



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра освітніх та інформаційних технологій

БІОФІЗИКА

(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА навчальної дисципліни

підготовки другий магістерський рівень
(назва рівня вищої освіти)

галузі знань 21 Ветеринарна медицина
(шифр і назва галузі знань)

спеціальності 211 «Ветеринарна медицина»
(код і найменування спеціальності)

освітньої програми Хвороби дрібних домашніх тварин
(найменування освітньої програми)

спеціалізації (й) _____
(найменування спеціалізації, за наявності)

2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Біофізика» спеціальності 211 «Ветеринарна медицина» освітньої програми «Хвороби дрібних домашніх тварин» для студентів 1 курсу.

Розробники:

Станіслав ПОГОРСЛОВ, проф., д. ф.-м. наук,
Надія ШЕЙКІНА, доц., канд. біол. наук
Володимир ТІМАНЮК, проф., канд. ф.-м. наук,
 (вказати ПП авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри освітніх та інформаційної технологій

Протокол від « 01 » вересня 2020 року № 1

Зав. кафедри _____
 (підпис)

д. пед. н, проф. Лідія КАЙДАЛОВА
 (прізвище та ініціали)

Робоча програма схвалена на засіданні профільної методичної комісії з дистанційної та післядипломної фармацевтичної освіти

Протокол від « 7 » вересня 2020 року № 1

Голова профільної комісії _____
 (підпис)

докт. фарм. наук, проф. Лариса ГАЛІЙ
 (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

«Біофізика» вивчає фізико-хімічні процеси, що протікають у біологічних системах, використовуючи для цього фізичні і математичні методи. Об'єктом вивчення біофізики є окремі молекули (молекулярна біофізика), клітини (біофізика клітини), а також органи, тканини, системи і взаємодія організму з навколишнім середовищем. Для вивчення біологічних систем біофізика використовує різноманітні фізичні методи аналізу.

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Біофізика» є знання про фізичні процеси, що відбуваються у біологічних середовищах, вплив зовнішніх чинників на живий організм і фізичні методи аналізу, що використовуються у фармації. Відповідно до навчального плану «Біофізика» є однією з фундаментальних загальноосвітніх дисциплін, що складають теоретичну основу підготовки фахівців вищої кваліфікації для фармації. Вивчення даної дисципліни формує у студентів основні уявлення про найзагальніші властивості і форми руху матерії, про найважливіші фізичні закономірності, що лежать в основі механічних, термічних, електричних, магнітних, спектральних, поляризаційних та інших фізичних методів дослідження різних властивостей лікарських засобів.

Міждисциплінарні зв'язки «Біофізика» як навчальна дисципліна: інтегрується з такими дисциплінами як вища математика, неорганічна хімія, біологія, фізіологія, анатомія людини та ін.; закладає основи вивчення студентами біохімії, патфізіології, клінічної лабораторної діагностики, клінічної фармакології та клінічної фармації, аналітичної хімії, фармацевтичної хімії, фізколоїдної хімії та ін.

Інформаційний обсяг навчальної дисципліни. На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин 4 кредити ЄКТС (5 років 10 місяців).

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Біофізика» є поглиблення і вдосконалення знань, вмінь і практичного розуміння біофізичних процесів у живому організмі; фізичних методів діагностики і дослідження біологічних систем; впливу фізичних факторів на організм людини фізичних властивостей і характеристик оточуючого середовища, а також розгляд ряду питань, необхідних майбутнім провізорам при вивченні фармацевтичних дисциплін на старших курсах і в подальшій професійній діяльності.

Основними **завданнями** навчальної дисципліни «Біофізика» є:

- освоєння студентами основних принципів і теоретичних положень біофізики;
- пояснення взаємозв'язку фізичного і біологічного аспектів функціонування живих систем;
- вивчення біологічних проблем, пов'язаних з фізичними та фізико-хімічними механізмами взаємодій, що лежать в основі біологічних процесів;
- дослідження механізмів трансформації енергії в біологічних системах, електронно-конформаційних взаємодій в біомакромолекулах, регулювання та самоорганізації складних біологічних систем.

Досягнення цих цілей дозволить студентам-фармацевтам оволодіти фізичними і біофізичними, фізико-технічними і математичними знаннями та вміннями, які необхідні для безпосередньої підготовки провізора, а також для вивчення інших навчальних дисциплін у вищих медичних та фармацевтичних навчальних закладах.

3. Компетентності та заплановані результати навчання

Дисципліна «Біофізика» забезпечує набуття здобувачами освіти **компетентностей**:

- *інтегральна*:

• здатність розв'язувати типові та складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній фармацевтичній діяльності із застосуванням положень, теорій та методів фундаментальних, хімічних, технологічних, медико-фармакологічних та соціально-економічних наук; інтегрувати знання та вирішувати складні питання, формулювати судження за недостатньої або обмеженої інформації; ясно і недвозначно доносити свої висновки та знання, розумно їх обґрунтовуючи, до фахової та не фахової аудиторії.

– *загальні:*

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність вчитися і бути сучасно навченим;
- здатність до адаптації та дії у новій ситуації;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

спеціальні (фахові, предметні):

• здатність здійснювати розробку методик контролю якості лікарських засобів, фармацевтичних субстанцій, лікарської рослинної сировини і допоміжних речовин з використанням фізичних методів контролю;

• здатність визначати лікарські засоби та їх метаболіти у біологічних рідинах та тканинах організму, проводити дослідження хімічного складу нових фармсубстанцій;

• здатність забезпечувати належне зберігання лікарських засобів та виробів медичного призначення відповідно до їх фізико-хімічних властивостей та правил Належної практики зберігання (GSP) у закладах охорони здоров'я;

здатність забезпечувати раціональне застосування рецептурних та безрецептурних лікарських засобів згідно з фізико-хімічними, фармакологічними характеристиками.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Біофізика» здобувач освіти повинен *знати:*

- фізичні основи та біофізичні механізми дії зовнішніх чинників на системи організму людини;
- теоретичні основи фізичних методів дослідження лікарських речовин, принципи будови і роботи відповідної апаратури;
- можливості та область застосування засвоєних методів;
- загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі життєдіяльності людини;
- фізичні основи діагностичних і фізіотерапевтичних (лікувальних) методів, що застосовуються у медичній апаратурі.

вміти:

- фізичні основи та біофізичні механізми дії зовнішніх чинників на системи організму людини;
- теоретичні основи фізичних методів дослідження лікарських речовин, принципи будови і роботи відповідної апаратури;
- можливості та область застосування засвоєних методів;
- загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі життєдіяльності людини;
- фізичні основи діагностичних і фізіотерапевтичних (лікувальних) методів, що застосовуються у медичній апаратурі.

володіти:

- фізичними методами аналізу та знати фізичні основи таких методів: спектроскопія у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній області; спектроскопія комбінаційного розсіяння світла; мас-спектроскопія; спектроскопія ядерного магнітного резонансу; Рентгеноструктурний аналіз; термічний аналіз; хроматографія; поляриметрія; рефрактометрія; мікроскопічний аналіз; колориметрія.

1. Структура навчальної дисципліни						
Назви змістових модулів і тем	Обсяг у годинах					
	денна форма					
	5 років 10 міс					
	усього	у тому числі				
л		сем.	пз	лаб.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Механіка і термодинаміка біологічних процесів						
Тема 1. Історія розвитку біофізики. математична біофізика. Фізичні методи аналізу. Спектроскопічні методи аналізу Елементи біомеханіки. Коливальні процеси в живих організмах.	15	1		8	-	6
Тема 2. Біофізика м'язового скорочення. Молекулярно-кінетична теорія. Основи термодинаміки. Явища переносу.	13	1		6	-	6
Тема 3. Термодинаміка біологічних процесів. Молекулярна біофізика. Вода	15	1		8	-	6
Тема 4. Транспорт речовин крізь біологічні мембрани.	15	1		8	-	6
Разом за змістовим модулем 1	58	4	-	30	-	24
Змістовий модуль 2. Основи прикладної біофізики						
Тема 5. Електричні і магнітні поля в живих організмах.	12	1		6	-	5
Тема 6. Біоелектричні потенціали. Гідростатика і гідродинаміка. Біофізика системи кровообігу.	12	1		6	-	5
Тема 7. Оптика. Біофізика зору. Взаємодія світла з речовиною.	12	1		6	-	5
Тема 8. Атомна фізика і елементи квантової фізики.	12	1		6	-	5
Тема 9. Дія фізичних чинників на біологічні об'єкти. Власні фізичні поля людини.	14	1		6	-	7
Разом за змістовим модулем 2	62	5	-	30	-	27
Підсумковий модульний контроль	-	-	-	-	-	-
Усього годин	120	9	-	60	-	51

4. Зміст програми навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Механіка і термодинаміка біологічних процесів

Тема 1. Історія розвитку біофізики. математична біофізика. Фізичні методи аналізу. Спектроскопічні методи аналізу Елементи біомеханіки. Коливальні процеси в живих організмах.

Модель «хижак-жертва». Метод ізоклін. Аналіз моделі «хижак-жертва» за допомогою методу ізоклін. Особливості моделювання фармакокінетичних процесів. Однокамерна фармакокінетична модель. Фармакокінетична модель з під камерою. Многокамерні фармакокінетичні моделі. Модель неперервного введення препарату. Спектральний аналіз. Спектроскопія у видимій і ультрафіолетовій області. Інфрачервона спектроскопія. Спектроскопія комбінаційного розсіяння світла. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу. Мас-спектроскопія. Рентгеноструктурний аналіз. Мікроскопічний аналіз. Поляриметрія. Термічний аналіз. Рефрактометрія. Хроматографія. Біомеханіка: основні терміни. Прямолінійний та обертальний рух. Коливальні процеси. Типи коливань в живих організмах. Пружні хвилі. Звук.

Тема 2. Біофізика м'язового скорочення. Молекулярно-кінетична теорія. Основи термодинаміки. Явища переносу.

Будова м'язового волокна. Скорочення м'язу. Потужність і швидкість скорочення м'язу. Механічні коливання. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів. Основні поняття термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки. Термодинамічні потенціали. Ідеальні та реальні гази. Фазові переходи. Явища переносу. Рівняння Онзагера.

Тема 3. Термодинаміка біологічних процесів. Молекулярна біофізика. Вода.

Особливості біологічних об'єктів як термодинамічних систем. Перший закон термодинаміки в хімії і біології. Другий закон термодинаміки для відкритих систем. Зміна стандартної вільної енергії. Хімічних і електрохімічних потенціали. Швидкість зростання ентропії і дисипативна функція. Спряжені процеси. Положення лінійної нерівноважної термодинаміки. Критерії досягнення і стійкості стаціонарних станів. Види взаємодій в макромолекулах. Структура води і гідрофобні взаємодії. Структура і властивості біополімерів. Структура білків. Переходи спіраль-клубок. Ферментний каталіз. Біофізика нуклеїнових кислот.

Тема 4. Транспорт речовин крізь біологічні мембрани.

Структура мембран. Фазові переходи у мембранах. Пасивний транспорт нейтральних частинок. Пасивний транспорт іонів. Рівняння Нернста. Рівновага Доннана. Іонний транспорт крізь канали. Пасивний транспорт речовин за допомогою переносників. Індукований іонний транспорт. Активний транспорт. Вторинно-активний транспорт.

Змістовий модуль 2. Основи прикладної біофізики

Тема 5. Електричні і магнітні поля в живих організмах. Електромагнітні хвилі.

Електростатика. Провідники в електричному полі. Енергія електричного поля. Діелектрики в електричному полі. Постійний електричний струм. Магнітостатика. Магнітні властивості тіл. Електромагнітна індукція. Змінний струм. Електромагнітні коливання. Рівняння Максвела. Електромагнітні хвилі.

Тема 6. Біоелектричні потенціали. Гідростатика і гідродинаміка. Біофізика системи кровообігу.

Потенціал спокою. Потенціал дії. Подразнення мембрани електричним струмом. Розповсюдження збудження по нервовому волокну. Швидкість проведення нервового імпульсу. Будова рідин. Гідростатика і гідродинаміка. Поверхневі явища. Реологічні і гемодинамічні властивості крові. Швидкість осідання еритроцитів. Модель Франка. Пульсова хвиля. Перенос речовин у капілярній мережі.

Тема 7. Оптика. Біофізика зору. Взаємодія світла з речовиною.

Геометрична оптика. Інтерференція світла. Дифракція світла. Дисперсія світла. Поглинання світла. Розсіяння світла. Поляризація світла. Теплове випромінювання. Оптична система ока людини. Молекулярний механізм зору. Взаємодія світла з речовиною. Розсіювання, поглинання, поляризація. Теплове випромінювання.

Тема 8. Атомна фізика і елементи квантової фізики.

Ядерні реакції. Радіоактивність. Фотоефект. Корпускулярні властивості світла. Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей. Хвильова функція. Рівняння Шредінгера. Квантові числа. Принцип Паулі. Рентгенівське випромінювання. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.

Тема 9. Дія фізичних факторів на біологічні об'єкти.

Дія електричного струму на живий організм. Механізм біологічної дії електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону. Електронні переходи в атомах і молекулах. Дія випромінювання оптичного діапазону на біологічні об'єкти. Дія ультрафіолетового випромінювання на біологічні молекули. Теорія мішені. Оптичне випромінювання у медицині. Дози іонізуючого випромінювання. Дія іонізуючого випромінювання на організм. Кількісна оцінка радіопшкоджень. Модифікація радіобіологічних ефектів. Власні фізичні поля людини. Електричні і магнітні поля людини. Фізичні основи електрокардіографії. Теплове випромінювання. Біолюмінесценція.

Підсумковий модульний контроль

5. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах
		Денна форма
		5р. 10 м.
1.	Історія розвитку біофізики. Математична біофізика. Фізичні методи аналізу. Спектроскопічні методи аналізу. Елементи біомеханіки. Коливальні процеси в живих організмах.	1
2.	Біофізика м'язового скорочення. Молекулярно-кінетична теорія. Основи термодинаміки. Явища переносу.	1
3.	Термодинаміка біологічних процесів. Молекулярна біофізика. Вода.	1
4.	Транспорт речовин крізь біологічні мембрани.	1
5.	Електричні і магнітні поля в живих організмах. Електромагнітні хвилі.	1
6.	Біоелектричні потенціали. Гідростатика і гідродинаміка. Біофізика системи кровообігу.	1
7.	Оптика. Біофізика зору. Взаємодія світла з речовиною.	1
8.	Атомна фізика і елементи квантової фізики.	1
9.	Дія фізичних факторів на біологічні об'єкти. Власні фізичні поля людини.	1

Плани

лекцій

Тема 1. Історія розвитку біофізики. математична біофізика. Фізичні методи аналізу. Спектроскопічні методи аналізу Елементи біомеханіки. Коливальні процеси в живих організмах.

План:

- 1.1. Модель «хижак-жертва». Аналіз моделі «хижак-жертва» за допомогою методу ізоклін.
- 1.2. Особливості моделювання фармакокінетичних процесів. Однокамерна фармакокінетична модель. Фармакокінетична модель з під камерою. Багатокамерні фармакокінетичні моделі. Модель неперервного введення препарату.
- 1.3. Спектральний аналіз. Спектроскопія у видимій і ультрафіолетовій області. Інфрачервона спектроскопія. Спектроскопія комбінаційного розсіяння світла. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу. Мас-спектроскопія.
- 1.4. Рентгеноструктурний аналіз. Мікроскопічний аналіз. Поляриметрія. Термічний аналіз. Рефрактометрія. Хроматографія.
- 1.5. Біомеханіка: основні терміни.
- 1.6. Прямолінійний та обертальних рух.
- 1.7. Коливальні процеси. Типи коливань в живих організмах.
- 1.8. Механічні коливання. Пружні хвилі. Звук.

Тема 2. Біофізика м'язового скорочення. Молекулярно-кінетична теорія. Основи термодинаміки. Явища переносу.

План:

- 2.1. Будова м'язового волокна. Скорочення м'язу. Потужність і швидкість скорочення м'язу.
- 2.2. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.
- 2.3. Ідеальні та реальні гази.
- 2.4. Основні поняття термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки.
- 2.5. Явища переносу. Дифузія, в'язкість, теплопровідність. Спряжені процеси. Рівняння Онзагера.

Тема 3. Термодинаміка біологічних процесів. Молекулярна біофізика. Вода.

План:

- 3.1. Термодинамічні потенціали.
- 3.2. Особливості біологічних об'єктів як термодинамічних систем. Перший закон термодинаміки в хімії і біології. Другий закон термодинаміки для відкритих систем.
- 3.3. Зміна стандартної вільної енергії. Хімічних і електрохімічний потенціали. Швидкість зростання ентропії і дисипативна функція.
- 3.4. Положення лінійної нерівноважної термодинаміки. Критерії досягнення і стійкості стаціонарних станів.
- 3.5. Види взаємодій в макромолекулах.
- 3.6. Структура води і гідрофобні взаємодії.
- 3.7. Поняття розчинників. Види розчинників. Універсальний розчин.
- 3.8. Структура і властивості біополімерів. Структура білків. Переходи спіраль-клубок.
- 3.9. Ферментний каталіз.
- 3.10. Біофізика нуклеїнових кислот.

Тема 4. Транспорт речовин крізь біологічні мембрани.

План:

- 4.1. Структура мембран. Фазові переходи у мембранах.
- 4.2. Пасивний транспорт нейтральних частинок. Пасивний транспорт іонів. Рівняння Нернста. Рівновага Доннана.
- 4.3. Іонний транспорт крізь канали. Пасивний транспорт речовин за допомогою переносників. Індукований іонний транспорт. Активний транспорт. Вторинно-активний транспорт.

Тема 5. Електричні і магнітні поля в живих організмах. Електромагнітні хвилі. План:

- 5.1. Електростатика. Провідники в електричному полі. Енергія електричного поля. Діелектрики в електричному полі. Постійний електричний струм.
- 5.2. Магнітостатика. Магнітні властивості тіл. Електромагнітна індукція.
- 5.3. Змінний струм. Електромагнітні коливання. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі.

Тема 6. Біоелектричні потенціали. Гідростатика і гідродинаміка. Біофізика системи кровообігу.

План:

- 6.1. Потенціал спокою. Потенціал дії. Подразнення мембрани електричним струмом. Розповсюдження збудження по нервовому волокну. Швидкість проведення нервового імпульсу.
- 6.2. Будова рідин. Гідростатика і гідродинаміка. Поверхневі явища.
- 6.3. Реологічні і гемодинамічні властивості крові. Швидкість осідання еритроцитів. Модель Франка. Пульсова хвиля. Перенос речовин у капілярній мережі.

Тема 7. Оптика. Біофізика зору. Взаємодія світла з речовиною.

План:

- 7.1. Геометрична оптика. Інтерференція світла. Дифракція світла. Дисперсія світла.
- 7.2. Взаємодія світла з речовиною. Поглинання світла. Розсіяння світла. Поляризація світла.
- 7.3. Теплове випромінювання.
- 7.4. Оптична система ока людини. Молекулярний механізм зору.

Тема 8. Атомна фізика і елементи квантової фізики.

План:

- 8.1. Будова атому за теорією Бора. Ядерні реакції. Радіоактивність.
- 8.2. Формула Планка. Фотоефект. Корпускулярні властивості світла.
- 8.3. Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей. Хвильова функція. Рівняння Шредінгера. Квантові числа. Принцип Паулі.
- 8.4. Рентгенівське випромінювання.
- 8.5. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.

Тема 9. Дія фізичних факторів на біологічні об'єкти. Власні фізичні поля людини.

План:

- 9.1. Дія електричного струму на живий організм. Механізм біологічної дії електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону. Електронні переходи в атомах і молекулах. Дія випромінювання оптичного діапазону на біологічні об'єкти. Дія ультрафіолетового випромінювання на біологічні молекули.
- 9.2. Теорія мішені. Оптичне випромінювання у медицині. Дози іонізуючого випромінювання. Дія іонізуючого випромінювання на організм. Кількісна оцінка радіопошкоджень. Модифікація радіобіологічних ефектів.
- 9.3. Електричні і магнітні поля людини.
- 9.4. Фізичні основи електрокардіографії.
- 9.5. Теплове випромінювання.
- 9.6. Біолюмінесценція.

6. Теми семінарських занять

Плани семінарських занять

Семінарський практикум не передбачено робочим навчальним планом

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах
		Денна форма
		5 р. 10м.
1.	Елементи біомеханіки. Коливальні процеси в живих організмах. Біоакустика.	4
2.	Моделювання фармакокінетичних процесів в живих організмах.	4
3.	Ідеальний і реальний газ. Розподіл молекул по швидкостях у полі сили тяжіння. Молекулярно-кінетична теорія.	4
4.	Потужність і швидкість скорочення м'язів. Основні поняття термодинаміки. Перший і другий закони термодинаміки. Ентропія.	4
5.	Явища переносу. Термодинамічні потенціали. Термодинаміка біологічних процесів. Спряжені процеси. Рівняння Онзагера.	4
6.	Структурна організація макромолекул. Взаємодії в макромолекулах. Ферментний каталіз.	4
7.	Властивості біологічних мембран. Пасивний і активний транспорт.	4
8.	Електростатика. Електричний струм. Рух частинок в електричному і магнітному полях.	4
9.	Потенціал спокою. Потенціал дії. Розповсюдження нервового імпульсу.	4
10.	Фізичні основи руху рідин. Основи гемореології і гемодинаміки.	4
11.	Основи геометричної та фізичної оптики. Оптична система ока людини. Молекулярний механізм зору.	4
12.	Взаємодія світла з речовиною. Теплове випромінювання тіл.	4
13.	Енергетичні рівні атомів і молекул. Квантові числа. Принцип Паулі. Основи квантової механіки. Рівняння Шредингера.	4
14.	Ядерні реакції. Радіоактивність.	4
15.	Біологічна дія електромагнітних хвиль. Дозиметрія. Модифікація радіобіологічних ефектів.	4
Усього годин		60

8. Плани практичних занять

Тема 1. Елементи біомеханіки. Коливальні процеси в живих організмах. Біоакустика.

Ціль заняття: Засвоїти основні положення біомеханіки і біоакустики. План:

- 1.1. Елементи біомеханіки.
- 1.2. Механічні коливання.
- 1.3. Диференціальні рівняння коливальних процесів.
- 1.4. Пружні коливання. Характеристики звукових хвиль.

Тема 2. Моделювання фармакокінетичних процесів в живих організмах.

Ціль заняття: Сформувати загальні поняття про математичне моделювання в біофізиці.

План:

- 2.1. Модель «хижак-жертва». Метод ізоклін. Аналіз моделі «хижак-жертва» за допомогою методу ізоклін.
- 2.2. Метод Пуанкаре-Ляпунова.
- 2.3. Фазовий портрет моделі «хижак-жертва».
- 2.4. Види особливих точок.
- 2.5. Особливості моделювання фармакокінетичних процесів. Однокамерна фармакокінетична модель. Фармакокінетична модель з під камерою. Багатокамерні фармакокінетичні моделі. Модель неперервного введення препарату.
- 2.6. Константа елімінації.
- 2.7. Період напіввидення.

Тема 3. Ідеальний і реальний газ. Розподіл молекул по швидкостях у полі сили тяжіння. Молекулярно-кінетична теорія.

Ціль заняття: Набути практичні навички використання законів молекулярної фізики та термодинаміки при вивченні хімічних і біологічних дисциплін. План:

- 3.1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.
- 3.2. Ідеальні та реальні гази.
- 3.3. Середня енергія молекул.
- 3.4. Теорема про рівнорозподіл енергії.
- 3.5. Розподіл Максвелла.
- 3.6. Розподіл Больцмана.
- 3.7. Рівняння Менделєєва-Клапейрона.

Тема 4. Потужність і швидкість скорочення м'язів. Основні поняття термодинаміки. Перший і другий закони термодинаміки.

Ціль заняття: Засвоїти поняття, пов'язані з будовою м'язового волокна та характеристиками його роботи. Оволодіти основними положеннями термодинаміки.

План:

- 4.1. Будова м'язового волокна. Будова поперечно-смугастого м'яза. Структура міофібрили. Будова міозину.
- 4.2. Скорочення м'язу. Рівняння Хілла.
- 4.3. Потужність і швидкість скорочення м'язу.
- 4.4. Основні поняття термодинаміки.
- 4.5. Перший закон термодинаміки.
- 4.6. Другий закон термодинаміки. Ентропія.
- 4.7. Термодинамічні потенціали. Зміна стандартної вільної енергії. Хімічних і електрохімічний потенціали.
- 4.8. Фазові переходи.

Тема 5. Явища переносу. Термодинамічні потенціали. Термодинаміка біологічних процесів. Спряжені процеси. Рівняння Онзагера.

Ціль заняття: Ознайомитися з явищами переносу та спряженими процесами. Оволодіти основними положеннями термодинаміки біологічних процесів.

План:

- 5.1. Явища переносу.
- 5.2. Особливості біологічних об'єктів як термодинамічних систем. Перший закон термодинаміки в хімії і біології. Другий закон термодинаміки для відкритих систем.

5.3. Швидкість зростання ентропії і дисипативна функція.

5.4. Спряжені процеси. Положення лінійної нерівноважної термодинаміки. Рівняння Онзагера. Критерії досягнення і стійкості стаціонарних станів.

5.5. Закон Гесса – перший закон термодинаміки для хімічних процесів.

5.6. Критерій Клаузіуса – критерій еволюції класичної термодинаміки.

5.7. Термодинамічні потенціали Геймгольца і Гібса. Теорема Пригожина.

Тема 6. Структурна організація макромолекул. Взаємодії в макромолекулах. Ферментний каталіз.

Ціль заняття: Ознайомитися з фізичною структурою та властивостями біологічно важливих молекул. Встановити природу та структурну організацію води. Ознайомитися з основними положеннями теорії ферментного каталізу. План:

6.1. Положення про макромолекули.

6.2. Види межмолекулярних взаємодій.

6.3. Природа та структурна організація води. Модель мерехтливих кластерів.

6.4. Стеріоізоміри. L і D ізомери. Ціс- і транс-конформації.

6.5. Перехід «спіраль-клубок».

6.6. Теорія ферментного каталізу.

Тема 7. Властивості біологічних мембран. Пасивний і активний транспорт.

Ціль заняття: Ознайомитися з основними властивостями біологічних мембран. Сформувані базові відомості про типи транспорту і спроможність речовин перебороти мембранний бар'єр. План:

7.1. Структура мембран. Штучні мембранні структури. Фазові переходи у мембранах.

7.2. Властивості біологічних мембран та їх функції.

7.3. Пасивний транспорт нейтральних частинок. Пасивний транспорт іонів. Рівняння Нернста. Рівновага Доннана.

7.4. Іонний транспорт крізь канали. Пасивний транспорт речовин за допомогою переносників. Індукований іонний транспорт. Активний транспорт. Вторинно-активний транспорт.

7.5. Рівняння Фіка для пасивного транспорту.

7.6. Коефіцієнт проникності мембрани. Рівняння Теорела. Рівняння Нернста-Планка. Рівняння Гольдмана. Рівняння Нернста.

Тема 8. Електростатика. Електричний струм. Рух частинок в електричному і магнітному полях.

7.7. Ціль заняття: Набути знання по основам електромагнетизму, що дозволить розуміти взаємодію живих організмів з електромагнітними полями. План:

7.8. Електростатика. Провідники в електричному полі. Енергія електричного поля. Діелектрики в електричному полі. Постійний електричний струм.

7.9. Магнітостатика. Магнітні властивості тіл. Електромагнітна індукція. Змінний струм. Електромагнітні коливання. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі.

7.10. Потенціал спокою. Потенціал дії. Подразнення мембрани електричним струмом.

7.11. Розповсюдження збудження по нервовому волокну. Швидкість проведення нервового імпульсу.

7.12. Принцип суперпозиції електричних полів. Теорема Гауса для електричного поля.

7.13. Поляризація діелектриків. Закон Ома в диференціальній формі.

7.14. Закон Біо-Савара-Лапласа. Рівняння Максвелла.

Тема 9. Потенціал спокою. Потенціал дії. Розповсюдження нервового імпульсу.

Ціль заняття: Ознайомитися з біофізичними механізмами потенціалу спокою та потенціалу дії.

9.1. Механізм формування потенціалу спокою.

9.2. Механізм виникнення потенціалу дії.

9.3. Рівняння Гольдмана-Ходжкіна-Катца.

9.4. Поширення збудження по нервовому волокну. Телеграфне рівняння. Фактор надійності нервового волокна.

Тема 10. Фізичні основи руху рідин. Основи гемореології і гемодинаміки.

Ціль заняття: Засвоїти основні положення гідростатики і гідродинаміки та законів

кровообігу. План:

- 10.1. Будова рідин. Гідростатика і гідродинаміка. Поверхневі явища.
 - 10.2. Реологічні і гемодинамічні властивості крові. Швидкість осідання еритроцитів.
- Модель Франка. Пульсова хвиля. Перенос речовин у капілярній мережі.
- 10.3. Теорія Френкеля. Закон Паскаля. Теорема про нерозривність струменя.
 - 10.4. Рівняння Бернуллі. Число Рейнольдса.
 - 10.5. Капілярні явища. Закон Жюрена. Ефект Фареуса-Ліндквіста.
 - 10.6. Теорія ріжучого циліндру. Гематокрит. Пульсова хвиля.

Тема 11. Основи геометричної та фізичної оптики. Оптична система ока людини. Молекулярний механізм зору.

Ціль заняття: Оволодіти основними законами геометричної і фізичної оптики та застосувати їх для вивчення оптичної системи ока людини. План:

- 11.1. Геометрична оптика. Оптична сила. Інтерференція світла.
- 11.2. Хвильова оптика. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля. Дифракція Фраунгофера. Дифракційна решітка. Дисперсія світла.
- 11.3. Оптична система ока людини.
- 11.4. Хід променів в оці людини. Абсолютний поріг чутливості ока.
- 11.5. Поглинання світла та фотоперетворювання в органах зору.
- 11.6. Принцип Ферма.
- 11.7. Молекулярний механізм зору.

Тема 12. Взаємодія світла з речовиною. Теплове випромінювання тіл.

Ціль заняття: Оволодіти основними законами взаємодії світла з речовиною. План:

- 12.1. Поглинання світла. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Метод спектрофотокolorиметрії.
- 12.2. Розсіювання світла.
- 12.3. Поляризація світла. Закон Малюса. Метод поляриметрії.
- 12.4. Теплове випромінювання. Закон Релея. Закон Стефана-Больцмана. «Ультрафіолетова катастрофа».

Тема 13. Енергетичні рівні атомів і молекул. Квантові числа. Принцип Паулі. Основи квантової механіки. Рівняння Шредингера.

Ціль заняття: Засвоїти основні положення атомної фізики та квантової механіки та навчитися використовувати ці знання при створенні нових лікарських форм. План:

- 13.1. Будова атому за теорією Бора.
- 13.2. Корпускулярні властивості світла.
- 13.3. Атомні спектри. Ізотопи. Довжина хвилі де Бройля.
- 13.4. Формула Бальмера.
- 13.5. Формула Планка. Фотоефект.
- 13.6. Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.
- 13.7. Хвильова функція. Рівняння Шредингера. Квантові числа. Принцип Паулі.

Тема 14. Ядерні реакції. Радіоактивність.

Ціль заняття: Засвоїти основні види типи радіоактивності. План:

- 14.1. Ізотопи. Ізотони. Ізобари.
- 14.2. Дефект маси.
- 14.3. Радіоактивність. Типи радіоактивності.
- 14.4. Закон радіоактивного розпаду.
- 14.5. Активність ізотопу.

Тема 15. Біологічна дія електромагнітних хвиль. Дозиметрія. Модифікація радіобіологічних ефектів.

Ціль заняття: Сформувати знання про можливі наслідки дії електромагнітного випромінювання на організм людини. План:

- 15.1. Дія електричного струму на живий організм. Механізм біологічної дії електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону. Електронні переходи в атомах і молекулах. Дія випромінювання оптичного діапазону на біологічні об'єкти. Дія ультрафіолетового випромінювання на біологічні молекули.
- 15.2. Теорія мішені. Оптичне випромінювання у медицині. Дози іонізуючого

випромінювання. Дія іонізуючого випромінювання на організм. Кількісна оцінка радіопшкоджень. Модифікація радіобіологічних ефектів.

15.3. Електричні і магнітні поля людини. Фізичні основи електрокардіографії. Теплове випромінювання. Біолюмінесценція.

15.4. Штучний електромагнітний фон. Фотобіологічний вплив на людину електромагнітного випромінювання.

15.5. Біологічний ефект ультрафіолетового випромінювання. Фотоушкодження ДНК. Ефект Комптона. Рентгенівське випромінювання.

15.6. Рентгенівське випромінювання. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.

9. Теми лабораторних занять

Лабораторний практикум не передбачено робочим навчальним планом

10. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах
		Денна форма
		5,10
1.	Математична біофізика. Фізичні методи аналізу. Спектроскопічні методи аналізу. Коливальні процеси.	6
2.	Біофізика м'язового скорочення. Молекулярно-кінетична теорія. Основи термодинаміки. Явища переносу.	6
3.	Термодинаміка біологічних процесів. Молекулярна біофізика. Вода.	6
4.	Транспорт речовин крізь біологічні мембрани.	6
5.	Електричні і магнітні поля в живих організмах. Електромагнітні хвилі.	6
6.	Біоелектричні потенціали. Гідростатика і гідродинаміка. Біофізика системи кровообігу.	5
7.	Оптика. Біофізика зору. Взаємодія світла з речовиною.	5
8.	Атомна фізика і елементи квантової фізики.	5
9.	Дія фізичних факторів на біологічні об'єкти. Власні фізичні поля людини.	6
Усього годин		51

11. Завдання для самостійної роботи

У змістовному модулі 1.

1. Завдання на обчислювання констант елімінації, періоду напіввиведення препарату, початкову концентрацію, максимальну концентрацію препарату в тілі людини.

2. Завдання на визначення максимальної швидкості скорочення м'яза, роботу, проведену м'язом, теплопродукцію м'яза, загальну потужність м'яза.

3. Завдання на знаходження внутрішньої енергії, ентальпії, потенціалу Гібса, потенціалу Гельмгольца, ентропії.

4. Завдання на обчислювання осмотичної електричної роботи, зміни електрохімічного потенціалу при транспорті іонів крізь мембрану клітини, ефективність спряження процесів, зміни термодинамічних потенціалів у клітині.

5. Завдання на розрахунок роботи натрій-калієвих насосів, коефіцієнтів розподілу речовини, коефіцієнту дифузії, вільної енергії Гібса, різниці потенціалів на мембрані, концентрації іонів всередині і зовні клітини.

У змістовному модулі 2.

6. Завдання на обчислювання швидкості течії крові в різних ділянках системи кровообігу, гідравлічного опору периферійної частини системи кровообігу, швидкості осідання еритроцитів, швидкості розповсюдження пульсової хвилі. Завдання на визначення потенціалу

спокою, потенціалу дії, температури клітини, сталої довжини нервового волокна, швидкості проведення нервового імпульсу.

7. Завдання на обчислення розділювальної здатності людського ока, оптичної сили окулярів та інших оптичних приладів.

8. Завдання на знаходження сталої радіоактивності розпаду, дефекту маси та енергії зв'язку, межі серії Бальмера атому водню, коефіцієнта поглинання рентгенівського випромінювання, потенціалу іонізації атому, довжини хвилі де Бройля.

9. Завдання на розрахунок характеристик, пов'язаних з поглинанням рентгенівського випромінювання різними тканинами організму людини, глибини проникнення електромагнітного випромінювання в тканини, енергії квантів випромінювання в різних діапазонах електромагнітних хвиль.

10. Завдання на побудову блок-схем приладів, які використовуються в фізичних методах аналізу лікарських засобів.

12. Індивідуальні завдання

У змістовному модулі 1.

1. Складання диференціальних рівнянь, які відповідають різним фармакокінетичним моделям.
2. Завдання на розрахунок роботи та потужності м'язів людини. Задачі на побудову функцій розподілу частинок по енергіям Максвелла та функцій розподілу Больцмана у полі тяжіння.
3. Завдання на розрахунки усіх термодинамічних потенціалів при фазових переходах.
4. Завдання на розрахунок потоків іонів Na^+ , K^+ , Cl^- крізь мембрани клітин.

У змістовному модулі 2.

5. Задачі на обчислювання швидкості проведення нервового імпульсу по різних волокнах.
6. Завдання на розрахунки характеристик системи кровообігу людини.
7. Завдання на побудову ходу промінів в оці людини при різних типах аберації.
8. Завдання на розрахунки частот та довжини хвилі спектральних ліній для атому водню.
9. Завдання на використання фізичних факторів і зокрема електромагнітного випромінювання в медицині та фармації. Завдання по аналізу і порівняння переваг та недоліків різноманітних методів аналізу речовини.

13. Методи, методики та технології навчання

У ході викладання дисципліни «Біофізика» використовуються такі

- *методи навчання*:
 - словесні методи (лекція, бесіда);
 - наочні методи (ілюстрація, демонстрація, фронтальний експеримент);
 - практичні методи (розв'язування задач із фаховим змістом);
 - самостійна робота студентів з осмислення й засвоєння матеріалу;
 - використання контрольно-навчальних комп'ютерних програм з дисципліни;
 - використання методу проектів для забезпечення міжпредметної інтеграції;
- *методики навчання* згідно методів навчання дисципліни;
- *технології навчання*:
 - інтерактивні (відеолекції; лекції з використанням інтерактивних дошок та презентацій);
 - ігрові (ігри-вправи, ігрові дискусії, ігрові ситуації, рольові та ділові навчальні ігри);
 - аудіовізуальні (використання аудіографічної інформації);
 - проблемне навчання.

14. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється на основі контролю теоретичних знань, вмінь та навичок. Форми поточного контролю:

- усне опитування (фронтальне, індивідуальне, комбіноване);
- практична перевірка сформованих професійних вмінь;
- тестовий контроль (відкриті та закриті тестові завдання).

Самостійна робота студента оцінюється на практичних заняттях і є складовою підсумкової оцінки студента.

15. Критерії та порядок оцінювання результатів навчання

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни «Біофізика, фізичні методи аналізу» здійснюється за 100-баловою шкалою, яка переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС – А, В, С, Д, Е, FХ, F). Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється на основі оцінок за поточний контроль і оцінки, отриманої під час підсумкового модульного контролю.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному/семінарському занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної

підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на семінарських та практичних заняттях. Окрім того, поточний контроль передбачає оцінювання контрольних робіт з двох змістових модулів.

За кожне практичне і семінарське заняття здобувач вищої освіти може отримати 2,5 бали (мінімум 1,6 бали).

Критерії оцінювання практичних занять:

2,5 бали – здобувач вищої освіти правильно, чітко, логічно і повно відповідає на всі стандартизовані питання поточної теми, включно з питаннями лекційного курсу і самостійної роботи. Тісно пов'язує теорію з практикою і правильно розв'язує задачі вищого рівня складності з фаховим змістом.

2,1 бали – здобувач вищої освіти правильно і по суті відповідає на стандартизовані питання поточної теми, лекційного курсу та самостійної роботи. Правильно використовує теоретичні знання при вирішенні практичних завдань. Вміє вирішувати легкі та середньої складності задачі з фаховим змістом.

1,8 бали – здобувач вищої освіти неповно, за допомогою додаткових питань відповідає на стандартизовані питання поточної теми, лекційного курсу і самостійної роботи. Не може самостійно побудувати чітку, логічну відповідь. Під час відповіді та демонстрації практичних навичок здобувач вищої освіти робить помилки і вирішує лише найлегші задачі.

1,6 бали – здобувач вищої освіти частково знає матеріал поточної теми, не може побудувати логічну відповідь, не відповідає на додаткові запитання. Під час відповіді та демонстрації практичних навичок робить помилки.

0 балів – здобувач вищої освіти не знає матеріалу поточної теми, не може побудувати логічну відповідь, не відповідає на поставлені запитання, зовсім не розуміє змісту матеріалу. Під час відповіді та демонстрації практичних навичок робить значні, грубі помилки.

Підсумковий модульний контроль проводиться з метою визначення стану успішності здобувачів вищої освіти за період теоретичного навчання. Підсумковий модульний контроль знань здобувачів вищої освіти здійснюється через проведення аудиторного письмового тестування. Кожен білет містить 9 тестів з теоретичної частини та 1 тест – практичної частини. Відповідно кожна правильна відповідь на кожен з тестів теоретичної частини та на тестове завдання практичної частини оцінюється у 4 бали.

Підсумковий модульний контроль максимально оцінюється у 40 балів за успішну теоретичну підготовку та за засвоєння практичних навичок та вмій і вважається зарахованим, якщо здобувач вищої освіти набрав не менше 24 балів.

Максимальна кількість балів, яку може набрати здобувач вищої освіти за поточну навчальну діяльність для допуску до підсумкового модульного контролю становить 60 балів. *Мінімальна кількість балів*, яку повинен набрати здобувач вищої освіти за поточну навчальну діяльність для допуску до екзамену становить 36 балів.

Індивідуальна самостійна робота здобувачів вищої освіти оцінюється під час поточного контролю теми на відповідному занятті оцінкою «зараховано», «незараховано» при умові 60% правильно розв'язаних завдань.

Сума балів, накопичених здобувачем вищої освіти за виконання всіх видів поточних навчальних завдань (робіт) на практичних (семінарських) заняттях та на підсумковому модульному контролі, свідчить про *ступінь оволодіння ним програмою навчальної дисципліни* на конкретному етапі її вивчення. Протягом семестру здобувачі вищої освіти можуть набрати від 0 до 100 балів, що переводяться у національну шкалу оцінювання і відповідно у шкалу ЄКТС. Кількість балів відповідає певному рівню засвоєння навчальної дисципліни:

Знання здобувачів вищої освіти оцінюються за такими критеріям:

Сума балів	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		оцінка	залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		

64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно	Не зараховано
1-34	F		

- *«відмінно»* – здобувач вищої освіти твердо засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;
- *«добре»* – здобувач вищої освіти добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і помилок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;
- *«задовільно»* – здобувач вищої освіти в основному опанував теоретичні знання навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;
- *«незадовільно»* – здобувач вищої освіти не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі; відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

16. Форми поточного та підсумкового контролю успішності навчання

Поточний контроль здійснюється на основі контролю теоретичних знань, вмінь та навичок, включає такі форми контролю теоретичних знань, вмінь та навичок: усне опитування (фронтальне, індивідуальне, комбіноване); практична перевірка сформованих професійних вмінь; тестовий контроль (відкриті та закриті тестові завдання).

Самостійна робота здобувачів вищої освіти оцінюється на практичних заняттях і є складовою підсумкової оцінки здобувача вищої освіти. Для заочної форми навчання проводиться аудиторна контрольна робота. Підсумковий модульний контроль має своїм завданням з'ясувати рівень

засвоєння здобувачем вищої освіти навчального матеріалу після завершення вивчення навчальної дисципліни. Він проводиться у вигляді аудиторного письмового тестування.

Форма контролю – оцінка.

17. Форма підсумкового контролю успішності навчання (оцінка)

Підсумковий модульний контроль максимально оцінюють у 40 балів за успішну теоретичну підготовку та за засвоєння практичних навичок і вмінь і вважається зарахованим, якщо студент набрав не менше 24 балів.

18.Схема нарахування та розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумковий контроль	Сума
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2					40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		
8	10	6	4	4	8	8	4	8		
28				32						
60										

19.Методичне забезпечення

1. Робоча навчальна програма дисципліни.
2. Підручник.
3. Навчальний посібник.
4. Комплект мультимедійних презентацій лекцій.
5. Опорний конспект лекцій з дисципліни.
6. Методичні рекомендації та розробки для викладача.
7. Методичні матеріали для самостійної роботи студентів.
8. Методичні вказівки до практичних занять для студентів.
9. Тестові та контрольні завдання до практичних занять.
10. Питання та завдання до змістового модульного контролю 1.
11. Питання та завдання до змістового модульного контролю 1.
12. Питання та завдання до підсумкового контролю.
13. Комплект дистанційного курсу з дисципліни.

20.Рекомендована література

Основна

1. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія / За ред. Е.І.Личковського, В.О.Тиманюка. - Вінниця, Нова Книга, 2014.
2. Медична і біологічна фізика/ За ред. О.В.Чалого. – Вінниця, Нова Книга, 2013.
3. Тиманюк В.О., Животова О.М. Біофізика: Навч. посіб. для студ. фармац. вищ. навч. закладів. – Х.: Вид-во НФАУ: Золоті сторінки, 2001.

Допоміжна

1. Ємчик Л.Ф., Кміт Я.М. Медична і біологічна фізика: Підруч.-Львів: Світ, 2003.
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: Высш. шк., 2008.
3. Владимиров Ю А., Рошупкин Д.И , Потапенко А.Я., Деев Л.И. Биофизика. – 1983.
4. Біофізика. Підручник для студ. біол., мед. та фіз. вузів / За ред. П.Г.Костюка. К.: Обереги, 2001.
5. Ремизов А.Н, Максина Л.Г. Сборник задач по медицинской и биологической физике: Учеб.пособие. – М.: Дрофа., 2001.
6. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. – Л.: Изд-во СПб: Спец. Лит, 2004.
7. Агапов Р.Т., Миксютич Г.Б. Островерхов П.Й. Лабораторный практикум по физике. – М.: Высш. шк., 1982.

21. Інформаційні ресурси, у т.ч. в мережі Інтернет

1. Кафедра фізики. Режим доступу: physics.nuph.edu.ua.
2. Бібліотека НФаУ: e-mail: library@nuph.edu.ua.
3. Центр дистанційних технологій навчання НФаУ. Режим доступу: <http://nuph.edu.ua/centr-distancijnih-tehnologijj-navcha/>.
4. Репозиторий ВГМУ. Режим доступу: <http://elib.vsmu.by/handle/123/228>.