

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра фізики (№ 505)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 1



Сергій НИЖНИК

(підпис)

(ініціали та прізвище)

«31» 08 2023 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ФІЗИКА

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 13 «Механічна інженерія», 14 «Електрична інженерія»,
27 «Транспорт»

Спеціальності: 131 «Прикладна механіка», «133 Галузеве машинобудування»,
134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», 272 «Авіаційний
транспорт», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електрое-
нергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітні програми: «Динаміка і міцність машин», «Комп'ютерний дизайн та
3D моделювання», «Проектування, виробництво та сертифіка-
ція авіаційної техніки», «Ракетно-космічна техніка», «Технічне
обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»,
«Автомобілі та автомобільне господарство», «Нетрадиційні та
відновлювані джерела енергії»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2023 року

Харків – 2023 р.

Розробник: Таран А. О., зав. каф. фізики, д. т. н., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри фізики №505
(назва кафедри)

Протокол № 2 від 12 вересня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф.
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

А.О. Таран
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

(підпис)

(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Таран Анатолій Олексійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри №505. Дисципліну «Фізика» викладає в університеті з 1987 р.

Напрями наукових досліджень: фізична та емісійна електроніка, матеріалознавство, фізика твердого тіла, фізика плазми.

e-mail: anatoliytaran@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Семестри, в яких викладається дисципліна – 2 та 3 семестри.

Обсяг дисципліни:

10 кредитів ЄКТС; **300** годин (150 годин в кожному семестрі), у тому числі аудиторних – 160 годин (80 годин в семестрі 1.2 та 80 годин в семестрі 2.3), самостійної роботи здобувачів –140 годин (70 годин в семестрі 1.2 та 70 годин в семестрі 2.3),

Форми здобуття освіти

Денна.

Дисципліна – обов'язкова.

Види навчальної діяльності – лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – немає.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – елементарна математика, вища математика.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти уявлення про сучасну фізичну картину світу, надати знання про найбільш важливі принципи та закони, що визначають будову і найпростіші форми руху матерії, підготувавши тим самим їх до якісного вивчення загально технічних та спеціальних дисциплін, надати первинні знання про експериментальне дослідження явищ.

Завдання: надати знання про сучасну фізичну картину світу, навчити застосовувати основні закони фізики до вирішення практичних задач, які виникнуть при засвоєнні спеціальних дисциплін, й подальшої професійної діяльності, навчити дослідницької діяльності.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- ЗКІЗ. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

- ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки;
- ФК6. Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.

Програмні результати навчання:

– використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань,

- описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-

механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій,

– використовувати методи фізичного абстрагування та моделювання при описі складних систем;

Очікувані результати навчання: знання явищ й основних законів фізики, які їх описують, для формування уявлення про сучасну фізичну картину світу, вміння їх використовувати для вирішення прикладних задач, вміння проводити наукові дослідження.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Фізичні основи механіки 1

Тема 1. Механічний рух. Кінематика матеріальної точки.

- *Форма занять: лекція, семінар, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*
- *Семінар: «Кінематика поступального руху. Швидкість, прискорення, радіус кривизни траєкторії».*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Механічний рух. Уявлення про властивості простору та часу, що покладені до основи класичної механіки. Матеріальна точка, як найпростіший об'єкт вивчення. Елементи кінематики матеріальної точки. Кінематичні характеристики руху. Радіус-вектор, швидкість та прискорення точки як похідні радіуса-вектора за часом. Нормальне і тангенціальне прискорення. Радіус кривини траєкторії. Задачі кінематики і основні методи їх розв'язку.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінару.*

Тема 2. Динаміка матеріальної точки та системи матеріальних точок.

- *Форма занять: лекція, семінар, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*
- *Семінар: «Динаміка поступального руху. Головна задача динаміки. Визначення сили або кінематичних характеристик руху».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Динаміка матеріальної точки і абсолютно твердого тіла. Замкнута система тіл. Зовнішні та внутрішні сили. Другий закон Ньютона в універсальній та диференціальній формах. Основна задача динаміки та принципова схема її розв'язку. Система матеріальних точок. Центр мас механічної системи. Теорема про рух центру мас системи матеріальних точок. Закон збереження імпульсу як фундаментальний закон природи, що впливає з однорідності простору. Абсолютно тверде тіло. Поступальний рух абсолютно твердого тіла.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 7 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до практичного заняття лабораторного практикуму.*

Тема 3. Кінематика та динаміка обертального руху абсолютно твердого тіла.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.*

- *Семінар: «Кінематика обертального руху. Визначення кутового прискорення, кутової швидкості, їх зв'язок з лінійними характеристиками руху. Динаміка обертального руху. Визначення динамічних характеристик при обертальному русі».*
- *Практична робота: 3 лабораторні роботи із зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Обертальний рух абсолютно твердого тіла. Елементи кінематики обертального руху: вектор елементарного кута повороту тіла, кутова швидкість та кутове прискорення. Зв'язок між лінійними та кутовими швидкостями і прискореннями точок тіла, що обертається.

Момент імпульсу матеріальної точки відносно нерухомої точки. Момент сили відносно відносно нерухомої точки. Рівняння моментів. Момент імпульсу системи матеріальних точок та твердого тіла відносно нерухомої осі обертання. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Момент інерції точки, системи матеріальних точок та тіла відносно осі обертання. Моменти інерції тіл простої форми (кільця, диску та стрижня). Теорема Штейнера. Закон збереження моменту імпульсу та його зв'язок з ізотропністю простору.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 4. Механічна робота, потужність, енергія. Потенціальні силові поля.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*
- *Семінар: «Робота, енергія, закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу. Потенціальна енергія».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Енергія як універсальна міра різноманітних форм руху і взаємодії. Робота змінної сили і її вираз через криволінійний інтеграл. Потужність. Робота сил пружності, тяжіння, гравітаційної взаємодії, центральних сил. Кінетична енергія механічної системи та її зв'язок з роботою зовнішніх та внутрішніх сил. Консервативні та неконсервативні сили. Гіроскопічні сили. Робота при обертальному русі. Кінетична енергія тіла, що обертається, та тіла, що котиться.

Поле, як форма матерії, що забезпечує силові взаємодії. Потенціальні силові поля. Умова потенціальності силового поля. Потенціальна енергія матеріальної

точки у зовнішньому силовому полі і її зв'язок із силою, яка діє на матеріальну точку з боку цього поля. Потенціальна енергія в полі тяжіння та гравітаційної взаємодії. Потенціальна енергія пружно деформованої пружини.

Потенціальна енергія механічної системи. Закон збереження механічної енергії. Дисипація енергії. Закон збереження енергії, як проявлення однорідності часу.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 5. Елементи гідромеханіки.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*

Загальні властивості рідин та газів. Гідростатика рідини, що не стискається. Кінематика рідини. Рівняння неперервності. Рівняння Бернуллі. Формула Торрічеллі. Підйомна сила.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години. Опрацювання матеріалу лекції.*

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Модуль 2

Змістовний модуль № 2: Фізичні основи механіки 2. Молекулярна фізика і термодинаміка

Тема 6. Коливальний процес. Механічні гармонічні коливання.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*

- *Семінар: «Коливальний процес. Механічні гармонічні коливання».*

- *Практична робота: 2 лабораторні роботи із зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Коливальний процес. Гармонічні механічні коливання. Кінематичні характеристики гармонічних коливань. Додавання гармонічних коливань одного

напрямку. Биття. Метод вектора амплітуди, що обертається. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу.

Диференціальне рівняння вільних незгасаючих коливань і його розв'язок. Пружинний та математичний маятники, періоди їх коливань. Фізичний маятник, період його коливань. Зведена довжина фізичного маятника. Енергія гармонічних коливань.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 7 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 7. Згасаючі та вимушені коливання.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Семінар: «Згасаючі та вимушені коливання».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Диференціальне рівняння вільних згасаючих коливань і його розв'язок. Коефіцієнт згасання. Логарифмічний декремент згасання Аперіодичні процеси. Диференціальне рівняння вимушених коливань і його розв'язок. Амплітуда зміщення та фаза вимушених коливань. Поняття про механічний резонанс. Резонанс у техніці.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 години. Опрацювання матеріалу лекції. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 8. Хвильові процеси.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Суцільне середовище. Хвильові процеси. Механізм утворення механічних хвиль в пружних середовищах. Поздовжні та поперечні хвилі. Рівняння біжучої хвилі. Плоска та сферична біжучі хвилі. Довжина хвилі та хвильове число.

Хвильове рівняння. Фазова швидкість та дисперсія хвиль. Енергія хвилі. Хвильовий пакет. Групова швидкість. Когерентність хвиль. Інтерференція хвиль. Утворення стоячих хвиль. Рівняння стоячої хвилі та його аналіз.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до практичного заняття у лабораторії.*

Тема 9. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*
- *Семінар: «Основи молекулярно-кінетичної теорії газів».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Ідеальний газ. Тиск газу с точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Головне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Середня

кінетична енергія поступального руху молекул. Молекулярно-кінетичне тлумачення термодинамічної температури. Кількість ступенів вільності молекули. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності молекул. Внутрішня енергія ідеального газу.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 10. Явища переносу в нерівноважних системах.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*
- *Семінар: «Явища переносу».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Середнє число зіткнень та середня довжина вільного пробігу молекул. Поняття про вакуум. Явища переносу в термодинамічно нерівноважних системах. Дослідні закони дифузії, внутрішнього тертя та теплопровідності. Молекулярно-кінетична теорія цих явищ. Коефіцієнти дифузії, внутрішнього тертя та теплопровідності.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 11. Перший та другий закони термодинаміки. Теплові машини.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*
- *Семінар: «Перший закон термодинаміки і його використання в аналізі процесів в ідеальному газі. Другий закон термодинаміки. Теплові машини».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Робота газу при змінюванні його об'єму. Кількість теплоти. Перший закон термодинаміки. Використання першого закону термодинаміки в аналізі ізопроцесів ідеального газу. Теплоємність. Питома та молярна теплоємності. Залежність теплоємності ідеального газу від типу процесу. Формула Маєра. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона для адіабатичного процесу.

Оборотні та необоротні процеси. Коловий процес (цикл). Теплові двигуни та холодильні машини, їх ККД. Цикл Карно та його ККД. Другий закон

термодинаміки. Зведена кількість теплоти. Нерівність Клаузіуса. Ентропія. Інтегральне та диференціальне визначення ентропії. Ентропія ідеального газу. Термодинамічна імовірність стану системи. Формула Больцмана для ентропії.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Модульний контроль 2

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Модуль 3

Змістовний модуль № 3: Електрика і магнетизм.

Тема 12. Електричне поле у вакуумі.

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Семінар: «Електричне поле у вакуумі. Теорема Гауса» (1 година).*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Електромагнітна взаємодія. Електричний заряд і його властивості. Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона для вакууму і середовища.

Електричне поле. Напруженість електричного поля. Напруженість електричного поля точкового заряду. Силові лінії електричного поля та їх властивості. Принцип суперпозиції електричних полів. Електричне поле електричного

диполя, електричний дипольний момент. Диполь в однорідному і неоднорідному електричних полях.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 13. Теорема Гауса.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Поняття про потік вектора. Теорема Гауса для вектора \vec{E} . Лінійна, поверхнева та об'ємна густина зарядів. Застосування теореми Гауса для розрахунку електростатичних полів. Напруженість електричного поля рівномірно заряджених сфери, нескінченно довгого циліндру, нескінченно довгої тонкої нитки. Електричне поле нескінченної рівномірно зарядженої площини. Теорема Гауса для вектора \vec{E} в диференціальній формі. Поняття про дивергенцію вектора.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години. Опрацювання матеріалу лекції.*

Тема 14. Електричний потенціал.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Робота в електростатичному полі. Потенціал електростатичного поля. Еквіпотенціальні лінії і поверхні. Зв'язок напруженості електростатичного поля з потенціалом і потенціалу (різниці потенціалів) з напруженістю електростатичного поля. Потенціал рівномірно заряджених сфери, нескінченно довгого циліндру, нескінченно довгої тонкої нитки. Рівняння Пуасона та Лапласа. Основна задача електростатики і схема її розв'язку.

Провідники в електричному полі. Поле всередині провідників та на їх поверхні. Розподіл зарядів і потенціалу в провідниках.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години. Опрацювання матеріалу лекції.*

Тема 15. Електричне поле у середовищі. Електроємність.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 години.*
- *Семинар: «Електричний потенціал. Електроємність. Електричне поле у середовищі» (1 година).*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Електростатичне поле в середовищі. Вільні та зв'язані заряди в діелектриках. Типи діелектриків. Деформаційна та орієнтаційна поляризація, іонне зміщення. Вектор поляризації. Поляризуємість молекули. Зв'язок нормальної складової вектора поляризації з поверхневою густиною зв'язаних зарядів. Теорема Гауса для електричного зміщення в інтегральній та диференціальній формах. Зв'язок між векторами \vec{D} , \vec{E} і \vec{P} . Діелектрична сприйнятливість та проникність середовища.

Поняття про електричну ємність. Електроємність відокремленого провідника. Ємність кулі, Землі. Взаємна електроємність двох провідників. Конденсатори та їх електроємність. Ємність плоского циліндричного та сферичного конденсаторів. Послідовне і паралельне з'єднання конденсаторів.

Енергія зарядженого відокремленого провідника та конденсатора. Енергія електричного поля. Об'ємна густина енергії електричного поля.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 16. Постійний електричний струм.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Семінар: «Сталий електричний струм».*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Постійний електричний струм. Класифікація струмів. Характеристики та умови існування електричного струму. Сила струму, густина струму. Зв'язок поміж густиною струму та швидкістю упорядкованого руху носіїв струму.

Закон Ома в диференціальній формі. Закон Ома для однорідної ділянки електричного кола в інтегральній формі. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для неоднорідної ділянки кола. Розгалужені електричні кола. Правила Кірхгофа. Закон Джоуля-Ленца в інтегральній та диференціальній формах.

Основні положення класичної електронної теорії Друде-Лоренца. Отримання закону Ома та закону Джоуля-Ленца в класичній електронній теорії. Труднощі класичної теорії електропровідності металів. Природа електричного опору. Температурна залежність питомого опору.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття.*

Тема 17. Рух заряджених частинок у магнітному полі. Струм у магнітному полі.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Семінар: «Рух заряджених частинок у магнітному полі» (1 година).*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Рух заряджених частинок у магнітному полі. Сила Лоренца. Магнітна індукція. Провідник зі струмом у магнітному полі. Сила Ампера. Контур зі струмом у однорідному магнітному полі. Магнітний момент витка зі струмом. Момент сил, що діє на контур зі струмом у магнітному полі. Принцип дії електричного двигуна. Контур зі струмом у неоднорідному магнітному полі.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 18. Магнітне поле і його властивості.

- *Форма занять: лекція, семінар, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Семінар: «Магнітне поле і його властивості» (1 година).*

Магнітне поле рухомого заряду. Магнітне поле провідника зі струмом. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітне поле і його властивості. Силкові лінії магнітного поля та їх властивості.

Магнітна індукція поля утвореного прямолінійним провідником зі струмом. Магнітна індукція колового стуму. Магнітна взаємодія струмів. Одиниця сили струму – ампер.

Вихровий характер магнітного поля. Закон повного струму (теорема про циркуляцію вектора магнітної індукції) для магнітного поля у вакуумі. Магнітне поле соленоїда та тороїда.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінару.*

Тема 19. Явище електромагнітної індукції.

- *Форма занять: лекція, практична та лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 години.*
- *Семінар: «Явища електромагнітної індукції та самоіндукції».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Магнітний потік. Теорема Гауса для вектора магнітної індукції. Робота по переміщенню провідника та контуру зі струмом у магнітному полі. Потокозчеплення. Явище електромагнітної індукції. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Правило Ленца. Різниця потенціалів на кінцях провідника, що рухається у магнітному полі. ЕРС в рамці, що обертається у магнітному полі. Вихрове електричне поле. Струми Фуко. Закон електромагнітної індукції у диференціальній формі.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.

Тема 20. Магнітне поле у речовині. Самоіндукція. Індуктивність.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Магнітне поле у речовині. Мікро- та макроструми. Магнітні моменти атомів. Типи магнетиків. Намагніченість. Теорема про циркуляцію напруженості магнітного поля. Зв'язок поміж векторами \vec{B} , \vec{H} і \vec{M} . Магнітна сприйнятливість та проникність середовища. Елементарна теорія діа- та парамагнетизму. Феромагнетика. Крива намагнічування. Магнітний гістерезис. Домени.

Явище самоіндукції. Індуктивність. Індуктивність довгого соленоїда. Струми при замиканні та розмиканні електричних кіл з індуктивністю. Екстра ЕРС. Енергія системи провідників зі струмом. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії магнітного поля.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 21. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*

Загальна характеристика теорії Максвелла для електромагнітного поля. Струм зміщення. Повна система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля в інтегральному та диференціальному виглядах.

Хвильове рівняння. Електромагнітні хвилі у вакуумі. Основні властивості електромагнітних хвиль. Енергія електромагнітних хвиль. Вектор Пойнтінга. Густина потоку енергії, інтенсивність. Шкала електромагнітних хвиль.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3 години. Опрацювання матеріалу лекцій.*

Модульний контроль 3

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 години*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Модуль 4

Змістовний модуль № 4: Хвильова оптика і сучасна фізика.

Тема 22. Інтерференція світла.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота за лабораторним практикумом, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Семінар: «Інтерференція світла».*

- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Інтерференція світла. Монохроматичність та когерентність світлових хвиль. Методи одержання когерентних джерел світла. Умови максимумів та мінімумів інтенсивності при інтерференції світла. Оптична довжина ходу променю. Оптична різниця ходу променів. Розрахунок інтенсивності світла на екрані при інтерференції від двох когерентних джерел світла. Інтерференція світла в тонких плівках. Просвітлення оптики. Інтерференція світла на клині. Інтерферометри.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 23. Дифракція світла.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота за лабораторним практикумом, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*
- *Семінар: «Дифракція світла. Поляризація світла. Поглинання світла» (1 година).*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Дифракція світла і її умови. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Радіус зони Френеля. Векторна діаграма для розрахунку результуючої амплітуди. Дифракція Френеля на круглому отворі та диску. Дифракція Фраунгофера на щілині та дифракційних ґратах. Роздільна здатність оптичних пристроїв.

Дифракція на просторових ґратах. Дифракція рентгенівських променів. Формула Вульфа-Брега.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 24. Взаємодія світла з речовиною.

- *Форма занять: лекція, практична робота за лабораторним практикумом, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Поглинання світла. Закон Бугера. Поляризація світла. Природне та поляризоване світло. Поляризація світла при відбиванні. Закон Брюстера. Аналіз поляризованого світла. Закон Малюса. Оптично неоднорідні середовища. Поляризація світла при розсіюванні. Подвійне променезаломлення. Одновісні кристали. Поляріди та поляризаційні призми. Оптична штучна анізотропія. Ефекти Керра та Фарадея. Ефект Допплера. Випромінювання Вавілова-Черенкова.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3 години. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 25. Теплове випромінювання.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота за лабораторним практикумом, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*
- *Семінар: «Теплове випромінювання».*
- *Практична робота: одна з лабораторних робіт зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Теплове випромінювання. Енергетична світність та спектральна густина енергетичної світності. Поглинальна здатність тіла. Абсолютно чорне тіло. Закон Кірхгофа для теплового випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Розподіл енергії у спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони зміщення і випромінювання Віна. Квантова гіпотеза та формула Планка. Отримання законів Стефана-Больцмана та Віна з формули Планка.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та до заняття лабораторного практикуму.*

Тема 26. Квантові властивості світла.

- *Форма занять: лекція, семінар та практична робота за лабораторним практикумом, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*
- *Семінар: «Квантові властивості світла».*
- *Практична робота: одна з робіт лабораторного практикуму із зазначеної теми, що є в наявності у лабораторіях кафедри №505.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): прилади і приладдя, що необхідні для виконання лабораторної роботи.*

Зовнішній фотоефект та його закони. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту. Дослід Боте.

Фотони. Маса та імпульс фотона. Ефект Комптона та його теорія. Тиск світла. Досліди Лебедева. Корпускулярне та хвильове пояснення тиску світла. Діалектична єдність корпускулярних та хвильових властивостей електромагнітного випромінювання.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття та заняття лабораторного практикуму.*

Тема 27. Основи квантової механіки.

- *Форма занять: лекція, семінарське заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*
- *Семінарське заняття: «Квантові властивості речовини».*

Теорія Бора для атома водню. Обмеженість механічного детермінізму.

Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів, протонів та нейтронів. Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок. Співвідношення невизначеностей як прояв корпускулярно-хвильового дуалізму мікросвіту. Принцип доповняльності Бора.

Хвильова функція та її властивості. Імовірно-статистичне тлумачення хвильової функції. Часове Рівняння Шредінгера. Стаціонарний стан. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. Рух вільної частинки. Частинка у одновимірній прямокутній нескінченно глибокій потенціальній ямі. Квантування енергії частинки. Гармонічний квантовий осцилятор. Нульова енергія коливань. Тунельний ефект. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру.

Квантування енергії. Просторове квантування. Квантові числа: головне, азимутальне, магнітне.

Досліди Штерна та Герлаха. Спін електрона. Магнітне спінове квантове число.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин. Опрацювання матеріалу лекцій. Підготовка до семінарського заняття.*

Тема 28. Елементи ядерної фізики.

- *Форма занять: лекція.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*

Заряд, розміри та маса атомного ядра. Масове та зарядове числа. Склад ядра. Нуклони. Класифікація ядер. Взаємодія між нуклонами. Поняття про властивості та природу ядерних сил. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Радіоактивні перетворення атомних ядер. Активність радіоактивного препарату.

Ядерні реакції та закони збереження. Енергія зв'язку та дефект мас.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години. Опрацювання матеріалу лекцій.*

Модульний контроль 4

- Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).
- Обсяг аудиторного навантаження: 2 години
- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні, пояснювально-ілюстративні.

7. Методи контролю

1. Перевірка присутності й роботи на лекції.
2. Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу за допомогою модульного контролю.
3. Перевірка підготовки до семінарських занять, якості роботи на семінарських заняттях, перевірка розв'язання задач, що задані додому.
4. Перевірка підготовки до виконання та якості практичного виконання робіт лабораторного практикуму.
5. Перевірка загального засвоєння матеріалу на іспиті.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

8.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Семестр 1.2			
Підготовка й участь у семінарських заняттях	0...2	16	0...30
Виконання практичних робіт, оформлення й захист звітів	0...6 за одну лабораторну роботу	8 (виконання 5 лабораторних робіт)	0...30
Модульний контроль №1, №2	0...20	2	0...40
Усього за семестр			0...100
Семестр 2.3			
Підготовка й участь у семінарських заняттях	0...2	16	0...30
Виконання практичних робіт, оформлення й захист звітів	0...5 за одну лабораторну роботу	8 (виконання 6 лабораторних робіт)	0...30
Модульний контроль №3, №4	0...20	2	0...40

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача вищої освіти від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач вищої освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з: двох теоретичних і двох практичних завдань.

Наприклад:

1. Кінематичні характеристики руху. Радіус-вектор, швидкість та прискорення точки як похідні радіуса-вектора за часом.

2. Робота сил пружності, тяжіння, гравітаційної взаємодії, центральних сил.

3. Задача. Знайти роботу A підйому вантажу по похилій площині довжиною $l = 2$ м, якщо маса вантажу $m = 100$ кг, кут нахилу площини $\varphi = 30^\circ$, коефіцієнт тертя $\mu = 0,1$, вантаж рухається з прискоренням $a = 1$ м/с².

4. Матеріальна точка здійснює гармонічні коливання. В деякий момент часу t зміщення точки $x = 0,05$ м, її швидкість $v = 20$ м/с, прискорення $a = 0,8$ м/с². Знайти амплітуду, циклічну частоту й період коливань точки.

За кожне питання 25 балів (загальна сума – 100 балів).

8.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Знати зазначення характеристик, які описують стан фізичного об'єкта, що досліджується, та основні закони фізики, які зазначають зміну цього стану, межі їх використання й вміння їх застосовувати для вирішення поточних задач. Вміти доводити й обґрунтовувати свої рішення різними науковими засобами.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

Вміти за допомогою основних законів фізики вирішувати типові задачі, вміти проводити найпростіші експериментальні досліди, обчислювати похибки результатів досліджень, проводити аналіз отриманих результатів, робити висновки.

8.3 Критерії оцінювання роботи здобувачів вищої освіти протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Виконати та захистити всі роботи лабораторного практикуму та виконати завдання до семінарських занять. Вміти самостійно застосовувати основні закони фізики для вирішення найпростіших завдань. Вміти проводити найпростіші вимірювання для дослідження характеристик руху тіл й їх властивостей.

Добре (75 - 89). Твердо знати увесь теоретичний матеріал, наданий на лекціях, виконати усі завдання з лабораторного практикуму й семінарських занять. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які було

використано у роботах. Вміти пояснювати способи вирішення задач, що розглядалися на семінарських заняттях.

Відмінно (90 - 100). Повно знати як основній теоретичний матеріал, так і додатковий, запропонований лектором. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі роботи лабораторного практикуму в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які використовувались у роботах. Своєчасно виконувати всі завдання семінарських занять, з наданням необхідних пояснень. Приймати участь у олімпіаді з фізики.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

9. Методичне забезпечення

до семінарських занять

1. Комозинський П.А., Охримовський А.М., Подшивалова О.В., Чугай О.М. Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. - Навчальний посібник до практичних занять з фізики. Х: Нац. аерокосм. ун-т „Харьк. Авіац. ін-т”, 2010.
2. Чугай О.М., Вармінський М. В., Зайцева Л.В., Луньов І.В., Подшивалова О.В., Рубльова О.В. Загальна фізика. Навчальний посібник до практичних занять // Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2019. - 122 с.
3. Воронович Д. О., Вармінський М. В., Петрова О. І., Таран А. О. Хвильова оптика. Сучасна фізика. Навч. посіб. до практ. занять Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2019. - 72 с.

до практичних(лабораторних) занять

1. Електрика й магнетизм Навч. посібник до лабораторного практикуму. / Воронович Д.О., Луньов І.В., Охримовський А.М., Подшивалова О.В. // Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2011. - 140 с.
2. Луньов І.В., Олійник С.В., Подшивалова О.В., Фомін О.С. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. Посібник по лабораторному практикуму з фізики. Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2014. - 96 с.

3. Таран А. О., Комозинський П. А., Абашин С. Л., Зайцева Л. В., Луньов І. В. Хвильова оптика і квантова фізика Учеб. пособие к лабораторним заняттям. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т». – 2017. – 84 с.
4. Клименко І.А., Олійник С.В. Відеоінструкція до лабораторної роботи №1-02: визначення моменту інерції маховика й результуючого моменту сил тертя в опорах. Режим доступу: <https://youtu.be/48tm99e2IM>.
5. Клименко І.А., Олійник С.В. Відеоінструкція до лабораторної роботи №1-03: визначення моменту інерції й кутового прискорення циліндричного вала. Режим доступу: <https://youtu.be/JUCUCUsbcVI>.
6. Клименко І.А., Олійник С.В. Відеоінструкція до лабораторної роботи №1-04: визначення моменту інерції тіла з допомогою трифілярного підвісу. Режим доступу: <https://youtu.be/hRHNoCJw0wI>.
7. Клименко І.А., Олійник С.В. Відеоінструкція до лабораторної роботи №1-05: визначення моменту інерції колеса з допомогою крутильних коливань. Режим доступу: <https://youtu.be/J9-wM39t4Hw>.
8. Клименко І.А., Олійник С.В. Відеоінструкція до лабораторної роботи №1-06: визначення моменту інерції твердого тіла з допомогою крутильного маятника. Режим доступу: <https://youtu.be/hfCyyrc8Rrw>.
9. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи № 3-06. Вивчення дифракції Фраунгофера на одній і двох щілинах. Режим доступу: <https://youtu.be/BV5KhVOIX0M>.
10. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи № 3-03. Визначення довжини хвилі лазерного випромінювання за допомогою інтерференції світла, що пройшло крізь біпризму Френеля Режим доступу: <https://youtu.be/AY-bnfGuPk>.
11. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи №2-04. Вивчення процесів заряджання й розряджання конденсатора. Режим доступу: <https://youtu.be/CujYMLfk61s>.
12. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи №2-14. Вивчення магнітного поля методом Столетова. Режим доступу: <https://youtu.be/NhpR66EbVi8>
13. Чугай О. М., Мигаль В. П., Луньов І. В., Олійник С. В., Рубльова О. В. Хвильова оптика. Сучасна фізика. Навч. посіб. до лаб. практикуму . – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т». – 2020. – 86 с.

до самостійних занять

1. Мигаль В.П., Клименко І.А., Фомін А.С. Навчальний посібник для самостійної роботи «Коливання та хвилі» Харків: Національний аерокосмічний університет "ХАІ", 2008. – 106 с.

10. Рекомендована література

Базова

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 3. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Навчальний посібник. — К.: Вища школа, 2003. — 311 с.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 2. Електрика і магнетизм. Навч. посіб. - К: Вища шк., 2003. - 278с.:
3. Вакарчук І. О. *Квантова механіка* : підручник / І. О. Вакарчук. 4-те вид., доп. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 с.: 78 іл.
4. Королюк, С. Л. Основи статистичної фізики та термодинаміки [Текст] : підр. для студ. вищих навч. закл. / С. Л. Королюк, С. В. Мельничук, О. Д. Валь. — Чернівці : Книги-XXI, 2004. — 348 с.
5. Зачек І.Р., Кравчук І.М., Романишин Б.М., Габа В.М., Гончар Ф.М. *Курс фізики*: Навчальний підручник. -- Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2002 р. — 376 с.
6. Поп, С. С. (Степан Степанович) *Фізична електроніка* /С.С. Поп, І.С. Шароді. Львів : ЄвроСвіт, 2001. 247 с.
7. Спольник О. І. *Курс фізики* : навчальний посібник / О. І. Спольник, В. Г. Власенко, Л. М. Каліберда. — Харків : „Компанія СМІТ”, 2005. — 308 с.
8. І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, Г.А. Ільчук, Б.М. Романишин, *Фізика. Підручник.* — Львів: Афіша, 2005. — 394 с.
9. Крижановський, Володимир Григорович. *Фізика* [Текст] : довідник школяра і студента / В. Г. Крижановський. - Донецьк : ТОВ ВКФ "БАО", 2004. - 416 с.
10. *Чолпан П.П. Фізика: Підручник.* Київ, Вища школа, 2003. — 567 с.

11. Інформаційні ресурси

1. <https://youtu.be/48tm99e2IM> . лр 1-02
2. <https://youtu.be/JUCUCUsbcVI> . лр 1-03
3. <https://youtu.be/hRHHoCJw0wI> . лр 1-04
4. <https://youtu.be/J9-wM39t4Hw> .
5. <https://youtu.be/hfCyurc8Rrw> .
6. <https://youtu.be/BB5KhVOIX0M> . Лр 3-06
7. <https://youtu.be/AY-bnfGuPk> . Лр 3-03
8. <https://youtu.be/CujYMLfk61s> . Лр 2-04
9. <https://youtu.be/NhpR66EbVi8> Лр 2-14