

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра фізичної та біомедичної електроніки

Затверджено

На засіданні кафедри ФБМЕ
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри Бордун О.М.



Силабус з навчальної дисципліни
«БІОЕЛЕКТРОНІКА»,
що викладається в межах ОП «Пристрої та матеріали
сенсорної електроніки» другого (магістерського) рівня вищої
освіти для здобувачів з спеціальності
176 Мікро- та наносистемна техніка

Львів 2024

Назва дисципліни	БІОЕЛЕКТРОНІКА
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації , 176 – Мікро- та наносистемна техніка
Викладачі дисципліни	Бордун Олег Михайлович, доктор фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри
Контактна інформація викладачів	oleh.bordun @lnu.edu.ua,
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/bioelektronika/
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Біоелектроніка» є вибірковою дисципліною для магістрів зі спеціальності 176 – Мікро- та наносистемна техніка для освітньої програми «Пристрої та матеріали сенсорної електроніки», яка викладається в 1-му семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Предметом вивчення навчальної дисципліни «Біоелектроніка» є розгляд завдань електроніки на базі аналізу структур і життєдіяльності живих організмів. Біоелектроніка охоплює проблеми вивчення нервової системи людини і тварин та моделювання нервових клітин (нейронів і нейронних мереж) для подальшого вдосконалення електронної вичислювальної техніки, техніки зв'язку, розробки нових елементів і пристроїв автоматики та телемеханіки.
Мета та цілі дисципліни	Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з основними способами використання радіоелектронних пристроїв для дослідження біологічних об'єктів, показати клітинні культури як матеріал для біоелектроніки та методи дослідження клітинних культур. Основні завдання вивчення дисципліни: навчити студентів самостійно виконувати розрахунки, необхідні для аналізу клітинних потенціалів, які служать основою біоелектроніки, та досліджувати параметри клітинних структур для подальшого застосування у новітніх технологіях.

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carrara S, Iniewski K (2015). Carrara S, Iniewski K (eds.). Handbook of Bioelectronics. Cambridge University Press. pp. 1–569. doi:10.1017/CBO9781139629539. ISBN 9781139629539. 2. Petty Michael C. (2019). <i>Organic and molecular electronics: from principles to practice</i> (2nd edition). Hoboken, NJ, USA. ISBN 978-1-118-87927-6 3. Simon DT, Gabrielsson EO, Tybrandt K, Berggren M (November 2016). "<i>Organic Bioelectronics: Bridging the Signaling Gap between Biology and Technology</i>". Chemical Reviews. 116 (21): 13009–13041. doi:10.1021/acs.chemrev.6b00146 4. Scangos, K.W., Khambhati, A.N., Daly, P.M. et al. Closed-loop neuromodulation in an individual with treatment-resistant depression. Nat Med (2021). https://doi.org/10.1038/s41591-021-01480-w 5. Stavrinidou, E. and Proctor, C. M., <i>Introduction to Bioelectronics: Materials, Devices, and Applications</i>, edited by E. Stavrinidou and C. M. Proctor (AIP Publishing, Melville, New York, 2022), pp. 1–116. 6. Anuj Kumar and Ram K. Gupta Bioelectronics. Materials, Technologies, and Emerging Applications – Taylor & Francis Group: CRC Press 2023. – 398 p. 7. Y. Li, A. Veronica, J. Ma, and H. Y. Y. Nyein Materials, Structure, and Interface of Stretchable Interconnects for Wearable Bioelectronics. Review. <i>Adv. Mater.</i> 2408456 (2024) DOI: 10.1002/adma.202408456 8. Löffler S, Libberton B, Richter-Dahlfors A (2015). "<i>Organic bioelectronics in infection</i>". Journal of Materials Chemistry B. 3 (25): 4979–4992. doi:10.1039/C5TB00382B. PMID 322624508. <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, В. І. Ільченко та ін. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності – Київ: НТУУ «КПІ», 2010. – 160 с 2. Стахів П.Г., Коруд В.І., Гамола О.Є. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. - Львів: Новий світ-2000, 2003. - 128 с. 3. Electronics using hybrid-molecular and mono-molecular devices/ C. Joachim, J.Gimzewski, A. Aviram //Nature 2000. V.408, N11 3. P.541-548
<p>Обсяг курсу</p>	<p>48 години аудиторних занять. З них 16 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 132 години самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>Знати</p> <ul style="list-style-type: none"> - основні ідеї, поняття та закони біоелектроніки, межі їхнього застосування; - закони виникнення клітинних потенціалів; активні та пасивні характеристики живих тканин; електричну активність органів; - методи дослідження клітинних культур; оптичні властивості клітин; - інформаційні та регуляторні властивості в біологічних системах; зворотні зв'язки у рефлексорних системах. <p>Вміти</p> <ul style="list-style-type: none"> - застосовувати вивчені закони і принципи для аналізу клітинних потенціалів; - застосовувати здобуті знання на практиці, зокрема під час лабораторного експерименту; - пояснювати біоелектричні процеси та явища, які використовуються у медичній діагностиці та терапії; - визначати принципи дії та область застосування біоелектричних методів та приладів, робота яких ґрунтується на фізичних явищах.

Ключові слова	Біоелектроніка, біоелектричні потенціали, біомедичні пристрої, нейронні мережі, клітинні комп'ютери,
Формат курсу	Очний.
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань у галузі 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, зокрема з таких попередньо вивчених навчальних курсів як «Загальної фізика», «Біомедична інженерія та штучний інтелект», «Фізичні основи роботи біомедичної апаратури» та інші.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусії.
Необхідне обладнання	Мультимедіа, платформа Moodle, платформа MS Teams, комп'ютерне програмне забезпечення
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 60. • контрольна робота: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20. • підсумкові тестові завдання: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20 Загалом упродовж семестру 100 балів.

Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні 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 роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Література. 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.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані під час семестру, виконанні самостійної роботи та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного 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.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Оцінювання лабораторних робіт (8 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 60) відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту звіту:

- лабораторні роботи 1-8 (0-5 балів за одну роботу)

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання;

4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками);

3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з помірними недоліками;

2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, та в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з суттєвими недоліками;

	<p>1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином, не в змозі самостійно реалізувати завдання для виконання роботи, лише при допомозі викладача;</p> <p>0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином /не функціонують взагалі, не в змозі при допомозі викладача реалізувати завдання для виконання роботи</p> <p>У підсумку, всі набрані бали множаться на коефіцієнт для переведення у 60-ти бальну шкалу</p> <p>Контрольна робота та підсумкові тестові завдання проводяться у формі тестових завдань по 20 балів за кожний вид контролю (2x20=40 балів).</p>
Питання до контрольних робіт	Перелік питань та завдань для проведення контрольних робіт розміщені на веб-сторінці.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Біоелектроніка як наука. Електронедиччна апаратура. Пристрої знімання біомедичної інформації. Сенсори та підсилювачі біоелектричних сигналів.	Лекція	1, 2, 3. 4, 5, 6, 7, 8	Вступ. Основи фізичних вимірювань у біомедичних дослідженнях.	2-й тиж. семестру
2				Технічні вимоги до основних типів біоелектронних приладів.	3-й тиж. семестру
3	Електростимулятори і генератори. Передача біомедичних сигналів. Реєструючі пристрої інформації. Техніка безпеки при роботі з медичним устаткуванням.	Лекція	1, 2, 3. 4, 5, 6, 7, 8	Технічні вимоги до основних типів біоелектронних приладів.	4-й тиж. семестру

4				Механізм виникнення потенціалу спокою та потенціалу дії.	5-й тиж. семестру
5	Фізичні основи біоелектроніки. Іонні рівноваги. Електродифузне рівняння Нернста – Планка. Потенціал спокою. Доннанівська рівновага. Рівняння Гольдмана – Ходжкіна – Катца.	Лекція	1, 2, 3, 6, 7, 8	Механізм виникнення потенціалу спокою та потенціалу дії.	6-й тиж. семестру
6				Одно- і двоелектродне відведення струмів при фіксації потенціалу.	7-й тиж. семестру
7	Потенціал дії. Фіксація потенціалу. Рівняння Ходжкіна – Хакслі. Роль іонних каналів в біоелектрогенезі. Рефрактерність. Акомодация збуджуваних тканин. Поширення збудження.	Лекція	1, 2, 3, 6, 7, 8.	Одно- і двоелектродне відведення струмів при фіксації потенціалу.	8-й тиж. семестру
8				Проміжне підсумкове заняття.	9-й тиж. семестру
9	Власні електромагнітні поля організму людини. Пасивні електричні властивості живих тканин. Характеристика електрогенних властивостей живих тканин. Електрична активність органів.	Лекція	1, 2, 4, 5, 6	Вплив лазерного випромінювання на біологічні об'єкти.	10-й тиж. семестру
10				Вплив лазерного випромінювання на біологічні об'єкти.	11-й тиж. семестру
11	Поле монополя і диполя. Еквівалентний електричний генератор серця. Електрична активність головного мозку і скелетних м'язів. Клітинна культура як матеріал біоелектроніки.	Лекція	1, 2, 3, 4, 5, 6	Використання когерентно – оптичних методів для дослідження культур клітин.	12-й тиж. семестру
12				Використання когерентно – оптичних методів для дослідження культур клітин.	13-й тиж. семестру
13	Методи дослідження клітинної культури. Лазерне випромінювання і біологічний об'єкт. Використання когерентно – оптичних методів для дослідження культур клітин. Методи біоніки в інформатиці, штучні нейрони, нейромережі, генетичні алгоритми. Клітинні комп'ютери. ДНК – комп'ютери.	Лекція	1, 2, 3, 6, 7, 8	Два типи логічних мікросхем та їх керування одне одним.	14-й тиж. семестру
14				Два типи логічних мікросхем та їх керування одне одним.	15-й тиж. семестру
15	Електропровідні властивості ДНК. Прилади на основі біоелектроніки. Рідинні транзистори. Логічні елементи на основі органічних сполук. Кінцевий біоавтомат Шапіро.	Лекція	1, 4, 5, 6, 7, 8.	Контрольна робота	16-й тиж. семестру

16				Підсумкове заняття ЛР. 16. 2 год.	До іспиту
----	--	--	--	--------------------------------------	--------------