

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Біолого-екологічний факультет  
Кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології

## МЕТАБОЛІЗМ МІКРООРГАНІЗМІВ

ПРОГРАМА  
вибіркової навчальної дисципліни  
підготовки бакалавра  
напряму підготовки 6.051401 Біотехнологія.

Дніпро  
2017 рік

Робоча програма «Метаболізм мікроорганізмів» для студентів за напрямом підготовки 6.051401 Біотехнологія.

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року - \_\_ с.

---

Розробники:

Гаврилюк В.Г., доцент кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології, к.б.н., доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології

---

Протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року № \_\_\_

Завідувач кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології

\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)  
 (підпис) (прізвище та ініціали)  
 “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року

Схвалено методичною комісією вищого навчального закладу за спеціальністю 091 Біологія (Мікробіологія)

Протокол від. “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року № \_\_\_

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року Голова \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Схвалено Вченою радою біолого-екологічного факультету

Протокол від. “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року № \_\_\_

Голова \_\_\_\_\_ (Севериновська О.В.)  
 “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 року

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,0	Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія (шифр і назва)	Нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 4		1-й	1-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання - непередбачено ( назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 120		2-й	1-й, 2-й
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,5 самостійної роботи студента – 4,1	Другий (магістерський) рівень вищої освіти	18 год.	4 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		28 год.	6 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		-	-
		<b>Самостійна робота</b>	
		74 год.	50 год.
<b>У тому числі індивідуальні завдання: ао (2 год.)</b>			
<b>Вид контролю: диф. залік</b>			

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 1: 1,6

для заочної форми навчання - 1: 5

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни “Метаболізм мікроорганізмів” складається з засвоєння студентами основних понять про енергетичні та біосинтетичні процеси, що відбуваються в клітинах різних груп бактерій та перспективи розвитку цього напрямку для біотехнології і молекулярної біології. Дисципліна сприяє формуванню комплексного підходу до впровадження теоретичних знань з загальної мікробіології, фізіології та біохімії мікроорганізмів, генетики та молекулярної біології у практичну діяльність майбутнього фахівця – мікробіолога.

Завдання:

- оволодіння специфічними методами дослідження метаболічних процесів;
- визначення конвертуємих енергетичних “валют” живої клітини;
- вивчення процесів перетворення енергії у гетеротрофних бактерій;
- вивчення особливостей енергетичного метаболізму хемолітотрофів;
- вивчення процесів трансформації енергії у фототрофних бактерій;
- визначення компонентів та принципу дії первинних і вторинних  $\Delta\mu\text{H}$ -генераторів;
- визначення споживачів  $\Delta\mu\text{H}$ , що виконують хімічну, осмотичну, механічну роботу та перетворюють енергію на тепло;
- вивчення процесів асиміляції неорганічних сполук різними групами бактерій;
- засвоєння механізмів синтезу мономерних сполук;
- вивчення процесів біосинтезу основних біополімерів мікробної клітини;
- засвоєння механізмів регуляції та синтезу ферментів в процесі метаболізму.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- основні поняття біоенергетики та метаболіки, специфічні методи дослідження метаболічних процесів у прокаріотичних і еукаріотичних клітинах;
- особливості процесів трансформації енергії у гетеротрофних, хемолітотрофних і фототрофних бактерій;
- основні компоненти і принцип дії первинних та вторинних генераторів протонного потенціалу;
- процеси утилізації енергії  $\Delta\mu\text{H}$  мембранними споживачами для виконання хімічної, осмотичної, механічної роботи та утворення теплоти;
- особливості конструктивного метаболізму в клітинах бактерій різних трофічних груп на рівнях: засвоєння неорганічних сполук, синтезу мономерів і біосинтезу основних клітинних біополімерів;
- механізми регуляції метаболізму на рівні експресії генів та синтезу ферментів.

**ВМІТИ:** .....

- здійснювати відбір сучасних специфічних мікробіологічних і біохімічних методів з метою дослідження метаболічних процесів;
- визначати конвертуємі енергетичні джерела живої клітини та роль різних мембран у трансформації енергії;
- аналізувати інтенсивність перебігу основних катаболічних і анаболічних шляхів на підставі даних про активність ключових ферментів;
- визначати основні компоненти і принцип дії первинних та вторинних  $\Delta\mu\text{H}$ -генераторів;
- визначати механізм дії та структуру мембранних систем, що використовують трансмембранний потенціал як джерело енергії для виконання біологічно корисної роботи живою клітиною;
- визначати характер біосинтетичних процесів у клітинах різних мікроорганізмів;
- аналізувати регуляторні механізми різних метаболічних шляхів за визначенням типу і характеру регуляції.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Предмет і задачі курсу «Метаболізм мікроорганізмів».**

##### **Тема 1.** Основні поняття науки про метаболізм мікроорганізмів.

Місце біоенергетики і метаболіки в системі біологічних наук. Біоенергетика – галузь функціональної біології, що вивчає перетворення енергії зовнішніх ресурсів у біологічно корисну роботу. Задачі біоенергетики і метаболіки, перспективи розвитку. Поняття про клітинний метаболізм та його етапи. Особливості обміну речовин у бактерій.

##### **Тема 2 .** Специфічні методи дослідження метаболічних процесів.

Прямі та непрямі методи дослідження протонного потенціалу. Конструювання протеоліпосом. Методи вимірювання електричного потенціалу ( $\Delta\psi$ ) у інтактних клітинах та органелах. Мікроелектродний метод. Іонофори. Синтетичні проникаючі іони. Флюоресціюючі іони. Непрямі методи дослідження протонного потенціалу. Методи дослідження катаболічних та анаболічних шляхів по активності ключових ферментів

#### **Змістовий модуль 2. Метаболічні шляхи перетворення енергії в світі мікроорганізмів.**

##### **Тема 3.** Загальна схема енергетичного обміну у бактерій.

Схема енергетики живої клітини. Біоенергетична класифікація мембран. Структура елементарних мембран. Характеристика ліпідного компонента. Організація та функції мембранних білків Поняття про енергоперетворюючі мембрани. Схема перетворення енергії в біомембранах. Поняття про сопрягаючий іон та сопрягаючу мембрану Форми конвертуємі енергії живої клітини. Трансмембранна різниця електрохімічних потенціалів, її електричний та осмотичний компоненти. Поняття про протонрушійну силу. Первинні та вторинні

$\Delta\mu\text{H}^+$ -генератори. Трансмембранний потенціал як джерело енергії для виконання хімічної, осмотичної, механічної роботи і утворення теплоти. АТФ як джерело енергії, що витрачається у немембранних ділянках клітини. Первинні  $\Delta\mu\text{H}^+$ -генератори. Циклічний та нециклічний редокс-ланцюги фотосинтезуючих бактерій та хлоропластів. Дихальний ланцюг. Світлозалежний транспорт протонів бактеріородопсином.  $\text{H}^+$ -АТФази – вторинні  $\Delta\mu\text{H}^+$ -генератори.

Роль  $\text{H}^+$ -АТФаз у виконанні мембраною біологічно корисної роботи в умовах, коли ні світло, ні енергія дихання недоступні. Здійснення осмотичної роботи по акумуляції метаболітів у клітинах анаеробних бактерій, що одержують енергію гліколітичним шляхом. Загальна характеристика та принцип дії F<sub>0</sub>F<sub>1</sub> –  $\text{H}^+$ -АТФаз мітохондрій, хлоропластів, хроматофорів та цитоплазматичних мембран дихаючих аеробних та анаеробних або фотосинтезуючих бактерій.

E1E2-АТФази. Механізм дії  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФази,  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФази,  $\text{H}^+/\text{K}^+$ -АТФази епітелію шлунка та E1E2-АТФаз зовнішніх клітинних мембран рослин та грибів.  $\text{H}^+$ -АТФаза тонопласту – мембрани, що відмежовує вакуоль клітин грибів і рослин.

Співвідношення функцій АТФаз. Основні функції  $\text{H}^+$ -АТФаз: енергізація мембран та створення необхідного рН у розчинах, відокремлених мембраною

**Тема 4.** Процеси перетворення енергії у гетеротрофних бактерій.

Схема енергетичного обміну гетеротрофів. Первинні етапи катаболізму вуглеводів. Бродіння: збудники, хімізм та значення різних типів бродінь. Дихання, як спосіб одержання енергії мікроорганізмами. Аеробне та анаеробне дихання. Компоненти та принцип дії дихального ланцюгу. Неповне окислення органічних сполук. Основні компоненти і принцип дії дихального ланцюга. Послідовність реакцій, що відповідають за перенесення атомів водню або електронів від субстратів на молекулярний кисень. Типи дихальних ланцюгів. Ефективність процесу окислення NADH молекулярним киснем. Надходження відновлювальних еквівалентів до дихального ланцюгу на різних його рівнях у залежності від редокс-потенціалів окислювального субстрату. Білковий склад та редокс-центри дихального ланцюгу.

**Тема 5.** Використання енергії неорганічних субстратів хемолітотрофами.

Характеристика груп хемолітотрофних бактерій. Склад компонентів та особливості функціонування дихальних ланцюгів в клітинах хемолітотрофів. Вкорочені дихальні ланцюги. Вкорочений дихальний ланцюг, що генерує  $\Delta\mu\text{H}^+$ -NADH-KoQ-редуктаза *Escherichia coli*. Відновлення нітратів. Відновлення фумарату. Утворення пропіонату та ацетату із лактату. Метаногенез. Окислення субстратів з позитивним редокс-потенціалом. Окислення нітритів та аміаку. Шляхи використання  $\Delta\mu\text{H}^+$ , що утворений дихальним ланцюгом. Процеси дисиміляційної нітратредукції, сульфатредукції. Метаногенез. Роль хемолітотрофів у кругообігу речовин та ґрунтоутворюючих процесах в природі.

**Тема 6.** Трансформація енергії у фототрофних мікроорганізмів.

Характеристика компонентів фотосинтетичного апарату мікроорганізмів. Аноксигенний фотосинтез. Циклічний світлозалежний редокс-ланцюг пурпурових бактерій.

Схема переносу електронів по окислювально-відновлюючому ланцюгу, що локалізований у хроматофорах та цитоплазматичній мембрані пурпурових бактерій. Характеристика фото реакційних центрів та переносників електронів у процесах трансформації енергії. Шляхи використання  $\Delta\mu\text{H}$ , що утворений циклічним редокс-ланцюгом в клітинах пурпурових бактерій: утворення АТФ та неорганічного пірофосфату; зворотний транспорт відновлювальних еквівалентів; трансгідрогеназна реакція;  $\text{H}^+$ -мотори;  $\text{H}^+$ , метаболіт-сінпортери; системи транспорту  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ . Нециклічний світлозалежний редокс-ланцюг зелених бактерій. Схема трансформації енергії світла у енергію  $\Delta\mu\text{H}$  в цитоплазматичних мембранах зелених сіркобактерій. Характеристика фотореакційних центрів та переносників. Оксигенний фотосинтез: Нециклічний світлозалежний редокс-ланцюг ціанобактерій і хлоропластів. Схема транспорту електронів по окислювально-відновлювальному ланцюгу, що локалізований у мембранах тилакоїдів хлоропластів і ціанобактерій, для генерації  $\Delta\mu\text{H}$  та відновлення  $\text{NAD}(\text{Ф})^+$ . Характеристика 2 типів реакційних центрів фотосистем I і II. Ефективність дії нециклічного ланцюга хлоропластів та ціанобактерій. Особливості фотосинтезу у галобактерій. Механізм дії бактеріородопсину. Інші ретиналь-місткі білки. Світлозалежний транспорт протонів бактеріородопсином. Бактеріородопсин – світлозалежний  $\text{H}^+$ -насос. Молекулярна характеристика бактеріородопсину з пурпурових пляшок бактерій *Halobacterium halobium*. Механізм дії бактеріородопсину – світлозалежне циклічне перетворення бактеріородопсину, спряжене з транспортом протонів водню через цитоплазматичну мембрану галобактерій. Інші ретиналь-місткі білки. Галородопсин – ретиналь-місткий білок, що транспортує іони  $\text{Cl}^-$  із середовища у клітини галобактерій за рахунок енергії світла. Біологічна функція галородопсину. Роль сенсорного родопсину та фобородопсину як фото сенсорів у клітинах галобактерій.

### **Змістовий модуль 3. Споживачі протонного потенціалу. Конструктивний метаболізм у мікроорганізмів.**

**Тема 7.** Трансмембранний потенціал як джерело енергії для виконання хімічної, осмотичної, механічної роботи і утворення теплоти. Характеристика та етапи конструктивного обміну.

Хімічна робота за рахунок  $\Delta\mu\text{H}$ . 5 ферментних систем – споживачів  $\Delta\mu\text{H}$ , що виконують хімічну роботу:  $\text{H}^+$ -АТФ-синтаза;  $\text{H}^+$ -пірофосфат-синтаза; трансгідрогеназа; зворотня  $\text{NADH-KoQ}$ -редуктаза; зворотня  $\text{KoQH}_2$ -цитохром с-редуктаза. Структурні особливості та основні принципи функціонування  $\text{H}^+$ -АТФ-синтази в мітохондріях, хлоропластах, дихаючих та фото синтезуючих бактеріях. Мембранна  $\text{H}^+$ -пірофосфатаза хроматофорів пурпурових бактерій як  $\text{H}^+$ -насос, що каталізує оборотне взаємоперетворення енергії між  $\Delta\mu\text{H}$  і пірофосфатом. Трансгідрогеназа – допоміжний пункт енергетичного спряження у дихальному ланцюгу. Її значення у піддержуванні високого співвідношення  $[\text{NAD}(\text{Ф})\text{H}]/[\text{NAD}(\text{Ф})]^+$  для стимуляції відновлювальних біосинтезів. Системи оборотного переносу відновлювальних еквівалентів при використанні субстратів з позитивним редокс-потенціалом. Осмотична робота за рахунок протонного

потенціалу.  $\Delta\psi$  як рушійна сила трансмембранного переносу речовини у бік більшої її концентрації. Акумуляція іонів у мітохондріях та клітинах бактерій. Транспорт слабких і сильних кислот та основ за рахунок вторинної форми протонного потенціалу. Роль загальної  $\Delta\mu\text{H}$  у системах транспорту метаболітів.  $\Delta\mu\text{H}$ -залежні транспортні каскади. Участь протонного потенціалу у транслокації макромолекул білків і нуклеїнових кислот через цитоплазматичну мембрану бактерій, мітохондрій і хлоропластів. Механічна робота за рахунок  $\Delta\mu\text{H}$ . Енергія протонного потенціалу як рушійна сила і регулятор напрямку обертання ротору бактеріальної флагаели. Механізм будови протонного мотору прокариотів. Сковзаючий рух трихомів багатоклітинних ціанобактерій. Обертання хлоропластів та одноклітинних ціанобактерій, які підтримуються  $\Delta\mu\text{H}$ . Використання  $\Delta\mu\text{H}$ -залежного руху бактерій-симбіонтів нерухливими найпростішими.  $\Delta\mu\text{H}$  як джерело енергії для утворення теплоти. Основні способи виділення тепла живою клітиною: 1) гідроліз АТФ; 2) розсіювання  $\Delta\mu\text{H}$ ; 3) окислення субстратів системами, що не утворюють ні АТФ, ні  $\Delta\mu\text{H}$ . Терморегуляторні системи організмів.

Особливості анаболічних процесів в клітинах різних груп мікроорганізмів. Процеси засвоєння неорганічних сполук. Цикли Кальвіна та Арнона. Функціонування розірваного ЦТК в клітинах автотрофних бактерій. Синтез мономерів – попередників макромолекул основних клітинних компонентів. Синтез амінокислот, нуклеотидів, жирних кислот і гліцерину. Анаплеротичні шляхи у гетеротрофів. Глюконеогенез.

**Тема 8.** Синтез основних клітинних біополімерів.

Етапи біосинтезу білка: транскрипція і трансляція. Особливості реплікації ДНК у прокариотів. Реакції синтезу вуглеводів. Утворення компонентів клітинної стінки. Біосинтез ліпідів.

#### **Змістовий модуль 4. Регуляція обміну речовин у мікроорганізмів.**

**Тема 9.** Системи регуляції протонного потенціалу. Механізми регуляції синтезу ферментів. Регуляція активності ферментів центральних метаболічних шляхів.

Системи регуляції протонного потенціалу. Альтернативні функції дихання. Головні функції окислювальних процесів. Участь вільного дихання у терморегуляторному утворенні тепла, в утворенні або руйнуванні метаболітів, детоксикації ксенобіотиків та побічно у запасанні енергії. Регуляція потоків відновлювальних еквівалентів між цитозолем і

мітохондріями. Роль компартменталізації мембран у запобіганні утилізації відновлювальних еквівалентів по одному із шляхів окислення. Функції особливих човникових механізмів та пероксисом. Взаємоперетворення  $\Delta\psi$  і  $\Delta\mu\text{H}$ .

Регуляторні механізми перетворення електричної складової протонного потенціалу у осмотичну складову в мітохондріях: АТФ/АДФ-антипортер,  $\text{K}^+/\text{H}^+$ -антипортер, уніпорт іонів  $\text{Ca}^{2+}$ . Головний механізм перетворення  $\Delta\psi$  в  $\Delta\mu\text{H}$  у бактерій – імпорт  $\text{K}^+$ . Контроль  $\Delta\mu\text{H}$  у бактерій.



Паралельні електрон-транспортні шляхи у бактерій. Механізм саморегуляції, що підтримує високий протонний потенціал у рухливих бактерій. Механізм узгодження роботи двох фотосистем в хлоропластах.

Просторова організація обмінних процесів – принцип компартменталізації. Характеристика механізмів регуляції синтезу ферментів на рівні експресії генів. Структура оперона. Індукція та репресія – альтернативні механізми регуляції катаболізму і анаболізму. Аутогенний контроль і атенуація. Регуляція активності ферментів центральних метаболічних шляхів.

Особливості структури і функціонування алостеричних ферментів. Моделі кооперативності субодиниць алостеричних ферментів. Типи регуляції ферментативної активності у мікроорганізмів.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усьог о	у тому числі				
		л	п	л а б	ін д	с.р.		л	п	ла б	ін д	с.р. .
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1 2	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Предмет і задачі курсу «Метаболізм мікроорганізмів».</b>												
Тема 1. Основні поняття науки про метаболізм мікроорганізмів.	8	1	2	-		5	4,5	-	0,5	-	-	4
Тема 2. Специфічні методи дослідження метаболічних процесів.	8	1	2	-		5	5	0,5	0,5	-		4
Разом за змістовим модулем 1	16	2	4	-		10	9,5	0,5	1	-	-	8
<b>Змістовий модуль 2. Метаболічні шляхи перетворення енергії в світі мікроорганізмів.</b>												
Тема 3. Загальна схема енергетичного обміну у бактерій.	15	3	4	-	0,5	7	6	0,5	0,5	-	-	5
Тема 4. Процеси перетворення енергії у гетеротрофних бактерій.	14	2	4	-	0,5	8	6,5	0,5	1	-	-	5
Тема 5. Використання енергії неорганічних	11	1	2	-	0,5	7	6	0,5	0,5	-	-	5

субстратів хемолітотрофами.												
Тема 6. Трансформація енергії у фототрофних мікроорганізмів.	14	2	4	-	0,5	8	6,5	0,5	1	-		5
Разом за змістовим модулем 2	54	8	14	-	2	30	25	2	3	-	-	20
<b>Змістовий модуль 3. Споживачі протонного потенціалу. Конструктивний метаболізм у мікроорганізмів.</b>												
Тема 7. Трансмембранний потенціал як джерело енергії для виконання хімічної, осмотичної, механічної роботи і утворення теплоти. Характеристика та етапи конструктивного обміну.	20	4	4	-		12	9	0,5	0,5	-	-	8
Тема 8. Синтез основних клітинних біополімерів.	16	2	2	-		12	9	0,5	0,5	-	-	8
Разом за змістовим модулем 3	36	6	6	-		24	18	1	1	-	-	16
<b>Змістовий модуль 4. Регуляція обміну речовин у мікроорганізмів.</b>												
Тема 9. Системи регуляції протонного потенціалу. Механізми регуляції синтезу ферментів. Регуляція активності ферментів центральних метаболічних шляхів.	14	2	4	-		8	7,5	0,5	1	-	-	6
Разом за змістовим модулем 4	14	2	4	-		8	7,5	0,5	1	-	-	6
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>50</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	не передбачено	

**6. Теми практичних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття науки про метаболізм мікроорганізмів. не передбачено	2
2	Специфічні методи дослідження метаболічних процесів.	2
3	Загальна схема енергетичного обміну у бактерій.	4
4	Процеси перетворення енергії у гетеротрофних бактерій.	4
5	Використання енергії неорганічних субстратів хемолітотрофами.	2
6	Трансформація енергії у фототрофних мікроорганізмів.	4
7	Трансмембранний потенціал як джерело енергії для виконання хімічної, осмотичної, механічної роботи і утворення теплоти. Характеристика та етапи конструктивного обміну.	4
8	Синтез основних клітинних біополімерів.	2
9	Системи регуляції протонного потенціалу. Механізми регуляції синтезу ферментів. Регуляція активності ферментів центральних метаболічних шляхів.	4
	Разом	28

**7. Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	не передбачено	

**8. Самостійна робота**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Непрямі методи дослідження протонного потенціалу.	6
2	Перспективи розвитку сучасної біоенергетики та роль її досягнень для молекулярної біології і медицини.	6
3	Утворення $\Delta\mu_{\text{Na}}$ мембранним апаратом бактерій.	7
4	Організація $\text{Na}^+$ -залежного дихального ланцюга.	8
5	$\text{Na}^+$ -залежні АТФази бактерій та тварин.	7
6	Використання $\Delta\mu_{\text{Na}}$ для хімічної та механічної роботи.	8
7	Організація дихального ланцюгу у морських аеробних та анаеробних бактерій.	8
8	Транслокація білків та нуклеїнових кислот за рахунок $\Delta\mu_{\text{H}^+}$ .	8
9	Взаємовідносини протонної та натрієвої біоенергетики.	6
10	Терморегуляторні системи організмів.	8
	Разом	72

### 9. Індивідуальні завдання

№ змістового модуля, теми	Вид завдання, тема	Кількість годин
2.	<b>Метаболічні шляхи перетворення енергії в світі мікроорганізмів</b>	
Тема 1.	Зовнішні джерела енергії, форми конвертованої енергії та види біологічно корисної роботи в клітинах прокариотів.	0,5
Тема 2.	Протонні та натрієві генератори енергії у аеробних і анаеробних видів бактерій-гетеротрофів.	0,5
Тема 3.	Системи одержання енергії неорганічних субстратів хемотрофними бактеріями	0,5
Тема 4.	Циклічний та нециклічний світлозалежні редокс-ланцюги фототрофних бактерій.	0,5
	Разом	2

10. Методи навчання: словесні, наочні, практичні, проблемні, інтерактивні.

11. Методи контролю: тестовий, практична контрольна перевірка, підсумковий.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Для денної форми навчання:

Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Змістовий модуль 4	Сума
9	49	24	18	100

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	Зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
75-81	<b>C</b>		
64-74	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
0-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
	<b>F*</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

\* - оцінка F виставляється тільки за результатами складання заборгованості комісії.

**13. Методичне забезпечення**

1. Векірчик К.М. Практикум з мікробіології: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2001. – 144 с.
2. Біологічні мембрани: методи дослідження структури та функцій: Навч. посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 215 с

**14. Рекомендована література****Базова**

1. Пяткін К.Д., Кривошеїн Ю.С. Мікробіологія. –К.: Наукова думка, 1992
2. Сергійчук М.Г., Позур В.К., Вінніков А.І., Фурзікова Т.М., Жданова Н.М., Домбровська І.В., Швець Ю.В. Мікробіологія: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2005. – 375 с.
3. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Т.1. Пер. с англ./Под ред. Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. – М.: Мир, 2005. 656 с.
4. Никольс Д.Дж. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию. М., 1985 г.
5. Скулачев В.П. Аккумуляция энергии в клетке. М.,1969 г.
6. Скулачев В.П. Биоэнергетика. Мембранные преобразователи энергии. М., Высш.шк. 1989 г.
7. Говинджи О.Д., Интмарт Дж. Фотосинтез. М.,1987 г.
8. Гринюс Л.Л. Транспорт макромолекул у бактерий. М., 1986 г.
9. Лишко В.К., Шевченко М.И. Мембраны и жизнь клетки. К., Наукова думка. 1987 г.

10. Северин Е.С. Избирательная регуляция клеточного метаболизма. –М., Наука, 1991 г.

### **Допоміжна**

1. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова.- М.: Изд-во МГУ, 1983. – 221 с.
2. Определитель бактерий Берги. – 9-е изд. / Пер. под ред. Г.А. Заварзина. – М.: Мир, 1997. – Т. 1, 2. – 800 с.
3. Богач П.Г., Курский М.Д., Кучеренко Н.Е., Рыбальченко В.К. Структура и функции биологических мембран. Учебное пособие. Выща шк., 1981 г.

### **15. Інформаційні ресурси**

1. Бібліотека ДНУ ім.О.Гончара.
2. Internet мережа: [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov), [www.highwire.edu](http://www.highwire.edu)