного фосфату. Вивільнення енергії в дихальному ланцюзі та ділянки утворення АТФ. Енергія гідролізу та синтезу АТФ. Кількість вільної хімічної енергії, що утворюється в ланцюгу транспорту електронів. Коефіцієнт окисного фосфорилування, пункти спряження.

Тема 21. Обмін речовин і енергії. Дослідження функціонування циклу трикарбонових кислот.

Загальні закономірності обміну речовин; катаболічні, анаболічні та амфіболічні шляхи метаболізму. Екзергонічні та ендергонічні біохімічні реакції; роль АТФ та інших макроергічних фосфатів у спряженні процесів, що протікають з вивільненням та запасанням енергії. Стадії катаболізму біомолекул в організмі.

Змістовий розділ 7. Метаболізм вуглеводів та його регуляція

Тема 22. Дослідження особливостей травлення вуглеводів. Біосинтез та катаболізм глікогену. Перетворення інших моносахаридів в глюкозу.

Загальна характеристика вуглеводів як компонентів харчування людини. Загальна характеристика травлення вуглеводів. Ферменти, біохімічні механізми травлення харчових вуглеводів в окремих відділах травного каналу. Порушення травлення окремих вуглеводів в кишечнику. Спадкові ензимопатії недостатності дисахаридаз кишечника. Клініко-біохімічна діагностика непереносимості лактози, сахарози. Розщеплення та біосинтез глікогену: ферментативні реакції глікогенезу та глікогенолізу; каскадні механізми цАМФ-залежної регуляції активностей глікогенфосфорилази та глікогенсинтази. Гормональна регуляція обміну глікогену в м'язах та печінці. Поняття глікогенових захворювань: глікогенози та аглікогенози.

Метаболічний шлях та ферментативні реакції перетворення фруктози в організмі людини. Спадкові ензимопатії пов'язані з генетичними дефектами синтезу ферментів метаболізму фруктози: непереносимість фруктози, фруктоземія. Метаболічний шлях та ферментативні реакції перетворення галактози в організмі людини. Спадкові ензимопатії, пов'язані з генетичними дефектами синтезу ферментів метаболізму галактози: галактоземія.

Тема 23. Дослідження анаеробного окислення глюкози. Біосинтез глюкози – глюконеогенез.

Шляхи внутрішньоклітинного катаболізму вуглеводів. Анаеробне окислення глюкози – гліколіз: ферментативні реакції гліколізу, енергетика, регуляція. Гліколітична оксидоредукція, субстратне фосфорилування в гліколізі. Вклад робіт Ембдена та Мейєргофа у встановлення послідовності ферментативних реакцій гліколізу (молочнокислого бродіння). Спиртове бродіння. Біосинтез глюкози – глюконеогенез: фізіологічне значення, ферментативні реакції, регуляторні ферменти. Субстрати глюконеогенезу. Глюкозо-лактатний цикл (цикл Корі).

Тема 24. Дослідження аеробного окислення глюкози. Пентозофосфатний шлях перетворення глюкози.

Етапи аеробного окислення глюкози, окислювальне декарбоксилювання пірувату, Мультиферментний піруватдегідрогеназний комплекс – особливості функціонування за участю трьох ферментів та п'яти коферментів. Порівняльна характеристика біоенергетики аеробного та анаеробного окислення глюкози. Ефекти Пастера та Кребтра. Особливості регуляції гліколізу. Човникові механізми окислення гліколітичного НАДН. Малат-аспартатний та гліцеролфосфатний шунти транспорту відновлювальних еквівалентів гліколітичного НАДН в мітохондрії в аеробних умовах. Пентозофосфатний шлях (ПФШ) окислення глюкози: схема,

біологічне значення, особливості функціонування в різних тканинах. Послідовність ферментативних реакцій ПФШ, окислювальна стадія та стадія ізомерних перетворень пентозо-, гексозо- та гептозофосфатів. Значення ПФШ як донора НАДФН у відновлювальному синтезі жирних кислот та стероїдів, як постачальника рибозо-5-фосфату для утворення нуклеотидів у синтезі нуклеїнових кислот. Порушення пентозофосфатного шляху в еритроцитах: ензимопатія глюкозо-6-фосфатдегідрогенази.

Змістовий розділ 8. Метаболізм ліпідів та його регуляція.

Тема 25. Структура та функції клітинних мембран.

Функції біомембран. Ліпіди, білки та вуглеводи біомембран. Молекулярна організація біомембран. Плинність та в'язкість ліпідної фази біомембран, рухомість ліпідів та білків біомембран. Асиметрія мембранної структури. Механізм активного транспорту речовин крізь мембрани.

Тема 26. Дослідження особливостей травлення ліпідів. Порушення травлення ліпідів та транспорту в крові екзогенних ліпідів.

Загальна характеристика ліпідів як компонентів харчування людини та їх енергетична цінність. Потреби організму в ліпідах. Особливості травлення ліпідів. Ферменти, біохімічні механізми травлення харчових ліпідів в окремих відділах травного каналу. Механізм травлення триацилгліцеролів, фосfolіпідів та холестерину. Механізми всмоктування продуктів гідролізу триацилгліцеролів, фосfolіпідів та холестерину. Структура, особливості та роль жовчних кислот в травленні ліпідів і всмоктуванні продуктів їхнього гідролізу. Ентерогепатична циркуляція жовчних кислот. Механізм ресинтезу триацилгліцеролів та холестерину в кишечнику. Транспорт екзогенних ліпідів в крові. Поняття хіломікронів та ліпопротеїнів дуже низької щільності. Порушення травлення ліпідів та транспорту екзогенних ліпідів в крові: стеаторея, гіперхіломікронемія. **Тема 27. Дослідження обміну жирних кислот та кетонових тіл. Бета-окислення жирних кислот. Біосинтез і біотрансформація холестеролу.**

Шляхи метаболізму ліпідів. Адипоцити жирової тканини та їх роль в обміні ліпідів і біоенергетичних процесах в організмі. Катаболізм триацилгліцеролів: реакції; механізми регуляції активності тригліцеридліпази. Нейрогуморальна регуляція ліполізу за участю адреналіну, норадреналіну, глюкагону, інсуліну. Окислення жирних кислот (бета-окислення): активація жирних кислот, роль карнітину в транспорті жирних кислот в мітохондрії, послідовність ферментативних реакцій. Енергетика бета-окислення жирних кислот. Окислення гліцеролу. Кетонові тіла. Реакції біосинтезу та утилізації кетонових тіл, їх фізіологічне значення. Метаболізм кетонових тіл за умов патології. Механізми надмірного зростання вмісту кетонових тіл при цукровому діабеті та голодуванні. Біосинтез холестеролу: метаболічні попередники; схема послідовності реакцій. Регуляція синтезу холестеролу. Транспорт холестеролу в крові. Шляхи біотрансформації холестеролу: етерифікація; утворення жовчних кислот, стероїдних гормонів, вітаміну D3; екскреція холестеролу з організму. Жовчнокам'яна хвороба. Атеросклероз: механізми розвитку, роль ліпопротеїнів високої та низької щільності в розвитку атеросклерозу.

Тема 28. Дослідження біосинтезу жирних кислот, триацилгліцеролів та фосфогліцеридів. Порушення ліпідного обміну: ожиріння та жирова інфільтрація печінки.

Біосинтез вищих жирних кислот, метаболічні джерела. Біосинтез насичених жирних кислот (пальмітату): синтез малоніл-КоА, ацилтранспортуючий білок, джерела НАДФН, необхідного для біосинтезу жирних кислот, ферментативні реакції. Регуляція процесу біосинтезу на рівні ацетил-КоА-карбоксилази та на рівні синтетази жирних кислот. Елонгація насичених жирних кислот. Утворення моно- та поліненасичених жирних кислот в організмі людини. Біосинтез триацилгліцеролів. Біосинтез фосфогліцеридів. Порушення ліпідного обміну: ожиріння та жирова інфільтрація печінки.

Змістовий розділ 9. Метаболізм амінокислот. Ензимопатії амінокислотного обміну.

Тема 29. Дослідження хімічного складу шлункового соку. Особливості травлення

білків.

Роль білків в харчуванні людини. Повноцінність білкового харчування. Синдром квашиоркору як прояв білкового голодування. Поняття азотистого балансу та його різновидів. Особливості травлення білків в шлунку та кишечнику. Протеолітичні ферменти (пепсин, трипсин, хімотрипсин, еластаза, карбоксипептидази, діпептидази), механізм їх активації та дії. Поняття екзопептидаз і ендопептидаз. Хімічний склад шлункового соку. Нормальні та патологічні компоненти шлункового соку. Види кислотності шлункового соку та їх визначення. Гниття білків в товстому кишечнику: утворення фенолу, крезолу та індолу.

Тема 30. Дослідження перетворень амінокислот (трансамінування, дезамінування, декарбоксилювання).

Шляхи утворення та підтримання пулу вільних амінокислот в організмі людини. Загальні шляхи перетворення вільних амінокислот. Дезамінування амінокислот. Механізм непрямого дезамінування L-амінокислот. Трансамінування амінокислот: реакції; біохімічне значення; механізм дії амінотрансфераз. Глюкозо-аланіновий цикл. Декарбоксилювання амінокислот: ферменти, фізіологічне значення. Утворення фізіологічно активних сполук – біогенних амінів (гама-аміномасляної кислоти, гістаміну, серотоніну, дофаміну, норадреналіну, адреналіну) в тканинах. Окислення біогенних амінів.

Тема 31. Дослідження процесів детоксикації аміаку та біосинтезу сечовини. Шляхи утворення аміаку. Токсичність аміаку та механізми його знешкодження. Особливості знешкодження аміаку в нервовій тканині. Транспорт аміаку (глутамін, аспарагін, аланін). Біосинтез сечовини: ферментативні реакції, генетичні дефекти ферментів синтезу сечовини.

Тема 32. Спеціалізовані шляхи обміну окремих амінокислот. Біосинтез креатину. Порушення обміну амінокислот.

Загальні шляхи метаболізму безазотистого скелета амінокислот в організмі людини. Глюкогенні та кетогенні амінокислоти. Спеціалізовані шляхи обміну ациклічних амінокислот. Обмін гліцину та серину; роль тетрагідрофолату (H⁴- фолату) в переносі одновуглецевих фрагментів, інгібітори дигідрофолатредуктази як протипухлинні засоби. Обмін сірковмісних амінокислот; реакції метилювання. Гомоцистінурія як спадкове порушення обміну сірковмісних амінокислот. Утворення креатину та креатиніну, клініко-біохімічне значення порушень обміну креатину та креатиніну. Глутатіон, його роль в транспорті амінокислот та детоксикації органічних пероксидів. Особливості обміну амінокислот з розгалуженими ланцюгами; участь коферментних форм вітаміну B₁₂ в метаболізмі амінокислот. Обмін аргініну; біологічна роль оксиду азоту, NO- синтаза. Спеціалізовані шляхи метаболізму циклічних амінокислот фенілаланіну та тирозину, послідовність ферментативних реакцій. Спадкові ензимопатії обміну циклічних ациклічних амінокислот фенілаланіну та тирозин – фенілкетонурія, алкаптонурія, альбінізм. Обмін триптофану: кінуреніновий та серотоніновий шляхи.

РОЗДІЛ 3. МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ. БІОХІМІЯ МІЖКЛІТИННИХ КОМУНІКАЦІЙ. БІОХІМІЯ ТКАНИН І ФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ.

Змістовий розділ 10. Основи молекулярної біології.

Тема 33. Дослідження біосинтезу та катаболізму пуринових нуклеотидів. Визначення кінцевих продуктів їх обміну.

Біохімічні функції нуклеотидів. Компоненти нуклеотидів та нуклеозидів. Мінорні азотисті основи та нуклеотиди. Вільні нуклеотиди та їх біохімічні функції: участь в метаболічних реакціях (АТФ, НАД, НАДФ, ФАД, ФМН, ЦТФ, УТФ) та їх регуляції (циклічні нуклеотиди - 3',5'-АМФ, 3',5'-ГМФ). Біосинтез пуринових нуклеотидів; схема реакцій синтезу ІМФ; утворення АМФ, ГМФ, АТФ, ГТФ. Регуляція біосинтезу пуринових нуклеотидів за принципом негативного зворотного зв'язку (ретроінгібування). Біосинтез дезоксирибонуклеотидів. Утворення тимідилових нуклеотидів; інгібітори біосинтезу дТМФ як протипухлинні засоби (структурні аналоги дТМФ, похідні птерину). Катаболізм пуринових нуклеотидів; спадкові порушення обміну сечової кислоти. Клініко-біохімічна характеристика гіперурикемії, подагри, синдрому Леша-Ніхана.

Тема 34. Дослідження метаболізму піримідинових нуклеотидів. Дослідження складу

нуклеїнових кислот.

Біосинтез піримідинових нуклеотидів: реакції; регуляція. Оротацидурия як порушення біосинтезу піримідинових нуклеотидів. Нуклеїнові кислоти: структура, властивості, історичні етапи вивчення. Особливості структури та експресії геному еукаріотів. Молекулярна організація ДНК еукаріотів (екзони, інтрони; послідовності, що повторюються). Ядерний хроматин та хромосоми еукаріотів; каріотип людини. Первинна структура нуклеїнових кислот, полярність полінуклеотидів, особливості первинної структури ДНК та РНК. Структура, властивості та біологічні функції ДНК. Експериментальне доведення генетичної ролі ДНК (феномен трансформації). Молекулярна маса, розміри та нуклеотидний склад молекул ДНК вірусів, прокариотів та еукаріотів. Вторинна структура ДНК, роль водневих зв'язків у її утворенні (правила Чаргафа, модель Уотсона-Кріка), антипаралельність ланцюгів. Третинна структура ДНК. Фізико-хімічні властивості ДНК: взаємодія з катіонними лігандами; гіпохромний ефект; денатурація та ренатурація ДНК. Структура, властивості та біологічні функції РНК. Типи РНК: мРНК, тРНК, рРНК; особливості структурної організації (вторинної, третинної) різних типів РНК. Молекулярна організація ядерного хроматину та рибосом еукаріотичних клітин. Хроматин: нуклеосомна організація, гістони та негістонові білки. Рибосоми: субдинічна структура, склад білків та РНК.

Тема 35. Дослідження реплікації ДНК. Аналіз механізмів мутацій та репарації ДНК.

Біологічне значення реплікації ДНК. Сутність відкриття Дж. Уотсона та Ф. Кріка (1953). Напівконсервативний механізм реплікації; схема експерименту М. Мезелсона та Ф. Сталя. Загальна схема біосинтезу ДНК. Ферменти реплікації ДНК у прокариотів та еукаріотів. Молекулярні механізми реплікації ДНК: топологічні проблеми (топоізомерази, хелікази); значення антипаралельності ланцюгів ДНК; фрагменти Оказаки. Етапи синтезу дочірніх ланцюгів молекул ДНК. Загальна схема транскрипції; кодуючі та некодуючі ланцюги ДНК. РНК-полімерази прокариотів та еукаріотів. Етапи та ферменти синтезу РНК. Сигнали транскрипції: промоторні, ініціаторні, термінаторні ділянки генома. Процесинг - посттранскрипційна модифікація РНК. Антибіотики - інгібітори транскрипції. Регуляція експресії генів еукаріотів на рівні транскрипції; система транскрипційних сигналів - промоторні послідовності, енхансери, атенуатори, сайленсери. Ковалентна модифікація гістонів та негістонових білків як один з механізмів контролю експресії генів. Мутації: геномні, хромосомні, генні (точкові); роль у виникненні ензимопатій та спадкових хвороб людини. Біохімічні механізми дії хімічних мутагенів - аналогів азотистих основ, дезамінуючих, алкілюючих агентів, ультрафіолетового та іонізуючого випромінювання. Біологічне значення та механізми репарації ДНК. Репарація УФ-індукованих генних мутацій; пігментна ксеродерма. Ампліфікація генів (гени металотіонеїну, дигідрофолатредуктази). Ланцюгова полімеразна реакція; її біомедичне застосування в діагностиці вірусних та спадкових хвороб людини, ідентифікації особи (ДНК-діагностика). Генна інженерія, або технологія рекомбінантних ДНК: загальні поняття, біомедичне значення. Технологія трансплантації генів та отримання гібридних молекул ДНК; застосування рестрикційних ендонуклеаз. Клонування генів з метою отримання біотехнологічних лікарських засобів та діагностикумів (гормонів, ферментів, антибіотиків, інтерферонів та ін.).

Тема 36. Транскрипція РНК. Біосинтез білка в рибосомах. Етапи та механізм трансляції, регуляція трансляції. Антибіотики - інгібітори транскрипції та трансляції.

Генетичний (біологічний) код; триплетна структура коду, його властивості. Таблиця генетичного коду. Рибосомальна білоксинтезуюча система. Компоненти білоксинтезуючої системи рибосом. Транспортні РНК та активація амінокислот. Аміноацил-тРНК-синтетази. Етапи та механізми трансляції: ініціація, елонгація, термінація. Ініціюючі та термінуючі кодони мРНК; роль білкових факторів рибосом в трансляції. Посттрансляційна модифікація пептидних ланцюгів. Регуляція трансляції. Молекулярні механізми контролю трансляції на прикладі біосинтезу глобіну. Вплив фізіологічно активних сполук на процеси трансляції. Антибіотики - інгібітори трансляції, їх біомедичне застосування. Біохімічні механізми противірусної дії інтерферонів. Блокування біосинтезу білка дифтерійним токсином (АДФ-рибозилування факторів трансляції). Регуляція експресії генів прокариотів: схема регуляції за Ф. Жакобом та

Ж.Моно. Будова Lac- оперону E.Coli: структурні та контрольні гени; промотор, оператор; регуляторний ген та утворення білкових репресорів. Принципи функціонування Lac-оперону: репресія, індукція.

Змістовий розділ 11. Молекулярні механізми дії гормонів на клітини-мішені та біохімія гормональної регуляції.

Тема 37. Дослідження молекулярно-клітинних механізмів дії гормонів на клітини-мішені. Гормони гіпофізу та гіпоталамусу.

Гормони та інші біорегулятори у системі міжклітинної інтеграції функцій організму людини, їх хімічна природа, класи гормонів: білково-пептидні гормони; гормони - похідні амінокислот; гормони стероїдної природи; біорегулятори - похідні арахідонової кислоти. Синтез та секреція гормонів. Циклічність гормональної секреції в організмі людини. Циркуляторний транспорт гормонів. Мішені гормональної дії; типи реакцій клітин на дію гормонів. Рецептори гормонів: мембранні (іонотропні, метаботропні) та цитозольні рецептори. Біохімічні системи внутрішньоклітинної трансдукції гормональних сигналів. Молекулярно-клітинні механізми дії білково-пептидних гормонів та біогенних амінів. Каскадні системи передачі хімічного сигналу біорегулятора: рецептори → G-білки → вторинні посередники → протеїнкінази.

Месенджерні функції циклічних нуклеотидів, системи Ca^{2+} /кальмодулін, фосфоінозитидів. Серінові, треонінові та тирозинові протеїнкінази і ефекторні функції клітини. Гормони гіпоталамо-гіпофізарної системи. Ліберини та статини гіпоталамуса. Гормони передньої частки гіпофіза. Група "гормон росту (соматотропін) - пролактин - хоріонічний соматомаотропін"; патологічні процеси, пов'язані з порушенням функцій СТГ, соматомединів, пролактину. Група глікопротеїнів - тропних гормонів гіпофіза (тиреотропін, гонадотропіни - ФСГ, ЛГ, хоріонічний гонадотропін). Сімейство проопіомеланокортину (ПОМК) продукти процесингу ПОМК (адренкортикотропін, ліпотропіни, ендорфіни). Гормони задньої частки гіпофіза. Вазопресин (антидіуретичний гормон); патологія, пов'язана з порушенням продукції АДГ. Окситоцин.

Тема 38. Дослідження дії гормонів підшлункової залози та шлунково-кишкового тракту. Механізм порушень обміну речовин при цукровому діабеті.

Гормони підшлункової залози. Інсулін - будова, біосинтез та секреція; вплив на обмін вуглеводів, ліпідів, амінокислот та білків. Рістстимулюючі ефекти інсуліну; фактори росту та онкобілки. Глюкагон. Цукровий діабет; інсулінозалежна та інсулінонезалежна форми; клініко-біохімічна характеристика. Гормони травного каналу. Гастрин. Холецистокінін. Секретин.

Тема 39. Гормональна регуляція рівня глюкози в крові. Будування цукрових кривих. Гормони надниркових залоз.

Глюкоземія: нормальний стан та його порушення (гіпер-, гіпоглюкоземія та глюкозурія). Цукровий діабет; інсулінозалежна та інсулінонезалежна форми; клініко-біохімічна характеристика та діагностичні критерії цукрового діабету – глюкозотолерантний тест, подвійне цукрове навантаження. Біогенні аміни з гормональними та медіаторними властивостями: будова, біосинтез, фізіологічні ефекти, біохімічні механізми дії. Катехоламіни - адреналін, норадреналін. Стероїдні гормони: номенклатура, класифікація. Схема генезу стероїдних гормонів з холестеролу. Стероїдні гормони кори наднирників (C_{21} -стероїди) - кортизол, кортикостерон, альдостерон. Фізіологічні та біохімічні ефекти кортикостероїдів. Глюкокортикоїди; роль кортизолу в регуляції глюконеогенезу; протизапальні властивості глюкокортикоїдів. Хвороба Іценко-Кушинга. Мінералокортикоїди; роль альдостерону в регуляції водно-сольового обміну; альдостеронізм.

Тема 40. Гормональна регуляція обміну кальцію. Дослідження йоду в щитовидній залозі. Фізіологічно активні ейкозаноїди.

Розподіл Ca^{2+} в організмі; молекулярні форми кальцію в плазмі крові людини. Роль кісткової тканини, тонкої кишки та нирок в гомеостазі кальцію. Паратгормон – будова, механізм гіперкальціємічної дії. Кальцитріол: біосинтез; вплив на абсорбцію Ca^{2+} та фосфатів в кишечнику. Кальцитонін – будова, вплив на обмін кальцію і фосфатів. Клініко-біохімічна характеристика порушень кальцієвого гомеостазу (рахіт, остеопороз). Гормони щитовидної

залози. Структура та біосинтез тиреоїдних гормонів. Біологічні ефекти Т₄ та Т₃. Патологія щитовидної залози; особливості порушень метаболічних процесів за умов гіпер- та гіпотиреозу. Ейкозаноїди: загальна характеристика, номенклатура. Біосинтез простаноїдів, тромбоксанів, лейкотриєнів. Біологічні та фармакологічні властивості ейкозаноїдів, їх клінічне застосування. Аспірин та інші нестероїдні протизапальні засоби як інгібітори синтезу простагландинів.

Тема 41. Стероїдні гормони статевих залоз. Гормональна регуляція біохімічних перетворень речовин при харчуванні. Регуляція обміну речовин при голодуванні.

Стероїдні гормони статевих залоз. Жіночі статеві гормони: естрогени - естрадіол, естрон (С₁₈-стероїди), прогестерон (С₂₁-стероїди); фізіологічні та біохімічні ефекти; регуляція синтезу та секреції. Чоловічі статеві гормони (андрогени) - тестостерон, дигідротестостерон (С₁₉-стероїди); фізіологічні та біохімічні ефекти, регуляція синтезу та секреції. Клінічне застосування аналогів та антагоністів гормонів статевих залоз. Регуляція обміну речовин при нормальному ритмі харчування. Особливості обміну речовин при голодуванні. Поняття генномодифікованих організмів, їхня роль у біохімії харчування та можливі наслідки їхнього використання.

Тема 42. Взаємозв'язок усіх видів обміну речовин та його регуляція.

Головні принципи контролю метаболізму. Генерація енергії в процесі метаболічних шляхів. Генерація відновлювальних еквівалентів. Утворення будівельних блоків для процесів біосинтезу. Роль ацетил-КоА в інтеграції обміну вуглеводів, ліпідів, білків. Механізм утворення кінцевого продукту – води в обміні вуглеводів, ліпідів, білків. Роль вітамінів в обміні вуглеводів, ліпідів, білків. Загальна схема катаболізму вуглеводів, ліпідів, білків. Об'єднання анаболічних і катаболічних стадій перетворень вуглеводів, ліпідів, білків. Вплив гормонів на всі види обміну речовин.

Змістовий розділ 12. Біохімія та патобіохімія крові

Тема 43. Дослідження хімічного складу та кислотно-основного стану крові. Визначення залишкового азоту крові.

Фізіологічні та біохімічні функції крові. Білки плазми крові та їх клініко-біохімічна характеристика; фракції білків крові. Компоненти системи неспецифічної резистентності організму та тестові білки "гострої фази" запальних процесів – (С-реактивний протеїн, α₂-макроглобулін, α₁-протеїназний інгібітор, фібронектин, кріоглобулін, тощо). Ферменти плазми крові; значення в ензимодіагностиці захворювань внутрішніх органів. Калікреїн-кінінова система. Небілкові (азотисті та безазотисті) органічні сполуки плазми крові. Неорганічні компоненти плазми. Класи ліпопротеїнів плазми крові: хімічний склад; апопротеїни. Кількісні та якісні зміни ліпопротеїнів крові при їхній циркуляції в крові та клітинах. Клініко-біохімічна характеристика первинних і вторинних ліпопротеїнемій за класифікацією ВООЗ. Принципи лабораторної діагностики дисліпопротеїнемій.

Кислотно-основний стан організму людини. Механізми регуляції та підтримки кислотно-основного стану: буферні системи крові, функція легень і нирок. Гормональні механізми регуляції. Показники кислотно-основного стану, що досліджуються в клініці. Порушення кислотно-основного стану: метаболічні алкалоз і ацидоз, респіраторні алкалоз і ацидоз, механізми їх виникнення.

Тема 44. Дослідження згортальної, антизгортальної та фібринолітичної систем крові.

Функціональна та біохімічна характеристики системи гемостазу в організмі людини; коагуляційний та судинно-тромбоцитарний гемостаз.

Загортальна система крові; характеристика окремих компонентів (факторів) згортання. Механізми активації та функціонування каскадної системи згортання крові; внутрішній та зовнішній шляхи коагуляції. Роль вітаміну К в реакціях коагуляції (карбоксилювання глутамінової кислоти в □-карбоксиглутамінову кислоту, роль в зв'язуванні кальцію). Лікарські засоби – агоністи та антагоністи вітаміну К. Спадкові порушення процесу згортання крові. Антизгортальна система крові. Функціональна характеристика гепарину, антитромбіну ІІІ, лимонної кислоти, простаглантину. Зміни біохімічних показників крові при тривалому введенні гепарину. Фібринолітична система крові: етапи та компоненти фібринолізу. Лікарські засоби, що

впливають на процеси фібринолізу. Активатори плазміногену та інгібітори плазміну.

Тема 45. Дослідження хімічного складу еритроцитів. Нормальні та патологічні форми гемоглобінів. Дослідження кінцевих продуктів катаболізму гему. Патобіохімія жовтяниць.

Дихальна функція еритроцитів. Гемоглобін: структура, властивості, механізми участі в транспорті кисню та діоксиду карбону. Варіанти гемоглобінів людини; молекулярні порушення будови гемоглобінів (гемоглобінози) - гемоглобінопатії, таласемії.

Порфірини: структура; реакції біосинтезу протопорфірину IX; утворення гему. Регуляція синтезу порфіринів. Спадкові порушення обміну порфіринів (ензимопатії): еритропоетична порфірія, печенкові порфірії, неврологічні порушення, фотодерматити.

Катаболізм гемоглобіну: розрив тетрапірольного кільця гему, розпад вердоглобіну, перетворення білівердину на білірубін, утворення білірубін- диглюкуроніду, екскреція в жовч. Патобіохімія жовтяниць; гемолітична (передпечінкова), паренхіматозна (печінкова), обтураційна (післяпечінкова). Ферментативні, спадкові жовтяниці.

Змістовий розділ 13. Біохімія тканин та органів.

Тема 46. Біохімія печінки. Мікросомальне окислення, цитохроми P-450. Гомеостатична роль печінки в обміні речовин цілісного організму. Біохімічні функції гепатоцитів.

Вуглеводна (глікогенна), ліпідрегулююча, білкова, сечовино-утворювальна, пігментна, жовчноутворювальна функції печінки. Детоксикаційна функція печінки; біотрансформація ксенобіотиків та ендогенних токсинів.

Типи реакцій біотрансформації хімічних сполук у печінці. Реакції мікросомального окислення; індуктори та інгібітори мікросомальних монооксигеназ. Реакції кон'югації в гепатоцитах: біохімічні механізми, функціональне значення.

Електроно-транспортні ланцюги ендоплазматичного ретикулу. Генетичний поліморфізм та індуцибельність синтезу цитохромів P - 450. Виникнення і природа розвитку толерантності до лікарських засобів. Хімічний канцерогенез.

Тема 47. Дослідження типів біологічного окислення. Роль жиророзчинних вітамінів у функціонуванні тканин та органів.

Взаємозв'язок процесів утворення та споживання енергії в тканинах та органах. Енергія хімічних зв'язків як основний вид енергії, що використовується клітинами для забезпечення їхньої життєдіяльності. Реакції біологічного окислення: типи реакцій (дегідрогеназні, оксидазні, оксигеназні) та їхнє біологічне значення. Ферменти біологічного окислення: піридин-, флавінзалежні дегідрогенази, цитохроми. Молекулярна організація мітохондріального та мікросомального ланцюгів біологічного окислення. Загальна характеристика жиророзчинних вітамінів як компонентів харчування людини. Жиророзчинні вітаміни А, D, Е, К, F. Їхні біологічні властивості, роль в обміні речовин, прояви недостатності та гіпервітамінозу. Біоантиоксидантні властивості жиророзчинних вітамінів. Використання вітамінних препаратів у профілактиці та лікуванні захворювань.

Тема 48. Дослідження нормальних та патологічних компонентів сечі. Функції нирок. Фізико-хімічні характеристики сечі. Біохімічний склад сечі людини в нормі та за умов патологічних процесів. Клініко-діагностичне значення аналізу складу сечі.

Тема 49. Біохімія сполучної тканини.

Загальна характеристика морфології та біохімічного складу сполучної тканини. Біохімічна будова міжклітинної речовини пухкої волокнистої сполучної тканини: волокна (колагенові, ретикулярні, еластичні); основна аморфна речовина. Білки волокон сполучної тканини: колагени, еластин, глікопротеїни та протеоглікани. Біосинтез колагену та утворення фібрилярних структур. Складні вуглеводноосновного аморфного матриксу сполучної тканини – глікозаміноглікани (мукополісахариди). Механізми участі молекул глікозаміногліканів (гіалуронової кислоти, хондроїтин-, дерматаин-, кератинсульфатів) у побудові основної речовини пухкої волокнистої сполучної тканини.

Розподіл різних глікозаміногліканів в органах і тканинах людини. Патобіохімія сполучної тканини. Біохімічні механізми виникнення мукополісахаридозів та

колагенозів.

Тема 50. Біохімія нервової тканини.

Особливості біохімічного складу та метаболізму нервової тканини. Хімічний склад головного мозку. Особливості амінокислотного складу мозку; роль системи глутамінової кислоти. Енергетичний обмін в головному мозку людини, значення аеробного окислення глюкози. Порушення обміну медіаторів та модуляторів головного мозку при психічних розладах. Нейрохімічні механізми дії психотропних засобів (нейролептиків, антидепресантів, анксіолітиків, ноотропів).

3. Структура навчальної дисципліни

Назва змістових модулів, тем	Розподіл годин між видами робіт			
	Аудиторні			Самостійна
	Всього	Лекції	Практичні	
Розділ 1. Біологічно важливі класи біоорганічних сполук. Біополімери та їх структурні компоненти				
<i>Змістовий розділ 1. Теоретичні основи будови та реакційної здатності біоорганічних сполук.</i>				
Тема 1. Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Класифікація хімічних реакцій. Реакційна здатність алканів, алкенів, аренів. Природа хімічного зв'язку.	7	1	3	3
Тема 2. Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Природа хімічного зв'язку.	6	-	3	3
Тема 3. Реакційна здатність спиртів, фенолів, амінів.	6	-	3	3
Тема 4. Будова та хімічні властивості альдегідів, кетонів.	7	1	3	3
Тема 5. Структура, властивості та біологічне значення карбонових кислоти та їх функціональних похідних.	7	1	3	3
Тема 6. Вищі жирні кислоти. Ліпіди. Фосфоліпіди.	7	1	3	3
Тема 7. Будова, реакційна здатність та біологічне значення гетерофункціональних сполук (α -, β -, γ -гідроксикислот, кетокислот та фенокислот).	6	-	3	3
<i>Змістовий розділ 2. Структура та біологічні функції вуглеводів.</i>				
Тема 8. Вуглеводи. Будова та хімічні властивості моносахаридів.	7	1	3	3
Тема 9. Структура і функції дисахаридів та полісахаридів.	7	1	3	3
<i>Змістовий розділ 3. Біологічно активні гетероциклічні сполуки.</i>				
Тема 10. Класифікація, будова та значення біологічно важливих гетероциклічних сполук.	7	1	3	3
Тема 11. Структура та біохімічні функції нуклеозидів та нуклеотидів.	6	-	3	3
Тема 12. Будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.	6	-	3	3
<i>Змістовий розділ 4. α-Амінокислоти. Пептиди. Білки.</i>				
Тема 13. Амінокислотний склад білків та пептидів. Структурна організація білків.	5	-	2	3

Тема 14. Фізико-хімічні властивості білків. Реакції осадження білків. Денатурація.	6	1	2	3
Розділ 2. Загальні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, білків та його регуляція.				
Змістовий розділ 5. Роль ферментів і вітамінів в обміні речовин				
Тема 15. Предмет і задачі біохімії. Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей ферментів, білків. Кількісне визначення білка біуретовим методом. Доказ білкової природи ферментів.	8	1	3	4
Тема 16. Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей білків.	7	-	3	4
Тема 17. Визначення активності ферментів, дослідження кінетики ферментативного каталізу і вплив активаторів і інгібіторів.	8	1	3	4
Тема 18. Дослідження ролі кофакторів і коферментних форм вітамінів у каталітичній активності ферментів. Дослідження участі вітамінів і коферментних форм вітамінів у різних біохімічних процесах.	9	2	3	4
Змістовий розділ 6. Обмін речовин і енергії.				
Тема 19. Дослідження окисного фосфорилування і синтезу АТФ, інгібітори і роз'єднувачі окисного фосфорилування. Обмін речовин і енергії. Дослідження функціонування циклу трикарбонових кислот	9	2	3	4
Змістовий розділ 7. Метаболізм вуглеводів та його регуляція				
Тема 20. Дослідження особливостей травлення вуглеводів. Біосинтез та катаболізм глікогену. Перетворення інших моносахаридів в глюкозу.	8	1	3	4
Тема 21. Дослідження анаеробного окислення глюкози. Біосинтез глюкози – глюконеогенез. Дослідження аеробного окислення глюкози.	8	1	3	4
Тема 22. Дослідження аеробного окислення глюкози. Пентозофосфатний шлях перетворення глюкози.	7	-	3	4
Змістовий розділ 8. Метаболізм ліпідів та його регуляція.				
Тема 23. Структура та функції клітинних мембран. Дослідження особливостей травлення ліпідів. Порушення травлення ліпідів та транспорту в крові екзогенних ліпідів.	9	2	3	4
Тема 24. Дослідження обміну жирних кислот та кетонових тіл. Бета-окислення жирних кислот. Біосинтез і біотрансформація холестеролу. Дослідження біосинтезу жирних кислот, триацилгліцеролів та фосфогліцеридів. Порушення ліпідного обміну: ожиріння та жирова інфільтрація печінки.	9	2	3	4
Змістовий розділ 9. Метаболізм амінокислот. Ензимопатії амінокислотного обміну.				
Тема 25. Дослідження хімічного складу шлункового соку. Особливості травлення білків. Дослідження перетворень амінокислот (трансамінування, дезамінування, декарбоксілювання). Дослідження	8	4	2	2

процесів детоксикації аміаку та біосинтезу сечовини. Спеціалізовані шляхи обміну окремих амінокислот. Біосинтез креатину. Порушення обміну амінокислот.				
Розділ 3. Молекулярна біологія. Біохімія міжклітинних комунікацій. Біохімія тканин і фізіологічних функцій.				
<i>Змістовий розділ 10. Основи молекулярної біології.</i>				
Тема 26. Дослідження біосинтезу та катаболізму пуринових нуклеотидів. Визначення кінцевих продуктів їх обміну.	7	-	3	4
Тема 27. Дослідження метаболізму піримідинових нуклеотидів. Дослідження складу нуклеїнових кислот.	6	-	3	3
Тема 28. Дослідження реплікації ДНК. Аналіз механізмів мутацій та репарації ДНК. Транскрипція РНК. Біосинтез білка в рибосомах. Етапи та механізм трансляції, регуляція трансляції. Антибіотики - інгібітори транскрипції та трансляції.	7	-	3	4
<i>Змістовий розділ 11. Молекулярні механізми дії гормонів на клітини-мішені та біохімія гормональної регуляції.</i>				
Тема 29. Дослідження молекулярно-клітинних механізмів дії гормонів на клітини-мішені. Гормони гіпофізу та гіпоталамусу. Дослідження дії гормонів підшлункової залози та шлунково-кишкового тракту. Механізм порушень обміну речовин при цукровому діабеті.	6	-	3	3
Тема 30. Гормональна регуляція рівня глюкози в крові. Будування цукрових кривих. Гормони надниркових залоз. Гормональна регуляція обміну кальцію. Дослідження йоду в щитовидній залозі. Фізіологічно активні ейкозаноїди	5	-	3	2
Тема 31. Стероїдні гормони статевих залоз. Гормональна регуляція біохімічних перетворень речовин при харчуванні. Регуляція обміну речовин при голодуванні. Взаємозв'язок усіх видів обміну речовин та його регуляція.	5	-	3	2
<i>Змістовий розділ 12. Біохімія та патобіохімія крові</i>				
Тема 32. Дослідження хімічного складу та кислотно-основного стану крові. Визначення залишкового азоту крові. Дослідження згортальної, антизгортальної та фібринолітичної систем крові.	6	-	3	3
Тема 33. Дослідження хімічного складу еритроцитів. Нормальні та патологічні форми гемоглобінів. Дослідження кінцевих продуктів катаболізму гему. Патобіохімія жовтяниць.	6	-	3	3
<i>Змістовий розділ 13. Біохімія тканин та органів.</i>				
Тема 34. Біохімія печінки. Мікросомальне окислення, цитохроми Р-450. Дослідження типів біологічного окислення. Роль жиророзчинних вітамінів у функціонуванні тканин та органів. Дослідження нормальних та патологічних компонентів сечі	5	-	3	2
Тема 35. Біохімія сполучної тканини.	5	-	3	2
Тема 36. Біохімія нервової тканини.	4	-	2	2
Разом, за всі розділи дисципліни	240	24	104	112

4. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	К-ть Г-н
Розділ 1. Біологічно важливі класи біоорганічних сполук. Біополімери та їх структурні компоненти		
1	Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Природа хімічного зв'язку. Класифікація хімічних реакцій. Реакційна здатність алканів, алкенів, аренів. Реакційна здатність спиртів, фенолів, амінів. Будова та хімічні властивості альдегідів, кетонів.	2
2	Структура, властивості та біологічне значення карбонових кислоти та їх функціональних похідних. Вищі жирні кислоти. Ліпіди. Фосфоліпіди. Будова, реакційна здатність та біологічне значення гетерофункціональних сполук (α -, β -, γ -гідроксикислот, кетокислот та фенокислот).	2
3	Вуглеводи. Будова та хімічні властивості моносахаридів. Структура і функції дисахаридів та полісахаридів. Класифікація, будова та значення біологічно важливих гетероциклічних сполук. Структура та біохімічні функції нуклеозидів та нуклеотидів. Будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.	2
4	Амінокислотний склад білків та пептидів. Структурна організація білків. Фізико-хімічні властивості білків. Реакції осадження білків. Денатурація.	2
Розділ 2. Загальні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, білків та його регуляція.		
5	Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей ферментів. Визначення активності ферментів, дослідження кінетики ферментативного каталізу і вплив активаторів і інгібіторів.	2
6	Дослідження ролі кофакторів і коферментних форм вітамінів у каталітичній активності ферментів. Дослідження участі вітамінів і коферментних форм вітамінів у різних біохімічних процесах.	2
7	Дослідження окисного фосфорилування і синтезу АТФ, інгібітори і роз'єднувачі окисного фосфорилування. Обмін речовин і енергії. Дослідження функціонування циклу трикарбонових кислот.	2
8	Дослідження особливостей травлення вуглеводів. Біосинтез та катаболізм глікогену. Перетворення інших моносахаридів в глюкозу. Дослідження анаеробного окислення глюкози. Біосинтез глюкози – глюконеогенез. Дослідження аеробного окислення глюкози. Пентозофосфатний шлях перетворення глюкози.	2
9	Структура та функції клітинних мембран. Дослідження особливостей травлення ліпідів. Порушення травлення ліпідів та транспорту в крові екзогенних ліпідів.	2
10	Дослідження обміну жирних кислот та кетонових тіл. Бета-окислення жирних кислот. Біосинтез і біотрансформація холестеролу. Дослідження біосинтезу жирних кислот, триацилгліцеролів та фосфогліцеридів. Порушення ліпідного обміну: ожиріння та жирова інфільтрація печінки.	2
11	Дослідження хімічного складу шлункового соку. Особливості травлення білків. Дослідження перетворень амінокислот (трансамінування, дезамінування, декарбоксілювання).	2
12	Дослідження процесів детоксикації аміаку та біосинтезу сечовини. Спеціалізовані шляхи обміну окремих амінокислот. Біосинтез креатину. Порушення обміну амінокислот.	2
РАЗОМ		24

5. Теми семінарських занять – не передбачені програмою

6. Теми практичних занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин
Розділ 1. Біологічно важливі класи біоорганічних сполук. Біополімери та їх структурні компоненти		
1	Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук.	3
2	Природа хімічного зв'язку. Класифікація хімічних реакцій. Реакційна здатність алканів, алкенів, аренів.	3
3	Реакційна здатність спиртів, фенолів, амінів.	3
4	Будова та хімічні властивості альдегідів, кетонів.	3
5	Структура, властивості та біологічне значення карбонових кислоти та їх функціональних похідних..	3
6	Вищі жирні кислоти. Ліпіди. Фосфоліпіди	3
7	Будова, реакційна здатність та біологічне значення гетерофункціональних сполук (α -, β -, γ -гідроксикислот, кетокислот та фенокислот).	3
8	Вуглеводи. Будова та хімічні властивості моносахаридів.	3
9	Структура і функції дисахаридів та полісахаридів.	3
10	Класифікація, будова та значення біологічно важливих гетероциклічних сполук.	3
11	Структура та біохімічні функції нуклеозидів та нуклеотидів.	3
12	Будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.	3
13	Амінокислотний склад білків та пептидів. Структурна організація білків.	2
14	Фізико-хімічні властивості білків. Реакції осадження білків. Денатурація.	2
Разом за розділ 1		40
Розділ 2. Загальні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, білків та його регуляція.		
15	Контроль вихідного рівня знань. Предмет і задачі біохімії. Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей білків. Кількісне визначення білка біуретовим методом. Доказ білкової природи ферментів.	3
16	Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей ферментів.	3
17	Визначення активності ферментів, дослідження кінетики ферментативного каталізу і вплив активаторів і інгібіторів.	3
18	Дослідження ролі кофакторів і коферментних форм вітамінів у каталітичній активності ферментів. Дослідження участі вітамінів і коферментних форм вітамінів у різних біохімічних процесах.	3
19	Дослідження окисного фосфорилування і синтезу АТФ, інгібітори і роз'єднувачі окисного фосфорилування. Обмін речовин і енергії. Дослідження функціонування циклу трикарбонових кислот.	3
20	Дослідження особливостей травлення вуглеводів. Біосинтез та катаболізм глікогену. Перетворення інших моносахаридів в глюкозу.	3
21	Дослідження анаеробного окислення глюкози. Біосинтез глюкози – глюконеогенез.	3
22	Дослідження аеробного окислення глюкози. Пентозофосфатний шлях перетворення глюкози.	3

23	Структура та функції клітинних мембран. Дослідження особливостей травлення ліпідів. Порушення травлення ліпідів та транспорту в крові екзогенних ліпідів.	3
24	Дослідження обміну жирних кислот та кетонових тіл. Бета-окислення жирних кислот. Біосинтез і біотрансформація холестеролу. Дослідження біосинтезу жирних кислот, триацилгліцеролів та фосфогліцеридів. Порушення ліпідного обміну: ожиріння та жирова інфільтрація печінки.	3
25	Дослідження хімічного складу шлункового соку. Особливості травлення білків. Дослідження перетворень амінокислот (трансамінування, дезамінування, декарбоксілювання). Дослідження процесів детоксикації аміаку та біосинтезу сечовини. Спеціалізовані шляхи обміну окремих амінокислот. Біосинтез креатину. Порушення обміну амінокислот.	2
Розділ 3. Молекулярна біологія. Біохімія міжклітинних комунікацій. Біохімія тканин і фізіологічних функцій.		
23	Дослідження біосинтезу та катаболізму пуринових нуклеотидів. Визначення кінцевих продуктів їх обміну.	3
24	Дослідження метаболізму піримідинових нуклеотидів. Дослідження складу нуклеїнових кислот.	3
25	Дослідження реплікації ДНК. Аналіз механізмів мутацій та репарації ДНК. Транскрипція РНК. Біосинтез білка в рибосомах. Етапи та механізм трансляції, регуляція трансляції. Антибіотики - інгібітори транскрипції та трансляції.	3
26	Дослідження молекулярно-клітинних механізмів дії гормонів на клітинні мішені. Гормони гіпофізу та гіпоталамусу. Дослідження дії гормонів підшлункової залози та шлунково-кишкового тракту. Механізм порушень обміну речовин при цукровому діабеті.	3
27	Гормональна регуляція рівня глюкози в крові. Будування цукрових кривих. Гормони надниркових залоз. Гормональна регуляція обміну кальцію. Дослідження йоду в щитовидній залозі. Фізіологічно активні ейкозаноїди.	3
28	Стероїдні гормони статевих залоз. Гормональна регуляція біохімічних перетворень речовин при харчуванні. Регуляція обміну речовин при голодуванні. Взаємозв'язок усіх видів обміну речовин та його регуляція.	3
29	Дослідження хімічного складу та кислотно-основного стану крові. Визначення залишкового азоту крові. Дослідження згортальної, антизгортальної та фібринолітичної систем крові.	3
30	Дослідження хімічного складу еритроцитів. Нормальні та патологічні форми гемоглобінів. Дослідження кінцевих продуктів катаболізму гему. Патобіохімія жовтяниць.	3
31	Біохімія печінки. Мікросомальне окислення, цитохроми Р-450. Дослідження типів біологічного окислення. Роль жиророзчинних вітамінів у функціонуванні тканин та органів. Дослідження нормальних та патологічних компонентів сечі.	3
32	Біохімія сполучної тканини.	3
33	Біохімія нервової тканини.	2
РАЗОМ		104

7. Теми лабораторних занять – не передбачені програмою

8. Теми для самостійних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

Розділ 1. Біологічно важливі класи біоорганічних сполук. Біополімери та їх структурні компоненти		
1	Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Природа хімічного зв'язку.	3
2	Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Природа хімічного зв'язку.	3
3	Реакційна здатність спиртів, фенолів, амінів.	3
4	Будова та хімічні властивості альдегідів, кетонів.	3
5	Структура, властивості та біологічне значення карбонових кислоти та їх функціональних похідних.	3
6	Вищі жирні кислоти. Ліпіди. Фосфоліпіди.	3
7	Будова, реакційна здатність та біологічне значення гетерофункціональних сполук (α -, β -, γ -гідроксикислот, кетокислот та фенокислот).	3
8	Вуглеводи. Будова та хімічні властивості моносахаридів.	3
9	Структура і функції дисахаридів та полісахаридів.	3
10	Класифікація, будова та значення біологічно важливих гетероциклічних сполук.	3
11	Структура та біохімічні функції нуклеозидів та нуклеотидів.	3
12	Будова та біологічна роль нуклеїнових кислот.	3
13	Амінокислотний склад білків та пептидів. Структурна організація білків.	3
14	Фізико-хімічні властивості білків. Реакції осадження білків. Денатурація.	3
Розділ 2. Загальні закономірності метаболізму. Метаболізм вуглеводів, ліпідів, білків та його регуляція.		
15	Контроль вихідного рівня знань. Предмет і задачі біохімії. Вивчення структури і фізико-хімічних властивостей білків. Кількісне визначення білка біуретовим методом. Доказ білкової природи ферментів.	4
16	Дослідження ролі кофакторів і коферментних форм вітамінів у каталітичній активності ферментів.	4
17	Дослідження участі вітамінів і коферментних форм вітамінів у різних біохімічних процесах.	4
18	Дослідження окисного фосфорилування і синтезу АТФ, інгібітори і роз'єднувачі окисного фосфорилування.	4
19	Обмін речовин і енергії. Дослідження функціонування циклу трикарбонових кислот.	4
20	Дослідження особливостей травлення вуглеводів. Біосинтез та катаболізм глікогену. Перетворення інших моносахаридів в глюкозу.	4
21	Дослідження анаеробного окислення глюкози. Біосинтез глюкози – глюконеогенез.	4
22	Дослідження аеробного окислення глюкози. Пентозофосфатний шлях перетворення глюкози.	4
23	Структура та функції клітинних мембран.	4
24	Дослідження особливостей травлення ліпідів. Порушення травлення ліпідів та транспорту в крові екзогенних ліпідів.	4
25	Дослідження обміну жирних кислот та кетонових тіл. Бета-окислення жирних кислот. Біосинтез і біотрансформація холестеролу.	2

26	Дослідження біосинтезу жирних кислот, триацилгліцеролів та фосфогліцеридів. Порушення ліпідного обміну: ожиріння та жирова інфільтрація печінки.	2
27	Дослідження хімічного складу шлункового соку. Особливості травлення білків.	2
28	Дослідження перетворень амінокислот (трансамінування, дезамінування, декарбоксілювання).	2
29	Дослідження процесів детоксикації аміаку та біосинтезу сечовини.	2
30	. Спеціалізовані шляхи обміну окремих амінокислот. Біосинтез креатину. Порушення обміну амінокислот.	2
Розділ 3. Молекулярна біологія. Біохімія міжклітинних комунікацій. Біохімія тканин і фізіологічних функцій.		
33	Дослідження біосинтезу та катаболізму пуринових нуклеотидів. Визначення кінцевих продуктів їх обміну.	2
34	Дослідження метаболізму піримідинових нуклеотидів. Дослідження складу нуклеїнових кислот.	2
35	Дослідження реплікації ДНК. Аналіз механізмів мутацій та репарації ДНК.	2
36	Транскрипція РНК. Біосинтез білка в рибосомах. Етапи та механізм трансляції, регуляція трансляції. Антибіотики - інгібіторитранскрипції та трансляції.	2
37	Дослідження молекулярно-клітинних механізмів дії гормонів на клітини-мішені. Гормони гіпофізу та гіпоталамусу.	1
38	Дослідження дії гормонів підшлункової залози та шлунково-кишкового тракту. Механізм порушень обміну речовин при цукровому діабеті.	1
39	Гормональна регуляція рівня глюкози в крові. Будівництво цукрових кривих. Гормони надниркових залоз.	1
40	Гормональна регуляція обміну кальцію. Дослідження йоду в щитовидній залозі. Фізіологічно активні ейкозаноїди.	1
41	Стероїдні гормони статевих залоз. Гормональна регуляція біохімічних перетворень речовин при харчуванні. Регуляція обміну речовин при голодуванні.	1
42	Взаємозв'язок усіх видів обміну речовин та його регуляція.	1
43	Дослідження хімічного складу та кислотно-основного стану крові. Визначення залишкового азоту крові.	2
44	Дослідження згортальної, антизгортальної та фібринолітичної систем крові.	2
45	Дослідження хімічного складу еритроцитів. Нормальні та патологічні форми гемоглобінів.. Патобіохімія жовтяниць.	2
46	Біохімія печінки. Мікросомальне окислення, цитохроми Р-450.	2
47	Дослідження типів біологічного окислення. Роль жиророзчинних вітамінів у функціонуванні тканин та органів.	2
48	Дослідження нормальних та патологічних компонентів сечі.	2
49	Біохімія сполучної тканини.	1
50	Біохімія нервової тканини.	1
РАЗОМ		120

9. Індивідуальні завдання – не передбаченні програмою

10. Методи навчання

За джерелами знань використовують методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – практична робота, вирішення задачі. За характером логіки пізнання використовуються методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний. За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, пошуковий, дослідницький.

1. Словесні методи: лекція, бесіда;
2. Наочні методи: ілюстрація, демонстрація
3. Практичні методи: виконання практичних робіт та розв'язання ситуаційних завдань для вироблення вмінь та навичок;
4. Самостійна робота студентів з осмислення й засвоєння нового матеріалу
5. Використання контрольних-навчальних комп'ютерних програм
6. Інноваційні методи навчання: ділова гра, кейс-метод.

Видами навчальних занять згідно з навчальним планом є: лекції; практичні заняття; самостійна робота студентів.

11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється на основі контролю теоретичних знань, практичних навичок і вмінь.

Формами поточного контролю є: усне опитування (фронтальне, індивідуальне, комбіноване), співбесіда; практична перевірка сформованих професійних умінь (проводиться за результатами виконання практичної роботи наприкінці заняття); тестовий контроль («відкриті» та «закриті» тестові завдання).

Поточний контроль є обов'язковим. Під час оцінювання засвоєння кожної теми з усіх дисциплін навчального плану за поточну навчальну діяльність студенту виставляються оцінки за 4-бальною (традиційною шкалою) з урахуванням затверджених критеріїв оцінювання з дисципліни. Враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою. Студент має отримати оцінку з кожної теми. Викладач проводить опитування кожного студента у групі на кожному занятті і виставити оцінку в журналі обліку відвідувань та успішності студентів за традиційною шкалою («5», «4», «3», «2»).

При оцінюванні поточної навчальної діяльності студента 20% оцінки становить самостійна робота студента, яка враховує знання теми самостійного заняття і виконання роботи в зошиті.

Заключний (підсумковий) контроль із розділів проводиться наприкінці розділу у формі письмової контрольної роботи, яка включає тестові завдання із банку «Крок-1», теоретичні питання та контроль практичних навичок (розв'язування ситуаційних задач, визначення та описування макро- та мікропрепаратів тощо).

Використовуються такі методи контролю, як усний, письмовий та тестовий, які мають сприяти підвищенню мотивації студентів-майбутніх фахівців до навчально-пізнавальної діяльності. Відповідно до специфіки фахової підготовки перевага надається тестовому та письмовому контролю. При підсумковому контролі перевага надається письмовому або тестовому контролю.

12. Форма підсумкового контролю успішності навчання.

Підсумковий контроль з дисципліни здійснюється на основі контролю теоретичних знань, практичних навичок і вмінь.

Залік - це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння студентом навчального матеріалу виключно на підставі результатів виконання ним певних видів робіт на практичних, семінарських або лабораторних заняттях. Семестровий залік з дисциплін

проводиться після закінчення її вивчення, до початку екзаменаційної сесії.

Екзамен (диференційний залік) – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу з навчальної дисципліни.

13. Схема нарахування та розподіл балів, які отримують студенти.

Максимальна кількість балів за дисципліну складає 200 балів. Співвідношення між результатами оцінювання поточної навчальної діяльності і підсумкового контролю знань – 60 % та 40 %.

Перший та другий семестр вивчення дисципліни закінчується заліком.

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент за поточну навчальну діяльність при вивченні дисципліни становить 200 балів, **мінімальна кількість балів** – мінімальна кількість балів - становить 120 балів.

Розрахунок кількості балів проводиться на підставі отриманих студентом оцінок за 4-ри бальною (національною) шкалою під час вивчення дисципліни, шляхом обчислення середнього арифметичного, округленого до двох знаків після коми.

Залік студент отримує на останньому занятті з дисципліни за результатами поточного оцінювання.

До заліку допускаються лише ті студенти, які не мають академічної заборгованості і їх середній бал за поточну навчальну діяльність із навчальної дисципліни становить не менше 3,00.

Середня оцінка за поточну діяльність конвертується у бали за 200-бальною шкалою, відповідно до таблиці перерахунку (табл. 1).

Таблиця 1.

Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу (для дисциплін, що завершуються заліком)

4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала
5	200	4.47	179	3.94	158	3.42	137
4.97	199	4.44	178	3.92	157	3.39	136
4.94	198	4.42	177	3.89	156	3.37	135
4.92	197	4.39	176	3.87	155	3.34	134
4.89	196	4.37	175	3.84	154	3.32	133
4.87	195	4.34	174	3.82	153	3.29	132
4.84	194	4.32	173	3.79	152	3.27	131
4.82	193	4.29	172	3.77	151	3.24	130
4.79	192	4.27	171	3.74	150	3.22	129
4.77	191	4.24	170	3.72	149	3.19	128
4.74	190	4.22	169	3.69	148	3.17	127
4.72	189	4.19	168	3.67	147	3.14	126
4.69	188	4.17	167	3.64	146	3.12	125
4.67	187	4.14	166	3.62	145	3.09	124
4.64	186	4.12	165	3.59	144	3.07	123
4.62	185	4.09	164	3.57	143	3.04	122
4.59	184	4.07	163	3.54	142	3.02	121
4.57	183	4.04	162	3.52	141	3	120
4.54	182	4.02	161	3.49	140	< 3	70-119 (повторне перескладання)
4.52	181	4.00	160	3.47	139		
4.49	180	3.97	159	3.44	138		

Результат навчання оцінюється також за двобальною шкалою (зараховано/не зараховано).

Таблиця 2

Шкала переведення балів у національну систему

За національною системою	За 200-бальною шкалою
зараховано	від 120 до 200 балів
не зараховано	менше 119 балів

Самостійна робота студентів, яка передбачена темою заняття поряд із аудиторною роботою, оцінюється під час поточного контролю теми на відповідному занятті.

Третій семестр (останій семестр вивчення дисципліни) закінчується підсумковим контролем у вигляді екзамену.

До екзамену допускаються лише ті студенти, які не мають академічної заборгованості (відпрацьовані всі пропущені заняття) і їх середній бал за поточну навчальну діяльність із навчальної дисципліни становить не менше оцінки «3».

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент за поточну навчальну діяльність для допуску до екзамену становить 120 балів і визначається як сума середнього арифметичного всіх оцінок отриманих в семестрі.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент за поточну навчальну діяльність для допуску до екзамену становить 72 бали. Перерахунок середньої оцінки за поточну успішність (за 120-бальною шкалою) в табл. 3.

Таблиця 3.

Перерахунок середньої оцінки за поточну успішність у багатобальну шкалу для дисциплін, що завершуються екзаменом

4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала
5	120	4.29	103	3.58	86
4.96	119	4.25	102	3.54	85
4.92	118	4.21	101	3.50	84
4.87	117	4.17	100	3.46	83
4.83	116	4.12	99	3.42	82
4.79	115	4.08	98	3.37	81
4.75	114	4.04	97	3.33	80
4.71	113	4.00	96	3.29	79
4.67	112	3.96	95	3.25	78
4.62	111	3.92	94	3.21	77
4.58	110	3.87	93	3.17	76
4.54	109	3.83	92	3.12	75
4.50	108	3.79	91	3.08	74
4.46	107	3.75	90	3.04	73
4.42	106	3.71	89	3	72
4.37	105	3.67	88	Менше 3	Недостатньо
4.33	104	3.62	87		

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент при складанні екзамену становить 80 (мінімальна кількість - не менше 50).

Оцінка з дисципліни визначається комплексно, як сума балів за поточну навчальну діяльність та балів за екзамен.

Із виділених 120 балів за поточну навчальну діяльність на оцінювання індивідуальної самостійної роботи здобувачів вищої освіти, згідно з робочою навчальною програмою,

виділяється додатково від 4 до 12 балів. Заохочувальні бали додаються до підсумкової оцінки з дисципліни в кінці її вивчення.

Бали з дисципліни для студентів, які успішно виконали програму конвертуються у національну шкалу та систему ЄКТС (табл. 4,5).

Таблиця 4.

Бали з дисципліни	Оцінка за 4-ри бальною шкалою
Від 180 до 200 балів	5
Від 150 до 179 балів	4
Від 149 балів до мінімальної кількості балів, яку повинен набрати студент	3
Нижче мінімальної кількості балів, яку повинен набрати студент	2

Таблиця 5

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за навч. діял.	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, дифзаліку	для заліку
180-200	A	відмінно	зараховано
160-179	B	добре	
150-159	C		
130-149	D	задовільно	
120-129	E		
50-119	FX	незадовільно з можливістю перескладання	зараховано з можливістю перескладання
0-49	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

14. Методичне забезпечення

1. Робоча навчальна програма дисципліни;
2. Плани лекцій, практичних занять та самостійної роботи студентів;
3. Тези лекцій з дисципліни;
4. Методичні вказівки до практичних занять для студентів;
5. Методичні матеріали, що забезпечують самостійну роботу студентів;
6. Тестові та контрольні завдання до практичних занять;
7. Перелік питань до екзамену

15. Рекомендована література

Основна література

1. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2кн.: підручник. Кн. 2. Біологічна хімія / Ю.І. Губський, І.В. Ніженковська, М.М. Корда та ін.; за ред. Ю.І. Губського, І.В. Ніженковської – 3-є вид. – К.: ВСВ «Медицина», 2021. – 544с.
2. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2кн.: підручник. Кн. 1. Біологічна хімія / Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова; за ред. Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської – 2-е вид., випр. – К.: ВСВ «Медицина», 2017. – 272с.

Допоміжна література

1. Біохімія: підручник / за загальною редакцією проф. А.Л.Загайка, проф. К.В.Александрової – Х. : Вид-во "Форт". – 2014. – 728 с.
2. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 1. Біоорганічна хімія (ВНЗ IV р. а.) / за ред. Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. – Вид.: ВСВ "Медицина". – 2014. – 272 с.
3. Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Калининський М.І. Біохімія людини. Підручник. – Тернопіль: Укрмедкнига. – 2013. – 744 с.
4. Біологічна та біоорганічна хімія [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О.О. Мардашко, Л. М. Миронович, Г. Ф. Степанов. – О. : Одеський мед університет. – 2011. – 235 с.
5. Функціональна біохімія: навчальний посібник для студ. вищого фарм. навч. закл. IV рівня акредитації / А.Л.Загайко [та ін.]. – Харків. :НФаУ. – 2010. – 219 с.

16. Інформаційні ресурси:

1. <http://guides.lib.vt.edu/oer/chemistry> - Книги з хімії.
2. www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed – вільний доступ до бази наукових даних в галузі біомедичних наук.
3. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> - вільний доступ до бази наукових даних в галузі біомедичних наук.
4. www.biochemistry.org.ua – офіційний сайт інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України.
5. www.bpci.kiev.ua – офіційний сайт інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України.
6. <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/ijmr> - International Journal of Medicine and Medical Research
7. <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/bmb> - Вісник медичних і біологічних досліджень