

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ,  
ТРАНСПОРТУ ТА ПРИРОДНИЧИХ НАУК



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«БІОХІМІЯ У ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ»**  
ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ПЕРШОГО (БАКАЛАВРСЬКОГО)  
РІВНЯ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 227 – «ТЕРАПІЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЯ»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ,  
ЕРГОТЕРАПІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2024

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біохімія у фізичній терапії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної форми навчання зі спеціальності 227 – «Терапія та реабілітація»

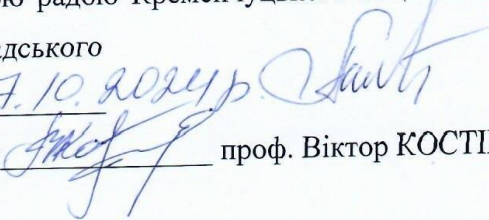
Укладач к. б. н., доц. О. І. Антонова

Рецензент к. т. н., доц. А. В. Пасенко

Кафедра здоров'я людини та фізичної культури

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № 2 від 17.10.2024р.

Голова методичної ради  проф. Віктор КОСТИН

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1. Перелік лабораторних робіт .....	7
Лабораторна робота № 1 Будова та властивості амінокислот і білків.....	7
Лабораторна робота № 2 Будова гему та значення гемових білків. Синтез гему та його регуляція.....	10
Лабораторна робота № 3 Вуглеводи. Класифікація та загальна характеристика.....	15
Лабораторна робота № 4 Ферменти та коферменти. Класифікація.....	18
Лабораторна робота № 5 Цикл трикарбонових кислот.....	21
2 Критерії оцінювання знань студентів .....	25
Список літератури .....	28

## ВСТУП

Ці методичні розробки можуть бути використані здобувачами денної форми навчання в процесі лабораторної підготовки до занять під час вивчення навчального курсу «Біохімія у фізичній терапії».

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Біохімія у фізичній терапії» є сформувати у здобувачів спеціальності 227 – «Терапія та реабілітація» систему теоретичних знань про обмін речовин та ознайомити з механізмами виникнення патологічних процесів в організмі людини.

Виконання завдань до кожної лабораторної роботи надає можливість студентові втілювати теоретичні знання в практичну діяльність. Слід зазначити, що розв'язання запропонованих завдань потребує відповідних знань студентів, умінь працювати з довідковою фаховою літературою.

Після кожної лабораторної роботи є контрольні питання та відповідна література із зазначеними сторінками.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі повинні

### ***знати:***

- загальні біохімічні закономірності, що покладені в основу процесів обміну речовин в організмі людини;
- механізми виникнення патологічних процесів в організмі людини;
- знати основні реакції циклу Кребса, етапи енергетичного обміну;

### ***уміти:***

- визначати біохімічні діагностичні показники;
- складати й записувати формули білків, жирів і вуглеводів;
- пояснити зв'язок катаболізму та анаболізму; спряження ендергонічних та екзергонічних реакцій.

Навчальна дисципліна має на меті сформувати та розвинути такі компетентності студентів, необхідні для подальшої професійної діяльності.

### ***Загальні компетентності:***

ЗК 01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 11. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 12. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

### ***Спеціальні (фахові) компетентності***

ФК 02. Здатність аналізувати будову, нормальний та індивідуальний розвиток людського організму та його рухові функції.

ФК 03. Здатність трактувати патологічні процеси та порушення і застосовувати для їх корекції придатні засоби фізичної терапії, ерготерапії.

ФК 04. Здатність враховувати медичні, психолого-педагогічні, соціальні аспекти у практиці фізичної терапії, ерготерапії.

ФК 14. Здатність знаходити шляхи постійного покращення якості послуг фізичної терапії та ерготерапії.

### ***Програмні результати навчання***

ПРН 01. Демонструвати готовність до зміцнення та збереження особистого та громадського здоров'я шляхом використання рухової активності людини та проведення роз'яснювальної роботи серед пацієнтів/клієнтів, членів їх родин, медичних фахівців, а також покращенню довкілля громади.

ПРН 04. Застосовувати у професійній діяльності знання біологічних, медичних, педагогічних та психосоціальних аспектів фізичної терапії та ерготерапії.

ПРН 17. Оцінювати результати виконання програм фізичної терапії та ерготерапії, використовуючи відповідний інструментарій, та, за потреби, модифікувати поточну діяльність.

# ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

## Лабораторна робота № 1

### Тема. Будова та властивості амінокислот і білків

**Мета роботи:** вивчити будову та властивості амінокислот і білків; кольорові реакції, за допомогою яких здійснюють якісний хімічний аналіз білків. У результаті проведення лабораторної роботи здобувачі повинні:

- знати структуру, класифікацію та функції білків;
- уміти писати формули амінокислот, виконувати кольорові реакції.

### Короткі теоретичні відомості

Білки (протеїни) – найважливіший клас біомолекул, з наявністю яких, а також нуклеїнових кислот, пов'язують саму хімічну сутність життя в умовах Землі. Білки є біополімерами, що складаються з двадцяти L-амінокислот, які утворилися в умовах хімічної еволюції на етапі «переджиття» (П. Тейяр де Шарден) і становлять разом з нуклеотидами молекулярну абетку будь-якої живої клітини. Амінокислоти в білках сполучені пептидними зв'язками C–N. Число залишків амінокислот, які входять до пептидного ланцюга, буває дуже значним, тому відносні молекулярні маси білків можуть досягати кількох мільйонів.

До поширених білків належать альбумін (міститься в курячих яйцях), гемоглобін (у крові людини), казеїн (у коров'ячому молоці), міоглобін і міозин (у м'язах). Білки є одними з найважливіших біологічних речовин: вони необхідні для життєдіяльності організмів. Серед білків виділяють прості білки, або протеїни, пептидні ланцюги яких створюються тільки L-амінокислотами, і складні білки, або протеїди, які складаються із залишків L-амінокислот і небілкових речовин. Головний внесок у становлення уявлень про пептидну будову білкових молекул зроблено видатним німецьким хіміком-органіком і біохіміком Е. Фішером.

Сучасні експериментальні методи надали можливість установити структуру

природних білків. Розрізняють первинну, вторинну, третинну і четвертинну структури білка. Первинна структура білка – це структура пептидного ланцюга, тобто амінокислотний склад і послідовність черговості залишків амінокислот у ланцюзі білкової молекули. Пептидний ланцюг має певну просторову форму, яка становить вторинну структуру білка. У природних білках пептидний ланцюг має форму спіралі, звичайно її називають L-спіраллю. Спіралеподібна форма молекули зберігається завдяки виникненню водневих зв'язків між атомами водню і кисню в пептидній групі, які розміщуються між витками спіралі. Водночас L-спіраль може займати певне положення в просторі, яке визначає третинну структуру білка. Таке положення білкової молекули також пов'язане з наявністю водневих зв'язків. Білкові молекули, які мають певне просторове розміщення (третинну структуру), називають глобулами. Під четвертинною структурою білка розуміють просторове розташування самих глобул. Свою біологічну функцію білки виконують за умови, що зберігаються вторинна і третинна структури. Руйнування третинної та вторинної структур називається денатурацією білка. Під час денатурації зберігається тільки первинна структура білка, тобто пептидний ланцюг. Денатурацію білків може спричинити дія хімічних речовин (кислот, лугів, спиртів, ацетону), нагрівання, підвищений тиск, радіоактивне опромінення.

Білки виконують різні функції: ферментативну, структурну, рецепторну, транспортну, захисну, рухову, сигнальну (гормональну), енергетичну (1 г білка – 17,2 кДж енергії). Білки – важлива частина харчування тварин і людини, оскільки ці організми не можуть синтезувати повний набір амінокислот і мають отримувати частину з них із білковою їжею. У процесі травлення протелітичні ферменти руйнують спожиті білки, розкладаючи їх до рівня амінокислот, які використовуються під час біосинтезу білків організму або піддаються подальшому розпаду для отримання енергії. Білки є необхідним компонентом харчових продуктів. У процесі приготування їжі (кип'ятіння, смаження тощо) вони звичайно денатуруються: у такому вигляді вони легше перетравлюються. Білки, які людина вживає з їжею, зазнають гідролізу. Амінокислоти, що



утворилися, йдуть на побудову білків організму. Білки входять до складу багатьох лікарських препаратів.

### **Порядок виконання роботи**

1. Виконати кольорові реакції, за допомогою яких здійснюють якісний хімічний аналіз білків: а) біуретова реакція – дія на білок розчину лугу і розчину сульфату міді (II), у такому разі розчин набуває фіолетового забарвлення; б) ксантопротеїнова реакція (для білків, що містять бензолні ядра) – дія концентрованої азотної кислоти з появою жовтого забарвлення. У разі добавляння лугу жовте забарвлення змінюється на оранжеве; в) цистеїнові реакція (для білків, що містять сірку) – кип'ятіння розчину білка з ацетатом свинцю (II) з появою чорного забарвлення; г) реакція Меллона (для білків, що містять фрагменти фенолу) – кип'ятіння розчину білка з реактивом Меллона (розчином, який містить  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{HNO}_2$ ) з появою червоного забарвлення; д) реакція з нітропрусидом натрію (для білків, що містять групи – SH), з яким білки надають червоне забарвлення в аміачному середовищі.

### **Зміст звіту**

1. Назва і тема роботи.
2. Зробити аналіз якісного хімічного складу білків у проведених реакціях.
3. Написати формули двадцяти L-амінокислот.
4. Описати процес гідролізу та денатурації білка.

### **Контрольні питання**

1. Наведіть загальну формулу білка.
2. Чому білки складаються лише з  $\alpha$ -амінокислот?
3. Що таке структури білка? Які вони бувають?
4. Опишіть різновиди вторинної структури білка.
5. У чому вимірюється розмір молекули білка?
6. Які основні хімічні властивості білків?
7. Наведіть якісні реакції на білки.
8. Які функції виконують білки в живих організмах?
9. Що означає поняття незамінної амінокислоти або білка?

10. Що таке денатурація білка? Чим вона характеризується?

**Література:** [1, с. 15–23].

## **Лабораторна робота № 2**

**Тема. Будова гему та значення гемових білків. Синтез гему та його регуляція**

**Мета роботи:** вивчити будову, синтез гему, особливості гемоглобіну: структуру, властивості, похідні. У результаті проведення лабораторної роботи здобувачі повинні:

- знати характеристику захворювань, які виникають у разі порушення синтезу гему; нормативні показники кількості гемоглобіну у чоловіків і жінок;
- уміти визначати кількість гемоглобіну за методом Салі.

### **Короткі теоретичні відомості**

Гемоглобін (Hb) – складний білок класу хромопротеїнів, який є гемопротеїном. Гемоглобін має дві основні фізіологічні функції: 1) дихальну – бере участь у транспорті кисню та вуглекислого газу; 2) забезпечує сталість рН (гемоглобінова буферна система є найпотужнішою системою підтримки рН крові). Hb – це олігомерний білок, який складається з чотирьох субодиниць, або протомерів. Кожна субодиниця містить гем, що пов'язаний з білковою частиною через залишок гістидину. До складу молекули Hb входять по два поліпептидних ланцюги різних видів. Так, основний гемоглобін дорослої людини – HbA<sub>1</sub> (96–99 % усього гемоглобіну) – містить два  $\alpha$ - та два  $\beta$ -ланцюги ( $\alpha_2\beta_2$ ). Також у крові міститься HbA<sub>2</sub> ( $\alpha_2\delta_2$ ), вміст якого становить 2–3 %, фетальний гемоглобін HbF ( $\alpha_2\gamma_2$ ), кількість якого – 2–3 %. Частина HbA<sub>1</sub> глікозильована – це глікозильований гемоглобін HbA<sub>1c</sub>, який утворюється через неферментативне глікування гемоглобіну залишками глюкози. Нормальна концентрація HbA<sub>1c</sub> – 4–7 %. У чоловіків концентрація гемоглобіну в нормі становить 130–160 г/л, у жінок – 120–150 г/л.

Похідні гемоглобіну. До заліза, яке міститься в молекулі Hb, приєднується

кисень – утворюється оксигемоглобін –  $\text{HbO}_2$  (валентність заліза не змінюється, воно залишається двовалентним). У вигляді  $\text{HbO}_2$  транспортується значна частина кисню. Інтенсивність утворення  $\text{HbO}_2$  залежить від парціального тиску крові, значення рН, концентрації  $\text{CO}_2$  та вмісту 2,3-дифосфогліцерату (2,3-ДФГ). Різниця парціального тиску  $\text{O}_2$  між альвеолярним повітрям і міжклітинною рідиною, куди кисень потрапляє з крові, дорівнює 65 мм рт. ст. Ця значна різниця забезпечує перехід кисню із альвеол у кров і далі – в міжклітинну рідину. Окрім того, функціонування цитохромоксидази дихального ланцюга призводить до безперервного використання кисню і зниження парціального тиску кисню в мітохондріях до 4–5 мм рт. ст. Отже, практично створюється «кисневий вакуум» у мітохондріях, що спрямовує потік кисню в клітини. Зв'язування гемоглобіну з різними лігандами, такими як  $\text{H}^+$  (у разі зниження рН) та  $\text{CO}_2$ , призводить до конформаційних змін у молекулі гемоглобіну і змінює спорідненість  $\text{Hb}$  до кисню. У тканинах  $\text{CO}_2$  витісняє  $\text{O}_2$  з гемоглобіну, в легенях, навпаки, кисень витісняє  $\text{CO}_2$  з крові в альвеолярне повітря. Це явище відоме під назвою ефект Бора. Цей ефект також бере участь у регуляції рН крові. У капілярах тканин відбувається приєднання протона до гемоглобіну, і, отже, це запобігає закисненню середовища. Окрім того, у тканинах збільшення кількості  $\text{H}^+$  (під час утворення вугільної кислоти із  $\text{CO}_2$ ) знижує спорідненість  $\text{Hb}$  до кисню. Гемоглобін, який віддає кисень, має назву дезоксигемоглобін, або відновлений гемоглобін ( $\text{HHb}$ ). Приєднання вуглекислого газу призводить до утворення карбгемоглобіну  $\text{HbCO}_2$  ( $\text{CO}_2$  з'єднується з N-кінцевими групами гемоглобіну). У складі цього похідного транспортується до 20 %  $\text{CO}_2$ .

Молекула гемоглобіну може утворювати комплекси з іншими газами. Так, комплекс гемоглобіну з чадним газом – карбоксигемоглобін ( $\text{HbCO}$ ) є міцною сполукою. Спорідненість  $\text{Hb}$  до  $\text{CO}$  у 200 разів вище, ніж до кисню, тому утворення карбоксигемоглобіну блокує утворення оксигемоглобіну і транспорт кисню. Саме тому навіть незначні кількості чадного газу в повітрі є небезпечними для життя. У крові людини, яка живе у місті, концентрація

карбоксигемоглобіну становить менше ніж 2 %. У крові людей, які палять, ця концентрація зростає до 10 %. За деяких патологічних станах, наприклад, у разі отруєння потужними окисниками (перманганат калію, бертолетова сіль, сульфаніламідні препарати та ін.), залізо у складі гему окиснюється до тривалентного стану – утворюється метгемоглобін MetHb. Цей похідний гемоглобіну не може пов'язувати кисень. У нормі в еритроцитах міститься до 2 % метгемоглобіну, який утворюється через аутоокиснення. Така незначна кількість не пригнічує газообміну. Накопиченню метгемоглобіну перешкоджає функціонування ферменту метгемоглобінредуктази, яка відновлює MetHb. Метгемоглобінемія (підвищення концентрації MetHb) може мати спадкові особливості (у разі дефіциту метгемоглобін редуктази) та розвиватися внаслідок надходження в організм значної кількості окисників – нітритів, аніліну, нітробензолу та ін. (розвивається гостра токсична метгемоглобінемія).

У разі порушення синтезу гемоглобіну виникають гемоглобінопатії й таласемії, які мають спадкову особливість і належать до «молекулярних хвороб». Гемоглобінопатії є наслідком зміни кількісного або якісного амінокислотного складу поліпептидних ланцюгів гемоглобіну, тому вони належать до якісних гемоглобінопатій. Таласемії зумовлені порушенням швидкості синтезу поліпептидних ланцюгів гемоглобіну без зміни їх структури, тому вони ще мають назву «кількісні гемоглобінопатії». Деколи спостерігається наявність цих двох патологій у одного хворого.

Для гемоглобінопатій і таласемій характерний синдром еритропатій, який супроводжується: скороченням тривалості життя еритроцитів, підвищеним гемолізом, порушенням функцій еритроцитів. Відомо близько 300 аномальних гемоглобінів, але не всі патології мають клінічні прояви. Перші аномальні гемоглобіни називали за літерами латинського алфавіту, але, оскільки існує велика кількість патологічних форм, до назв цих гемоглобінів почали включати назви місць їх відкриття (Москва, Boston) або назви шпиталів. Найчастіше під час гемоглобінопатій спостерігаються гемоглобіни S, C, D, E, H. HbS – гемоглобін, у якому в 6-му положенні  $\beta$ -ланцюга глютамінова кислота (Глу)

замінена на валін (Вал). Валін має неполярний радикал, тому така заміна призводить до зниження розчинності гемоглобіну. Унаслідок синтезу HbS змінюється структура еритроцитів – кристалізація гемоглобіну у вигляді тектоїдів супроводжується розтягненням оболонки і вони набирають форми серпа. Тому ця патологія має назву серпоподібно-клітинна анемія. Унаслідок цього спостерігаються підвищення в'язкості крові, зменшення швидкості кровотоку, зниження механічної резистентності еритроцитів – вони втрачають здатність проходити через дрібні капіляри. Такі еритроцити застряють у капілярах, руйнуються й утворюють тромби, наслідком чого є хронічна капілярнопатія. HbC – гемоглобін, у якому в 6-му положенні β-ланцюга глютамінова кислота (Глу) замінена на лізин (Ліз). Цей гемоглобін також кристалізується в еритроцитах, які гемолізують, результатом чого є розвиток анемії. Високий вміст HbC призводить до розвитку легкої форми гемолітичної анемії. HbD – гемоглобін, у 121-му положенні бета-ланцюга якого глютамінова кислота (Глу) замінена на глютамін (Глн). У разі високого вмісту такого аномального гемоглобіну розвивається легка форма гемолітичної анемії. HbE – гемоглобін, у 26-му положенні β-ланцюга якого глютамінова кислота (Глу) замінена на лізин (Ліз). Унаслідок дефіциту нормальних β-ланцюгів за симптоматикою ця гемоглобінопатія подібна до β-таласемії та супроводжується розвитком мікроцитарної гіпохромної анемії та наявністю мішенеподібних еритроцитів. Бувають також тяжчі форми цієї патології, які супроводжуються вираженою спленомегалією. HbM – існує група гемоглобінів, у яких структурний дефект (амінокислотна заміна) перешкоджає відновленню метгемоглобіна до гемоглобіну. У таких гемоглобінах метгемоглобінредуктаза не може відновити тривалентне залізо до двовалентного стану, тому в еритроцитах спостерігається накопичення метгемоглобіну.

Таласемії (греч. *thalassa* – море і гемо...) – це найпоширеніші спадкові захворювання людини. Залежно від того, порушення синтезу яких ланцюгів гемоглобіну спостерігається за цією патологією, таласемії прийнято поділяти на дві групи: α- та β-таласемії. Альфа-таласемія обумовлена порушенням синтезу

$\alpha$ -ланцюгів Hb (унаслідок делеції або інактивациї одного з чотирьох генів альфа-ланцюгів глобіну). Бета-таласемія розвивається внаслідок порушення синтезу  $\beta$ -ланцюгів. У разі альфа-таласемії в організмі дорослої людини формуються бета-4-тетрамери – це гемоглобін H (HbH). Ці тетрамери нестабільні, крива дисоціації оксигемоглобіну не має S-подібної форми. У хворих спостерігається мікроцитарна гіпохромна анемія. Гемолітичні прояви захворювання обумовлені кількістю таких тетрамерів. У разі бета-таласемії надлишок  $\alpha$ -ланцюгів гемоглобіну не утворює тетрамерів,  $\alpha$ -ланцюги Hb пов'язуються з мембранами еритроцитів і пошкоджують їх. Гомо- та гетерозиготи мають різні за тяжкістю клінічні прояви. Варіації симптомів можуть бути від тяжкої анемії з клінічною симптоматикою, яка не дозволяє людині жити довше, ніж до 20 років (анемія Кулі), до легкої мікроцитарної анемії.

### **Порядок виконання роботи**

1. Студенти навчаються визначати кількість гемоглобіну за методом Салі. *Матеріали і обладнання.* Фотоелектроколориметр, гемометр, капілярна піпетка на 20 мкл, піпетки для води, скляна паличка, децинормальний розчин HCl, дистильована вода, спирт, вата, пробірки.

*Визначення кількості гемоглобіну за методом Салі.* Гемометр ГС-3 складається зі штатива з трьома гніздами. Задня стінка штатива являє собою пластинку із білого скла. У бокові гнізда вставлені однакові запаяні пробірки (кольорові стандарти). У середнє гніздо вставлена градуйована пробірка для досліджуваної крові. На пробірку нанесена шкала, яка показує кількість гемоглобіну.

У градуйовану пробірку наливають децинормальний розчин HCl до нижньої кругової мітки (0,2 мл). У капілярну піпетку набирають 0,02 мл крові. Кров, яка залишилась на кінчику капіляра, видаляють ваткою. Опускають капіляр на дно градуйованої пробірки й обережно видують із нього кров так, щоб верхній шар розчину залишався прозорим. Потім два-три рази обережно промивають капіляр, набираючи розчин із верхнього прозорого шару.

Виймають капіляр із пробірки, ретельно перемішують її вміст скляною паличкою і ставлять у штатив. Через 5 хв до розчину по краплях додають дистильовану воду і перемішують скляною паличкою до отримання однакового забарвлення зі стандартом. Поділка на шкалі, до якої піднялась рідина, покаже кількість гемоглобіну в грамах на 100 мл крові.

### **Зміст звіту**

1. Назва і тема роботи.
2. Скласти порівняльну характеристику гемоглобінопатій і таласемій, занести до таблиці й зробити висновки.
3. Визначити гемоглобін у осіб чоловічої та жіночої статі, порівняти з нормальними показниками, зробити висновки і занести до протоколу.

### **Контрольні питання**

1. Які речовини забезпечують виконання кров'ю її функцій?
2. Як білкові фракції крові впливають на її фізико-хімічні властивості?
3. Охарактеризуйте альбуміни.
4. Охарактеризуйте глобуліни.
5. Що таке імуноглобуліни?
6. Опишіть методіку фракціонування білків крові.
7. Опишіть структуру гемоглобіну.
8. Поясніть поняття таласемії.
9. Які групи ферментів присутні в крові?
10. Які речовини в крові називають індикаторними?

**Література:** [2, с. 30–36].

### **Лабораторна робота № 3**

**Тема.** Вуглеводи. Класифікація та загальна характеристика

**Мета роботи:** вивчити класифікацію та загальну характеристику вуглеводів.

У результаті проведення лабораторної роботи здобувачі повинні:

– знати характеристику полісахаридів і моносахаридів, надати приклади представників;

– уміти складати й записувати формули простих і складних полісахаридів.

### **Короткі теоретичні відомості**

Надзвичайно важливими хімічними сполуками живих організмів є вуглеводи. Вони поширені в природі, у рослинному світі вони складають 70–80 % з розрахунку на суху речовину, у тварин вміст значно менше – 2 % маси тіла. Значення їх надзвичайно важливе, що і підтверджується різноманітними функціями, виконуваними вуглеводами.

Енергетична – головний вид клітинного палива, основне джерело енергії для організму. Вуглеводи є основним джерелом енергії для організму, забезпечуючи його на 60 %. Для діяльності мозку – єдиним постачальником енергії є глюкоза. Під час повного розпаду 1 г вуглеводів виділяє 4,1 ккал.

Пластична – входять до складу оболонок клітин і субклітинних утворень, містяться у всіх органах і тканинах.

Функція запасних поживних речовин. Вуглеводи мають здатність накопичуватися в організмі у вигляді крохмалю в рослин і глікогену (печінка, м'язи) у тварин.

Захисна функція – в'язкі секрети, які виділяються різними залозами, оберігають стінки порожніх органів від механічних пошкоджень і проникнення патогенних бактерій.

Регуляторна функція – такий вуглевод, як клітковина, бере участь у активації перистальтики кишківника.

Специфічна функція – проведення нервових імпульсів, утворення антитіл. За хімічною природою вуглеводи – це органічні речовини, що складаються з вуглецю, кисню і водню в співвідношенні 1:2:1. Їх поділяють на: моносахариди – прості цукри, що складаються з однієї молекули. Серед них розрізняють тріози, тетрози, пентози, гексози; олігосахариди – молекули яких містять від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками (сахароза);



полісахариди – високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великої кількості моносахаридів (крохмаль, глікоген). Полісахариди поділяються на гомо- та гетерополісахариди. Гомополісахариди мають у своєму складі моносахариди тільки одного виду. Гетерополісахариди – це комплекси різних видів моносахаридів і їх похідних (наприклад, мукополісахариди). З огляду функціонального призначення полісахариди також можуть бути поділені на структурні (целюлоза) та резервні (крохмаль, глікоген).

### **Порядок виконання роботи**

1. Студенти вивчають вуглеводний обмін в організмі людини. Вуглеводний обмін в організмі людини складається в основному з таких процесів: розщеплення в шлунково-кишковому тракті до моносахаридів, що надходять з їжею ди- і полісахаридів; усмоктування в кров у кишківнику; синтез і розпад глікогену (печінка); анаеробне розщеплення глюкози: гліколіз – без участі кисню; взаємоперетворення гексоз; аеробний метаболізм пірувату – за участю кисню, цикл Кребса; глюконеогенез – утворення вуглеводів з неуглеводних продуктів.

### **Зміст звіту**

1. Назва і тема роботи.
2. Схематично зобразити етапи вуглеводного обміну.
3. Записати процес гліколізу: стадії гліколізу, ферменти, послідовні реакції, продукти цієї реакції.
4. Описати процес глюконеогенезу на прикладі молочної або піровиноградної кислот.

### **Контрольні питання**

1. Що таке вуглеводи? Які їх характерні особливості?
2. Наведіть функції вуглеводів в організмі людини.
3. Як утворюються полісахариди?
4. Опишіть ізомерію глюкози.
5. Опишіть цикл Корі.

6. Чому вуглеводи в організмі накопичуються у вигляді полісахаридів?
7. Як синтезується і як розщеплюється глікоген?
8. Який енергетичний ефект розщеплення молекули глюкози?
9. Як регулюється гліколіз і глікогенез?

**Література:** [3, с. 15–17; 6, с. 25–32].

#### **Лабораторна робота № 4**

##### **Тема. Ферменти та коферменти. Класифікація**

**Мета роботи:** вивчити поняття «ферменти», «коферменти» та їх класифікацію. У результаті проведення лабораторної роботи здобувачі повинні:

- знати специфічність ферментів, модель «ключ–замок», модель індукованої відповідності;
- уміти визначати класи й записувати коди ферментів.

##### **Короткі теоретичні відомості**

Ферменти, або ензими, – органічні каталізатори білкової або РНК природи, які утворюються в живих організмах, здатних прискорювати перебіг хімічних реакцій в організмі. Ферменти каталізують більшість хімічних реакцій, які відбуваються в живих організмах. Вони можуть мати від одного до кількох поліпептидних ланцюгів – субодиниць. Кожен із ферментів має один або більше активних центрів, які визначають специфічність хімічної реакції, що каталізується цим ферментом. Окрім активного центру деякі ферменти мають алостеричний центр, який регулює роботу активного центру. Ферментативна реакція також може регулюватися іншими молекулами як білкової природи, так і іншими – активаторами й інгібіторами. Біохімічні реакції відбуваються за участю ферментів за нормального тиску, температури, у слабнокислому, нейтральному чи слаболужному середовищі.

Терміни «фермент» і «ензим» можна використовувати як синоніми. Але наука про ферменти називається ензимологією, а не ферментологією (імовірно, щоб не змішувати корені слів латинської та грецької мов).

*Функції ферментів.* Ферменти є біологічними каталізаторами, вони наявні в усіх живих клітинах і сприяють перетворенню одних речовин (субстратів) на інші (продукти). Ферменти мають функцію каталізаторів практично в усіх біохімічних реакціях, що відбуваються в живих організмах, – ними каталізується близько 4000 окремих біореакцій. Ферменти мають надзвичайно важливе значення у всіх процесах життєдіяльності, скеровуючи та регулюючи обмін речовин організму. Для ферментів характерним є те, що їх синтез і каталітична активність контролюється на генетичному рівні, а також за участю низькомолекулярних сполук-субстратів або продуктів реакції. Подібно до всіх каталізаторів, ферменти прискорюють як пряму, так і зворотну реакцію, знижуючи енергію активації процесу. Хімічна рівновага у такому разі не зсувається ні в прямий, ні у зворотний бік. Відмінність ферментів від небілкових каталізаторів полягає у їх високій специфічності – константа дисоціації деяких субстратів з білком-ферментом може досягати менш ніж 10<sup>-10</sup> моль/л. Ферменти широко використовуються і в народному господарстві – у харчовій, текстильній промисловості, у фармакології.

*Класифікація ензимів.* За типом реакцій, що каталізують, ферменти поділяються на 6 класів згідно з ієрархічною класифікацією ферментів (КФ або ЕС – Enzyme Commission code). Класифікацію було запропоновано Міжнародним союзом біохімії і молекулярної біології (International Union of Biochemistry and Molecular Biology). Кожен клас містить підкласи, так що фермент описується сукупністю чотирьох чисел, розділених крапками. Наприклад, пепсин має код КФ 3.4.23.1. Перше число описує клас реакцій, що каталізує фермент:

КФ 1: Оксидоредуктази – ферменти, що каталізують окислення або відновлення. Приклад: каталаза, алкогольдегідрогеназа.

КФ 2: Трансферази – ферменти, що каталізують перенесення хімічних груп з однієї молекули субстрата на іншу. Серед трансфераз особливо виділяють кінази, що переносять фосфатну групу зазвичай з молекули АТФ.

КФ 3: Гідролази – ферменти, що каталізують гідроліз хімічних зв'язків.

Приклад: естерази, пепсин, трипсин, амілаза, ліпопротеїнліпаза.

КФ 4: Ліази – ферменти, що каталізують розрив хімічних зв'язків без гідролізу з утворенням подвійного зв'язку в одному з продуктів.

КФ 5: Ізомерази – ферменти, що каталізують структурні або геометричні зміни в молекулі субстрату.

КФ 6: Лігази – ферменти, що каталізують утворення хімічних зв'язків між субстратами завдяки гідролізу АТФ. Приклад: ДНК-полімераза.

*Кофактори ферментів.* Деякі ферменти виконують каталітичну функцію самі собою, без додаткових компонентів. Проте є ферменти, яким для здійснення каталізу необхідні компоненти небілкової природи. Кофактори можуть бути як неорганічними молекулами (іони металів, залізо-сірчані кластери й інші), так і органічними (наприклад, флавін або гем). Органічні кофактори, які постійно (назавжди) пов'язані з ферментом, називають також простетичними групами.

Кофактори органічної природи, що здатні відділятися від ферменту, називають коферментами. Фермент, який вимагає наявності кофактора для здійснення каталітичної активності, але не пов'язаний з ним, називається апоферментом. Апофермент у комплексі з кофактором має назву голоферменту. Більшість кофакторів пов'язана з ферментом нековалентними, але досить міцними взаємодіями. Є і такі простетичні групи, що пов'язані з ферментом ковалентно, наприклад, тіамініпрофосфат у складі ферменту піруватдегідрогенази.

### **Порядок виконання роботи**

1. Вивчити й навчитися визначати класи ферментів: КФ 1: оксидоредуктази – ферменти, що каталізують окислення або відновлення; КФ 2: трансферази – ферменти, що каталізують перенесення хімічних груп з однієї молекули субстрата на іншу; КФ 3: гідролази – ферменти, що каталізують гідроліз хімічних зв'язків; КФ 4: ліази – ферменти, що каталізують розрив хімічних зв'язків без гідролізу з утворенням подвійного зв'язку в одному з продуктів; КФ 5: ізомерази – ферменти, що каталізують структурні або геометричні зміни

в молекулі субстрату; КФ 6: лігази – ферменти, що каталізують утворення хімічних зв'язків між субстратами через гідроліз АТФ.

### **Зміст звіту**

1. Назва і тема роботи.
2. Визначити й записати у звіті, до яких класів належать ферменти: каталаза, алкогольдегідрогеназа, естерази, пепсин, трипсин, амілаза, ліпопротеїнліпаза, ДНК-полімераза.
3. Схематично зобразити модель «ключ–замок» з утворенням короткоживучого фермент-субстратного комплексу.
4. Описати модель індукованої відповідності.
5. Охарактеризувати рівняння ферментативних реакцій Міхаеліса–Ментен.

### **Контрольні питання**

1. Що таке ензими?
  2. Що таке субодиниця ферменту?
  3. Наведіть функції ферментів.
  4. Що означає поняття специфічності ферментів?
  5. Опишіть принципи класифікації ензимів.
  6. Як формуються назви ферментів?
  7. Як описується кінетика ферментативних реакцій?
  8. Чим визначається активність ферментів?
  9. Опишіть модель індукованої відповідності ферменту і субстрату.
  10. Що таке кофактор ферменту?
- Література:** [1, с. 90–110; 4, с. 45–47].

### **Лабораторна робота № 5**

#### **Тема. Цикл трикарбонових кислот**

**Мета роботи:** вивчити характеристику циклу трикарбонових кислот (Кребса), основні стадії дихального ланцюга.

У результаті проведення лабораторної роботи здобувачі повинні:

- знати основні реакції циклу Кребса, етапи енергетичного обміну;
- уміти пояснити зв'язок катаболізму й анаболізму; спряження ендергонічних та екзергонічних реакцій.

### **Короткі теоретичні відомості**

Цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса, цитратний цикл) – центральна частина загального шляху катаболізму, циклічний біохімічний процес аеробних організмів, під час якого відбувається перетворення двох- і трьохвуглецевих сполук, що утворюються як проміжні продукти в живих організмах під час розпаду вуглеводів, жирів і білків, до  $\text{CO}_2$ . До того ж звільнений водень прямує в ланцюг тканинного дихання, де надалі окислюється до води, беручи безпосередню участь у синтезі універсального джерела енергії – АТФ.

Цикл Кребса – це ключовий етап дихання всіх клітин, що використовують кисень (аеробне дихання), центр перетину безлічі метаболічних шляхів в організмі. Окрім значної енергетичної функції циклу відводиться також і суттєва пластична функція, тобто це важливе джерело молекул-попередників, з яких під час інших біохімічних перетворень синтезуються такі важливі для життєдіяльності клітини з'єднання, як амінокислоти, вуглеводи, жирні кислоти та ін. Цикл перетворення лимонної кислоти в живих клітинах був відкритий і вивчений німецьким біохіміком Гансом Кребсом, за цю свою роботу він (спільно з Фріцем Ліпманом) був удостоєний Нобелівської премії з фізіології та медицини 1953 року. У еукаріотів всі реакції циклу Кребса протікають усередині мітохондрій, причому ферменти, що їх каталізують, окрім одного, знаходяться у вільному стані в мітохондріальному матриксі, виняток складає сукцинатдегідрогеназа, яка локалізується на внутрішній мітохондріальній мембрані, вбудовуючись у ліпідний бішар. У прокаріотів реакції циклу протікають у цитоплазмі.

Узагальнена схема циклу Кребса подана далі. Загальне рівняння одного обороту циклу Кребса:



До циклу залучають і деякі амінокислоти. Процес їх окиснення починається з їх дезамінування, тобто відщеплення аміногрупи. Решта вуглецевого ланцюга піддається подальшим перетворенням і врешті-решт набуває вигляду циклу Кребса. Так, наприклад, аланін після дезамінування надає піровиноградну кислоту. Глутамінова кислота – альфа-кетоглутарову, а аспарагінова – щавлевооцтову. Ці три амінокислоти залучаються до циклу Кребса безпосередньо. Інші амінокислоти, окрім реакції дезамінування, мають пройти ще кілька додаткових реакцій, перш ніж вони зможуть брати участь у циклі Кребса.

### **Порядок виконання роботи**

1. Студенти ознайомлюються з кисневим (аеробним етапом) метаболізму, який передбачає цикл Кребса й електронтранспортний ланцюг, відбувається у мітохондріях. На цьому етапі органічні речовини окиснюються до вуглекислого газу, а всі відщеплені від них електрони та протони переносяться на кисень, унаслідок чого утворюється вода. На цьому етапі відбувається як субстратне, так і окисне фосфорилування й синтезується найбільша кількість АТФ. Вивчають узагальнену схему циклу Кребса.

### **Зміст звіту**

1. Назва і тема роботи.
2. Зобразити узагальнену схему циклу Кребса.
3. Описати комплекси дихального ланцюга мітохондрій: комплекс I, комплекс II, комплекс III, комплекс IV.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке енергетичний обмін?
2. Наведіть етапи енергетичного обміну.
3. Що таке активовані переносники?
4. Поясніть спряження ендергонічних та екзергонічних реакцій.
5. Чи можуть ферменти змінити енергію Гіббса для реакції?
6. Що таке метаболічні шляхи?
7. Як здійснюється регуляція метаболічних шляхів?

8. Поясніть зв'язок катаболізму та анаболізму.
9. Опишіть цикл Кребса. Де він протікає?
10. Розкрийте основні стадії дихального ланцюга.

**Література:** [4, с. 51–60].



## 2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ЕКТС	Значення оцінки ЕКТС	Критерії оцінювання	Рівень компетентості	Оцінка за національною шкалою	
					іспит	Диференційований залік
90–100	A	відмінно	Студент виявляє особливі творчі здібності, уміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, уміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили	Високий (творчий)	відмінно	зараховано
82–89	B	дуже добре	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	Достатній (конструктивно-варіативний)	добре	
74–81	C	добре	Студент уміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під			

			керівництвом викладача; у цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок			
64–73	D	задовільно	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; за допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих	Середній (репродуктивний)	задовільно	
60–63	E	достатньо	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні			
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання семестрового контролю	Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	Низький (рецептивно-продуктивний)	незадовільно	не зараховано

<b>Вид контролю</b>	<b>Максимальний бал</b>
Відвідування практичних занять	5
Контрольні тести	5 (детальний розподіл балів здійснюється в робочій навчальній програмі)
Захист практичного заняття	4 (детальний розподіл балів здійснюється в робочій навчальній програмі)
<b>Усього:</b>	<b>30</b>

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біохімія людини: підручник / за ред. Я. І. Гонського, Т. П. Максимчука. 3-тє вид., випр. і допов. Тернопіль: ТДМУ, 2017. 732 с.
2. Біологічна хімія. Лабораторний практикум / М. М. Корда та ін. 3-тє вид., випр. і допов. Тернопіль: ТДМУ, 2015. 216 с.
3. Копильчук Г. П., Волощук О. М., Марченко М. М. Біохімія: навч. посібник для біолог. спец. вищ. навч. закл. Чернівці: Рута, 2004. 224 с.
4. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності: навч. посібник. Київ: Олімпійська література, 2007. 199 с.
5. O. Antonova et al. The development of the express method for the assessment of the ecological condition of fresh water by physiological indicators of a biotest object. «International Conference on MODERN ELECTRICAL AND ENERGY SYSTEMS» Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, September 21-24, 2021, P. 1-6. Scopus
6. Трач В. М., Сибіль М. Г., Гложик І. З., Башкін І. М. Практикум з біохімії: навчальний посібник. Львів: ЛДУФК, 2014. 238 с.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біохімія у фізичній терапії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної форми навчання зі спеціальності 227 – «Терапія та реабілітація»

Укладач к. б. н., доц. О. І. Антонова

Відповідальний за випуск к. фіз. вих., доц. Т. І. Лошицька

Підп. до др. 31.10.24. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. 121. Наклад 2 прим. Зам. № 22068. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Університетська, 20, м. Кременчук, 39600