МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

Факультет ветеринарної гігієни, екології та права
Кафедра фізики і математики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету_____
_____ Р.А.Пеленьо
(ПІП, підпис)
" 22 " 06 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 7. Біофізика
(код і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)
галузь знань 10 «Природничі науки»
(назва галузі знань)
спеціальність 101 «Екологія»
(назва спеціальності)
освітня програма « Екологічна політика та правове регулювання природокористування»
(назва)
вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)

Львів – 2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни Біофізика для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 101 «Екологія» за освітньою програмою «Екологічна політика та правове регулювання природокористування»

Укладачі:

Доктор фізико-математичних наук, професор А.М.Коструба

Робоча програма розглянута та схвалена на засіданні кафедри фізики і математики

протокол № 9 від " 21 " червня 2022 року

завідувач кафедри фізики і математики А.М.Коструба
(назва кафедри) (підпис) (прізвище та ініціали)

Погоджено навчально-методичною комісією спеціальності 101 «Екологія»

протокол № 2 від « 20 » 06 2022 р.

Голова НМКС Ганич Б.Н.

Схвалено рішенням навчально-методичної ради факультету громадського розвитку та здоров' я протокол № 10 від «22» 06 2022 р.

Голова НМРФ Смівка Н.Б.
(підпис, прізвище та ініціали)

Ухвалено вченою радою факультету ГРЗ

протокол № 3 від «22» 06 2022 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин	
	Денна форма здобуття освіти	Заочна форма здобуття освіти
Семестр	**1**	**1**
Кількість кредитів/годин	**3,5/105**	**3,5/105**
Усього годин аудиторної роботи	**48**	**14**
в т.ч.:		
• лекційні заняття, год.	16	6
• практичні заняття, год.	-	-
•лабораторні заняття, год	32	8
семінарські заняття, год	-	-
Усього годин самостійної роботи	**57**	**91**
Форма контролю	залік	залік

Примітка.
Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі:
для денної форми навчання – 40%
для заочної форми навчання – 13,3%

2. Предмет, мета та завдання навчальної дисципліни

2.1.Предмет, мета вивчення навчальної дисципліни

Предметом навчальної дисципліни «Біофізика» є основні явища, положенн і закони фізики, які необхідні для повноцінної професійної діяльності і для вивчення низки суміжних та спеціальних дисциплін.

Метою навчальної дисципліни «Біофізика» є послідовне викладення студентам основних законів і положень фізики, які допомагають вивчати загальні закономірності явищ природи; розгляд питань біофізики, що безпосередньо стосуються проблем взаємодії живих організмів з навколишнім середовищам; висвітлення можливих прикладних застосувань фізичних методів і приладів для вимірювання параметрів навколишнього середовища та контролю екобіотехнологічних процесів.

Вивчення навчальної дисципліни «Біофізика» грунтується на таких засвоєних освітніх компонентах: «Вища математика».

Здобуті знання є основою для вивчення наступних освітніх компонент: «Біохімія», «Охорона праці».

2.2.Завдання навчальної дисципліни (ЗК, СК(ФК)

Передбачає формування у студентів необхідних компетентностей:

– **загальні компетентності**:
– навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК2);
- здатність до участі у проведенні досліджень на відповідному рівні (ЗК8);

- здатність працювати в команді (ЗК9);
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК11).
– **спеціальні (фахові) компетентності**:
- здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів природничих наук (ФК2);
- розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціально-економічних наук (ФК3);
- здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю (ФК5);
- здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища (ФК7).

2.3.Програмні результати навчання (ПРН)

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Фізика» студент повинен бути здатним продемонструвати такі результати навчання:

- розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування (ПРН 2);
- розуміти основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі природничих наук, що необхідні для аналізу і прийняття рішень в сфері екології, охорони довкілля та оптимального природокористування (ПРН 3);
- демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення (ПРН 9);
- уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище. (ПРН 11).

3. Структура навчальної дисципліни

3.1.Розподіл навчальних занять за розділами дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма здобуття освіти (ДФЗО)						заочна форма здобуття освіти (ЗФЗО)					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Механіка. Молекулярна фізика.												
Тема 1. Кінематика та динаміка обертового руху.	9	1	–	4	–	4	9	1	-	-	-	8
Тема 2. Закони збереження. Робота та енергія. Гідродинаміка і гемодинаміка.	9	1	–	4	–	4	9	-	-	1	-	8
Тема 3. Механічні коливання і хвилі. Звук ультразвук та інфразвук.	5	1	–	–	–	4	9	1	-	-	-	8
Тема 4.Молекулярна фізика.	9	1	–	6	–	4	9	-	-	1	-	8
Тема 5.Закони термодинаміки і біологічні системи.	5	1	–	–	–	4	9	-	-	1	-	8
Разом за розділом	**37**	**5**		**14**		**20**	**45**	**2**	**-**	**3**	**-**	**40**
Розділ 2.Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм. Оптика. Будова атома і ядра												
Тема 1.Електростатика. Біопотенціал.	6	1	–	–	–	4	12	1	-	1	-	10
Тема 2.Постійний струм.	9	2	–	2	–	5	9	-	-	1	-	8
Тема 3.Електромагнтизм. Електромагнітна індукція.	9	1	–	4	–	5	9	1	-	-	-	8
Тема 4.Змінний струм. Електромагнітні коливання і хвилі.	9	1	–	2	–	5	9	-	-	1	-	8
Тема 5. Хвильові властивості світла.	10	2	–	4	–	5	9	1	-	-	-	8
Тема 6. Будова атома та хвильові властивості мікрочастинок.	9	1	–	4	–	5	9	1	-	-	-	8
Тема 7.Структура ядра атома.	7	1	–	–		4	9	-	-	1	-	8
Тема 8.Радіоактивність. Дозиметрія.	9	2	–	2	–	4	9	-	-	1	-	8
Разом за розділом	**68**	**11**		**18**		**37**	**60**	**4**		**5**		**51**
Усього годин	**105**	**16**	**–**	**32**	**–**	**57**	**105**	**6**		**8**		**91**

3.2.Лекційні заняття

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
	Розділ 1. Механіка. Молекулярна фізика.		
1	“ Кінематика та динаміка обертового руху.” Закони Ньютона. Закон збереження імпульсу і моменту імпульсу. Робота. Потужність. Енергія. Кінетична енергія, момент інерції. Основне рівняння динаміки обертового руху.	1	-
2	“ Закони збереження. Робота та енергія. Гідродинаміка і гемодинаміка.” Закон збереження і перетворення енергії. Умова нерозривності течії. Рівняння Бернуллі і наслідки з нього. В’язкість рідин. Вимірювання в’язкості. Закон Пуазеля. Закон Стокса. Ламінарна і турбулентна течії. Число Рейнольдса.	1	1
3	“ Механічні коливання і хвилі. Звук ультразвук та інфразвук.” Коливання і хвилі. Основи акустики. Додавання гармонічних коливань, що відбуваються вздовж однієї прямої. Звук і його природа. Закон Вебера-Фахнера. Акустичні методи у ветеринарії.	1	–
4	“Молекулярна фізика ” . Газові закони. Рівняння газового стану. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів. Висновки з основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями. Середнє число зіткнень та середній пробіг молекул.	1	1
5	“Закони термодинаміки і біологічні системи. ” Внутрішня енергія і перший закон термодинаміки. Теплоємність газу. Рівняння Майєра. Адіабатний процес. Рівняння Пуассона. Цикл Карно. Ентропія і другий закон термодинаміки. Термодинаміка біологічних систем.	1	–
	Розділ 2.Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм. Оптика. Будова атома і ядра		
6	“ Електростатика. Біопотенціали.” Закон Кулона. Теорема Остроградського- Гаусса. Провідники в електростатичному полі. Електричний захист. Заземлення. Електроємність і енергія електричного поля конденсатора.	1	–
7	: “Постійний струм. ” Сила струму,електрорушійна сила. Закон Джоуля-Ленца. Правила Кірхгофа. Термоелектричні явища. Явище Пельтьє.	1	1
8	“ Електромагнетизм. Електромагнітна індукція ”. Закон Ампера. Магнітний потік. Закон Біо–Савара–Лапласа. Сила Лоренца і ефект Холла. Магнітне поле і його вплив на живі організми. Основний закон електромагнітної індукції. Самоіндукція і взаємоіндукція.	1	–
9	“ Змінний струм. Електромагнітні коливання і хвилі”. Трансформатори. Електромагнітні коливання і змінний струм. Опір, індуктивність, ємність у колі змінного струму. Фізичні основи електричних методів лікування.	1	–
10	“ Хвильові властивості світла” Інтерфернція, дифракція,поляризація, дисперсія.	1	1
11	“Поглинання світла”.	1	–

	Механізм поглинання світла. Закон Бугера, Бугера-Ламберта. Абсорбційний аналіз, фотоелектроколориметрія. Спектрофотометри і оптикоакустичні газоаналізатори. Концентраційна колориметрія. Фотоелектричний ефект.		
12	“ Будова атома та хвильові властивості мікрочастинок.” Напівквантова теорія будови атома. Квантові числа. Принцип Паулі. Про квантову механіку і хвильові властивості мікрочастинок. Електронні мікроскопи і застосування їх для дослідження тканин.	1	–
13	“Структура ядра атома. ” Характеристика ядра. Ядерні сили. Енергія зв'язку ядра. Ядерні і термоядерні реакції та їх використання. Магнітна резонансна спектроскопія.	1	–
14	„Основний закон радіоактивного розпаду. Взаємодія радіоактивного випромінювання з речовинами”. Основний закон радіоактивного розпаду. Період піврозпаду. Середній час життя і активність радіоактивного елемента. Проходження радіоактивного випромінювання через речовини. Взаємодія α-частинок з речовиною. Проходження β-частинок через речовину. Поширення γ-випромінювання у речовині.	1	1
15	«Основні поняття дозиметрії». Доза. Керма. Поглинута доза. Експозиційна, ефективна, еквівалентна, дози. Коефіцієнт відносної біологічної ефективності і радіаційного (генетичного) ризику. Ефективна еквівалентна, колективна і очікувана дози. Обробка іонізуючим опроміненням харчових продуктів. Радіоіндикаторний метод і радіоізотопна діагностика в медицині.	1	-
16	«Дозиметрія радіоактивного випромінювання. Деякі екологічні аспекти». Прилади і установки для вимірювання іонізуючого випромінювання. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Наслідки опромінення організму. Вплив радіонуклідів на довкілля. Шляхи забруднення навколишнього середовища. Знезараження та утилізація відходів продуктів розщеплення. Радіаційне забруднення і екологічні проблеми.	1	1
Усього годин		**16**	**6**

3.3.Лабораторні заняття

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Вступ. Обробка результатів фізичних вимірювань та їх представлення. Основи техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт. Теорія фізичних вимірювань. Правила наближених обчислень. Обчислення похибок прямих та опосередкованих вимірювань.	2	1
2	Вимірювальні прилади. Ознайомлення з будовою і методикою вимірювань приладів для вимірювання лінійних розмірів, точності вимірювання та знаходження похибок вимірювань.	2	-
3	Визначення об'єму тіл правильної геометричної форми. Проведення вимірювань лінійних розмірів тіл за допомогою штангенциркуля і мікрометра. Обчислення об'ємів циліндра та паралелепіпеда.	2	1
4	Контрольна робота №1.	2	-
5	Визначення густини молока лактоденсиметром. Вивчення принципу роботи і будови лактоденсиметра, вироблення навичок для визначення ним густини молока.	2	1
6	Визначення модуля Юнга за деформацією прогину. Визначення модуля Юнга кістки за допомогою деформації прогину.	2	1
7	Вивчення обертального руху твердого тіла за допомогою маятника Обербека. Визначення моменту інерції твердого тіла відносно нерухомої осі обертання.	2	-
8	Визначення періоду коливань математичного маятника. Визначення періоду коливань математичного маятника та прискорення вільного падіння.	2	1
9	Визначення вологості повітря. Вивчення аспіраційного психрометра і психрометра Августа та правил користування ними.	2	-
10	Визначення кінематичної в'язкості і критичної швидкості рідини капілярним віскозиметром. Ознайомлення з будовою віскозиметра, вироблення навичок користування ним для визначення в'язкості і критичної швидкості рідини. Контрольна робота №2.	4	1
11	Вимірювання опорів провідників за допомогою містка постійного струму. Визначення опорів провідників при різних сполученнях.	2	1
12	Визначення довжини світлової хвилі і енергії кванта випромінювання газового лазера. Вивчення явищ дифракції та інтерференції. Визначення довжини хвилі та обчислення енергії кванта випромінювання лазера.	2	1
13	Вивчення взаємодії радіоактивного ß-випромінювання з речовиною та визначення його кількісних характеристик. Ознайомлення з будовою радіометра, визначення коефіцієнта лінійного вбирання та шару половинного вбирання. Контрольна робота №3.	2	-
14	Підсумкове заняття. Підбиття підсумків та виставлення балів, підготовка до іспиту.	4	-
Усього годин		**32**	**8**

3.4.Самостійна робота

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
Розділ 1. Механіка. Молекулярна фізика.			
1	Кінематика та динаміка обертового руху.	1	2
2	Закони збереження. Робота та енергія. Гідродинаміка і гемодинаміка.	1	2
3	Механічні коливання хвилі. Звук ультразвук та інфразвук.	1	2
4	Молекулярна фізика.	1	2
5	Закони термодинаміки і біологічні системи.	1	2
6	Електростатика. Біопотенціали. Електричні поля риб.	1	2
7	Постійний струм.	2	2
Розділ 2.Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм. Оптика. Будова атома і ядра			
8	Електромагнетизм. Електромагнітна індукція.	2	2
9	Змінний струм. Електромагнітні коливання і хвилі.	2	2
10	Хвильові властивості світла.	2	2
11	Будова атома та хвильові властивості мікрочастинок.	2	2
12	Структура ядра атома.	2	2
13	Радіоактивність. Дозиметрія.	2	2
14	Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів	37	
Усього годин		**57**	

4. Індивідуальні завдання

З метою покращення успішності здобувачів вищої освіти та підвищення його балів за поточний контроль пропонуються такі теми індивідуальних робіт:

1. Статична рівновага, застосування умов, рівноваги важеля у природі, важелі першого і другого родів.
2. Магнітне поле і його вплив на живі організми, біомагнетизм і магнітобіологія.
3. Спектри і спектральний аналіз.
4. Забруднення радіоактивним цезієм і стронцієм сільськогосподарської продукції та радіаційний контроль.

5. Методи навчання

Вивчення предмету «Біофізика» проводиться за допомогою таких методів: пояснювально-ілюстративний, дослідницький, частково-пошуковий (евристичний), спонукальний.

Вивчення навчальної дисципліни «Біофізика» передбачає використання інформаційно-комп’ютерних технологій (глобальна система Інтернет) і електронних підручників, візуалізація фізичних явищ та процесів (лабораторні роботи та лекційні демонстрації), обробка результатів лабораторних досліджень, оцінювання знань.

6. Методи контролю

Форми проведення поточної перевірки:
- усна співбесіда;
- письмове фронтальне опитування;
- письмова перевірка з урахуванням специфіки предмету;
- експрес-контроль;
- консультація з метою контролю;
- домашнє завдання групового чи індивідуального характеру;
- перевірки виконання самостійної роботи тощо.

7. Критерії оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

Критерії оцінювання студентів денної форми здобуття освіти

Результати поточного контролю оцінюються за чотирибальною («2», «3», «4», «5») шкалою.

Таблиця 1 – **Критерії поточного оцінювання.**

Відповідь, виступ, контрольна робота виконання завдання	Критерії оцінки
5	У повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає, глибоко і всебічно розкриває зміст, використовуючи при цьому обов’язкову і додаткову літературу. Правильно вирішує 90% поставлених завдань.
4	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст завдань, використовуючи при цьому обов’язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість поставлених завдань.
3	У цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину поставлених завдань.
2	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово викладає, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив меншість поставлених завдань.

Підсумковий контроль результатів навчання здобувачів вищої освіти є необхідним елементом освітнього процесу. Контроль забезпечує об'єктивну

оцінку якості освітньої діяльності. Суть контролю полягає у виявленні та вимірюванні компетентностей студентів, у взаємопов'язаній діяльності викладача і студента.

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти здійснюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю (залікового).

Оцінювання результатів навчання проводиться в балах, максимальна кількість яких за кожний підсумковий контроль становить 100. Кожній сумі балів відповідає оцінка за національною шкалою та шкалою ЄКТС (табл. 1).

Максимальна кількість балів протягом семестру становить 100:

100 (ПК) = 100,

де:100 (ПК) − 100 максимальних балів з поточного контролю, які може набрати студент за семестр.

Таблиця 2 – **Шкала оцінювання успішності студентів**

За 100–бальною шкалою	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Екзамен, диференційований залік	Залік	
90-100	Відмінно	Зараховано	A
82-89	Добре		B
74-81			C
64-73	Задовільно		D
60-63			E
35-59	Незадовільно (незараховано) з можливістю повторного складання		FX
0-34	Незадовільно (незараховано) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни		F

В кінці семестру обчислюється середнє арифметичне значення (САЗ) усіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням його у бали за формулою:

$$ПК = \frac{100 \cdot САЗ}{5} = 20 \cdot САЗ.$$

Критерії оцінювання студентів заочної форми здобуття освіти

Успішність студента оцінюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю (залікового).

Максимальна кількість балів, яку може отримати студент протягом семестру, становить 100.

Оцінювання результатів навчання студентів здійснюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю (залікового).

Оцінювання результатів навчання проводиться в балах, максимальна кількість яких за кожний підсумковий контроль становить 100. Кожній сумі балів відповідає оцінка за національною шкалою та шкалою ЄКТС (табл. 1).

Максимальна кількість балів протягом семестру становить 100:

100 (ПК) = 100,

де:

100 (ПК) − 100 максимальних балів з поточного контролю, які може набрати студент за семестр.

Результати поточного контролю оцінюються за чотирибальною («2», «3», «4», «5») шкалою. В кінці семестру обчислюється середнє арифметичне значення (САЗ) усіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням його у бали за формулою:

$$ПК = \frac{100 \cdot САЗ}{5} = 20 \cdot САЗ.$$

Поточний контроль проводиться викладачами під час аудиторних занять. Основне завдання поточного контролю – перевірка рівня підготовки студентів до виконання конкретної навчальної роботи. Поточний контроль проводиться у формі усного опитування, письмового експрес-контролю, тестування тощо.

8. Навчально-методичне забезпечення

1. Коструба А.М., Федишин Я.І., Саварин В.І.,Вихрист О.М. Фізика. Фізичні методи дослідження речовини та біологічних об'єктів. Електронний навчальний посібник. Львів: ЛНУВМБ імені С.З.Гжицького, 2020. 320 с.
2. Федишин Я.І., Коструба А.М., Вихрист О.М., Яцик Б.М., Саварин В.І., Лабораторний практикум з фізики та біофізики. Навчальний посібник. Львів: «Новий Світ – 2000», 2019. 145с.
3. Федишин Я.І. Фізика. Підручник. Львів: Норма, 2006. 558с.
4. Федишин Я.І., Демків Т.М., Гембара Т.В. Лабораторний практикум з фізики. Навчальний посібник. Львів: Світ, 2006. 350с.
5. Федишин Я.І., Демків Т.М. Тестові завдання з курсу "Фізика" для спеціальностей "Технологія молока і молокопродуктів","Технологія м'яса і м'ясопродуктів ".Методичні вказівки. ЛДАВМ,в 3-ох частинах : ч.1, 1995. 2,ч.2, 1996. 64 с.,ч.3,1996. 66 с.,1996. 48 с.

9. Рекомендована література

Базова

1. Федишин Я.І. Фізика. Підручник. Львів: Норма, 2006. 558с.
2. Федишин Я.І., Демків Т.М., Гембара Т.В. Лабораторний практикум з фізики. Навчальний посібник. Львів: Світ, 2006. 350с.
3. Посудін Ю. І. Фізика. Підручник. Біла Церква: Видавництво Білоцерківського національного аграрного університету, 2008. 464 с.
4. Федишин Я.І., Демків Т.М., Гембара Т.В. Лабораторний практикум з фізики. Навчальний посібник. Львів: Світ, 2006. 224с.
5. Федишин Я.І., Когут В.М., Вакарчук С.О. Збірник задач з фізики із розв'язками. Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ 2005. 310с.
6. Федишин Я.І., Когут В.М., Вакарчук С.О. Практичні заняття з фізики. Навчальний посібник. Львів: 2002. 236с.

Допоміжна

1. Федишин Я.І. Фізика з основами біофізики. Підручник. Львів: Світ, 2005. 552с.
2. Посудін Ю.І. Фізика з основами біофізики. Підручник. Київ: Світ, 2003. 400с
3. Грабовський І.В.Курс фізики . М.:Вищ.шк.,1980р. 616с.

4. Федишин Я.І. Фізика.Методичні вказівки і контрольні завдання з фізики. Львів :1992. 80с.

10. Інформаційні ресурси

1. Віртуальне навчальне середовище Moodle moodle.lvet.edu.ua http://moodle.lvet.edu.ua/moodle/course/view.php?id=740
2. Сайт кафедри фізики і математики. https://lvet.edu.ua/index.php/kafedra-fizyky-i-matematyky.html
3. Фізика підручник http://ekhnuir.univer.kharkov.ua/handle/123456789/13329
4. Фізика курс лекцій http://physics.dp.ua/?page_id=2773