Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра біомедичної інженерії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор з науково-педагогічної роботи по організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення

_____ Василевський О. М.

"17" 09 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.21 Біофізика
(шифр і назва навчальної дисципліни)

підготовки бакалавра
(назва рівня вищої освіти)
галузь знань 16 – Хімічна та біоінженерія
(шифр і найменування галузі знань)
спеціальність 163 – Біомедична інженерія
(код і найменування спеціальності)
освітня програма Біомедична інженерія

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Розроблено в рамках проекту "Erasmus+ (CBHE) BioArt "Інноваційна мультидисциплінарна освітня програма зі штучних імплантів для біоінженерії для бакалаврів та магістрів"

Developed in the frame of project "Erasmus+ (CBHE) BioArt "Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc / MSc Degrees" (586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE- JP).

Вінниця – 2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Біофізика»
для здобувачів освітнього ступеня бакалавра
галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія
спеціальності 163 – Біомедична інженерія
освітня програма Біомедична інженерія, 2020. – 15 с.

Розробник:
Штофель Дмитро Хуанович, доцент кафедри БМІ, канд. техн. наук, доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри біомедичної інженерії

Протокол від «9» 06 2020 року № 19

Завідувач кафедри _____ доц. Коваль Л. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною комісією ФІРЕН

Протокол від «10» 06 2020 року № 10

Голова Методичної комісії ФІРЕН _____ проф. Кичак В. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною радою ВНТУ

Протокол від «17» 09 2020 року № 1

Голова _____ проф. Васілевський О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

© Д. Х. Штофель, 2020 рік.
© ВНТУ, 2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td>Галузь знань
16 – Хімічна та біоінженерія
(шифр і найменування)</td><td colspan="2">Обов’язкова
Професійна</td></tr>
<tr><td>Модулів – 2</td><td rowspan="6">спеціальність 163 – Біомедична інженерія
освітня програма Біомедична інженерія</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>2б</td><td>2б</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові роботи, дипломні проекти (роботи) та ін. визначаються робочим навчальним планом чи рішенням кафедри) –</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 150</td><td>4-й</td><td>4-й</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,5 самостійної та індивідуальної роботи студента – 2,83</td><td rowspan="10">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</td><td>45 год.</td><td>14 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>27 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>27 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Курсова робота</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>51 год.</td><td>120 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю: іспит</td><td>Вид контролю: іспит</td></tr>
</table>

Примітка.
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:
для денної форми навчання – 66 % / 44 %,
для заочної форми навчання – 25 % / 75 %

Мова навчання – українська, англійська.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Біофізика» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Фізика», «Біохімія», «Математичне моделювання в біології та медицині». Ця дисципліна є передумовою і передує вивченню дисципліни «Біомедична механіка».

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни. Вивчення студентами фізичних основ будови та функціонування організму людини на різних рівнях організації, основ відновлювальних медичних технологій.

Програмні результати навчання

В результаті опанування дисципліни здобувачі освіти набувають знань та умінь, які формують такі результати навчання (згідно з вимогами освітньо-професійної програми):

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 2. Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.

ПРН 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров’я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

ПРН 9. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об’єктів та матеріалів медичного призначення.

ПРН 10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико- технічні та біоінженерні системи і процеси.

ПРН 11. Здійснювати контроль якості та умов експлуатації медичної техніки та матеріалів медичного призначення, штучних органів та протезів.

ПРН 12. Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.

ПРН 13. Вміти аналізувати сигнали, які передаються від органів на прилади, та проводити обробку діагностичної інформації.

ПРН 16. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування.

ПРН 18. Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.

ПРН 20. Проектувати, вибирати матеріал та розробляти технологію виготовлення біомедичних імплантів

Компетентності, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.

ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

СК8. Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

СК9. Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.

СК12. Здатність проектувати і визначати умови застосування біомедичних імплантів.

Поточний контроль знань здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час виконання і захисту лабораторних, практичних робіт, інших видів самостійної роботи; підсумковий контроль – тестування, колоквіум, опитування, іспит.

На самостійну роботу виноситься вивчення окремих питань курсу та опрацювання проблемних завдань, написання есеїв, розробка презентацій та виголошення доповідей, підготовка до лабораторних робіт і практичних занять, колоквіумів, тестування, іспиту, виконання окремих індивідуальних науково-дослідних робіт.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи загальної біофізики.

Тема 1. Фізичні основи життя.

Жива і нежива матерія. Властивості та основні ознаки живого. Біофізика як наука. Предмет та область вивчення біофізики. Історія розвитку біофізики. Органічні молекули. Хімічна взаємодія та зв'язки в макромолекулах. Вуглеводи, жири та їх властивості. Амінокислоти. Будова і функції білка. Структури білків. Білкові глобули. Антитіла й антигени. ДНК та РНК. Будова і властивості нуклеотидів. Структура і властивості ДНК як основного носія генетичної інформації. Редуплікація ДНК.

Тема 2. Методи біофізики.

Фізичні методи дослідження біофізичних властивостей макромолекул. Рентгеноструктурний аналіз. Хроматографія. Спектральний аналіз. Рефрактометрія. Ізотопна індикація. Електронна мікроскопія. Ультрафіолетова мікроскопія. Фізичні моделі. Математичне моделювання.

Тема 3. Біофізика мембран.

Будова і властивості клітинних мембран. Рухливість молекул в мембранах. Пасивний та активний транспорт через мембрану. Ліпідні пори і проникність мембран. Натрієво-калієвий насос. Методи дослідження біологічних мембран. Штучні мембрани.

Тема 4. Біофізика нервового імпульсу.

Електропровідність біологічних систем. Фізична основа нервового імпульсу. Біоелектричні потенціали. Поляризація та деполяризація мембрани. Механізм генерації нервового імпульсу. Розповсюдження нервового імпульсу. Іонні канали та синаптична передача імпульсу. Вплив будови нервового волокна на швидкість передачі нервового імпульсу. Біофізичні основи імітації нервового імпульсу.

Тема 5. Біофізика м’язового скорочення.

Будова м’язів та м’язових білків. Модель м’язових ниток. Будова саркомера. Біофізика м’яза. Механохімічна система м’язового волокна. Потужність скорочення м’яза. Рівняння Хіла. Сила м’яза. Моделювання м’язового скорочення. Електромеханічна взаємодія в м’язі.

Тема 6. Вплив фізичних полів на організм людини.

Взаємодія електромагнітних випромінювань з живою тканиною. Радіоактивні та іонізуючі випромінювання і їх вплив на організм людини. Дозування радіаційного випромінювання. Природний радіаційний фон та його зміни. Електромагнітні та радіоактивні випромінювання в медицині, їх терапевтичний ефект. Біофізика сенсорних систем людини.

Тема 7. Власні випромінювання біологічних об’єктів.

Види фізичних полів організму людини, їх джерела та інтенсивність. Електричні поля внутрішніх органів. Магнітні поля. Інфрачервоне випромінювання. Оптичні та акустичні поля людини. Біофізичні основи електрокардіографії та електроенцефалографії. НВЧ-випромінювання біооб’єктів.

Тема 8. Моделювання складних систем у біофізиці.

Моделювання в біологічних системах. Математичні моделі розвитку популяцій. Автоматична регуляція в живих системах. Термодинаміка біологічних процесів (рівноважних та необоротних процесів). Ентропія та ентальпія біологічної системи. Біологічна кібернетика. Інформація та інформаційні потоки в організмі. Ритмічні, коливальні та автохвильові процеси. Стохастичні процеси і фазові переходи в біологічних системах.

Змістовий модуль 2. Біоматеріали: взаємодія з кров'ю та очищення крові.

Тема 9. Взаємодія біоматеріалів з кров’ю.

Поняття біоматеріалу. Біоматеріали, які застосовуються для контакту з кров’ю, їх класифікація. Сфери використання біоматеріалів. Модифікація поверхні біоматеріалів при взаємодії з білками крові. Білкова абсорбція. Фізичні критерії біосумісності матеріалів. Біоінтеграція матеріалів. Способи підвищення біосумісності. Механізми біологічної відповіді на введення біоматеріалу. Фізико-хімічні модифікації біоматеріалів.

Тема 10. Клітинна реакція крові на чужорідний матеріал.

Сили, які виникають всередині клітини. Сили, що діють на клітину ззовні. Сили поверхневого натягу. Механотрансдукція – перетворення клітиною механічного подразнення в електрохімічний сигнал. Відповідь клітини на механічні подразники. Механічні властивості мембрани та цитозоля. Біофізичний механізм

згортання крові. Зміна форми тромбоцитів та її причини. Чутливі білки на поверхні тромбоцитів. Функції рецепторів тромбоцитів. Тромбоцитарні мікрочастки. Реакція тромбоцитів на токсини. Взаємодія зовнішньоклітинного матриксу та глікокаліксу. Макромолекули і ефект очищення.

Тема 11. Зовнішнє очищення крові.

Екстракорпоральні технології очищення крові. Принципи очищення. Молекули-мішені для усунення. Біонічний принцип роботи нирки. Технологія фільтрації. Біофізичні причини захворювання нирок та шляхи їх лікування. Показник Фішера. Принципи аферезу. Апаратура для аферезу. Принципи діалізу. Ападатура для діалізу. Ендотоксини і печінка. Системи підтримки печінки. Жировий аферез. Адсорбенти для очищення крові. Мембрани з порожнистих волокон. Параметри мембран. Оцінка ефективності екстракорпоральних систем очищення крові. Ізотерма Лонгмура. Антикоагуляція та біосумісність.

Змістовий модуль 3. Відновлення тканин і органів.

Тема 12. Відновлення тканин.

Регенерація і загоєння. Виклики і перспективи медико-біологічних технологій відновлення тканин. Перебудова тканини. Тканинні регулятори. Складові відновлення: клітини, матрикс, біоматеріали, регулятори та фактори росту. Стовбурові клітини. Генотип і фенотип стовбурових клітин. Умови розвитку. Джерела стовбурових клітин: жирова тканина, кістковий мозок, тканини зуба, ембріональні біоматеріали. Плюрипотенціал мезенхімальних стовбурових клітин. Абсорбуючі та не абсорбуючі основи для тканин. Біотехнологічна тканина.

Тема 13. Трансплантація органів.

Автотрансплантація хондроцитів та білкової тканини. Автоімунні реакції. Пригноблення імунних реакцій. Трансплантація шкіри. Трансплантація суглобів. Трансплантація судин. Трансплантація серця. Трансплантація нирок.

Тема 14. Біоінженерія.

Поняття біоінженерії та сфери її застосування. Професія біоінженера та біотехнолога. Центральна догма молекулярної біології та біоінформатика. Геноміка. Транскриптоміка. Протеоміка. Метаболоміка. Відкриті сервіси з молекулярної біології NCBI та EBI. Великі набори біологічних даних. Порівняння послідовностей. Біополімерні послідовності. Структури білків та нуклеїнових кислот. Пошук генів, збірка геномів, вирівнювання структур білків, передбачення структури білків, передбачення експресії генів, білок-білкової взаємодії та реконструювання еволюційних процесів. Формати FASTA і PDB. Моделювання просторової структури біомолекул. Молекулярний дизайн.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Основи загальної біофізики												
Тема 1. Фізичні основи життя	6	1			-	5	6	1				5
Тема 2. Методи біофізики	6	2		3	-	2	7	1		1		5
Тема 3. Біофізика мембран	8	2	2		-	4	6	1				5
Тема 4. Біофізика нервового імпульсу	8	2	2		-	4	8	1	1			6
Тема 5. Біофізика м'язового скорочення	8	2	2		-	4	7	1				6
Тема 6. Вплив фізичних полів на організм людини	8	2		3	-	3	8	1		1		6
Тема 7. Власні випромінювання біологічних об'єктів	8	2		3	-	4	6	1				5
Тема 8. Моделювання складних систем у біофізиці	8	2	3		-	4	8	1	1			6
Разом за змістовим модулем 1	60	15	9	9	-	27	56	8	2	2		44
Змістовий модуль 2. Біоматеріали: взаємодія з кров'ю та очищення крові												
Тема 9. Взаємодія біоматеріалів з кров'ю	15	5	3	3	-	4	14	1	1	1		11
Тема 10. Клітинна реакція крові на чужорідний матеріал	15	5	3	3	-	4	14	1	1	1		11
Тема 11. Зовнішнє очищення крові	15	5	3	3	-	4	15	1	1	1		12
Разом за змістовим модулем 2	45	15	9	9	-	12	43	3	3	3		34
Змістовий модуль 3. Відновлення тканин і органів												
Тема 12. Відновлення тканин	15	5	3	3	-	4	14	1	1	1		11
Тема 13. Трансплантація органів	15	5	3	3	-	4	14	1	1	1		11
Тема 14. Біоінженерія	!5	5	3	3	-	4	15	1	1	1		12
Разом за змістовим модулем 3	45	15	9	9	-	12	43	3	3	3		34
Контрольна робота для студентів заочної форми навчання					-		8				8	
Усього годин	**150**	45	27	27	-	51	**150**	14	8	8	8	112

6. Теми семінарських занять – *навчальним планом не передбачені*

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення характеристик електронної моделі біологічної мембрани. Визначення електрозбудливості моделі мембрани.	2
2	Дослідження синаптичної передачі нервового імпульса.	2
3	Дослідження моделі м’язового скорочення.	2
4	Дослідження моделей біологічних процесів.	3
5	Дослідження поверхневих ефектів при взаємодії з кров'ю.	3
6	Побудова схеми імунної відповіді. Моделювання взаємодії білка з антигеном.	3
7	Розрахунок параметрів аферезу та діалізу.	3
8	Розробка технології вирощування стовбурових клітин.	3
9	Забезпечення біосумісності трансплантованих органів.	3
10	Вирівнювання послідовностей. Пошук гомологів BLAST.	3
	Разом	27

8. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування методу рефрактометрії у біофізиці.	3
2	Визначення рухливості іонів методом електрофорезу. Дослідження рухливості іонів у розчині за допомогою електрофоретичної установки, буферного розчину та хронографічного паперу.	3
3	Реєстрація електричної активності організму людини. Діагностичні методи електрографії.	3
4	Дослідження взаємодії біоматеріалів з плазмою крові.	3
5	Дослідження взаємодії біоматеріалів з форменими елементами.	3
6	Дослідження апаратури для діалізу.	3
7	Дослідження процесу регенерації епітеліальної тканини.	3
8	Дослідження імунної відповіді на чужорідний матеріал.	3
9	Дослідження моделі метаболічної мережі з CellNetAnalyser.	3
	Разом	27

9. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Біофізика як наука. Предмет та область вивчення біофізики. Історія розвитку біофізики. Хімічна взаємодія та зв'язки в макромолекулах. Білкові глобули. Антитіла й антигени. Будова і властивості нуклеотидів. Структура і властивості ДНК як основного носія генетичної інформації.	5
2	Рефрактометрія. Ультрафіолетова мікроскопія. Фізичні моделі. Математичне моделювання.	2
3	Ліпідні пори і проникність мембран. Натрієво-калієвий насос. Методи дослідження біологічних мембран. Штучні мембрани.	4
4	Фізична основа нервового імпульсу. Вплив будови нервового волокна на швидкість передачі нервового імпульсу. Іонні канали та синаптична передача імпульсу. Біофізичні основи імітації нервового імпульсу.	4
5	Будова м'язів та м'язових білків. Моделювання м'язового скорочення. Механохімічна система м'язового волокна. Електромеханічна взаємодія в м'язі.	4
6	Дозування радіаційного випромінювання. Природний радіаційний фон та його зміни. Електромагнітні та радіоактивні випромінювання в медицині, їх терапевтичний ефект.	3
7	Види фізичних полів організму людини, їх джерела та інтенсивність. Біофізичні основи електрокардіографії та електроенцефалографії. НВЧ-випромінювання біооб'єктів.	4
8	Біологічна кібернетика. Інформація та інформаційні потоки в організмі. Ентропія та ентальпія біологічної системи. Ритмічні, коливальні та автохвильові процеси. Стохастичні процеси і фазові переходи в біологічних системах.	4
9	Поняття біоматеріалу. Біоматеріали, які застосовуються для контакту з кров'ю, їх класифікація. Сфери використання біоматеріалів.	4
10	Чутливі білки на поверхні тромбоцитів. Функції рецепторів тромбоцитів. Тромбоцитарні мікрочастки. Реакція тромбоцитів на токсини. Взаємодія зовнішньоклітинного матриксу та глікокаліксу. Макромолекули і ефект очищення.	4
11	Мембрани з порожнистих волокон. Параметри мембран. Оцінка ефективності екстракорпоральних систем очищення крові. Ізотерма Лонгмура. Антикоагуляція та біосумісність.	4
12	Джерела стовбурових клітин: жирова тканина, кістковий мозок, тканини зуба, ембріональні біоматеріали. Плюрипотенціал мезенхімальних стовбурових клітин. Абсорбуючі та не абсорбуючі основи для тканин. Біотехнологічна тканина.	4
13	Автоімунні реакції. Пригноблення імунних реакцій. Трансплантація судин.	4
14	Порівняння послідовностей. Біополімерні послідовності. Структури білків та нуклеїнових кислот. Пошук генів, збірка геномів, вирівнювання структур білків, передбачення структури білків, передбачення експресії генів, білок-білкової взаємодії та реконструювання еволюційних процесів. Формати FASTA і PDB.	4
	Усього	51

10. Індивідуальні завдання

Під час вивчення дисципліни студенти розв’язують задачі, готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником здобувачі освіти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію ВНТУ.

11. Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, фасилітація, тренінг, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні заняття, лабораторні роботи (під час їх проведення використовується відповідне комп’ютерне і лабораторне устаткування, розташоване в аудиторіях кафедри, презентації, електронні матеріали та програмні засоби), консультації, підготовка статей і доповідей науково-дослідного характеру.

12. Засоби діагностування результатів навчання

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час виконання і захисту практичних і лабораторних робіт та індивідуальних завдань; підсумковий контроль – тестування, колоквіум, опитування, іспит.

13. Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 13.1 – Вид контролю – іспит

<table>
<tr><td colspan="11">Поточне тестування та самостійна робота</td><td>Іспит</td><td>Сума</td></tr>
<tr><td colspan="4">Модуль 1</td><td colspan="3">Модуль 2</td><td colspan="4">Модуль 3</td><td rowspan="3">25</td><td rowspan="3">100</td></tr>
<tr><td colspan="4">Змістовий модуль № 1</td><td colspan="3">Змістовий модуль № 2</td><td colspan="4">Змістовий модуль № 3</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td>Т7</td><td>Т8</td><td>Т9</td><td>Т10</td><td>Т11</td><td>Т12</td><td>Т13</td><td>Т14</td></tr>
<tr><td colspan="4">25</td><td colspan="3">25</td><td colspan="4">25</td></tr>
</table>

Т1, Т2 ... Т14 – теми змістових модулів.

Таблиця 13.2 – Оцінювання знань, умінь та навичок студентів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид робіт	Модуль		
	1	2	3
1. Виконання лабораторних робіт / 1 робота	6 / 2	6 / 2	6 / 2
2. Виконання практичних завдань / 1 завдання	8 / 2	6 / 2	6 / 2
2. Колоквіум	9 / 9	10 / 10	10 / 10
3. Виконання завдань з СРС	1	2	2
4. Активна робота на лекційних, лабораторних, практичних заняттях	1	1	1
Всього	25	25	25

Таблиця 13.4 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (для екзамену, диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики)
90 – 100	A	відмінно
82 – 89	B	добре
75 – 81	C	
64 – 74	D	задовільно
60 – 63	E	
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням

14. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентності	**Національна шкала**	**Шкала ECTS**	**Критерії оцінювання**
IV Високий (творчий) «5»	відмінно	A	Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на творчому рівні.
III Достатній (конструк-тивний) «4»	добре «4+»	B	Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях.
	добре «4»	C	Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні стандартних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нераціональності при програмуванні задач.

II Середній (репро-дуктив-ний) «3»	задовільно «3+»	D	Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, робити висновки та розробляти програмні блоки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при вирішенні задач застосовуються не найраціональніші рішення.
	задовільно «3»	E	Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. Здатність за допомогою викладача логічно відтворювати значну частину матеріалу. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, програми пишуться нераціонально, не використовуються всі ефективні засоби програмування.
I Низький «2»	«незадо-вільно з можливістю повторного складання»	FX	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обгрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (40-60%), пояснення не до ладу. Самостійно, без допомоги викладача, не може сформувати алгоритм рішення задачі. Програми не раціональні та неефективні, при програмуванні використовуються лише прості конструкції.
	«незадо-вільно з обо-в'язковим повторним вивченням дисципліни»	F	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обгрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%). Самостійно, без допомоги викладача, не може сформувати алгоритм рішення задачі.

15. Рекомендована література

Базова

1. Davidovits P. Physics in biology and medicine / Paul Davidovits. – 3rd ed. – Oxford : Elsevier – Academic Press, 2008. – 328 p.

2. Bialek, William. Biophysics: searching for principles. Princeton University Press, 2012. – 310 p.

3. Campbell, Gaylon S., and John M. Norman. An introduction to environmental biophysics. Springer Science & Business Media, 2012. – 308 p.

4. Concepts in Bioinformatics and Genomics / J. Momand, A. McCurdy, S. Heubach, N. Warter-Perez. – New York : Oxford University Press, 2017. – 504 p.

5. Медична та біологічна фізика : підручник / за ред. проф. О. В. Чалого. – Вінниця : Нова Книга, 2013. – 528 с.

6. Азнакаєв Е. Г. Біофізика : навчальний посібник / Е. Г. Азнакаєв. – К. : НАУ, 2005. – 308 с.

7. Біофізика і біомеханіка : підручник / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко та ін. – К. : Політехніка, 2012. – 344 с.

8. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 298 с.

Допоміжна

1. Sung W.-K. Algorithms in Bioinformatics: A Practical Introduction / Wing-Kin Sung. – Boca Raton : CRC Press, 2009. – 407 p.

2. Sargent, John A., and Frank A. Gotch. "Principles and biophysics of dialysis." Replacement of renal function by dialysis. Springer, Dordrecht, 1996. 34-102.

3. Биофизика для инженеров : учебное пособие. В 2 томах. Том 1. – Биоэнергетика, биомембранология и биологическая электродинамика / Е. В. Бигдай, С. П. Вихров, Н. В. Гривенная и др. ; под ред. С. П. Вихрова и В. О. Самойлова. – М. : Горячая линия–Телеком, 2008. – 496 с.

4. Інформаційні технології в біології та медицині : навчальний посібник / В. І. Гриценко, А. Б. Котова, М. І. Вовк [та ін.]. – К. : Наукова думка, 2007. – 383 с.

5. Давиденко В. М. Радіобіологія / В. М. Давиденко. – Миколаїв : МДАУ, 2011. – 265 с.

6. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики / Эрвин Шредингер. – М. : РИМИС, 2009. – 176 с.

16. Інформаційні ресурси

1. Free Online Courses in Biophysics / Biophysical Society. – Access mode : https://www.biophysics.org/education-careers/education-resources/additional-education-resources/free-online-courses

2. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін ; Чорноморський державний університет імені Петра Могили. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили. – Режим доступу : http://lib.chdu.edu.ua/index.php?m=2&b=309

3. Горобець С. В. Основи біоінформатики [Електронний ресурс] : підручник / С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, Т. А. Хоменко ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 2,72 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – Режим доступу : http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/774/1/10-11-146.pdf

This project has been funded with support from the European Commission. This publication / communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsibility for any use which may be made of the information contained therein.