

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ  
КАФЕДРА ФІЗІОЛОГІЇ, ІМУНОЛОГІЇ І БІОХІМІЇ З КУРСОМ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА  
МЕДИЦИНИ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Декан біологічного факультету

\_\_\_\_\_ Л.О. Омелянчик  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

Біоенергетика та ензимологія

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти  
спеціальності «091 Біологія»  
спеціалізації / предметної спеціальності «091 Біологія»  
освітньо-професійна програма «Біологія»

**Укладач** к.б.н., доцент Новосад Наталія Василівна

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри фізіології, імунології і  
біохімії з курсом цивільного захисту та  
медицини

Протокол № 1 від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ В.Д. Бовт  
(підпис) (ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
біологічного факультету

Протокол № 1 від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.  
Голова науково-методичної ради  
біологічного факультету

\_\_\_\_\_ Н.М. Притула  
(підпис) (ініціали, прізвище)

Погоджено  
з навчально-методичним відділом

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Погоджено з навчальною лабораторією  
інформаційного забезпечення освітнього  
процесу

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

2020 рік

### 1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 09 «Природничі науки»	Кількість кредитів – 4	Вибіркова	
Спеціальність 091 Біологія	Загальна кількість годин – 120	Цикл дисциплін вільного вибору студента в межах спеціальності	
Спеціалізація Біохімії та імунології		2-й	2-й
Освітньо-професійна програма Біологія	*Змістових модулів – 6	Семестр:	
		Лекції	
		28 год.	6 год.
		Лабораторні	
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 6	28 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		64 год.	110 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

\*Кількість змістових модулів визначається за формулою:  $ZM = (ZKK - 1K) \times 2$ , де  $ZM$  – змістові модулі,  $ZKK$  – загальна кількість кредитів,  $1K$  – 1 кредит, що відводиться на підсумковий семестровий контроль.

### 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Біоенергетика та ензимологія» є освоєння сучасних концептуальних моделей механізмів звільнення, накопичення і використання енергії у живих системах; освоєння методології вивчення каталітичних властивостей ферментів, експериментальних підходів до визначення каталітичних констант, механізмів дії інгібіторів як базис до використання ферментів у сучасних технологіях біології, медицині, фармації, екології; розуміння ролі мембран, рецепторів та механізмів трансдукції сигналів із мембран як основи регуляції метаболізму.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Біоенергетика та ензимологія» є встановлення молекулярних механізмів основних біоенергетичних та ензимологічних процесів, таких як: основи термодинаміки, окислювально-відновні реакції, високоенергетичні фосфати, ферменти, основи ферментативного каталізу, кінетичні схеми й механізм ферментативної реакції, типові залежності початкової стаціонарної швидкості реакції від концентрації субстрату, багатосубстратні реакції, інгібування ферментативних реакцій, вплив температури і рН на швидкість ферментативних реакцій, алостеричні ферменти, іммобілізовані ферменти як основа сучасних технологій, молекулярні основи регуляції метаболізму.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
знати реакції відновлення АТФ	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати механізм утворення протонного градієнту	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати будову АТФ-синтази принцип синтезу та гідролізу АТФ	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати особливості ферментів як каталізаторів білкової природи	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати кінетичні схеми й механізми ферментативних реакцій	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати типи інгібіторів ферментів	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати поняття про алостеричні ферменти;, їхнє значення в метаболічних шляхах	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати іммобілізовані ферменти, як основу сучасних технологій	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
знати сучасні уявлення про регуляцію обміну речовин	Методи: словесні, наочні Контрольні заходи: відповіді на теоретичні питання; активна участь, доповнення відповіді на занятті; тестові випробування
вміти розраховувати вихід АТФ при окисненні різних субстратів в різних умовах	Методи: практичні Контрольні заходи: результат виконання і захисту студентом кожної лабораторної роботи
вміти розраховувати основні кінетичні константи ферментів	Методи: практичні Контрольні заходи: результат виконання і захисту студентом кожної лабораторної роботи
вирішувати ситуаційні задачі	Методи: практичні Контрольні заходи: рішення задач
здатність пояснювати ферментативні	Методи: словесні, наочні, практичні

реакції та біоенергетичні процеси, що відбуваються в живих організмах	Контрольні заходи: тестові випробування, письмова контрольна робота, залік
---	--

**Міждисциплінарні зв'язки.** Даний курс являє собою логічне продовження курсів «Неорганічна хімія», «Органічна хімія» та «Біохімія». Маючи базові знання про будову та властивості ферментів та біологічне окиснення органічних сполук студенти легко засвоять новий матеріал та отримують знання про механізми звільнення, накопичення і використання енергії у живих системах та каталітичні властивості ферментів. Отримані знання студенти можуть використовувати при вивченні курсів «Клінічна біохімія», «Фізіологія та біохімія рослин», «Біофізика».

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1. Біоенергетика, як розділ біології

*Тема 1. Основні поняття біоенергетики: вільна енергія, сполучені реакції, окисно-відновні потенціали.*

Живий організм як енергетична система, у якій діють закони термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки. Особливості енергетичного обміну у живих системах. Поняття ентальпії, ентропії і вільної енергії. Хімічні рівноваги. Зворотні й незворотні процеси в біосистемах. Біосистеми і другий закон термодинаміки. Стаціонарний стан біосистем. Роль ентропії в біосистемах. Ентропія як міра упорядкованості системи.

*Тема 2. Загальні принципи біоенергетики та АТФ.*

Накопичення енергії у формі АТФ і протонного потенціалу в процесі сполучення дихання й окислювального фосфорилування. Теплопродукція, спеціалізовані механізми теплопродукції при диханні. Дихання як механізм утворення корисних з'єднань. Оксигенази, цитохром P450. Цитохром P450-оксигенази. Роль у метаболізмі ксенобіотиків, синтезі гемоглобіну, синтезі стеринів, холестерину і жирних кислот. Дихання як джерело активних форм кисню. Дихання як механізм прибирання шкідливих речовин. Дихання як механізм, прискорюючий еволюцію.

#### Змістовий модуль 2. Катаболізм

*Тема 3. Гліколіз, реакції, регуляція.*

Підготовчий етап енергетичного обміну у гетеротрофів. Гліколіз: реакції фосфорилування та утворення триоз, реакції гліколітичної оксидоредукції. Реакції субстратного фосфорилування. Енергетичний баланс гліколізу. Регуляція гліколізу. Гліколіз в злоякісних пухлинах.

*Тема 4. ЦТК, дихальний ланцюг, транспорт електронів.*

ЦТК – джерело відновних коферментів НАДН і ФАДН<sub>2</sub>. Дихальний ланцюг – як ефективний механізм екстракції енергії відновних коферментів. Хеміосмотична теорія Мітчелла. Формування трансмембранних концентраційного і електричного потенціалів.

#### Змістовий модуль 3. Енергетичні перетворення в організмі

*Тема 5. Електронний транспорт і окислювальне фосфорилування.*

Електротранспортний ланцюг внутрішньої мембрани мітохондрій. Компоненти електрон транспортного ланцюга. Комплекс I ( НАДН-Q-оксидоредуктаза); комплекс II (сукцинат дегідрогеназа); комплекс III (Q-цитохром 3 оксидоредуктаза); комплекс IV (цитохром с оксидаза) . Характерні риси електрон транспортного ланцюга. Термодинаміка транспорту електронів. Послідовність транспорту електронів у дихальному ланцюгу. Хеміосмотична модель синтезу АТФ. Утворення градієнта протонів. Гіпотези, що до механізмів транспорту протонів. Механізм роботи АТФ синтази.

*Тема 6. Контроль продукції АТФ при окисному фосфорилуванні.*

Жирні кислоти – як основний енергетичний субстрат. Цикл три карбонових кислот. Коефіцієнт фосфорилування. Контроль окисного фосфорилування. Окислення, яке незв'язане з фосфорилуванням

*Тема 7. Три типи енергетичних "валют" у клітинах.*

Біологічні мембрани: роль в перетворенні й накопиченні енергії світла, дихання. Поняття про протонний і натрієвий потенціали. Перший закон біоенергетики, умови його реалізації. Другий закон біоенергетики. Умови його реалізації. Третій закон біоенергетики. Умови його реалізації

#### **Змістовий модуль 4.** Загальна характеристика та будова ферментів

*Тема 8. Загальна характеристика ферментів як біологічних каталізаторів.*

Білки як біокаталізатори. Особливості структури ферментів. Активний центр ферментів. Порівняння ферментів з органічними каталізаторами гомогенного типу (ефективність дії, специфічність і стерео специфічність, регуляторні властивості ферментів). Складові молекул ферментів - амінокислоти, їх кислотно-основні властивості. Значення полярності, гідрофобності і гідрофільності амінокислот у визначенні специфічності та механізму дії ферментів.

*Тема 9. Структура ферментів: активний центр, холофермент, апофермент, простетичні групи.*

Активний центр, структура амінокислот, що утворюють активний центр. Структура складних ферментів: холофермент, апофермент, простетичні групи. Кофактори: класифікація, біохімічні функції. Хімічні механізми участі іонів металів у ферментативному каталізі. Окислювально-відновні реакції за участю іонів металів і їх роль у біологічних процесах. Коферменти, що володіють окислювально-відновними властивостями (НАД, НАДФ, ФАД); Коферменти, які не володіють окислювально-відновними властивостями (тіамініпрофосфат, піридоксальфосфат, тетрагідрофолієва кислота, біотин, кофермент А). Чинники, що визначають каталітичну ефективність ферментів.

#### **Змістовий модуль 5.** Ферменти, як біокаталізатори

*Тема 10. Механізм прискорення реакцій ферментами.*

Енергія активації. Перехідний стан. Принципи каталізу. Типи ензиматичного каталізу. Кислотно-основний каталіз. Електростатичний каталіз. Каталіз іонами металів (електрофільний) каталіз. Ковалентний каталіз (нуклеофільний каталіз). Хімічна реакція має певний "енергетичний бар'єр"

*Тема 11. Кінетика ферментативних реакцій: основні кінетичні константи.*

Задачі які вирішує кінетика ферментативних реакцій. Вплив концентрації реагуючих речовин на швидкість реакції. Порядок ферментативної реакції. Константи швидкостей ферментативних реакцій. Поняття про одиницю ферменту, способи виразу одиниці ферменту. Рівняння швидкості реакції

*Тема 12. Інгібітори ферментів. Алостеричні ферменти.*

Поняття «інгібітори ферментів». Кінетична класифікація інгібіторів. Незворотне й зворотне інгібіювання. Типи інгібіювання конкурентний, неконкурентний, змішаний. Визначення типу інгібіювання. Окремі випадки інгібіювання субстратом і продуктом реакції

Структура алостеричних ферментів. Сигмоїдна кінетика. Наявність ефекторів Двофазний ефект конкурентних інгібіторів. Особливість дії денатуруючих агентів

#### **Змістовий модуль 6.** Методи роботи з ферментами

*Тема 13. Принципи методики роботи з ферментами.*

Техніка роботи при вивченні ферментативної активності. Принципи визначення активності ферментів у біологічному матеріалі. Вимірювання швидкості ферментативних реакцій. Типи методів, які використовують для вчення ферментативних реакцій (двох крапкові і кінетичні методи). Методи кількісного вивчення ферментативних реакцій.

*Тема 14. Методи визначення константи Міхаеліса та максимальної швидкості реакції.*

Типові залежності початкової стаціонарної швидкості реакції від концентрації субстрату  
Інгібування й активація надлишком субстрат. Основні кінетичні константи ферментів та методи їхнього визначення: Лайнуївера-Берка, Вульфа-Хейнса, Іді-Хофсті. Обмеження кінетики Міхаеліса-Ментен. Мультисубстратні ферментативні реакції

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години					Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин	Лекційні заняття, год		Семінарські/ Практичні /Лабораторні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів	
			о/дф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	
1	10		4	1	4	0,5	8	14,5	5	5	10	
2	10		4	1	4	1,5	10	15,5	5	5	10	
3	10		6	1	6	-	14	25	5	5	10	
4	10		4	1	4	0,5	10	16,5	5	5	10	
5	10		6	1	6	1,5	12	21,5	5	5	10	
6	10		4	1	4	-	10	17	5	5	10	
Усього за змістові модулі	60		28	6	28	4	64	110	30	30	60	
Підсумковий семестровий контроль залік	<b>30</b>						<b>30</b>	<b>30</b>	10	30	40	
Загалом			<b>90</b>							<b>100</b>		

#### 5. Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		д/в	з/в
1	Основні поняття біоенергетики: вільна енергія, сполучені реакції, окисно-відновні потенціали	2	0,5
2	Загальні принципи біоенергетики та АТФ	2	0,5
3	Гліколіз, реакції, регуляція	2	0,5
4	ЦТК, дихальний ланцюг, транспорт електронів	2	0,5
5	Електронний транспорт і окислювальне фосфорилування.	2	0,5
6	Контроль продукції АТФ при окисному фосфорилуванні.	2	0
7	Три типи енергетичних “валют” у клітинах	2	0,5
8	Загальна характеристика ферментів як біологічних каталізаторів	2	0,5
9	Структура ферментів: активний центр, холофермент, апофермент, простетичні групи	2	0,5
10	Механізм прискорення реакцій ферментами	2	0,5
11	Кінетика ферментативних реакцій: основні кінетичні константи	2	0,5
12	Інгібітори ферментів. Алостеричні ферменти	2	0,5
13	Принципи методики роботи з ферментами	2	0
14	Методи визначення константи Міхаеліса та максимальної швидкості реакції	2	0,5
	<b>Всього</b>	<b>28</b>	<b>6</b>

## 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		д/в	з/в
1	Основні поняття біоенергетики: вільна енергія, сполучені реакції, окисно-відновні потенціали	2	0
2	Загальні принципи біоенергетики та АТФ	2	0,5
3	Гліколіз, реакції, регуляція	2	0,5
4	ЦТК, дихальний ланцюг, транспорт електронів	2	0,5
5	Електронний транспорт і окислювальне фосфорилування.	2	0,5
6	Контроль продукції АТФ при окисному фосфорилуванні.	2	0
7	Три типи енергетичних “валют” у клітинах	2	0
8	Загальна характеристика ферментів як біологічних каталізаторів	2	0
9	Структура ферментів: активний центр, холофермент, апофермент, простетичні групи	2	0,5
10	Механізм прискорення реакцій ферментами	2	0,5
11	Кінетика ферментативних реакцій: основні кінетичні константи	2	0,5
12	Інгібітори ферментів. Аlostеричні ферменти	2	0,5
13	Принципи методики роботи з ферментами	2	0
14	Методи визначення константи Міхаеліса та максимальної швидкості реакції	2	0
	<b>Всього</b>	<b>28</b>	<b>4</b>

### 7. Види і зміст поточних контрольних заходів \*

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Теоретичне завдання - опитування	<p>Питання для підготовки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Живий організм як енергетична система, у якій діють закони термодинаміки.</li> <li>2. Перший закон термодинаміки.</li> <li>3. Другий закон термодинаміки.</li> <li>4. Особливості енергетичного обміну у живих системах.</li> <li>5. Поняття ентальпії, ентропії і вільної енергії.</li> <li>6. Хімічні рівноваги. Зворотні й незворотні процеси в біосистемах.</li> <li>7. Біосистеми і другий закон термодинаміки.</li> <li>8. Стаціонарний стан біосистем.</li> <li>9. Роль ентропії в біосистемах. Ентропія, як міра упорядкованості системи.</li> <li>10. Біологічні енергетичні системи, що відновлюють вміст АТФ. Системи фосфагену.</li> <li>11. Накопичення енергії у формі АТФ і протонного потенціалу в процесі сполучення дихання й окислювального фосфорилювання.</li> <li>12. Теплопродукція, спеціалізовані механізми теплопродукції при диханні.</li> <li>13. Дихання, як механізм утворення корисних з'єднань. Оксигенази, цитохром P450. Цитохром P450-оксигенази. Роль у метаболізмі ксенобіотиків, синтезі гемоглобіну, синтезі стеринів, холестерину і жирних кислот.</li> <li>14. Дихання, як джерело активних форм кисню.</li> <li>15. Дихання, як механізм прибирання шкідливих речовин.</li> <li>16. Дихання, як механізм, що прискорює еволюцію.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 балів передбачає високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</li> <li>• 4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабка знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> <li>• 3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</li> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</li> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу,</li> </ul>	5



			<p>допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при відповіді.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul>	
	Практичне завдання – виконання лабораторної роботи та тестових завдань	Вимоги до виконання та оформлення: Виконання лабораторної роботи та її захист Виконання тестових завдань	1 бал 4 бали	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 1 контр. заходів</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
2	Теоретичне завдання - опитування	<p>Питання для підготовки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підготовчий етап енергетичного обміну у гетеротрофів.</li> <li>2. Гліколіз: реакції фосфорилування та утворення триоз, реакції гліколітичної оксидоредукції.</li> <li>3. Реакції субстратного фосфорилування.</li> <li>4. Енергетичний баланс гліколізу.</li> <li>5. Регуляція гліколізу.</li> <li>6. Гліколіз в злоякісних пухлинах.</li> <li>7. ЦТК – джерело відновних коферментів НАДН і ФАДН<sub>2</sub>.</li> <li>8. Дихальний ланцюг – як ефективний механізм екстракції енергії відновних коферментів.</li> <li>9. Хеміосмотична теорія Мітчелла.</li> <li>10. Формування трансмембранних концентраційного і електричного потенціалів.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 балів передбачає високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</li> <li>4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабе знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> <li>3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується</li> </ul>	<b>5</b>

			<p>послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</li> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при відповіді.</li> <li>• 0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul>	
	Практичне завдання – виконання лабораторної роботи та тестових завдань	Вимоги до виконання та оформлення: Виконання лабораторної роботи та її захист Виконання тестових завдань	1 бал 4 бали	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 2 контр. заходів</b>	<b>2</b>	...	...	<b>10</b>
3	Теоретичне завдання - опитування	Питання для підготовки: 1. Електротранспортний ланцюг внутрішньої мембрани мітохондрій. 2. Компоненти електрон транспортного ланцюга. 3. Комплекс I ( НАДН-Q-оксидоредуктаза);	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 балів передбачає високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</li> </ul>	<b>5</b>

		<p>4.комплекс II (сукцинат дегідрогеназа); комплекс III (Q-цитохром оксидоредуктаза); комплекс IV (цитохром с оксидаза) .</p> <p>4. Характерні риси електротранспортного ланцюга</p> <p>5. Термодинаміка транспорту електронів</p> <p>6. Послідовність транспорту електронів у дихальному ланцюгу</p> <p>7. Хеміосмотична модель синтезу АТФ</p> <p>8. Утворення градієнта протонів</p> <p>9. Гіпотези, що до механізмів транспорту протонів</p> <p>10. Механізм роботи АТФ-синтази.</p> <p>11. Жирні кислоти – як основний енергетичний субстрат.</p> <p>12. Цикл трикарбонових кислот.</p> <p>13. Коефіцієнт фосфорилування.</p> <p>14. Контроль окисного фосфорилування.</p> <p>15. Окислення, яке незв'язане з фосфорилуванням</p> <p>16. Біологічні мембрани: роль в перетворенні й накопиченні енергії світла, дихання.</p> <p>17. Поняття про протонний і натрієвий потенціали.</p> <p>18. Перший закон біоенергетики, умови його реалізації.</p> <p>19. Другий закон біоенергетики. Умови його реалізації</p> <p>20. Третій закон біоенергетики. Умови його реалізації</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабке знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> <li>• 3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</li> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</li> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при відповіді.</li> <li>• 0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul>	
--	--	--	---	--

	Практичне завдання – виконання лабораторної роботи та тестових завдань	Вимоги до виконання та оформлення: Виконання лабораторної роботи та її захист Виконання тестових завдань	1 бал 4 бали	5
<b>Усього за ЗМ 3 контр. заходів</b>	<b>2</b>	...	...	<b>10</b>
4	Теоретичне завдання - опитування	<p>Питання для підготовки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Білки як біокатализатори. Особливості структури ферментів. Активний центр ферментів</li> <li>2. Порівняння ферментів з органічними катализаторами гомогенного типу (ефективність дії, специфічність і стереоспецифічність, регуляторні властивості ферментів).</li> <li>3. Складові молекул ферментів - амінокислоти, їх кислотно-основні властивості. Значення полярності, гідрофобності і гідрофільності амінокислот у визначенні специфічності та механізму дії ферментів.</li> <li>4. Активний центр, структура амінокислот, що утворюють активний центр.</li> <li>5. Структура складних ферментів: холофермент, апофермент, простетичні групи.</li> <li>6. Кофактори: класифікація, біохімічні функції.</li> <li>7. Хімічні механізми участі іонів металів у ферментативному каталізі.</li> <li>8. Окислювально-відновні реакції за участю іонів металів і їх роль у біологічних процесах.</li> <li>9. Коферменти, що володіють окислювально-відновними властивостями (НАД, НАДФ, ФАД);</li> <li>10. Коферменти, які не володіють</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 балів передбачає високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</li> <li>• 4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабке знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> <li>• 3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</li> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення</li> </ul>	5

		<p>окислювально-відновними властивостями (тіамінпірофосфат, піридоксальфосфат, тетрагідрофолієва кислота, біотин, кофермент А).</p> <p>11. Чинники, що визначають каталітичну ефективність ферментів.</p>	<p>матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при відповіді.</li> <li>• 0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul>	
	Практичне завдання – виконання лабораторної роботи та тестових завдань	Вимоги до виконання та оформлення: Виконання лабораторної роботи та її захист Виконання тестових завдань	1 бал 4 бали	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 4 контр. заходів</b>	<b>2</b>	...	...	<b>10</b>
5	Теоретичне завдання - опитування	<p>Питання для підготовки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Енергія активації. Перехідний стан. Принципи каталізу.</li> <li>2. Типи ензиматичного каталізу.</li> <li>3. Кислотно-основний каталіз.</li> <li>4. Електростатичний каталіз.</li> <li>5. Каталіз іонами металів (електрофільний каталіз).</li> <li>6. Ковалентний каталіз (нуклеофільний каталіз).</li> <li>7. Хімічна реакція має певний "енергетичний бар'єр"</li> <li>8. Задачі які вирішує кінетика ферментативних реакцій.</li> <li>9. Вплив концентрації реагуючих речовин на</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 балів передбачає високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</li> <li>• 4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабке знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> </ul>	<b>5</b>

		<p>швидкість реакції.</p> <p>10. Порядок ферментативної реакції.</p> <p>11. Константи швидкостей ферментативних реакцій.</p> <p>12. Поняття про одиницю ферменту, способи виразу одиниці ферменту.</p> <p>13. Рівняння швидкості реакції</p> <p>14. Поняття «інгібітори ферментів».</p> <p>15. Кінетична класифікація інгібіторів.</p> <p>16. Незворотне й зворотне інгібіювання.</p> <p>17. Типи інгібіювання конкурентний, неконкурентний, змішаний.</p> <p>18. Визначення типу інгібіювання. Окремі випадки інгібіювання субстратом і продуктом реакції</p> <p>19. Структура алостеричних ферментів. Сигмоїдна кінетика. Наявність ефektorів</p> <p>20. Двофазний ефект конкурентних інгібіторів.</p> <p>21. Особливість дії денатуруючих агентів</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</li> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</li> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при відповіді.</li> <li>• 0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul>	
	Практичне завдання – виконання лабораторної роботи та тестових завдань	Вимоги до виконання та оформлення: Виконання лабораторної роботи та її захист Виконання тестових завдань	1 бал 4 бали	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 5 контр. заходів</b>	<b>2</b>	...	...	<b>10</b>
6	Теоретичне завдання -	Питання для підготовки:	• 5 балів передбачає високий рівень знань і	<b>5</b>

	опитування	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Техніка роботи при вивченні ферментативної активності</li> <li>2. Вимірювання швидкості ферментативних реакцій.</li> <li>3. Типи методів, яки використовують для вивчення ферментативних реакцій</li> <li>4. Загальні принципи роботи з ферментами</li> <li>5. Технічні зауваження при роботі з ферментами</li> <li>6. Алгоритм дослідження ферменту</li> <li>7. Обмеження кінетики Міхаеліса-Ментен</li> <li>8. Основні кінетичні константи ферментів та методи їхнього визначення.</li> <li>9. Типові залежності початкової стаціонарної швидкості реакції від концентрації субстрату</li> <li>10. Інгібування й активація надлишком субстрату. Криві з максимумом.</li> <li>11. Кінетика багатосубстратних реакцій</li> <li>12. Термінологія мультисубстратних реакцій. Кінетичні механізми: послідовні упорядковані, послідовні випадкові, пінг-понг.</li> <li>13. Вплив концентрації субстрату на швидкість ферментативної реакції..</li> <li>14. Інгібування продуктом. Інгібування субстратом, визначення кінетичних параметрів</li> </ol>	<p>навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабокє знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> <li>• 3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</li> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</li> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при</li> </ul>	
--	------------	---	---	--

			<p>відповіді.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul>	
	Практичне завдання – виконання лабораторної роботи та тестових завдань	<p>Вимоги до виконання та оформлення:  Виконання лабораторної роботи та її захист  Виконання тестових завдань</p>	<p>1 бал  4 бали</p>	<b>5</b>
<b>Усього за ЗМ 6 контр. заходів</b>	<b>2</b>	...	...	<b>10</b>
<b>Усього за змістові модулі контр. заходів</b>	<b>12</b>			<b>60</b>



## 8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Теоретичне завдання	<p style="text-align: center;">1. Питання для підготовки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перший закон термодинаміки</li> <li>2. Другий закон термодинаміки</li> <li>3. Особливості прояву законів термодинаміки в біосистемах</li> <li>4. Основні макроергічні з'єднання організму</li> <li>5. Умови утворення креатинфосфату і його біологічна роль</li> <li>6. Субстратне й окиснювальне фосфорилування, поняття</li> <li>7. Дихання тканин</li> <li>8. Дихальний ланцюг, його локалізація, структура й функції?</li> <li>9. Протонна помпа, її роль у накопиченні енергії</li> <li>10. Зв'язок є між циклом три карбонових кислот і дихальним ланцюгом</li> <li>11. Місця синтезу АТФ у дихальному ланцюзі</li> <li>12. Коефіцієнт фосфорилування. Діапазон його значень</li> <li>13. Роль кисню в диханні тканин</li> <li>14. Метаболіти, що утворюються в умовах недолику й надлишку кисню в тканинах.</li> <li>15. Активні форми кисню</li> <li>16. Мікросомальне окиснювання і яка його роль в організмі</li> <li>17. Цитохром P450, його функція.</li> <li>18. Окисний стрес. Маркери окисного стресу</li> <li>19. Суть перекисного окиснювання ліпідів</li> <li>20. Суть дії активних форм кисню, що ушкоджують білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди</li> <li>21. Механізми захисту організму від дії активних форм кисню й азоту, які ушкоджують макромолекули</li> <li>22. Чи завжди активні форми кисню й азоту шкідливі?</li> <li>23. Поняття про ферменти. Властивості ферментів як</li> </ol>	<p>За два теоретичні питання студент може отримати по 10 балів.</p> <p>Результат виконання теоретичних завдань оцінюється кожне за такою шкалою:</p> <p>За відповідь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 балів передбачає високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь повна, логічна, з елементами самостійності, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Студент показує знання додаткової літератури.</li> <li>• 4 бали передбачає досить високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів. Можливі труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабке знання додаткової літератури. Додаткова література недостатньо пророблена.</li> <li>• 3 бали передбачає наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті питання і в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.</li> <li>• 2 бали передбачає неповні знання студента основної літератури. Студент лише в загальній формі розбирається у</li> </ul>	<b>30</b>

		<p>каталізаторів і біокаталізаторів  24. Одиниці активності ферментів  25. Докази того, що білок є ферментом  26. Механізми регуляція активності ферментів без зміни кількості молекул  27. Сучасні методи вивчення механізмів ферментативних реакцій  28. Методи кількісного визначення активності ферментів. Метод спектрофотометрії  28. Методи кількісного визначення активності ферментів Метод Тунберга  29. Методи кількісного визначення активності ферментів Електродні методи.  30. Методи кількісного визначення активності ферментів Поляриметричні методи.  31. Методи кількісного визначення активності ферментів Хроматографічні методи  32. Поняття про кінетику ферментативних реакцій  33. Основні кінетичні константи й методи їхнього розрахунку  34. Поняття про інкубаційну суміш  35. Залежність швидкості ферментативних реакцій від концентрації субстрату, ферменту, температури  36. Константа Міхаеліса, її біохімічний зміст  37. Розрахування константи Міхаеліса (графічні методи)  38. Активний центр ферменту  39. Алостеричні ферменти, їх роль у метаболізмі  40. Коефіцієнт Хілла  41. Доведення алостеричності ферменту.  42. Імобілізовані ферменти</p> <p style="text-align: center;">2. Тестування</p>	<p>матеріалі, відповідь неповна і неглибока. Студент дає недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність викладення матеріалу, відчуває труднощі при наведенні прикладів. Відповідь оформлена неохайно, зі значною кількістю помилок.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 бал ставиться, коли студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок при відповіді.</li> <li>• 0 балів ставиться, коли студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.</li> </ul> <p>20 тестів. За кожний тест по 1 балу</p>	
Практичне завдання		<p>1) Складання презентаційних матеріалів, оформлених у вигляді слайдів комп'ютерної презентації;  2) Розробка не менше 10 тестових завдань до кожного питання;</p>	<p>2 бали до кожного теоретичного питання</p> <p>2 бали до кожного теоретичного питання</p>	<b>10</b>

		3) Уміння формулювати власне відношення до проблеми, робити аргументовані висновки	1 бал до кожного теоретичного питання	
Усього за підсумковий семестровий контроль				<b>40</b>

## 9. Рекомендована література

### Основна

1. Губський Ю.І. Біологічна хімія: підручник / Губський Ю.І. – К. : Нова книга, 2007. – 656 с.
2. Колісник Н.В., Омельянчик Л.О. Біоенергетика та ензимологія. Навч. посібн.: Запоріжжя: Лайн, 2008. – 120 с.
3. Механізми біохімічних реакцій: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.; рекомендовано МОН України / за ред. Н.О. Сибірної. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009. – 316 с.
4. Регуля Е.А., Николайчик М.Б. Регуляция метаболизма. Курс лекций. – Минск, 2002 – 89 с.
5. Тарасенко Л.М. Функціональна біохімія: підручник / Тарасенко Л.М. – Вінниця : ВДУ, 2007. – 384 с.

### Додаткова

1. Биохимия / Под ред. Северина Е.С.М.: ГЭОТАР. 2007. – 784.
2. Гонський Я.І. Біохімія людини / Я.І. Гонський, Т.П. Максимчук. – Тернопіль : Книга, 2002. – 750 с.
3. Егорова Т.А., Клунова С.М., Живухина Е.А. Основы биотехнологии. – М.: Академия, 2003. – 208 с.
4. Кнорре Д.Г., Мызина С.Д. Биологическая химия. – М.: Высшая школа, 2003. – 409 с. Кольман Я., Рем К.-Г., Вирт Ю. Наглядная биохимия. – М.: Мир, 2004. – 469 с.
5. Плакунов В.К. Основы энзимологии. М: Логос, 2001 – 128 с.
6. Регуля Е.А., Николайчик М.Б. Регуляция метаболизма. Курс лекций. – Минск, 2002 – 89 с.
7. Березин И.В., Клячко Н.Л. Левашов А.В. и др. Имобилизованные ферменты. М.: Высшая школа, 1987. – 159 с.

### Інформаційні ресурси

1. Біоенергетика та ензимологія. – Режим доступу: [www.infochembio.ethz.ch/links/en/biochem\\_lehrmittel.html](http://www.infochembio.ethz.ch/links/en/biochem_lehrmittel.html).
2. Окисне фосфорилування. – Режим доступу: [www.themedicalbiochemistrypage.org/oxidative-phosphorylation.php](http://www.themedicalbiochemistrypage.org/oxidative-phosphorylation.php).
3. Ензимологія. – Режим доступу: [www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/570enzymes.html](http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/570enzymes.html).
4. Кінетика ферментативних реакцій. – Режим доступу: <http://www.themedicalbiochemistrypage.org/enzyme-kinetics.php>
5. Новая электронная библиотека. – Режим доступу: [http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/himija/biologicheskaja\\_himija](http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/himija/biologicheskaja_himija).
6. Биохимия онлайн. – Режим доступу: <http://employees.csbsju.edu/hjakubowski/classes/ch331/bcintro/default.html>.
7. Биохимия. – Режим доступу: [http://ph4s.ru/book\\_him\\_bio.html](http://ph4s.ru/book_him_bio.html).
8. Электронная библиотека. – Режим доступу: <http://mol-biol.ru/biohimiya.html>.
9. Книги по биохимии. – Режим доступу: <http://www.ex.ua/2605780>.