

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра медичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан _____ Андрій НЕТРЕБА

« ____ » _____ 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Біоенергетика

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	другий
освітньо-наукова програма	Біомедична фізика, інженерія та інформатика
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2023/2024
Семестр	1
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	іспит

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.

КИЇВ-2023

Розробник:

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

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри медичної радіофізики

_____ Сергій РАДЧЕНКО

Протокол № __ від « __ » _____ 2023 р.

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

Протокол № __ від « __ » _____ 2023 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« __ » _____ 2023 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів із основними фізико-хімічними явищами, що виникають в біологічних системах та застосуванням цих явищ в різноманітних галузях: фізики, хімії, біології, медицини, тощо.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Біоелектроніка» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра та магістра, а саме: “Молекулярна фізика”, “Біофізика складних систем”, “Атомна фізика”, “Статистична фізика”, “Молекулярна фізіологія та біохімія”, “Анатомія та фізіологія для фізиків”.

Попередні вимоги:

студент повинен знати: загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі життєдіяльності людини, основні речовини, що входять до складу живих організмів, основні ідеї, поняття та закони молекулярної фізики, їх застосування, основи молекулярно-кінетичної теорії речовин, основні положення статистичної фізики, процеси переносу, реальні гази, основи фізики поверхневих явищ, фазові перетворення, основи фізико-хімії розчинів, структуру та фізико-хімічні властивості білків на рівні випускника бакалаврата Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

студент повинен вміти: здійснювати постановку фізико-хімічних задач, застосовувати вивчені закони і принципи для розв’язування задач з молекулярної фізики, застосовувати здобуті знання на практиці, зокрема під час фізико-хімічного експерименту, виконувати статистичну обробку результатів експерименту, аналізувати фізичні процеси в організмі, використовуючи фізичні закони і явища, вибирати відповідні фізичні методи дослідження для вирішення конкретних задач, проводити експериментальне дослідження фізичних явищ і оцінювати похибки вимірювань, застосовувати математичний апарат для вирішення певних фізико-хімічних задач на рівні випускника бакалаврата Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Біоелектроніка» дозволяє зрозуміти сутність таких явищ, технологій та проблем: енергетичні характеристики біохімічних процесів; перетворення енергії в живих клітинах; направленість хімічних процесів; хімічна рівновага та фактори, що впливають на її зміщення; поняття про молекулярність та порядок хімічної реакції; залежність швидкості реакції від температури, правило Вант-Гоффа, рівняння Арреніуса, енергія активації; особливості температурного коефіцієнту швидкості реакції для біохімічних процесів; теорія активних зіткнень; поняття про теорію перехідного стану (активованого комплексу); антиоксиданти; вільнорадикальні реакції в живому організмі; роль каталізу в промисловості та живій природі; особливості дії каталізаторів; промотори та каталітичні отрути; теорія проміжних сполук у каталізі; активність та селективність гетерогенних каталізаторів; загальна характеристика білків та їх значення в організмі; ферменти як біологічні каталізатори реакцій обміну речовин; термодинамічна стабільність білкових молекул ферментів, денатурація; залежність каталітичної активності ферментів від температури та рН середовища; специфічність дії ферментів; кофактори та коферменти; будова і властивості коферментів; вітаміни як попередники в біосинтезі коферментів; інгібування ферментів; регуляція ферментативних процесів; лікарські засоби як інгібітори ферментів; біологічне окиснення і процеси енергетичного спряження; аеробний та енаеробний шляхи окиснення глюкози; роль АТФ в процесах накопичення та переносу енергії.

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості курсу «Біоелектроніка», які складають важливу частину загально-наукової підготовки студента за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».
2. Узагальнити та розширити поняття фізичних та фізико-хімічних процесів, що протікають у біологічних системах на різних рівнях організації і є основою молекулярних, клітинних і фізіологічних процесів у біосистемах.
3. Сформувані знання про будову сполук, що входять до складу живих організмів та їх взаємозв'язок з біохімічними функціями.
4. Сформувані знання про закономірності вивільнення, акумуляції та споживання енергії в біологічних системах.

5. Сформувати знання про основні метаболічні шляхи в організмі, їх взаємозв'язок і молекулярні механізми регуляції.
6. Навчити застосовувати основні відомості курсу для дослідження процесів у живих системах, розвивати у студентів аналітичне мислення та науковий підхід
7. Навчити застосовувати отримані знання та уміння в моделюванні та розробці каталітичних систем із заданим набором фізико-хімічних властивостей.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

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

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

ЗК12. Навички міжособистісної взаємодії;

ФК4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження;

ФК8. Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень;

ФК10. Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем;

ФК11. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів;

ФК14. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності;

ФК15. Здатність відслідковувати та аналізувати перспективність напрямів розвитку медичної фізики, здобувати додаткові компетентності для підвищення власної конкурентоздатності на ринку праці в галузі біомедичних наукових досліджень і в галузі сучасних прикладних задач медичної фізики.

ПРН 1. Знання на професійному рівні галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів;

ПРН 2. Розуміння основ та принципів технологій, теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей речовин і матеріалів;

ПРН 11. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій;

ПРН 12. Інтерпретувати науково-технічну інформацію;

ПРН 16. Обирати моделі та методи моделювання явища та процесів в динамічних системах, зокрема в біомедичних об'єктах, аналізувати отримані результати, робити висновки та застосовувати їх як для досягнення цілей дослідження біологічних об'єктів, так і для задач створення новітніх приладів (ефективної безпечної експлуатації існуючих приладів) медичної діагностики та терапії.

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	Основні поняття термодинаміки. Термодинамічні функції. Живий організм як відкрита термодинамічна система.	лекція	МКР	3
1.2	Перший закон термодинаміки. Термохімія. Закон Гесса. Залежність теплових ефектів від температури. Хімічний склад і енергетична цінність харчових продуктів.	лекція	МКР	3
1.3	Другий і третій закони термодинаміки. Ентропія, її властивості. Зміна ентропії в різних процесах. Постулат Планка. Абсолютні значення ентропії.	лекція	МКР	3
1.4	Вільна енергія Гіббса. Умови самочинного перебігу хімічних процесів. Застосування законів термодинаміки до біологічних систем.	лекція	МКР	3
1.5	Предмет і значення хімічної кінетики. Швидкість хімічних реакцій. Закон діючих мас. Порядок реакції, його визначення. Енергія активації. Вільнорадикальні реакції в живому організмі.	лекція	МКР	3
1.6	Залежність швидкості реакції від температури, правило Вант-Гоффа, рівняння Арреніуса, енергія активації. Особливості температурного коефіцієнту швидкості реакції для біохімічних процесів.	лекція	МКР	3
1.7	Оборотні і необоротні хімічні реакції. Хімічна рівновага та фактори, що впливають на її зміщення. Принцип Ле-Шательє. Рівняння ізотерми та ізобари хімічної реакції.	лекція	МКР	3
1.8	Каталіз і каталізатори. Промотори та каталітичні отрути. Механізми та види каталізу. Роль каталізу в життєдіяльності організму.	лекція	МКР	3
1.9	Хімічний склад живих організмів. Амінокислоти. Біомолекули та їхні функції. Біологічні мембрани.	лекція	МКР	3
1.10	Структура та класифікація білків. Термодинамічна стабільність білкових молекул. Молекулярна організація клітинних мембран.	лекція	МКР	3
1.11	Ферменти: структура, властивості та класифікація. Механізм дії ферментів. Кінетика ферментативних реакцій. Одиниці активності ферментів.	лекція	МКР	3
1.12	Залежність каталітичної активності ферментів від температури та рН середовища. Специфічність дії ферментів. Денатурація.	лекція	МКР	3
1.13	Лікарські засоби як інгібітори ферментів. Ензимодіагностика. Регуляція ферментативних процесів та механізм виникнення ензимопатій.	лекція	МКР	3

1.14	Кофактори і коферменти: хімічна будова і функції. Вітаміни як попередники в біосинтезі коферментів. Інгібування активності ферментів.	лекція	МКР	3
1.15	Основи метаболізму в біосистемах. Макроергічні сполуки. Роль АТФ в процесах накопичення та переносу енергії.	лекція	МКР	3
2	вміти:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 45
2.1	Здійснювати постановку фізико-хімічних та медико-біологічних задач.	лекція	МКР	6
2.2	Застосовувати основні положення термодинаміки до живих організмів.	лекція	МКР	6
2.3	Проводити обчислення констант рівноваги, розрахунки складу реакційної суміші та здійснювати підбір оптимальних умов хімічної реакції.	лекція	МКР	5
2.4	Визначати енергетичні характеристики біохімічних процесів.	лекція	МКР	6
2.5	Проводити термохімічні розрахунки для оцінки калорійності продуктів харчування та складання раціональних та лікувальних дієт.	лекція	МКР	5
2.6	Визначати фізико-хімічні властивості білків та загальні властивості ферментів.	лекція	МКР	6
2.7	Вирішувати кінетичні задачі ферментативних та інших біопроектів.	лекція	МКР	5
2.8	Використовувати сучасні методи молекулярної біофізики та біохімії	лекція	МКР	6
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

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Код																										
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.1	3.2	4.1	
Програмні результати навчання (назва)																											
ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;	+				+				+	+	+				+												
ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;		+			+			+			+							+									
ЗК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;																								+	+	+	
ЗК12. Навички міжособистісної взаємодії;																	+		+					+	+		
ФК4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження;																+				+			+				+
ФК8. Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень;																								+	+	+	
ФК10. Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем;								+												+	+		+		+		
ФК11. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів;																			+	+	+	+	+				
ФК14. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності;																	+							+	+	+	
ФК15. Здатність відслідковувати та аналізувати перспективність напрямів розвитку медичної фізики, здобувати додаткові компетентності для підвищення власної конкурентоздатності на ринку праці в галузі біомедичних наукових досліджень і в галузі сучасних прикладних задач медичної фізики.																	+										+
ПРН 1. Знання на професійному рівні галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів;																	+	+				+		+			
ПРН 2. Розуміння основ та принципів технологій, теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей речовин і матеріалів;						+	+					+													+		+
ПРН 11. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій;		+	+	+													+		+	+	+						

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 – 1.15 [знання] – до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.8 [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 № 7 та № 15 проводяться письмові модульні контрольні роботи. Обов'язковим для допуску до іспиту є: написання модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 12.
- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається з 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою **24 бали**.
- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту 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 іспиту 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
Іспит	грудень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі іспиту:

Значення	Змістовні модулі	Іспит	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	Основні поняття термодинаміки біологічних процесів.	2	–	4
2	Енергетичні характеристики біохімічних процесів.	2	–	4
3	Перетворення енергії в живих клітинах.	2	–	4
4	Направленість та кінетичні закономірності перебігу реакцій і біологічних системах.	2	–	4
5	Роль каталізу в промисловості та живій природі.	1	–	4
6	Вільнорадикальні реакції в живому організмі.	2	–	4
7	Загальна характеристика білків та їх значення в організмі.	2	–	4
8	Ферменти як біологічні каталізатори реакцій обміну речовин.	2	–	4
9	Будова ферментів та механізми їх дії. Активність ферментів.	2	–	4
10	Регулювання ферментативних процесів.	2	–	4
11	Лікарські засоби як інгібітори ферментів.	2	–	4
12	Ензимодіагностика.	1	–	4
13	Механізм виникнення ензимопатій.	2	–	4
14	Основи метаболізму в біологічних системах.	2	–	4
15	Макроергічні сполуки. Роль АТФ в процесах накопичення та переносу енергії.	2	–	5
Всього		28	–	61

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
 Лекції **28** год.
 Самостійна робота **61** год.
 Консультації **1** год

Завдання на самостійну роботу:

1. Використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою, розрахувати тепловий ефект хімічної реакції в стандартних умовах на основі даних щодо стандартних ентальпії згоряння та утворення речовин.
2. Використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою, розрахувати тепловий ефект хімічної реакції при будь-якій температурі.
3. Засвоїти навички практичного використання термохімічних розрахунків для енергетичної характеристики біохімічних процесів використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою.
4. Використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою, обчислити калорійність харчових продуктів та розрахувати раціон харчування.

5. Використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою, обчислити зміну ентропії в різних процесах (ізобарний, ізохорний, ізотермічний, ентропію змішування, ентропію фазових переходів, ентропію твердого тіла, рідини, газу тощо).
6. Використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою, обчислити зміну ентропії хімічної реакції в стандартних умовах та при будь-якій температурі.
7. Використовуючи матеріал лекції, довідникові дані і літературні джерела, зокрема англійською мовою, розрахувати зміну енергії Гіббса біохімічної реакції, встановити напрямок перебігу реакції.
8. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела, зокрема англійською мовою, розрахувати константу рівноваги хімічної реакції.
9. Встановити порядок хімічної реакції за експериментальними даними залежності зміни концентрації реагуючих речовин від часу реакції та розрахувати швидкість реакції.
10. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела, зокрема англійською мовою розрахувати енергію активації хімічної реакції.
11. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела, зокрема англійською мовою, аналізувати механізми та специфічність дії ферментів, кінетику перебігу біохімічної реакції.
12. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела, зокрема англійською мовою, аналізувати механізми регуляції ферментативних процесів, інгібування ферментативної активності.
13. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела, зокрема англійською мовою, аналізувати дію лікарських засобів як інгібіторів ферментів.
14. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела, зокрема англійською мовою, аналізувати процеси метаболізму в біосистемах.
15. Використовуючи матеріал лекції і літературні джерела зокрема англійською мовою, аналізувати роль вітамінів, макро- та мікроелементів в перебігу біохімічних реакцій.

9. Рекомендована література:

Основні джерела:

1. О.В. Чалий. Я.В. Цехмістер. Б.Т. Агапов. Медична та біологічна фізика. – Вінниця: Нова книга, 2017. – 528 с.
2. Л.Ф. Ємчик. Основи біологічної фізики і медична апаратура. – К.: ВСВ «Медицина», 2014. – 392 с.
3. R. A. Alberty. Thermodynamics of biochemical reactions. – Wiley, Hoboken, NJ, 2003. – 397 p.
4. W.H. Elliott, D.C. Elliott. Biochemistry and Molecular Biology. 4th Edition. – Oxford University Press. 2009. – 568 pp.
5. E.A. Newsholme, A.R. Leach. Biochemistry for medical sciences. – N. Y.: Wiley, 1984. – 952 pp.
6. В.А. Калібабчук, Л.І. Грищенко, В.І. Галинська та ін. Медична хімія. – К.: ВСВ «Медицина», 2017. – 400 с.
7. В.К. Яцимирський. Фізична хімія. – К. Ірпінь, ВТФ “Перун”, 2007. – 512 с.
8. Мороз АС, Яворська ЛП, Луцевич ДД. Біофізична та колоїдна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 600 с.
9. Д.Л. Нельсон, М.М. Кокс. Основи біохімії за Ленінджером. – Львів: БаК, 2015. – 1256 с.

10. A. Gringauz. Introduction to Medicinal Chemistry: How drugs act and why. – Wiley-VCH, 1996. – 736 pp.

Додаткові і джерела:

1. В.І. Гомонай, С.С. Мільович. Медична хімія. – Вінниця: Нова книга, 2016. – 672 с.
2. В.В. Нижнік, В.А. Волошанець, Т.Ю. Нижник. Колоїдна хімія з елементами нанохімії. – К.: Фітосоціоцентр, 2012. – 506 с.
3. H.F. Gilbert. Basic concepts in biochemistry: A student's survival guide. – McGraw-Hill, NY, 1992. – 298 pp.
4. Т. McKee, J. McKee. Biochemistry. The molecular basis of life. – McGraw Hill Higher Education, 2002. – 774 pp.
5. Романова НВ Загальна та неорганічна хімія. – К.: Ірпінськ: Перун, 2004. – 480 с.
6. Рейтер ЛГ., Степаненко ОМ, Басов ВП. Теоретичні розділи загальної хімії. – К.: Каравела, 2003. – 344 с.
7. Гомонай ВІ, Мільович СС. Біонеорганічна хімія. – Ужгород: Патент, 2006. – 133 с.
8. Chandar N., Viselli S. M. Cell and Molecular Biology. – India Pvt. Ltd, 2018. – 264 pp.
9. Katoch R. Analytical Techniques in Biochemistry and Molecular Biology. – Springer, 2011. – 441 pp.
10. Sharma R.K., Sangha S.P.S. Basic Techniques in Biochemistry and Molecular Biology. – Dreamtech Press, 2020. – 280 pp.
11. David M. Freifelder Physical Biochemistry. – W. H. Freeman, 1976. – 570 pp.
12. Lvov Yu., Mohwald H. Protein Architecture: Interfacing Molecular Assemblies and Immobilization Biotechnology. – CRC Press. 1999, 416 pp.
13. Peter R. Bergethon. The Physical Basis of Biochemistry: The Foundations of Molecular Biophysics. – Springer, 2016. – 949 pp.

10. Словник фахових термінів

№	Англійською мовою	Українською мовою
1	Enthalpy	Ентальпія
2	Entropy	Ентропія
3	Gibbs energy	Енергія Гіббса
4	Caloric content	Калорійність
5	Food product	Харчовий продукт
6	Nutritional diet	Раціон харчування
7	Standard conditions	Стандартні умови
8	The thermal effect of a chemical reaction	Тепловий ефект хімічної реакції
9	Chemical reaction rate (velocity)	Швидкість хімічної реакції
10	Activation energy	Енергія активації
11	Macroergic compounds	Макроергічні сполуки
12	Adenosine triphosphate	Аденозинтрифосфат
13	Enzyme	Фермент
14	Competitive inhibitor	Конкурентний інгібітор
15	Non-competitive inhibitor	Неконкурентний інгібітор
16	Uncompetitive inhibitor	Безконкурентний інгібітор

17	Zymogens (proenzymes)	Проферменти
18	Covalent modification	Ковалентна модифікація
19	Allosteric modulation	Алостерична модуляція
20	The negative feedback principle	Принцип негативного зворотного зв'язку