

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра медичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Біофізика складних систем

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	перший
освітня програма	Електроніка та інформаційні технології в медицині
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	7, 8
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач:

Гріщенко Людмила Миколаївна, кандидат хім. наук, старший науковий співробітник, асистент кафедри медичної радіофізики

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

Розробник:

Гріщенко Людмила Миколаївна, кандидат хім. наук, старший науковий співробітник, асистент кафедри медичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри медичної радіофізики

_____ **Сергій РАДЧЕНКО**

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії _____ **Сергій РАДЧЕНКО**

« __ » _____ 2022 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів із основними фізичними принципами та підходами до вивчення процесів у живій природі, фізико-технічними принципами функціонування медичних приладів, використанням математичних методів у біомедичних дослідженнях, сучасними біофізичними методами дослідження та ідентифікації біомолекул, механізмами трансформації різних видів енергії в живих системах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна “Біофізика складних систем” базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра, а саме: “Молекулярна фізика”, “Апаратне та програмне забезпечення”, “Методи математичної фізики”, “Атомна фізика”, “Статистична фізика”, “Оптика”, “Коливання та хвилі”, “Анатомія та фізіологія для фізиків”.

Попередні вимоги:

студент повинен знати: основні закони, рівняння та співвідношення атомної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, молекулярної фізики, медичної фізики, біологічної фізики на рівні випускника бакалаврата Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

студент повинен вміти: здійснювати постановку фізичних, фізико-хімічних задач та біохімічних задач, ідентифікувати практично доцільні підходи до їхнього вирішення та використовувати необхідні в кожному конкретному випадку математичні методи на рівні бакалаврата Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни “Біофізика складних систем” дозволяє зрозуміти сутність таких явищ, технологій та проблем: лінійна та нелінійна термодинаміка, просторова організація біомолекул, динамічні властивості глобулярних білків, електронні властивості біополімерів, поведінка біологічних молекул в розчинах, біофізика білків та нуклеїнових кислот, структурно-функціональна організація біологічних мембран, транспорт речовин та біоелектрогенез, фізико-хімічні механізми виникнення мембранного потенціалу, електрична збудливість та іонні канали, механізми міжклітинних взаємодій, біофізика м'язів та клітинної рухомості, трансформація енергії у спряжених біомембранах, передача інформації в сенсорних системах організму, керування руховою функцією організму, сталість внутрішнього середовища організму та його регуляція.

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості курсу “Біофізика складних систем”, які складають важливу частину загально-наукової підготовки студента за спеціальністю “Прикладна фізика та наноматеріали”.
2. Узагальнити та розширити поняття про термодинаміку біологічних процесів, молекулярну біофізику, біофізику мембранних процесів, біофізику складних систем.
3. Навчити застосовувати основні відомості курсу у професійній діяльності, розвивати у студентів аналітичне мислення та науковий підхід.
4. Навчити застосовувати отримані знання та уміння в моделюванні поведінки збуджених мембран, процесів м'язового скорочення тощо.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

– коди, назви компетентностей із переліку компетентностей в описі освітньої програми

ЗК 3 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 4 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 5 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК 8 Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 12 Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК 13 Здатність працювати автономно.

ЗК 14 Навики здійснення безпечної діяльності.

ФК 3 Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.

ФК 4 Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

ФК 5 Здатність брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного

обладнання та пристроїв для проведення експерименту.

ФК 6 Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту.

ФК 7 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК 10 Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	знати:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 45
1.1	Перший та другий закони термодинаміки. Другий закон термодинаміки у відкритих системах. Співвідношення між значеннями рушійних сил та швидкостей процесів.	лекція	МКР	2
1.2	Загальні критерії стійкості стаціонарних станів. Ентропія, інформація і біологічна впорядкованість.	лекція	МКР	1
1.3	Просторові конфігурації біомолекул. Фазові переходи в білках. Типи взаємодій в макромолекулах.	лекція	МКР	2
1.4	Конформаційна енергія та просторова організація біополімерів. Стан води та гідрофобні взаємодії в біоструктурах.	лекція	МКР	2
1.5	Динаміка білків. Фізичні моделі динамічної рухливості білків. Молекулярне моделювання мембранно-зв'язаних ділянок білків і пептидів.	лекція	МКР	1
1.6	Електронні переходи в біополімерах. Електронні спектри біополімерів. Оптична активність.	лекція	МКР	1
1.7.	Механізми переносу електрона і міграції енергії в біоструктурах. Динаміка електронно-конформаційних взаємодій.	лекція	МКР	1
1.8	Молекулярна організація біологічних мембран. Термодинаміка процесів формування та стійкості мембран.	лекція	МКР	2
1.9	Фазові переходи в мембранних системах. Особливості міжмолекулярних взаємодій в мембранах.	лекція	МКР	1
1.10	Транспорт неелектролітів. Дифузія. Полегшена дифузія.	лекція	МКР	1
1.11	Транспорт іонів. Іонні рівноваги. Електрохімічний потенціал. Гідратація іонів.	лекція	МКР	1
1.12	Іонна рівновага на межі розділу фаз. Профілі потенціалу та концентрацій на межі розділу фаз.	лекція	МКР	2
1.13	Подвійний електричний шар. Мембранна рівновага Доннана.	лекція	МКР	2
1.14	Електродифузійна теорія транспорту іонів через мембрани. Рівняння електродифузії Нернста-Планка. Наближення постійного поля.	лекція	МКР	2
1.15	Індукований іонний транспорт. Бішарові ліпідні мембрани. Рухливі переносчики. Каналоутворюючі агенти.	лекція	МКР	2
1.16	Вплив поверхневого та дипольного потенціалів на швидкість іонного транспорту.	лекція	МКР	2

1.17	Іонний транспорт в каналах. Кальцієва провідність електрозбуджених мембран.	лекція	МКР	2
1.18	Активний транспорт. Натрій-калієва помпа. Електрогенний транспорт іонів.	лекція	МКР	2
1.19	Транспорт іонів у збуджених мембранах. Потенціал дії. Іонні струми в мембрані аксона.	лекція	МКР	1
1.20	Математичні моделі збуджених мембран. Поширення імпульсу.	лекція	МКР	1
1.21	Пренос електронів і трансформація енергії в біомембранах.	лекція	МКР	2
1.22	АТФазний комплекс. Механізм енергетичного sprzęження.	лекція	МКР	2
1.23	Загальна характеристика перетворення енергії в системах біологічної рухливості.	лекція	МКР	2
1.24	Основні відомості про властивості поперечно-смугастих м'язів.	лекція	МКР	1
1.25	Структура скорочувального апарату. Мостикова гіпотеза генерації сили.	лекція	МКР	1
1.26	Біофізика процесів гормональної рецепції. Передача сигналу від гормонів та медіаторів всередину клітини.	лекція	МКР	2
1.27	Загальні закономірності рецепції гормонів і медіаторів. Особливості внутрішньомембранних процесів рецепції.	лекція	МКР	2
1.28	Кінетичні особливості системи регуляції внутрішньоклітинними посередниками.	лекція	МКР	2
2	вміги:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 45
2.1	Визначати зміну термодинамічних параметрів реакцій, що перебігають в біологічних системах, визначати константу рівноваги біохімічних реакцій і рівноважну концентрацію продуктів. Аналізувати напрямки реакцій.	лекція	МКР	4
2.2	Визначати продукцію ентропії в стаціонарному стані. Визначати дисипативну функцію і загальний приріст ентропії всередині системи.	лекція	МКР	4
2.3	Розраховувати характеристичну в'язкість розчинів білків. Визначати масу досліджуваного білка за даними його рухливості. Розраховувати електрофоретичну рухливість білків. Визначати седиментаційні характеристики білків організму людини.	лекція	МКР	5
2.4	Пояснювати зміну енергії електростатичної взаємодії для заряджених амінокислотних залишків в результаті конформаційної перебудови білка. Пояснювати ентропійну природу гідروفобних взаємодій. Оцінювати ефективний розмір білкових молекул та їх коефіцієнт обертальної дифузії.	лекція	МКР	5
2.5	Передбачати вторинну структуру білків за відомою послідовністю амінокислот у білку. Розраховувати оптичну густину розчинів білків, коефіцієнт пропускання розчинів, довжину поліпептидного ланцюга і кількість амінокислотних залишків в ньому.	лекція	МКР	4
2.6	Визначати фізико-хімічні характеристики клітин і тканин (коефіцієнт поверхневого натягу, швидкість поширення пульсової	лекція	МКР	4

	хвилі, поздовжнє і тангенціальне напруження, градієнт гідростатичного тиску, гідравлічний опір кровоносної судини, об'ємну швидкість руху крові, діаметр судини, модуль пружності стінки судини).			
2.7	Визначати коефіцієнт дифузії і коефіцієнт проникності мембрани, осмотичний тиск крові і загальну молярність розчинених у крові речовин, осмотичний тиск біологічних рідин.	лекція	МКР	5
2.8	Визначати мембранний потенціал, рівноважний потенціал Нернста, ефективну товщину мембрани, її електричний заряд та напруженість електричного поля в ній; константу довжини та сталу часу м'язового волокна; вхідний та ефективний опори мембрани; дифузійний потенціал між електродом і розчином; потенціал реверсії.	лекція	МКР	5
2.9	Визначати модуль пружності м'яза, його коефіцієнт корисної дії, роботу, яку він виконує та затрати енергії для виконання роботи.	лекція	МКР	5
2.10	Визначати довжину звукових хвиль в різних середовищах, рівень звукового тиску, інтенсивність та амплітуду коливань звукової хвилі, заломлювальну силу лінз, кількість інформації в білковому поліпептидному ланцюзі.	лекція	МКР	4
3	комунікація:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 5
3.1	Здатність грамотно будувати наукову комунікацію як в усній так і письмовій формах, підбирати правильну термінологію.	лекція	МКР	2
3.2	Здатність до командної роботи у великих науково-дослідницьких проектах.	лекція	МКР	3
4	автономність та відповідальність:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 5
4.1	Здатність до самостійного пошуку наукової літератури або інших джерел інформації для розв'язання поставленої перед студентом науково-дослідницької задачі	лекція	МКР	5

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.28 [знання] – до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.10 [вміння] – до 45%;
- результат навчання 3.1-3.2 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання:

- **семестрове оцінювання:** Навчальний семестр має два змістовні модулі. Після завершення лекцій № 14 та № 28 проводяться письмові модульні контрольні роботи. Обов'язковим для допуску до заліку є: написання модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 12.
- **підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Залік складається з 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за залік не може бути меншою **24 бали**.
- **умови допуску до підсумкового заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр. Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **36 балів**, для одержання допуску до заліку обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min. – 12	Max. – 20
Модульна контрольна робота 1	18	30
Модульна контрольна робота 2	18	30

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	жовтень
Модульна контрольна робота 2	листопад
Добір балів/додаткова контрольна робота	листопад
Залік	грудень

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	березень
Модульна контрольна робота 2	квітень
Добір балів/додаткова контрольна робота	травень
Залік	червень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:

Значення	Змістовні модулі	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Семінари	Самостійна робота
1	Перший та другий закони термодинаміки.	2	–	2
2	Загальні критерії стійкості стаціонарних станів.	2	–	2
3	Просторові конфігурації біомолекул.	2	–	2
4	Конформаційна енергія та просторова організація біополімерів.	2	–	2
5	Фізичні моделі динамічної рухливості білків.	2	–	2
6	Електронні переходи в біополімерах.	2	–	2
7	Динаміка електронно-конформаційних взаємодій.	2	–	2
8	Молекулярна організація біологічних мембран.	2	–	2
9	Особливості міжмолекулярних взаємодій в мембранах.	2	–	2
10	Транспорт неелектролітів.	2	–	2
11	Транспорт іонів.	2	–	2
12	Іонна рівновага на межі розділу фаз.	2	–	2
13	Подвійний електричний шар.	2	–	2
14	Електродифузійна теорія транспорту іонів через мембрани.	2	–	2
15	Індукований іонний транспорт.	2	–	2
16	Вплив поверхневого та дипольного потенціалів на швидкість іонного транспорту.	2	–	2
17	Кальцієва провідність електрозбуджених мембран.	2	–	2
18	Натрій-калієва помпа.	2	–	2
19	Транспорт іонів у збуджених мембранах.	2	–	2
20	Математичні моделі збуджених мембран.	2	–	2
21	Перенос електронів і трансформація енергії в біомембранах.	2	–	2
22	АТФазний комплекс.	2	–	2
23	Загальна характеристика перетворення енергії в системах біологічної рухливості.	2	–	2
24	Основні відомості про властивості поперечно-смугастих м'язів.	2	–	2
25	Структура скорочувального апарату.	2	–	3
26	Біофізика процесів гормональної рецепції.	2	–	3
27	Загальні закономірності рецепції гормонів і медіаторів.	2	–	3
28	Кінетичні особливості системи регуляції	2	–	3

внутрішньоклітинними посередниками.			
Всього	56	–	60

Загальний обсяг	120 год., в тому числі:
Лекції	56 год.
Консультації	4 год
Самостійна робота	60 год.

9. Рекомендована література:

Основні джерела:

1. Костюк П. Г., Костюк О. П., Лук'янець О. О. Іони кальцію у функції мозку – від фізіології до патології. К.: Наук. Думка, 2005. – 197 с.
2. Костюк П.Г., Костюк О.П., Лук'янець О.О. Внутрішньоклітинна кальцієва сигналізація: структури та функції К.: Наук. Думка, 2010. – 176 с.
3. Власенко Р. С. та і. Фізіологія: Короткий курс: навч. посіб. для мед. і фармац. ВНЗ. -2-е вид., допов. і перероб. Вінниця: Нова Кн., 2019. – 390 с.
4. Боярчук О. Д. Анатомія та еволюція нервової системи: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / О. Д. Боярчук ; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка» – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2014. – 395 с.
5. Біологічні мембрани: методи дослідження структури та функцій: Навчальний посібник / Остапченко Л.І., Михайлик І.В. - К.: ВПЦ "Київський університет", 2006. – 215 с.
6. Біологічна і біоорганічна хімія: Підручник у 2 т. Т.1 Молекулярна організація живого. Метаболізм і біоенергетика / Остапченко Л. І., Рибальченко В. К. - К. : ВПЦ « Київський університет », 2014. – 1044 с.
7. Біологічна і біоорганічна хімія: Підручник у 2 т. Т.2. Біохімічні основи молекулярної біології, міжклітинних комунікацій і регуляторних систем / Остапченко Л. І. - К. : ВЦП. «Київський університет », 2014. – 918 с.
8. Hille B. Ionic channels of excitable membranes. Sinauer Associates Inc., 1992. – 816 p.
9. Huguenard J., Mc Cormic D.A. Electrophysiology of the Neuron. Interactive tutorial. Oxford, New York, 1994. – 80 p.
10. Kostyuk P.G. Calcium ions in nerve cell function. - Oxford; New York; Tokyo: Oxford Univ.Press, 1992. – 228 p.
11. Nelson N. Function and evolution of proton- ATPase // Plant Physiol. 86 , #1, 1998. – 0001-0003 p.
12. Губський Ю, Корда М, Ніженковська І. Біологічна і біоорганічна хімія. У 2 книгах. Книга 2. Біологічна хімія. К.: Медицина. 2021. – 544 с.

Додаткові джерела:

1. Lehninger A., Nelson D., Cox M. Principles of Biochemistry. New York, Worth Publishers, 1997. – 1119 p.
2. Basic neurochemistry. / Ed. By Siegel G.J. Agranoff B.W., Albers R.W. et all. - Lippincott: Raven publishers, 1998. – 969 p.
3. Shepherd G.M. Neurobiology. - New York; Oxford: Oxford Univ. Press. 1994. – 774 p.
4. Modern problems of cellular and molecular biophysics/Ed.by SN Aurapetyan, AC T North. - Yerevan: Printing House of "Noyan Tapan" Inf. Center, 2001. – 380 p.
5. Lodish H. et al. Molecular cell biology. New York : W. H. Freeman, 2016. – 1280 p.
6. Kostyuk P.G., Verkhratsky A.N. Calcium signalling in the nervous system. - Chichester: John Wiley & Sons, 1995. – 220 p.
7. Kostyuk P.G. Plasticity in nerve cell function. - Oxford; Oxford Science Publications, 1998. – 146 p.

8. Фізіологія: корот. курс: [навч. посіб. для мед. і фармацевт. ВНЗ] / [В. М. Мороз та ін.] ; за ред. акад. НАМН України проф. В. М. Мороза, проф. М. В. Йолтухівського. - 2-ге вид., допов. і перероб. - Вінниця : Нова Книга, 2019. – 390.