

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра фізики

ЗАТВЕРДЖЕНО

Факультет (ННІ) захисту рослин, біоте-
хнологій та екології

(назва)

“ 5 ” червня 2025 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
БІОФІЗИКА І МАТЕМАТИКА:
БІОФІЗИКА**

Спеціальність **Н1 Агрономія (Захист і карантин рослин)**

Освітня програма «ЗАХИСТ І КАРАНТИН РОСЛИН»

факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Розробник: доцент, канд. фіз. мат. наук, доцент

Годлевська Оксана Олександрівна

Київ – 2025

1.Опис навчальної дисципліни «БІОФІЗИКА»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина	
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	Н1 Агрономія (Захист і карантин рослин)	
Освітня програма	«Захист і карантин рослин»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обовязкова	
Загальна кількість годин	72	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	не планується	
Форма контролю	Іспит	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	1	
Семестр	2	
Лекційні заняття	15 год.	
Практичні, семінарські заняття	30 год.	
Лабораторні заняття	-	
Самостійна робота	27 год.	
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	3	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Курс "*Біофізика*" лежить в основі загальноосвітньої і теоретичної підготовки фахівців за напрямом «Захист рослин»; цей курс має надати студентам глибокі знання в області фізики і основ біофізики, і знайде своє подальше застосування під час вивчення спеціальних дисциплін.

Фізика - це наука, яка вивчає найбільш просту і разом з тим найбільш загальну форму руху матерії: механічні, атомно-молекулярні, гравітаційні, електромагнітні, внутрішньоатомні і внутрішньоядерні процеси.

Біофізика - наука, яка вивчає фізичні та фізико-хімічні явища в біологічних об'єктах; її завдання - дослідження фундаментальних процесів, що становлять основу живої природи.

Основною метою дисципліни "*Біофізика*" є послідовне викладення студентам агробіологічних спеціальностей основних законів і положень фізики, які допомагають вивчати загальні закономірності явищ природи; розгляд питань фізики щодо проблем життєдіяльності рослини та рослинних покривів, їх зв'язку з навколишнім середовищем; освітлення можливих прикладних застосувань фізичних методів і приладів у рослинництві та землеробстві.

В той же час, слід враховувати, що ця дисципліна викладається на першому курсі, і в програму мають бути включені лише такі питання, які доступні розумінню студента-першокурсника.

Мета вивчення дисципліни: 1. Закласти основи фундаментальної підготовки студента в галузі фізики, навчити його фізичним законам, поняттям та теоріям.
2. Продемонструвати тісний зв'язок фізики і біофізики з сільським господарством.
3. Навчити студента принципам дії фізичних приладів, які використовуються в агробіологічній практиці.

Вимоги щодо знань і вмінь, набутих внаслідок вивчення дисципліни

Завдання: Після вивчення курсу "*Біофізика*" студент повинен :

1. Знати основні фізичні закономірності, які лежать в основі життєдіяльності сільськогосподарських рослин;
2. Бути знайомим з впливом різноманітних зовнішніх фізичних факторів на навколишнє середовище;
3. Уявляти основні принципи сучасних фізичних та біофізичних методів, які використовуються в агрохімії та агроекології;
4. Вміти використовувати знання з основних розділів фізики під час вивчення спеціальних дисциплін та практичної діяльності.

знати: - основні фізичні величини, одиниці їх вимірювань, основи теорії похибок та правила оброблення результатів вимірювань, сучасні засоби вимірювання фізичних величин

- фундаментальні поняття й теорії класичної та сучасної фізики з тим, щоб ефективно опанувати спеціальні навчальні дисципліни та використати знання фізичних закономірностей у майбутній роботі;

- методи розв'язування практичних фізичних задач та проблем.

вміти: - користуватися засобами вимірювання, проводити математичну і статистичну обробку результатів вимірювань;

- користуючись фізичними положеннями, законами і теоріями, застосовувати набуті теоретичні та практичні знання після вивчення спеціальних дисциплін в майбутній роботі із спеціальності;

- пояснювати фізичні процеси та явища, які відбуваються в природному середовищі, а також під час роботи різного роду устаткування та здійсненні біотехнологічних процесів;

- застосовувати фізичні методи і прилади на практиці.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність: здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми професійної діяльності з захисту і карантину рослин і застосовувати теоретичні знання та методи фітосанітарного моніторингу, огляду, аналізу, експертизи, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов

загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

4

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знанням та пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН4. Володіти знаннями з фундаментальних розділів вищої математики, біофізики, хімії (аналітична, органічна, неорганічна, фізична і колоїдна), ботаніки і агрозоології в обсязі, необхідному для розуміння процесів зі спеціальності захист і карантин рослин.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- повного терміну денної форми навчання;

2 семестр-15 годин лекційних

МОДУЛЬ 1. Механіка та гідродинаміка.

Лекція 1

Тема 1. Вступ. Кінематика матеріальної точки.

Предмет і методи фізики. Фізичні величини, одиниці вимірювань. Основні і похідні одиниці.

Короткий математичний вступ до курсу: скалярний і векторний добуток векторів, градієнт фізичної величини, похідна і диференціал, інтеграл.

Механічний рух. Системи відліку. Матеріальна точка. Траєкторія. Переміщення та шлях. Швидкість та прискорення. Тангенціальне та нормальне прискорення. Рівномірний та рівноприскорений рух. Рух матеріальної точки по колу, кутова швидкість, кутове прискорення, частота та період обертання. Зв'язок між лінійними і кутовими характеристиками руху.

Лекція 2.

ТЕМА 2. Динаміка матеріальної точки. Сили в механіці

Перший закон Ньютона. Інерціальні і неінерціальні системи відліку. Механічний принцип відносності. Сила і маса. Другий закон Ньютона. Імпульс. Поняття механічної системи. Третій закон Ньютона.

Гравітаційні взаємодії. Закон всесвітнього тяжіння. Сила тяжіння. Вага тіла. Залежність ваги тіла від широти місцевості. Невагомість і перевантаження. Вплив гравітації на живі організми.

Сила пружності. Закон Гука. Модуль Юнга. Діаграма розтягу. Пружні властивості біологічних об'єктів.

Сили тертя. Зовнішнє і внутрішнє тертя. Коефіцієнт тертя. Дисипативні сили.

Лекція 3.

Тема 3. Гідродинаміка

5

Потік рідини та його характеристики. Закон нерозривності потоку. Рівняння Бернуллі. Рух реальної рідини. В'язкість. Закон Ньютона для сили внутрішнього тертя. Закон Пуазейля. Рух тіл у в'язкій рідині. Закон Стокса. Ламінарна і турбулентна течії.

Поверхневі явища в рідині. Поверхнева енергія і поверхневий натяг. Поверхнево-активні речовини та їх застосування. Явище змочування та незмочування, його місце у природі. Поверхневий натяг. Крайовий кут. Капілярні явища. Додатковий тиск під викривленою поверхнею. Формула Лапласа.

Явища перенесення як основні механізми дихання та живлення рослин, газообміну між ґрунтовим і атмосферним повітрям. (Самостійне опрацювання).

Лекція 4.

Тема 4. Молекулярна фізика. Температура та вологість навколишнього середовища

Основи молекулярно-кінетичної теорії. Статистичний і термодинамічний методи дослідження в молекулярній фізиці.

Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Клапейрона-Менделєєва). Закон Максвелла для розподілу молекул газу за швидкостями.

Реальні гази, пари і рідини. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ізотерми реального газу.

Температура. Температурні шкали. Теплове розширення тіл. Температура атмосфери. Вертикальний розподіл температури атмосфери. Вимірювання температури.

Вологість. Фази існування води. Водяна пара. Насичена пара. Визначення вологості. Парціальний тиск водяної пари. Тиск насиченої пари. Дефіцит вологості. Абсолютна і відносна вологість. Точка роси. Одиниці вологості.

Вплив вологості на живі організми. (Самостійне опрацювання)

Лекція 5.

Тема 5. Термодинаміка

Термодинамічна система. Параметри термодинамічної системи. Стан системи. Термодинамічний процес. Ізольована, замкнена і відкрита термодинамічні системи. Теплоємність тіла. Питома теплоємність речовини. Внутрішня енергія термодинамічної системи. Дві форми передачі енергії: кількість теплоти і макроскопічна робота. Перший закон термодинаміки. Застосування першого закону термодинаміки до ізопроцесів. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Другий закон термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Тепловий двигун. Цикл Карно. Ентропія. Закон зростання ентропії.

МОДУЛЬ 2. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ.

Лекція 6

Тема 6. Електростатика. Закони постійного струму

Взаємодія нерухомих зарядів. Закон Кулона. Електричне поле та його характеристики. Напруженість і потенціал електричного поля. Закон Кулона. Електростатичне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції електричних полів. Напруженість поля точкового заряду, зарядженої площини. Силкові лінії поля. Зв'язок між напруженістю поля і потенціалом, еквіпотенціальні поверхні (самостійно).

Електричний струм. Густина електричного струму. Електрорушійна сила. Електропровідність і опір провідників. Електричне коло. Закон Ома. Залежність опору провідника від температури. Теплова дія електричного струму. Закон Джоуля-Ленца. Правила Кірхгофа.

Електрична активність живих організмів. Біопотенціали як критерії життєдіяльності біологічних тканин. Дисперсія електропровідності живої тканини. (Самостійно).

Лекція 7

Тема 7. Магнетизм.

Магнітне поле. Індукція магнітного поля. Дія магнітного поля на провідник із струмом. Закон Ампера. Закон Біо-Савара-Лапласа та його застосування. Принцип суперпозиції магнітних полів. Магнітне поле прямолінійного та кільцевого струмів, соленоїда.

Дія магнітного поля на рухомі заряди. Сила Лоренца. Магнітні властивості речовини. Діа-, пара- і ферромагнетики. Електромагнітна індукція.

Вплив електричних та магнітних полів на живі організми. Використання електричних і магнітних полів тваринами для орієнтації, навігації та біокомунікації. (Самостійно)

Лекція 8 (1 год)

Тема 8. ГЕОМЕТРИЧНА ТА ХВИЛЬОВА ОПТИКА

Основні закони оптики. Відбивання та заломлення світла на границі двох середовищ. Показник заломлення. Повне внутрішнє відбиття.

Світло як електромагнітна хвиля. Інтерференція світла. Когерентність світлових хвиль. Методи спостереження інтерференції світла. Дифракція світла. Дифракційна решітка. Дисперсія світла. Принцип дії спектрального приладу. Поляризація світла. Природне і поляризоване світло.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1. Назва														
Тема 1. Вступ. Кінематика матеріальної точки.	1-2	8	2		4		2							
Тема 2. Динаміка матеріальної точки. Сили в механіці	3-4	8	2		4		2						7	
Тема 3. Гідродинаміка	5-6	6	2		2		2							
Тема 4. Молекулярна фізика. Температура та вологість навколишнього середовища	7-8	10	2		4		4							
Тема 5. Термодинаміка	9-10	8	2		2		4							
Разом за змістовим модулем 1		40	10		16		14							
Змістовий модуль 2. Назва														
Тема 6. Електростатика. Закони постійного струму	11-12	2	2		6		5							
Тема 7. Магнетизм.	13-14	2	2		6		4							
Тема 8. Геометрична та хвильова оптика	15	1	1		2		4							
Разом за змістовим модулем 2		32	5		14		13							
Усього годин														
Курсовий проект (робота) з _____ (якщо є в робочому навчальному плані)			-	-	-		-		-	-	-		-	
Усього годин		72	15		30		27							

4. Теми семінарських занять

Не передбачено

5. Теми лабораторних занять

Не передбачено

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до лабораторних робіт	2
2	Лабораторна робота «Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника»	2
3	Лабораторна робота «Визначення моменту інерції тіла методом крутильних коливань»	2
4	Лабораторна робота «Визначення модулю Юнга по згину стрижня»	2
5	Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини методом Стокса»	2
6	Лабораторна робота «Визначення поверхневого натягу рідини методом відриву крапель»	2
7	Лабораторна робота «Визначення зміни ентропії при нагріванні і плавленні олова»	
8	Контрольна робота з модулю 1	2
9	Лабораторна робота «Визначення вологості повітря»	2
10	Лабораторна робота «Дослідження електростатичного поля»	
11	Лабораторна робота «Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона»	2
12	Лабораторна робота «Визначення горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі».	2
13	Лабораторна робота «Визначення показника заломлення за допомогою мікроскопа».	2
14	Лабораторна робота «Перевірка закону Малюса».	2
15	Контрольна робота з модулю 2	2

8

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	7
2	Підготовка до лабораторних занять	15
3	Підготовка до контрольних робіт (тестування)	5

8. Методи навчання При викладанні дисципліни використовуються такі методи навчання:

1. Лекція
2. Лабораторна робота – для використання набутих знань до розв’язування практичних завдань.

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1 Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика і постійний електричний струм.		
Лабораторна робота Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Визначення моменту інерції методом крутильних коливань	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Визначення модуля Юнга	Звіт по лабораторній роботі	10
Контрольна робота з механіки	Відповіді на питання контрольної роботи	5
Лабораторна робота Визначення коефіцієнту внутрішнього тертя методом Стокса	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Визначення коефіцієнта Пуассона газу	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Дослідження електростатичного поля	Звіт по лабораторній роботі	10
Самостійна робота 1	Відповіді на питання самостійної роботи	10
Модульна контрольна робота 1.	Відповіді на питання контрольної роботи	25
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Магнетизм. Коливання і хвилі. Оптика. Квантова фізика, фізика атома і атомного ядра		
Лабораторна робота Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Визначення горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Вивчення магнітного поля тонкої котушки	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Визначення показника заломлення за допомогою мікроскопа	Звіт по лабораторній роботі	10
Лабораторна робота Визначення	Звіт по лабораторній роботі	10

довжини хвилі світла за допомогою дифракційної решітки		
Лабораторна робота Перевірка закону Малюса	Звіт по лабораторній роботі	10
Самостійна робота 2	Відповіді на питання самостійної роботи	10
Модульна контрольна робота 2.		30
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 \cdot 0,7 \leq 70$	
Екзамен/залік		30
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	

8.2 Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3 Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

9. Форми контролю. При викладанні дисципліни передбачені такі форми контролю на протязі семестру для студентів денної форми навчання: усне опитування та експрес-тестування на лабораторних заняттях, захист звітів з індивідуальних лабораторних завдань, модульні контрольні роботи, екзамен в кінці 2 семестру.

10. Розподіл балів, які отримують студенти.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Рейтинг студента,	Оцінка національна за результати складання
-------------------	--

бали	екзаменів	заліків
90 – 100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації $R_{\text{АТ}}$ (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{нр}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{АТ}}$

11. Навчально-методичне забезпечення. Лекційний матеріал, опис лабораторних робіт та завдання для самостійної роботи є на електронних носіях і в електронному навчальному курсі «Біофізика і математика: Біофізика (ЗКР)», на який зараховуються студенти цієї спеціальності (<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=2511>). Ця інформація також може бути розміщена на сайті кафедри.

Матеріал інформаційного характеру, який в достатній мірі висвітлений в навчальній літературі, студенти опановують самостійно. Рекомендована література є в достатній кількості в бібліотеці НУБіП України.

13 Рекомендовані джерела інформації

Посудін Ю.І., Бойко В.В., Годлевська О.О., Залоїло І.А. Біофізика(підручник).- Київ, Ліра-К, 2024

Практикум з біофізики : навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Ч. 11
І. Біомеханіка / В. В. Бойко, І. А. Залоїло, О. О. Годлевська. - К.: , 2021. - 572 с.

V. Boyko, , P. Ilyin, O. Godlevska. *Physics. Навчальний посібник для студентів, що слухають лекції англійською мовою.* Київ, Ліра-К, 2024-286с.

V. Boyko, O. Godlevska, P. Iliin, M. Malyuta.“Physics”. Methodical recommendations for the students, who attend the English-speaking lectures.-2022, 51стор.

Posudin Yuriy with *Fundamentals of Biophysic*.- 2d edition.- Kyiv: Printline, 2014.- 209 p.

Physics\ V. Boyko, O. Godlevska, P.Iliin, M. Malyuta\\ Methodical recommendations for the students, who attend the English-speaking lectures, printed NULE of Ukraine, Kyiv. 2021, p.52

Посудін Ю.І. Лабораторний практикум з дисципліни «Фізика з основами біофізики» для студентів, що слухають лекції англійською мовою. К.: 2010.-194 с. (для англомовних груп)

. Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Залоїло І.А., Малюта М.В. Фізика з основами кваліметрії: Навчальний посібник. - К.: Видавництво «Ліра– К», 2018, – 564 с.

Практикум з біофізики : навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Ч. II. Біотермодинаміка. Біоелектрика та біомагнетизм. Фотобіологія. / В. В. Бойко, І. А. Залоїло, Ю.І. Посудін. - К.: , 2019. - 486 с.

Посудін Ю.І. Фізика з основами біофізики. Київ, Світ, 2003.-400 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізики. Частина 1. // К.: Видавничий центр НУБіП України. 2017. -86 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізики. Частина 2. // К.: Видавничий центр НУБіП України. 2017. -72 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Фізика. Методична розробка для підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО); проведення занять зі слухачами відділень довузівської підготовки; самостійної роботи студентів технічних та технологічних спеціальностей вузів // Київ:, Видавництво «Профі», 2017. -410 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Лабораторні роботи з фізики. Основи теорії та опис лабораторних робіт (односеместровий курс) // К.: Видавничий центр НУБіП України. 2017. -195 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Лабораторні роботи з фізики. Основи теорії та опис лабораторних робіт. Частина 1. // К.: Видавничий центр НУБіП України. 2017. -168 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Лабораторні роботи з фізики. Основи теорії та опис лабораторних робіт. Частина 2. // К.: Видавничий центр НУБіП України. 2017. -162 с.

Бойко В.В., Відьмаченко А.П., Ільїн П.П., Гуменюк Я.О., Чорній В.П., Малюта М.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізики (односеместровий курс) // К.: Видавничий центр НУБіП України. 2017. -88 с.

12

Internet - sources

1. Канал Youtube «КАФЕДРА ФІЗИКИ НУБіП УКРАЇНИ»

<https://www.youtube.com/channel/UCUQ-x3dx5Lw2SL6w9a6DNDg>. Дата звернення: 20.03.2023

2. Механіка. Основні поняття.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=hyEul6F8baw>

3. Молекулярна фізика. Початок термодинаміки.

URL: https://www.youtube.com/watch?v=fo2HE2tu_3I

4. Електростатика. Електроємність. Конденсатори.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=37E2Gc73HaA>

5. Магнетизм. Основи. Електрична і магнітна взаємодії. Індукція магнітного поля.

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_jReBOzCFLI

6. Оптика. Основні положення.

URL: https://www.youtube.com/watch?v=v64Vq_k-yHo

7. Портал: Фізика – Вікіпедія

URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Портал:Фізика>