

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ТВЕРДОТІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету
/Лазур В.Ю./

«28» червня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС) НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МОЛЕКУЛЯРНА БІОФІЗИКА»**

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	163 Біомедична інженерія
Освітня програма	Біомедична інженерія
Статус дисципліни	Обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Молекулярна біофізика» для здобувачів вищої освіти галузі знань **16 Хімічна та біоінженерія** спеціальності **163 Біомедична інженерія** освітньої програми **Біомедична інженерія**.

Розробник: Суховія М.І., кандидат біологічних наук, доцент кафедри твердотільної електроніки та інформаційної безпеки фізичного факультету УжНУ.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри твердотільної електроніки та інформаційної безпеки, протокол №9 від «31» травня 2023 р.

Завідувач кафедри  проф. Різак В.М.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету, протокол №10 від «28» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки
Загальна кількість годин – 90	1-й
Кількість модулів – 2	Семестр
Тижневих годин для денної форми навчання аудиторних- 2,5 самостійної роботи студента – 2,5	2-й
	Лекції
	24
	Лабораторні 16
	Семінарські 4
Вид підсумкового контролю: залік	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота
	46

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Молекулярна біофізика» є отримання студентами ґрунтовних знань про молекулярні механізми будови і функціонування живих організмів, про принципи збереження і передачі біологічної інформації, про особливості макромолекулярної структури нуклеїнових кислот та білків та перспективи їх застосування в генетичній та біомедичній інженерії.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у студентів таких компетентностей.

інтегральна компетентність: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

загальні компетентності:

ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

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

ЗК7 Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

фахові компетентності:

ФК3 Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.

ФК5 Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

ФК8 Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Молекулярна біофізика» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка; Електрика і магнетизм, оптика; Вища математика, Загальна хімія, Анатомія, фізіологія та патологія людини.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми **Біомедична інженерія**, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення студентами програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Вміти використовувати знання з дисципліни 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.	ПРН1
Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.	ПРН2
Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення.	ПРН9
Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.	ПРН18

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни **«Молекулярна біофізика»**

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Вміти застосовувати знання з навчальної дисципліни «Молекулярна біофізика» в об'ємі, який дозволяє приймати необхідні рішення на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.	ПРН1
На основі знань з навчальної дисципліни «Молекулярна біофізика» формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо впровадження біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.	ПРН2
З огляду знань з навчальної дисципліни «Молекулярна біофізика» розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування	ПРН9

штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення.	
Застосовувати знання з молекулярної біофізики для створення синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.	ПРН18

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- реферати;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- ректорська контрольна робота;
- залік.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- індивідуальне та групове опитування;
- контрольна робота;
- розрахункові завдання;
- тести;
- підготовка реферату;
- захист виконаних завдань.

Форма модульного контролю:

Модульний контроль здійснюється в формі виконання студентом модульного контрольного завдання (контрольної роботи, тесту, колоквіуму тощо) згідно затвердженого кафедрою графіку.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік.

Розподіл балів, які отримують студенти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	...	...	...	60	100
5	10	5	5	10	5					

Розподіл балів, які отримують студенти (модуль II) T1, T2 ... – теми

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5		...	...	...	60	100
5	5	10	10	10						

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувана вищої освіти	Кількість	Модуль 1	Модуль 2	
		Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів
Практичні (семінарські) заняття	6	30	8	30
Презентація	1	5	1	5
Реферат	1	5	1	5
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Виконання модульних контрольних робіт здійснюється в письмовій (або електронній) формі. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу змістового модуля.

Виконання практичного завдання передбачає перевірку рівня оволодіння студентом теоретичними знаннями та практичними навичками стосовно якісного і кількісного аналізу електромагнітних процесів у різних середовищах.

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 5-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.

2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли студент письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми курсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни **«Молекулярна біофізика»** здійснюється у формі заліку.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо студент достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо студент викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, студент не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає

розпливчати формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням студента результуюча підсумкова залікова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
82-89 74-81	зараховано зараховано	B	добре
		C	добре
64-73	зараховано	D	задовільно
60-64	зараховано	E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
0-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової книжки та екзаменаційної відомості..

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

1. Біофізика як наука про фізичні та фізико-хімічні закономірності у живих системах. Зв'язок біофізики з біологічними і фізичними науками. Історія розвитку біофізики.

2. Прикладна біофізика, біоніка, біоелектроніка, біосенсорика, біоінформатика.

3. Вступ до курсу “Молекулярна біофізика”. Предмет, завдання і розділи молекулярної біофізики. Значення біомолекул та їх класифікація.

4. Електронні властивості біомолекул. Основні поняття квантової біофізики. Енергетичні рівні складних молекул, синглетні та триплетні збуджені стани. Шляхи трансформації енергії у біоструктурах.

5. Міграція енергії. Механізми міграції енергії: резонансні, екситонні та солітонні. Перенесення електрону в біоструктурах; тунельний ефект. Роль збуджених станів біомолекул та міграції енергії у біологічних процесах.

6. Спектри біомолекул та їх інформативність. Закони флуоресценції і природа гіперхромного ефекту в біологічно важливих молекул. Спектральні методи в молекулярній біофізиці.

Модуль 2

7. Загальна характеристика структури і функцій біомолекул. Фізичні властивості біологічно значимих молекул. Методи вивчення.

8. Умови стабільності молекулярних конформацій і конфігурацій. Зв'язки і взаємодії в біомолекулах (ковалентні, водневі, електростатичні, гідрофобні, сили Ван-дер-Ваальса).

9. Фізична структура біополімерів та її параметри. Переходи „спіраль-клубок” як приклади фазових переходів. Денатурація. Синтетичні полінуклеотиди.

10. Особливості первинної структури та просторової організації макромолекул ДНК і РНК як матеріальних носіїв генетичної інформації. Механізми редуплікації, транскрипції і трансляції.

11. Властивості, класифікація, біологічні функції і типи структур білків. Динамічні властивості білкових молекул. Сучасні уявлення про механізми ферментативного каталізу.

12. Міжмолекулярні взаємодії та їх біологічне значення. Білково –нуклеїнове впізнавання. Секвенування. Програма “Геном людини”.

6.2. Структура навчальної дисципліни

№ Теми	Т е м и	Усього годин	Лекції, годин	Практичі (емінарські) заняття, годин	Лабораторні, годин	Самостійна робота, годин
1	Біофізика як наука про фізичні та фізико-хімічні закономірності у живих системах. Історія розвитку біофізики.	6	2			4
2	Прикладна біофізика, біоніка, біоелектроніка, біосенсорика, біоінформатика.	8	2	2		4
3	Вступ до курсу “Молекулярна біофізика” Предмет, завдання і розділи молекулярної біофізики. Значення біомолекул та їх класифікація.	6	2			4
4	Електронні властивості біомолекул. Основні поняття квантової біофізики. Енергетичні рівні складних молекул, синглетні та триплетні збуджені стани. Шляхи трансформації енергії у біоструктурах.	6	2			4

5	Міграція енергії. Механізми міграції енергії резонансні, екситонні та солітонний. Перенесення електрону в біоструктурах; тунельний ефект. Роль збуджених станів біомолекул та міграції енергії у біологічних процесах.	4	2			2
6	Спектри біомолекул та їх інформативність. Закони флуоресценції і природа гіперхромного ефекту в біологічно важливих молекулах. Спектральні методи в молекулярній біофізиці.	14	2		8	4
Всього за модуль I		44	12	2	8	22

Модуль 2

1	Загальна характеристика структури і функцій біомолекул. Фізичні властивості біологічно значимих молекул. Методи вивчення.	6	2			4
2	Умови стабільності молекулярних конформацій і конфігурацій. Зв'язки і взаємодії в біомолекулах (ковалентні, водневі, електростатичні, гідрофобні, сили Ван-дер-Ваальса).	6	2			4
3	Фізична структура біополімерів та її параметри. Переходи „спіраль-клубок” як приклади фазових переходів. Денатурація. Синтетичні полінуклеотиди.	14	2		8	4
4	Особливості первинної структури та просторової організації макромолекул ДНК і РНК як матеріальних носіїв генетичної інформації. Механізми редуплікації, транскрипції і трансляції..	6	2			4
5	Властивості, класифікація, біологічні функції і типи структур білків. Динамічні властивості білкових молекул. Сучасні уявлення про механізми ферментативного каталізу.	8	2	2		4

6	Міжмолекулярні взаємодії та їх біологічне значення. Білково –нуклеїнове впізнавання Секвенування. Програма “Геном людини”.	6	2			4
	Всього за модуль II	46	12	2	8	24
	Всього годин за курс	90	24	4	16	46

6.3. Теми практичних (семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Біоніка, біоелектроніка, біосенсорика, біоінформатика.	2
2.	Динамічні властивості білкових молекул. Сучасні уявлення про механізми ферментативного каталізу.	2
	Всього	4
6.4. Теми лабораторних занять		
1.	1. МОДЕЛЮВАННЯ ПОБУДОВИ БІОПОЛІМЕРІВ	4

	<p><i>Завдання:</i></p> <p>а) Розробити модель синтезу ДНК та білків із мономерів;</p> <p>в) Розрахувати зміни ентропії та інформації при побудові складних біосистем із елементів та при фазових переходах у воді.</p>	
2.	<p>ЕЛЕКТРОННА МІКРОСКОПІЯ БІОМОЛЕКУЛ</p> <p><i>Завдання:</i></p> <p>а) У науковій лабораторії електронної мікроскопії ознайомитись з будовою та принципом роботи електронного мікроскопа;</p> <p>б) Проаналізувати електронні мікрофотографії тимусної ДНК та визначити молекулярну масу нативних та фрагментованих ультразвуком молекул ДНК.</p>	4
3.	<p>ВИВЧЕННЯ СПЕКТРІВ ПОГЛИНАННЯ БІОМОЛЕКУЛ</p> <p><i>Завдання:</i></p> <p>а) Дослідити спектри поглинання та пропускання розчинів нуклеїнових кислот та їх складових в УФ області;</p> <p>б) Дослідити спектральні параметри білків та амінокислот;</p> <p>в) За спектральними даними побудувати енергетичні діаграми біомолекул.</p>	4
4.		4

	<p>5. ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У СТРУКТУРІ БІОПОЛІМЕРІВ</p> <p><i>Завдання:</i></p> <p>а) Приготувати розчини ДНК у відповідних буферах (рН ~ 7,0 , іонна сила 0,1);</p> <p>б) Дослідити зміну поглинання в УФ області розчинів ДНК, витриманих при різних температурах;</p> <p>в) Побудувати криву плавлення вторинної структури ДНК.</p> <p>г) Розрахувати температуру та інтервал плавлення.</p>	
	РАЗОМ	16

6.5. Самостійна робота

	Т Е М А	Кількість год.
--	---------	----------------

МОДУЛЬ 1

1	Прикладна біофізика	4
2.	Значення біомолекул та їх класифікація	4
3.	Шляхи трансформації енергії у біоструктурах. Фотосинтез.	4
	Фотодинамічний ефект і його застосування в медицині.	4

4.	Роль збуджених станів біомолекул та міграції енергії у біологічних процесах.	2
6.	Природа гіперхромного ефекту в біологічно важливих молекулах.	4
.	Р А З О М	22

МОДУЛЬ 2

1.	Фізичні властивості біологічно значимих молекул. Методи вивчення.	4
2.	Механізми редуплікації, транскрипції і трансляції..	4
3.	Вплив іонізуючої радіації біомолекули. Дія оптичного випромінювання на біомолекули.	4
4.	Сучасні уявлення про механізми ферментативного каталізу	4
5.	Дія акустичного поля на біомолекули. Ультразвук та Інфразвук, фізичні характеристики. Джерела.	4
6.	Програма “Геном людини”.	4
.	Р А З О М	24
	Всього	46

Самостійна робота є важливою складовою частиною вивчення дисципліни і обов’язковою для кожного змістовного модулю дисципліни. При

самостійній роботі використовуються записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться у списку літератури. Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен самостійно вивчити теоретичні питання, які стосуються даної лабораторної роботи за рекомендованою літературою. Необхідно підготувати в робочому зошиті короткі теоретичні відомості, схеми проведення експерименту і таблиці, знати хід роботи, робочі формули для проведення розрахунків, вміти оцінити похибки вимірювань. При підготовці до семінарського заняття студент повинен самостійно вивчити теоретичні питання з даної теми за рекомендованою літературою, розуміти суть завдань. Необхідно підготувати теоретичні відомості, робочі формули, схеми і таблиці, результати і висновки. Оформити відповідну презентацію.

7. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, вебкамери.

Макети, схеми. Мультимедійний проектор, інтерактивна дошка.

Спектрофотометр СФ-46, набір лазерних лінійок (405,450,532,632нм, 1 мВт–0,5 Вт), 26. NF-2650 лазерна лінійка, від 0,1 до 50 м, макет для флуоресцентної спектроскопії біооб'єктів, дистиллятор ДЕ-10, мас-спектрометр МИ-1201, електронний мікроскоп, рН – метр, віскозиметри, сталагмометри, тонометр, рефрактометри, поляриметри торзійні терези,

Програмне забезпечення: Програмне забезпечення: *Windows 10, MS Office (Excell, Power Point, Word)*.

Засоби онлайн навчання:

система електронного навчання Moodle <https://e-learn.uzhnu.edu.ua/>,
електронний репозитарій ДВНЗ «УжНУ» <https://dspace.uzhnu.edu.ua/>

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура І.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. - К.: Вища школа, 1989; Обереги, 2001. – 544 с.
2. Чалий О.В. та ін. Медична і біологічна фізика.–Вінниця: Нова Книга, 2013.–528 с.
3. Зима В.Л. Збірник задач з біофізики. – К.: Вища школа, 2001.- 124 с.
4. Личковський Е.І. та ін. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія. – Вінниця.: Нова книга, 2014. – 464 с.
5. Посудін Ю.І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища. – К.: Printline, 2013. – 354 с.
6. Тиманюк В. А., Животова Е. Н. Биофизика.– Х.: НФАУ, 2003. – 704 с.
7. Гродзинський Д.М. Радіобіологія. - К.: Либідь, 2001. - 448 с.

8. Yu.I.Posudin. Measuring environmental parameters.- WILEY, 2014. - 429 p.
9. Кучеренко М.Є. та ін. Біохімія. – К.: ВПЦ КНУ, 2002. – 480 с.
10. Шафраньош М.І., Суховія М.І., Шафраньош І.І., Молекулярні механізми впливу низькоенергетичних факторів довкілля на біологічні структури (монографія). Ужгород: Видавництво УжНУ, «Говерла», 2022. –338 с. ISBN 978-617-7825-74-5.
11. Шафраньош І.І., Суховія М.І., Шафраньош М.І. Фізичні поля і живі організми. (підручник для студ. спец. «Біомедична інженерія»). - Ужгород: Вид. УжНУ, «Говерла», 2021. –213 с.
12. Суховія М.І., Шафраньош М.І., Шафраньош І.І., Методи медико-біологічних досліджень. (навч. посібник для студ. спец. «Біомед. інж.»). - Ужгород: Вид. УжНУ, «Говерла», 2022. –53 с.
13. Суховія М.І., Шафраньош І.І. Молекулярна біофізика. (навч.-мет. пос. для студ. спец. «Біомед. інж.»).. - Ужгород, 2022. – 54 с.
14. Суховія М.І., Шафраньош І.І. Біофізика складних систем. (навч.-мет. пос. для студ. спец. «Біомед. інж.»).. - Ужгород, 2022. – 54 с.
15. Гонський Я.І. , Максимчук Т.П. Біохімія людини.- Тернопіль, Укрмедкнига, 2001. – 736 с.
16. Губський Ю.І. Біологічна хімія.- Тернопіль. Укрмедкнига, 2001. – 506 с.
17. Лопушанський Я. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики.– Львів: НТШ ім. Шевченка, 2010. – 584 с.
18. Ємчик Л., Кміт Я. Медична біофізика. Львів: НТШ ім. Шевченка, 1998. = 250 с.

Додаткова література

1. B. F. Minaev, M. I. Shafranyosh, Yu. Yu Svida, M. I. Sukhoviya, I. I. Shafranyosh, G. V. Baryshnikov, and V. A. Minaeva. Fragmentation of the adenine and guanine molecules induced by electron collisions //J. Chem. Phys. 2014.- V. 140, p. 184303-184309.
2. I.I. Shafranyosh, M.I. Sukhoviya. Inelastic collisions of the uracil molecules with electrons //J. Chem. Phys. 2012.- V. 137, p. 184303-18430.
- 3.
4. Посудін Ю.І. Фізика з основами біофізики. - К.: Світ, 2003. – 399 с.
5. Статті в наукових біофізичних і фізичних журналах. Ресурси Інтернету.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>.
2. Український інститут інтелект <http://stud.com.ua>
3. Чурюмов Г.І. Фізичні моделі та інструментарій для 3-D візуалізації взаємодії низькоінтенсивного електромагнітного поля з мікро- та наноб'єктами різної фізичної природи та біосередовищами. <https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/PDF>