

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 ФБМЕ
факультету електроніки та комп'ютерних техно-
логій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 30 серпня 2021 р.)

Завідувач кафедри Бордун О.М.

Силабус з навчальної дисципліни
«Біомедична інженерія та штучний інтелект»,
що викладається в межах ОП «Сенсорні та діагностичні еле-
ктронні системи» першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти для здобувачів з спеціальності
153 Мікро- та наносистемна техніка

Львів 2021

Назва дисципліни	Біомедична інженерія та штучний інтелект
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	15 Автоматизація та приладобудування, 153 Мікро- та наносистемна техніка
Викладачі дисципліни	Бордун Олег Михайлович, доктор фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри
Контактна інформація викладачів	oleh.bordun@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/bordun-o-m
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://teams.microsoft.com/#/school/files/General?threadId=19%3AIDWVHJNAitFFa6wXCTZNER4s9rd5ROplOIpvI619iF41%40thread.tacv2&ctx=channel&context=General&rootfolder=%252Fsites%252FBiomedicalEngineering153%252FShared%2520Documents%252FGeneral
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Біомедична інженерія та штучний інтелект» є вибірковою дисципліною циклу професійно-орієнтованих дисциплін з спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка для освітньої програми «Сенсорні та діагностичні електронні системи», яка викладається в 4-му семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Біомедична інженерія як наука виникла на межі біології та інженерних наук, фізики і математики. Біомедична інженерія вносить кількісну характеристику та модельні уявлення при описі та аналізі різних біологічних явищ і сприяє їх використанню в діагностичних та терапевтичних цілях. В біомедичних дослідженнях широко використовуються фізичні, хімічні, а в даний час і обчислювальні методи. Фізичні явища лежать в основі багатьох терапевтичних і діагностичних методів. В даному курсі розглядається широкий спектр проблем біомедичної інженерії. Особлива увага приділена питанням, що мають безпосереднє відношення до практичної і наукової діяльності: математичному моделюванню процесів, молекулярній біофізиці, транспорту речовин через біологічні мембрани, біофізиці нервового імпульсу, кровообігу, методам аналізу лікарських засобів та ін. Розглядаються основні поняття та перспективи розвитку прикладних систем штучного інтелекту в контексті їх використання в технологіях експертних систем. Проаналізовано методи подання й обробки знань, особливості побудови експертних систем, загальні відомості про методи набуття знань та інструментарії для розробки експертних систем.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни циклу професійно-орієнтованих дисциплін «Біомедична інженерія та штучний інтелект» є формування в майбутнього спеціаліста цілісної картини фізичних явищ при роботі з електронною технікою. Це передбачає виклад основ механіки, молекулярної фізики, електрики і магнетизму, основ експертних систем, нейронних мереж та інших напрямків штучного інтелекту.

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Азнакаєв Е.Г. Біомедична інженерія (фундаментальні та прикладні аспекти): Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 392с. 2. Тимонюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика: Учебник.–2-е изд. – К.: ИД «Профессионал», 2004. – 704. 3. Ремизов А. М. Медицинская и биологическая физика. – М.: Высш. школа, 2000. – 387с. 4. Абакумов В.Г., Синекон Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К.: КПІ, 1998. – 276с. 5. Барский А.Б. Нейронные сети. – М: Финансы и статистика, 2004. – 234с. 6. Медицинские приборы /Ред. Дж.Г.Вебстер. – К.: Медторг, 2004. 7. Ливенсон А.Р. Электромедицинская аппаратура. – М.: Медицина, 1981. 8. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е издание: - Издательский дом «Вильямс», 2007. 9. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание: - Издательский дом «Вильямс», 2006. 10. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2004. <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Биофизика/Под ред. В.Ф.Антонова. – М.: Гуманит. изд. центр. ВЛАДОС, 1999. – 288с. 2. 9. Владимиров Ю.А., Рошупкин Д.И., Потапенко А.Я., Деев А.И. Биофизика. – М.: Медицина, 1983. – 272с. 3. 10. Бабак В.П., Білецький А.Я. Детерміновані сигнали і спектри. – К.: Техніка, 2003.
<p>Обсяг курсу</p>	<p>96 годин аудиторних занять. З них 48 години лекцій, 48 години лабораторних робіт та 84 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 біофізики, межі їхнього застосування, основні біофізичні величини, одиниці їх вимірювання; - головні технічні проблеми, пов'язані з фізичними методами аналізу та діагностики; - моніторинг функціонального стану організму людини, тварин і екосистем за допомогою сучасних апаратно-програмних засобів; - проведення досліджень та спостережень щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем; - обробка та аналіз біологічних сигналів і медичних зображень із застосуванням комп'ютерних технологій. <p>Вміти</p> <ul style="list-style-type: none"> - застосовувати вивчені закони і принципи для розв'язування задач з біомедичної інженерії; - застосовувати здобуті знання на практиці, зокрема під час біофізичного експерименту; - пояснювати біофізичні процеси та явища, які використовуються у медичній діагностиці та терапії; - визначати принципи дії та область застосування біофізичних методів та приладів, робота яких ґрунтується на фізичних явищах - ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими об'єктами - розробляти і застосовувати різні методи моделювання функціонування живих організмів і процесів в біології та медицині; - обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю за клініко-інструментальним та

	клініко-лабораторним обладнанням і комплексами
Ключові слова	Біофізичні процеси, фізичні властивості організмів, експертні системи, нейронні мережі
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Іспит.
Пререквізити	Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математики і фізики: математичний аналіз, основи векторного аналізу та теорії диференціальних рівнянь, механіка, молекулярна фізика, електрика, оптика, атомна і ядерна фізика.
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 50-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 66% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30. • дві контрольні роботи: 34% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20.
	Загалом упродовж семестру 50 балів. Іспит проводиться в письмовій формі з наступною усною співбесідою. Білет з іспиту включає в себе два запитання з програми даного курсу, одну задачу, тестові завдання і оцінюється в 50 балів.
	Контрольні роботи проводяться у формі тестових завдань. 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 такої 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 за-

	няття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; не-своєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
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	Вступ. Біомедична інженерія. Методи дослідження в біомедичній інженерії. Біофізика м'язевого скорочення. Рівняння Хілла. Теплопродукція при м'язевому скороченні. Коефіцієнт корисної дії м'яза.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Вступ. Вимірювання та обробка результатів в біомедичних дослідженнях.	2-й тиж. семестру
2	Термодинамічні основи біологічних систем. Перше начало термодинаміки в хімії і біології. Друге начало термодинаміки для відкритих систем. Швидкість зміни ентропії у відкритих системах. Зміна вільної енергії у біологічних системах. Хімічний і електрохімічний потенціали. Швидкість зростання ентропії і дисипативна функція. Спряжені процеси.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Визначення розміру частинок дисперсійної системи. Врахування з внеску розсіювання у специфічне поглинання.	3-й тиж. семестру
3	Молекулярна біофізика. Ковалентні, іонні та іонно-дипольні взаємодії в макромолекулах. Ван-дер-Ваальсові, водневі та гідрофобні взаємодії в молекулах. Структура води. Взаємодія розчинних речовин з водою. Гідрофобні взаємодії.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Дослідження дисперсії електричного імпедансу біологічних тканин.	4-й тиж. семестру
4	Біофізичні аспекти системи кровообігу. Течія крові по судинах. Розподіл тиску крові в судинах. Швидкість осідання еритроцитів. Дифузний спосіб перенесення речовин по капілярній мережі. Конвективний спосіб перенесення речовин по капілярній мережі.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Практичне заняття «Механічні процеси в біологічних системах».	5-й тиж. семестру
5	Структура біологічних мембран. Рух ліпідів і білків у біологічних мембранах. Фазові переходи у мембранах. Методи вивчення фазових переходів у мембранах. Транспорт речовин через біологічні мембрани. Рівняння Нернста для біологічних мембран.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Дослідження дисперсії електричного імпедансу еквівалентних електричних схем до біологічних тканин.	6-й тиж. семестру

6	Біофізика нервового імпульсу. Потенціал спокою. Потенціал дії. Швидкість проведення нервового імпульсу. Біофізика зору. Будова людського ока. Оптична система ока людини. Природні недоліки зору людини. Патологічні недоліки зору людини. Молекулярний механізм зору.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Експериментальна перевірка психофізичного закону Вебера-Фехнера.	7-й тиж. семестру
7	Дія фізичних факторів на біологічні об'єкти. Вплив електричного струму на живий організм. Імпеданс біологічних тканин. Біологічна дія електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону. Вплив випромінювання оптичного діапазону на біологічні об'єкти.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Дослідження стану хлорофілу в листках спектральним методом.	8-й тиж. семестру
8	Вплив ультрафіолетового випромінювання на біологічні молекули. Оптичне випромінювання у медицині. Дози іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на організм. Модифікація радіобіологічних ефектів. Іонізуюче випромінювання у медицині.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Практичне заняття «Термодинаміка біологічних систем».	9-й тиж. семестру
9	Власні фізичні поля людини. Електричні і магнітні поля людини. Модель еквівалентного генератора серця. Експериментальні основи електрокардіографії. Теорія Ейнтховена. Теплове випромінювання організмів, тепловізори. Біоломінесценція.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Проміжне підсумкове заняття.	10-й тиж. семестру
10	Принципи біоніки. Сенсорні системи. Рецепція. Біологічні та технічні давачі. Спектр чутливості рецепторних клітин.	Лекція	1, 2, 3, 4, 6, 7	Математичне моделювання імунної реакції. Дослідження моделі аутоімунного захворювання.	11-й тиж. семестру
11	Проблематика штучного інтелекту. Підходи до створення штучного інтелекту. Напрямки розвитку систем штучного інтелекту. Вплив штучного інтелекту на ідеологію програмування. Експертні системи як різновид систем штучного інтелекту.	Лекція	4, 5, 6, 8, 9, 10	Практичне заняття «Електричні процеси в біологічних системах».	12-й тиж. семестру
12	Класифікація експертних систем. Порівняння людської і штучної компетенції. Критерії вибору задач, що реалізуються методами і засобами експертних систем. Рівні реалізації експертної системи.	Лекція	4, 5, 6, 8, 9, 10	Математичне моделювання імунної реакції. Дослідження моделі гуморального імунітету.	13-й тиж. семестру

13	Фізичні моделі нейронних мереж. Аналогія з мозком. Біологічний нейрон. Штучний нейрон. Архітектура з'єднань штучних нейронів. Типові архітектури нейронних мереж. Перетворення сигналів у нейронних мережах.	Лекція	4, 5, 6, 8, 9, 10	Математичне моделювання імунної реакції. Дослідження моделі протипухлинного імунітету	14-й тиж. семестру
14	Навчання штучної нейронної мережі. Контрольоване навчання. Неконтрольоване навчання. Оцінки навчання. Обґрунтованість застосування нейромереж. Порівняння традиційного комп'ютера з біологічною нейронною системою. Завдання, які вирішують за допомогою нейромоделювання.	Лекція	4, 5, 6, 8, 9, 10	Практичне заняття «Оптичні процеси та радіаційні явища в біологічних системах».	15-й тиж. семестру
15	Класифікація відомих нейромереж. Перцептрон Розенбалата. Алгоритм навчання одношарового перцептрона. Нейромережа зворотного поширення похибки (Back Propagation). Алгоритм навчання мережі.	Лекція	4, 5, 6, 8, 9, 10	Вивчення основ інформаційно-ймовірнісного методу медичної діагностики.	16-й тиж. семестру
16	Мережа Кохонена. Алгоритм функціонування мережі Кохонена. Мережа Хопфілда. Алгоритм функціонування мережі. Мережа Хемінга. Алгоритм функціонування мережі Хемінга	Лекція	4, 5, 6, 8, 9, 10	Підсумкове заняття	До іспиту