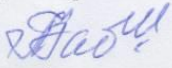


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Біологічний факультет**  
**Кафедра біофізики та біоінформатики**

**Затверджено**  
на засіданні кафедри біофізики  
та біоінформатики біологічного факультету  
Львівського національного університету імені Іва-  
на Франка  
(протокол № 20 від 23 березня 2021 р.)

  
Завідувач кафедри, проф. \_\_\_\_\_ А.М. Бабський

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Біоенергетика»,**  
що викладається в межах ОПП  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з  
спеціальності 014.05 – Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Львів 2021

<b>Назва курсу</b>	Біоенергетика
<b>Адреса викладання курсу</b>	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	біологічний факультет, кафедра біофізики та біоінформатики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	01 - Освіта / Педагогіка. 014.05 - Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)
<b>Викладачі курсу</b>	Бабський Андрій Мирославович, доктор біол. наук, професор, Гарасим Наталія Петрівна, канд. біол.наук, доцент.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	andriy.babsky@lnu.edu.ua <a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/babskyj-a-m">https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/babskyj-a-m</a> nataliya.harasym@lnu.edu.ua <a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p">https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p</a>
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	щовівторка, 11:00–12:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 323)
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p">https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p</a>
<b>Інформація про курс</b>	Дисципліна «Біоенергетика» є дисципліною вільного вибору з спеціальності 014.05 - Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) для освітньої програми, яка викладається в 6 семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб вміти аналізувати біоенергетичні стани клітин та організму в цілому. Тому у дисципліні представлено як огляд концепцій утворення енергії в організмі, її використання у процесі життєдіяльності клітин та інструментів, які потрібні для вивчення біоенергетичних станів.
<b>Мета та цілі курсу</b>	Метою вивчення дисципліни вільного вибору «Біоенергетика» є опанування студентами основних питань, які стосуються фундаментальних і прикладних завдань біоенергетики, а також виховання навичок зі застосовування здобутих знань для вирішення завдань з вивчення енергетичних станів організму, залежно від того чи іншого впливу на нього.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	Основна література: 1. Бабський А, Іккерт О, Манько В. Основи біоенергетики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 312 с. – (Серія «Біологічні студії») 2. Александрова К.В. Особливості енергообміну в живих організмах. – Запоріжжя, 2012. – 106 с. 3. Огурцов А.Н. Молекулярная биоэнергетика клетки. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – 112 с. 4. Гребеник Л.І., Висоцький І.Ю. Курс лекцій з біохімії. Розділ «Загальні закономірності метаболізму. молекулярні основи біоенергетики». – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 74 с. 5. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. – Москва: Наука, 1989. – 554 с. Додаткова література: 1. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошніченко М.С., .шуба М.Ф. Біофізика. – Київ: Видавництво «ВПЦ Київський університет», 2008. – 567 с. 2. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М.: Наука, 1988. – 592 с.

	3. Чиркин А.А., Данченко Е.О. Биохимия с основами молекулярной биологии. ВГУ им. П.М.Машерова, 2006. – 301 с.
<b>Тривалість курсу</b>	один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	180 год. З них 32 год лекцій, 32 год практичних занять, та 116 год самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	Після завершення цього курсу студент буде: детально знати молекулярну організацію дихального ланцюга мітохондрії та його роботу, а також хлоропласта і його участь у синтезі АТФ; вміти взаємопов'язувати процеси дихання і фосфорилування у мітохондріях. Застосовувати ті чи інші методи дослідження біоенергетичних процесів в постановці освітнього експерименту.
<b>Ключові слова</b>	Біоенергетика, мітохондрія, хлоропласт, фотосинтез, метаболізм, дихальний ланцюг, мембранний потенціал
<b>Формат курсу</b>	Очний (денний, вечірній), заочний.
	проведення лекцій, практичних робіт та консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	<p>Введення в біоенергетику. Введення в обмін речовин і енергії. Основні шляхи регуляції метаболізму. Обмін речовин і біоенергетика. Закони термодинаміки. Вільна енергія (DG). Ентальпія. Ентропія. Макроергічні сполуки. Стадії катаболічних шляхів в організмі людини. Реакції біологічного окиснення та тканинне дихання.</p> <p>Біоенергетика дихального ланцюга. Рівняння реакцій біологічного окиснення, циклу Кребса. Будова і властивості мітохондрій. Компоненти дихального ланцюга. Убіхінон. Система цитохромів. Цитохром с. Цитохром-оксидаза. Fe-S-білки. Структура дихального ланцюга. Альтернативні шляхи тканинного дихання. Окисно-відновні потенціали. Окисне фосфорилування. Механізм спряження дихання і фосфорилування в мітохондріях (гіпотези: хеміосмотичне спряження, хімічне спряження, конформаційне спряження). Механізм хеміосмотичного спряження та електронно-конформаційних взаємодій. Будова АТФ-синтази мітохондрій. Регуляція тканинного дихання. Вільне, нефосфорилуюче окиснення. Інші види біологічного окиснення. Антиоксидантний захист. Речовини, які впливають на енергетичний обмін у клітинах. Біоенергетика і порушення обміну речовин. Гіпоенергетичні стани. Методи вивчення обміну речовин.</p> <p>Введення в мембранну біоенергетику. Мембрани з точки зору біоенергетики. Спряжуючі іони. Конвертуюча енергетична «валюта» живої клітини. <math>\Delta\mu\text{H}</math>, <math>\Delta\mu\text{p}</math>, <math>\Delta\mu\text{Na}</math>, <math>\Delta\mu\text{s}</math>. Аденозинтрифосфат. Ліпідний компонент біомембран. Ліпідний бішар. Мембранні білки. Первинні <math>\Delta\mu\text{H}</math>-генератори. <math>\text{H}^+</math>-АТФази – вторинні <math>\Delta\mu\text{H}</math>-генератори. Використовувачі <math>\Delta\mu\text{H}</math>. Регуляція, транспорт і стабілізація протонного потенціалу. Генератори <math>\Delta\mu\text{Na}</math>. Утилізація <math>\Delta\mu\text{Na}</math>, утворена первинними <math>\Delta\mu\text{H}</math>-генераторами.</p> <p>Фотосинтез. Структура хлоропластів. Характеристика фотосистем. Молекулярні механізми фотосинтезу. Фотосинтетична фіксація вуглецю.</p> <p>Специфічні методи мембранної біоенергетики. Вимірювання мембранного потенціалу. Вимір <math>\Delta\mu\text{H}</math>. Вимірювання швидких процесів протонування-депротонування.</p>

	Див. табл. 1.
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	залік у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: хімії, основи біофізики, загальної цитології і гістології достатніх для сприйняття категоріального апарату вироблення енергії у клітині, розуміння джерел походження макроергічних сполук.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування ситуативних задач, дискусія.
<b>Необхідне обладнання</b>	Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>практичні: 50 % семестрової оцінки; активна участь в одній практичній роботі оцінюється у 3,125 бала, що передбачає оцінювання теоретичних знань та практичних умінь з теми (всього 16 занять); максимальна кількість балів – 50;</p> <p>контрольні заміри (модулі): 50 % семестрової оцінки; передбачається два модулі у вигляді тестових завдань; на модуль відводиться по 25 балів; одне тестове завдання оцінюється в 1 бал; максимальна кількість балів – 25.</p> <p>Залік студент отримує на підставі результатів виконання ним усіх видів робіт на практичних заняттях та контрольних замірів протягом семестру, як суму балів.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. <b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. <b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття.; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p>

	Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
<b>Питання до модульних контролів (замірів знань)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введення в обмін речовин і енергії.</li> <li>2. Основні шляхи регуляції метаболізму.</li> <li>3. Обмін речовин і біоенергетика.</li> <li>4. Макроергічні сполуки.</li> <li>5. Стадії катаболічних шляхів в організмі людини.</li> <li>6. Реакції біологічного окиснення та тканинне дихання.</li> <li>7. Теорія окисно-відновних реакцій.</li> <li>8. Характеристика транспорту електронів у клітині.</li> <li>9. Рівняння реакції біологічного окиснення, циклу Кребса.</li> <li>10. Ланцюг переносу електронів.</li> <li>11. Будова і властивості мітохондрій.</li> <li>12. Нікотинамідні дегідрогенази.</li> <li>13. Флавінові дегідрогенази.</li> <li>14. Убіхінон.</li> <li>15. Цитохроми.</li> <li>16. FeS-білки.</li> <li>17. I-IV комплекси дихального ланцюга.</li> <li>18. Фотосинтез.</li> <li>19. Структура хлоропластів.</li> <li>20. Характеристика фотосистем.</li> <li>21. Молекулярні механізми фотосинтезу.</li> <li>22. Фотосинтетична фіксація вуглецю.</li> <li>23. Вимірювання мембранного потенціалу.</li> <li>24. Вимір ΔpH.</li> <li>25. Вимірювання швидких процесів протонування-депротонування.</li> <li>26. Альтернативні шляхи тканинного дихання.</li> <li>27. Окисне фосфорилування.</li> <li>28. Спряження дихання і фосфорилування.</li> <li>29. Механізм хеміосмотичного спряження.</li> <li>30. Електронно-конформаційні взаємодії.</li> <li>31. Будова та функціонування АТФ-синтази.</li> <li>32. Типи АТФ-аз. Немітохондріальні АТФ-синтази.</li> <li>33. Регуляція тканинного дихання.</li> <li>34. Вільне окиснення.</li> <li>35. Інші види біологічного окиснення.</li> <li>36. Мікросомальне окиснення.</li> <li>37. Система мікросомного окиснення. Цитохром P-450.</li> <li>38. Ізоформи цитохрому P-450.</li> <li>39. Регуляція активності монооксигеназ.</li> <li>40. Мікросомне окиснення.</li> <li>41. Цитохром B<sub>5</sub>.</li> <li>42. Регуляція дії цитохрому P450 цитохромом B<sub>5</sub>.</li> <li>43. Діоксигенази.</li> <li>44. Пероксидазне окиснення.</li> <li>45. Мієлопероксидазна система.</li> <li>46. Нейтрофіли і дихальний вибух.</li> <li>47. Кисень і активні кисневі метаболіти.</li> <li>48. Радикальні окислювальні процеси.</li> <li>49. Активація кисню у ферментативних реакціях.</li> </ol>

	<p>50. Супероксид аніон-радикал. Загальна характеристика його утворення.</p> <p>51. НАДФН-оксидаза.</p> <p>52. Біологічні ефекти синтезованого НАДФН-оксидазою супероксид аніон-радикалу.</p> <p>53. Генерація супероксид аніон-радикалу НАДФН-оксидазами нефагоцитуючих клітин.</p> <p>54. Ксантиноксидоредуктаза.</p> <p>55. Утворення активних кисневих метаболітів в мітохондріях.</p> <p>56. Відновлення кисню цитохромом р-450.</p> <p>57. Інші механізми утворення супероксид аніон-радикалу.</p> <p>58. Загальна характеристика системи антиоксидантного захисту.</p> <p>59. Структура та функції супероксиддисмутази.</p> <p>60. Структура та функції супероксидредуктази.</p> <p>61. Структура та функції каталази.</p> <p>62. Структура та функції глутатіонпероксидази.</p> <p>63. Загальна характеристика фенольних антиоксидантів.</p> <p>64. Класифікація фенольних антиоксидантів.</p> <p>65. Вітамін Е.</p> <p>66. Каротиноїди.</p> <p>67. Аскорбінова кислота.</p> <p>68. SH-вмісні сполуки.</p> <p>69. Історія становлення науки «Біоенергетика».</p> <p>70. Бактеріородопсин і химерні протеоліпосоми.</p> <p>71. Галородопсин.</p> <p>72. Натрієвий цикл у корисних бактерій.</p> <p>73. Дія антимікробних агентів, направлених на систему мембранної енергетики.</p> <p>74. Регенерація АТФ за рахунок енергії світла.</p> <p>75. Мембрани з точки зору біоенергетики.</p> <p>76. Спряжуючі іони.</p> <p>77. Конвертуюча енергетична «валюта» живої клітини.</p> <p>78. ΔμH, Δp, ΔμNa, Δs.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.


Таблиця 1

Схема курсу «Біоенергетика»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Введення в біоенергетику. Молекулярні основи біоенергетики	Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 14,5 год		2 тижні
2	Біоенергетика дихального ланцюга.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 14,5 год		2 тижні
3	Механізм спряження дихання і фосфорилю-	Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год,		2 тижні

	вання в мітохондріях.	самостійна робота – 14,5 год		
4	Будова АТФ-синтази мітохондрій.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
5	Регуляція тканинного дихання. Речовини, які впливають на енергетичний обмін у клітинах.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
6	Введення в мембранну біоенергетику. $\Delta\mu\text{H}$ , $\Delta\mu\text{Na}$ , $\Delta\psi$ .	Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 14,5 год		2 тижні
7	Первинні $\Delta\mu\text{H}$ -генератори. Генератори $\Delta\mu\text{Na}$ .	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
8	Фотосинтез. Молекулярні механізми фотосинтезу.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
9	Фотосинтетична фіксація вуглецю.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
10	Специфічні методи мембранної біоенергетики. Вимірювання мембранного потенціалу. Вимір $\Delta\mu\text{H}$ .	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
11	Вимірювання швидких процесів протонування-депротонування.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
12	Мембрани з точки зору біоенергетики	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень

Автори

 Андрій БАБСЬКИЙ

 Наталія ГАРАСИМ

«Погоджено»

Голова методичної ради  
біологічного факультету  
Віталій ГОНЧАРЕНКО

« 10 » 02. 2021 р.

Гарант СГП

Віталій ГОНЧАРЕНКО

« 10 » 02. 2021 р.