

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

Кафедра теоретичної механіки, машинознавства
та роботомеханічних систем (№ 202)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Баранов О. О.
(ініціали та прізвище)

«30» серпня 2021 р.

**СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ФІЗИКА

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма: «Роботомеханічні системи і логістичні комплекси»

Рівень вищої освіти: початковий рівень (короткий цикл)

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків – 2021 р.

Розробник: Полубояров О.О., ст. викладач каф. 505, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

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

Протокол № 2 від «25» серпня 2021 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

А.О. Таран
(ініціали та прізвище)

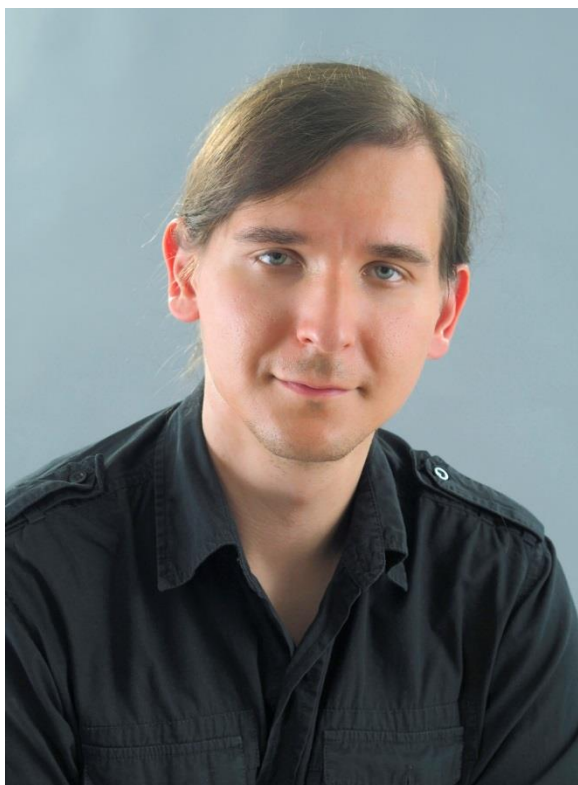
Погоджено з представником здобувачів освіти:

Студент групи 239


(підпис)

Д. Т. Дубина
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Полубояров Олексій Олександрович, к.т.н., старший викладач. З 2020 року викладає в університеті дисципліну «Фізика».

Напрями наукових досліджень: вплив власних дефектів структури на електричні, фотоелектричні та спектрометричні властивості напівпровідникових кристалів групи $A^{II}B^{VI}$; модифікація електрофізичних властивостей напівпровідникових кристалів.

e-mail: o.poluboiarov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1, 2, 3, 4 семестри.

Обсяг дисципліни:

20 кредитів ЄКТС (600 годин), у тому числі аудиторних – 288 годин, самостійної роботи здобувачів – 312 годин.

Форми здобуття освіти

Денна, дистанційна, дуальна.

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) – знання базових законів механіки, теплових процесів, електрики на рівні повної загальної середньої освіти.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – основи прикладної механіки, теоретична механіка, навчальна практика, складання кваліфікаційного іспиту.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння знань щодо основних законів фізики.

Завдання: вивчення основних закономірностей, методів та моделей для подальшого використання в дисциплінах спеціальності..

Компетентності, які набуваються:

ЗК6 – визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків;

ЗК10 – навички здійснення безпечної діяльності;

ЗК13 – здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Очікувані результати навчання:

ПРН2 – використовувати методи фізичного абстрагування та моделювання при описі механічних систем.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Механіка.

Тема 1. Вступ до предмету.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Природа. Об'єкти природи та їх структура. Матерія. Речовина та фізичне поле. Час та фізичний простір. Фізичні форми руху та фізичні явища. Фізичні величини та їх вимірювання. Одиниці фізичних величин, Міжнародна система одиниць СІ. Скалярні та векторні величини.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Основи кінематики

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 20 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні поняття кінематики: простір і час, механічний рух, його відносність, система відліку, способи опису руху, траєкторія, шлях, переміщення. Основна задача механіки.

Середня швидкість і середня шляхова швидкість. Поняття про миттєву швидкість руху. Закон додавання швидкостей. Прямолінійний рівномірний рух як найпростіший вид руху.

Прискорення, рух з постійним прискоренням. Рівняння рівноприскореного прямолінійного руху. Графіки залежності кінематичних величин від часу для рівноприскореного прямолінійного руху. Вільне падіння та криволінійний рух під дією постійної сили тяжіння.

Рівномірний рух матеріальної точки по колу. Кутова швидкість. Період обертання та обертова частота. Доцентрове (нормальне) прискорення.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 24 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Тема 3. Основи динаміки.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 18 годин.*

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

Види сил у механіці. Вимірювання сил, додавання сил. Рівнодійна. Інерціальні системи відліку. Принцип відносності Галілея. Інертність і маса. Закони динаміки Ньютона, межі їх застосування.

Гравітаційна взаємодія та гравітаційне поле, сила тяжіння. Вага та невагомість.

Сили тертя. Коефіцієнт тертя ковзання. Сила опору під час руху тіла в рідині або газі. Рух тіла під дією кількох сил. Алгоритм розв'язання задач динаміки.

Рівновага тіл. Момент сили, центр тяжіння тіла. Стійкість рівноваги.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 16 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 4. Закони збереження в механіці.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 20 годин.*

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

Імпульс тіла та системи тіл. Імпульс сили. Закон збереження імпульсу.

Механічна робота. Консервативні (потенціальні) сили. Робота сил тяжіння та пружності. Потужність. Енергія. Механічна енергія системи тіл. Зв'язок роботи з енергією. Кінетична та потенціальна енергії. Застосування законів збереження енергії та імпульсу в механічних явищах.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 22 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 5. Механічні властивості рідин та газів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тиск. Закон Паскаля. Гідравлічний прес. Сполучені посудини. Атмосферний тиск. Дослід Торрічеллі.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Контрольний захід: іспит.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Молекулярна фізика та термодинаміка.

Тема 1. Вступ до молекулярної фізики.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тепловий рух і теплові явища. Статистичні та термодинамічні методи опису теплових явищ. Молекулярно-кінетична теорія та термодинаміка.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Основи молекулярно-кінетичної теорії.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії (МКТ) будови речовини. Маса та розміри атомів і молекул, стала Авогадро. Ідеальний газ як фізична модель. Тиск газів. Основне рівняння МКТ газів. Температура. Броунівський рух, дифузія. Рівняння стану ідеального газу. Ізопроцеси. Швидкості руху молекул газу та їхнє (швидкостей) вимірювання. Ізопроцеси в газах.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 3. Основи термодинаміки.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

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

Основні поняття термодинаміки. Внутрішня енергія. Перший закон термодинаміки. Кількість теплоти та робота в термодинаміці. Застосування першого закону термодинаміки до ізопроеесів в ідеальному газі. Адіабатний процес. Теплові двигуни. Оборотні та необоротні процеси. Другий закон термодинаміки. Цикли теплових машин. Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплових машин. Цикл Карно. Принцип дії холодильної машини.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Змістовний модуль 3. Електрика і магнетизм.

Тема 1. Вступ до електростатики.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*

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

Електромагнітна взаємодія. Електричний заряд. Будова атома. Взаємодія елементарних частинок. Елементарний заряд. Закон дискретності електричного заряду. Закон збереження електричного заряду.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Електростатика.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*

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

Електричне поле. Напруженість електричного поля. Силові лінії електричного поля. Точковий заряд як електричний аналог матеріальної точки. Електричне поле точкових зарядів. Принцип суперпозиції, електричне поле системи зарядів. Робота при переміщенні заряду в однорідному електростатичному полі. Потенціальний характер електростатичного поля. Потенціал. Різниця потенціалів. Еквіпотенціальні поверхні. Зв'язок напруженості однорідного електричного поля з різницею потенціалів. Електроємність. Конденсатори та їх використання в техніці. Види конденсаторів. Електроємність плоского конденсатора. З'єднання конденсаторів. Енергія зарядженого конденсатора. Енергія електричного поля.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 3. Постійний струм.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Електричний струм, електричне коло. Постійний струм. Джерела струму. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для повного кола. Коротке замикання. Визначення електричного опору кола з послідовним і паралельним з'єднанням провідників. Вимірювання в електричних колах, шунти та додаткові опори. Робота та потужність електричного струму, тепла дія струму. Безпека під час застосування електричних пристроїв.

Порівняльна характеристика різних середовищ, через які може протікати електричний струм (металів, розчинів і розплавів електролітів, газів, плазми, напівпровідників): вільні носії заряду, залежність питомого опору від температури. Надпровідність. Електроліз, закони електролізу. Типи самостійного розряду в газах. Застосування електричного струму в різних середовищах.

Електричний струм. Сила струму. Умови існування електричного струму. Електричний опір. Закон Ома для однорідної ділянки кола. Джерело струму. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для повного кола. Робота й потужність струму. Кількість теплоти, яка виділяється в провіднику зі струмом (закон Джоуля-Ленца). Електричний струм у металах, вакуумі, газах. Надпровідність. Електронна емісія. Несамостійний і самостійний розряди. Поняття плазми. Електропровідність напівпровідників. Електронно-дірковий перехід.

Термоелектронна емісія та струм у вакуумі, його застосування. Принцип дії електронно-вакуумних приладів на прикладі вакуумного діоду. Власна й домішкова провідність напівпровідників, електронно-дірковий перехід і його властивості.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 4. Магнітні взаємодії. Магнітне поле. Електромагнітна індукція.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Магнітна взаємодія та магнітне поле. Індукція магнітного поля. Магнітний момент рамки зі струмом. Дія магнітного поля на рамку зі струмом. Магнітне поле соленоїда. Сила Ампера та сила Лоренца. Взаємодія струмів. Застосування

дії магнітного поля на рамку зі струмом в електровимірювальних приладах та електродвигунах. Рух зарядженої частинки в однорідному магнітному полі.

Магнітні властивості речовини. Діа-, пара- і феромагнетики. Залежність магнітних властивостей речовини від температури. Застосування магнітних матеріалів.

Досліди М. Фарадея. Електромагнітна індукція. Правило Ленца. Закон електромагнітної індукції. Самоіндукція. ЕРС самоіндукції, індуктивність. Вихрове (індукційне) електричне поле. Вихрові струми. Енергія магнітного поля котушки зі струмом. Гіпотеза Д. Максвелла. Взаємозв'язок електричного та магнітного полів як прояв існування електромагнітного поля

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Змістовний модуль №4. Коливання та хвилі.

Тема 1. Механічні коливання та хвилі.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Застосування законів механіки до коливального руху. Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань. Умови виникнення вільних коливань. Найпростіші коливальні системи (математичний, пружинний маятники). Енергія коливань.

Вимушені коливання. Резонанс. Дія маятникового годинника як приклад автоколивань.

Поширення механічних коливань у пружному середовищі. Плоскі та сферичні, поперечні та поздовжні хвилі. Інтерференція та дифракція хвиль. Звукові явища. Швидкість звуку. Класифікація звуків, їх характеристики. Акустичний резонанс.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Електромагнітні коливання та хвилі.

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

Коливальний контур. Виникнення вільних електромагнітних коливань. Гармонічні електромагнітні коливання. Формула Томсона. Перетворення енергії під час вільних електромагнітних коливань.

Змінний струм як вимушені електромагнітні коливання. Конденсатор і котушка в колі змінного струму. Активний, ємнісний та індуктивний опори. Робота й потужність змінного струму. Діючі значення напруги та сили струму. Трансформатор. Виробництво, передача та використання енергії змінного струму.

Електромагнітні хвилі, їх утворення та поширення. Висновки з теорії Максвелла, досліди Герца. Шкала електромагнітних хвиль. Властивості електромагнітних хвиль різних діапазонів. Електромагнітні хвилі в природі та техніці. Швидкість поширення електромагнітних хвиль. Принципи радіотелефонного зв'язку. Радіомовлення та телебачення.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Змістовний модуль №5. Оптика.

Тема 1. Геометрична оптика.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*

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

Розвиток уявлень про природу світла. Світло як електромагнітна хвиля. Поширення, поглинання та розсіювання світла. Геометрична оптика як граничний випадок хвильової. Закони геометричної оптики. Показник заломлення, його зв'язок зі швидкістю світла в середовищі. Рефракція та міражі. Отримання зображень. Лінзи, оптичні системи та оптичні прилади.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Хвильова оптика.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*

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

Когерентність світлових хвиль. Особливості лазерного випромінювання. Інтерференція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція світла. Дифракційні ґратки. Спектроскоп. Неперервний спектр світла. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла. Формула Планка. Квантові властивості світла. Світлові кванти. Стала Планка.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Змістовний модуль №6. Елементи сучасної фізики.

Тема 1. Елементи релятивістської механіки.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Передумови виникнення спеціальної теорії відносності (СТВ). Принцип відносності А. Ейнштейна. Основні положення спеціальної теорії відносності. Відносність одночасності подій. Відносність проміжків довжини й часу. Релятивістський закон додавання швидкостей.

Повна та кінетична енергія рухомого тіла, енергія спокою.

Основні наслідки СТВ та їх експериментальні підтвердження.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Квантова фізика.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Фотоефект. Досліди О.Г. Столетова. Закони фотоефекту. Теорія Ейнштейна, рівняння фотоефекту. Фотон. Фоторезистори та фотоелементи. Застосування фотоефекта, сонячні батареї.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 3. Атом і атомне ядро.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Розвиток уявлень про атоми. Дослід Резерфорда. Планетарна модель атома, її якісне обґрунтування на основі постулатів Бора. Енергетичні рівні атома. Гіпотеза де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм як загальна властивість матерії.

Випромінювання та поглинання світла атомами. Лінійчасті спектри. Принцип дії лазера. Взаємодії між нуклонами в ядрі, стійкість атомних ядер. Енергія зв'язку атомного ядра. Дефект мас.

Природна та штучна радіоактивність, види радіоактивного випромінювання. Закон радіоактивного розпаду. Отримання та застосування радіонуклідів. Методи реєстрації іонізуючого випромінювання і захист від нього. Дозиметр.

Ядерні реакції, способи вивільнення ядерної енергії. Ланцюгова реакція поділу ядер і термоядерні реакції. Ядерний реактор, перспективи створення термоядерного реактора.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Контрольний захід: іспит.

Модуль 3.

Змістовний модуль №7. Механіка, молекулярна фізика та термодинаміка

Тема 1. Механічний рух. Кінематика та динаміка матеріальної точки. Динаміка поступального руху абсолютно твердого тіла.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Механічний рух як найпростіша форма руху матерії. Уявлення про властивості простору та часу, що покладені до основи класичної механіки. Фізичні моделі: матеріальна точка, абсолютно тверде тіло та суцільне середовище. Кінематичні характеристики руху точки: радіус-вектор, швидкість та прискорення як похідні радіуса-вектора за часом. Нормальне і тангенціальне прискорення. Радіус кривини траєкторії. Задачі кінематики і основні методи їх розв'язку.

Динаміка матеріальної точки і абсолютно твердого тіла. Зовнішні та внутрішні сили. Другий закон Ньютона в універсальній та диференціальній формах. Основна задача динаміки та принципова схема її розв'язку. Центр мас механічної системи та закон його руху. Закон збереження імпульсу як фундаментальний закон природи, що впливає з однорідності простору.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 2. Кінематика та динаміка обертального руху тіла.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Елементи кінематики обертального руху абсолютно твердого тіла: вектори елементарного кута повороту, кутової швидкості та кутового прискорення. Зв'язок поміж лінійними та кутовими швидкостями й прискореннями точок тіла. Момент сили відносно нерухомої точки. Момент сили відносно осі обертання. Момент імпульсу матеріальної точки тіла відносно нерухомої точки. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі. Моменти інерції тіл простої форми (кільця, диску та стрижня). Теорема Штейнера. Робота при обертальному русі. Кінетична енергія тіла, що обертається, та тіла, що котиться. Закон збереження моменту імпульсу та його зв'язок з ізотропністю простору.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 3. Механічна енергія, робота та потужність. Потенціальні силові поля.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.*

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

Енергія як універсальна міра різноманітних форм руху й взаємодії матерії. Робота змінної сили і її вираз через криволінійний інтеграл. Потужність. Кінетична енергія механічної системи та її зв'язок з роботою зовнішніх та внутрішніх сил. Поле, як форма матерії, що забезпечує силові взаємодії. Потенціальні силові поля. Консервативні та неконсервативні сили. Умова потенціальності силового поля. Потенціальна енергія матеріальної точки у зовнішньому силовому полі і зв'язок енергії з силою, яка діє на матеріальну точку з боку поля. Потенціальна енергія системи тіл. Закон збереження механічної енергії. Дисипація енергії. Закон збереження енергії, як проявлення однорідності часу.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 16 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 4. Механічні коливання та хвилі у пружних середовищах.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

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

Коливальний рух точки. Гармонічні механічні коливання. Кінематичні характеристики гармонічних коливань. Додавання гармонічних коливань одного напрямку. Пружинний, фізичний та математичний маятники. Диференціальне рівняння вільних незатухаючих коливань і його розв'язок. Енергія гармонічних коливань.

Диференціальне рівняння затухаючих коливань і його розв'язок. Коефіцієнт затухання. Логарифмічний декремент затухання Диференціальне рівняння вимушених коливань і його розв'язок. Амплітуда та фаза вимушених коливань. Механічний резонанс.

Хвильові процеси. Механізм утворення механічних хвиль в пружних середовищах. Поздовжні та поперечні хвилі. Рівняння біжучої хвилі. Довжина хвилі та хвильове число. Хвильове рівняння. Фазова швидкість хвиль. Густина потоку енергії хвилі.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Модульний контроль.

Тема 5. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

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

Тепловий рух. Розподіл Ідеальний газ. Тиск газу з точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Головне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Розподіл Максвелла молекул за абсолютними значеннями швидкості. Дослід Штерна. Імовірна, середня арифметична та середньоквадратична швидкості теплового руху молекул. Середнє число зіткнень та середня довжина вільного пробігу молекул. Середня кінетична енергія поступального руху молекул. Молекулярно-кінетичне тлумачення термодинамічної температури. Кількість ступенів вільності молекули. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності молекул. Барометрична формула. Розподіл Больцмана - розподіл молекул у потенціальному полі

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 6. Перший та другий закони термодинаміки.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

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

Термодинамічна система. Рівноважний стан системи. Рівноважних процес. Робота системи та кількість теплоти. Внутрішня енергія системи. Перший закон термодинаміки. Використання першого закону термодинаміки в аналізі ізопроесів в ідеального газу. Теплоємність. Залежність теплоємності ідеального газу від типу процесу. Формула Маєра. Оборотні та необоротні процеси. Коловий процес (цикл). Теплові двигуни та холодильні машини, їх ККД. Цикл Карно, ККД циклу. Другий закон термодинаміки. Нерівність Клаузіуса. Зведена кількість теплоти. Ентропія. Ентропія ідеального газу. Статистичне тлумачення другого закону термодинаміки.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 7. Електростатичне поле у вакуумі.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.*

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

Закон збереження електричного заряду. Електричне поле. Принцип суперпозиції полів. Основні характеристики електростатичного поля - напруженість та потенціал. Напруженість як градієнт потенціалу. Розрахунки електростатичних полів за методом суперпозиції. Поле диполя. Потік вектора напруженості електричного поля. Теорема Гауса для електростатичного поля у вакуумі. Застосування теореми Гауса для розрахунку електростатичних полів. Основна задача електростатики і схема її розв'язку.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 8. Постійний електричний струм.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Постійний електричний струм як явище переносу. Характеристики та умови існування струму. Закони Ома та Джоуля-Ленца в диференціальній формі. Закон Ома в інтегральній формі. Різниця потенціалів, електрорушійна

сила, спад напруги. Закон Ома для неоднорідної ділянки кола. Розгалужені електричні кола. Правила Кірхгофа.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Модульний контроль.

Контрольний захід: іспит.

Модуль 4

Змістовний модуль №8. Електродинаміка. Оптика. Елементи квантової механіки

Тема 1. Магнітне поле електричного струму.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Магнітне поле. Дія магнітного поля на провідник зі струмом, закон Ампера. Магнітна індукція. Закон Магнітне поле електричного струму. Закон Біо-Савара-Лапласа та його використання для розрахунків магнітних полів. Магнітний момент витка зі струмом. Магнітна взаємодія струмів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 2. Рух заряджених частинок у магнітному полі.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Сила Лоренца. Рух заряджених частинок у магнітному полі. Визначення питомого заряду частинок. Мас-спектрометрія. Принцип дії лінійних та циклічних прискорювачів заряджених частинок. Циклотрон. Синхротрон. Синхрофазотрон. Ефект Хола. Рухливість зарядів. МГД - генератор. Магнетрон.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 3. Явище електромагнітної індукції.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Магнітний потік. Теорема Гауса для вектора магнітної індукції. Явище електромагнітної індукції (досліди Фарадея). Закон електромагнітної індукції та отримання його із закону збереження енергії. Правило Ленца. Явище самоіндукції. Індуктивність. Енергія системи провідників зі струмом. Об'ємна густина енергії магнітного поля.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 4. Магнітне поле у речовині. Магнетики

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Магнітне поле у речовині. Мікро- та макроструми. Магнітні моменти атомів. Гіромагнітне відношення. Спін.

Намагніченість. Теорема про циркуляцію намагніченості. Напруженість магнітного поля. Теорема про циркуляцію напруженості магнітного поля.

Види магнетиків. Магнітна сприйнятливість речовини та її залежність від температури. Магнітна проникність середовища.

Сильні магнетики: феро-, фері- та антиферомагнетики. Крива намагнічування. Магнітний гістерезис. Домени. Точки Кюрі і Нееля. Спінова природа сильного магнетизму.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 5. Інтерференція і дифракція світла.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Інтерференція світла. Монохроматичність та когерентність світлових хвиль. Методи одержання когерентних джерел світла. Умови підсилення та ослаблення інтенсивності світлових хвиль при інтерференції. Оптична довжина ходу. Розрахунок інтерференційної картини від двох когерентних джерел.

Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Прямолінійне поширення світла. Метод зон Френеля. Радіус зон Френеля. Дифракція Френеля на круглому отворі та диску. Дифракція Фраунгофера на щілині та дифракційних ґратах. Дифракція рентгенівських променів. Формула Вульфа-Бреґа.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 6. Теплове випромінювання.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

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

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. Фізичні основи оптичної пірометрії.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 7. Квантові властивості світла.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

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

Зовнішній фотоефект та його закони. Фотони. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту. Маса та імпульс фотона. Тиск світла. Досліди Лебедева. Корпускулярне та хвильове пояснення тиску світла. Ефект Комптона та його теорія. Діалектична єдність корпускулярних та хвильових властивостей електромагнітного випромінювання.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Тема 8. Елементи квантової механіки.

- *Форма занять: лекція, практична робота, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

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

Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів, протонів та нейтронів. Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок. Співвідношення невизначеностей як прояв корпускулярно-хвильового дуалізму мікросвіту. Хвильова функція та її статистичне тлумачення. Рівняння Шредингера. Стаціонарний стан. Частинка у одновимірній потенціальній ямі. Квантування енергії частинки.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення лабораторних робіт та підготовка до їх здачі.

Модульний контроль

Контрольний захід: іспит

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...10
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20

Модульний контроль	0...15	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...10
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...15	1	0...20
Усього за семестр			0...100
Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Іспит проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту.

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

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

Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання з практичних 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 весь теоретичний матеріал, наданий на лекціях, виконати усі завдання з лабораторного практикуму й практичних занять. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати способи вирішення задач на

практичних заняттях. Скласти модульний контроль протягом семестру не менше, ніж на 20 балів (сумарно).

Відмінно (90 - 100). Досконало знати теоретичний матеріал всіх тем (як основний, так і винесений на самостійну позааудиторну роботу). Виконати та захистити всі завдання лабораторного практикуму, практичних занять з оцінкою «відмінно». Виконати та захистити завдання на позааудиторну самостійну роботу. Скласти модульний контроль протягом семестру не менше, ніж на 30 балів (сумарно).

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

10. Методичне забезпечення

1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка : навч. посіб. до лаб. практикуму / І. В. Луньов, О. В. Подшивалова, С. В. Олійник, О. С. Фомін [та др.] ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2014. - 100 с.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Mehanika_Molshis_Termodin.pdf
2. Коливання й хвилі : навч. посіб. / В. П. Мигаль, І. А. Клименко, О. С. Фомін ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2008. - 106 с.
<http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2008/Kolivannja%20j%20hvili.pdf>
3. Хвильова оптика. Сучасна фізика : навч. посіб. до практ. занять / Д. О. Воронович, М. В. Вармінський, О. І. Петрова, А. О. Таран ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац.

ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020.

http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Hvilova_Optika_Suchasna.pdf

4. Електрика й магнетизм : навч. посіб. до лаб. практикуму / Д. О. Воронович, І. В. Луньов, А. М. Охрімовський, О. В. Подшивалова ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2011. - 140 с.

http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2011/Electruka_I_Magnetuzm.pdf

5. Фізика : навч. посіб. для підгот. до модуля (тренінг-тест) / О. М. Чугай, І. В. Луньов, С. В. Олійник, О. В. Подшивалова ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2021. - 110 с.

<http://library.khai.edu/library/fulltexts/2021/complex/Fizyka.%20Treninh%20test.pdf>

6. Робочий зошит з фізики для доуніверситетської підготовки іноземних студентів / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" ; уклад.: Д. О. Воронович, М. В. Вармінський, І. Г. Гаврикова, О. І. Петрова, О. В. Подшивалова, А. М. Охрімовський, Л. В. Зайцева. - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2018. - 149 с .

http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Voronovic_Zoshit_Phizika.pdf

7. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи № 3-06. Вивчення дифракції Фраунгофера на одній і двох щілинах. Режим доступу: <https://youtu.be/BB5KhVQIX0M> .

8. 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>.

9. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи №2-04. Вивчення процесів заряджання й розряджання конденсатора. Режим доступу: <https://youtu.be/CujYMLfk61s> .

10. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи №2-14. Вивчення магнітного поля методом Столетова. Режим доступу: <https://youtu.be/NhpR66EbVi8>

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням: <http://k505-khai.edu.tilda.ws/#textbooks>

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=3746>

11. Рекомендована література

Базова

1. Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О., за редакцією Бар'яхтара В. Г., Довгого С.О. Фізика 10 клас. Рівень стандарту. – Харків: Ранок, 2018.
2. Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О., за редакцією Бар'яхтара В. Г., Довгого С.О. Фізика 11 клас. Рівень стандарту. – Харків: Ранок, 2019.
3. Д. О. Воронович, М. В. Вармінський, І. Г. Гаврикова, О. І. Петрова, О. В. Подшивалова, А. М. Охрімівський, Л. В. Зайцева. Фізика (для доуніверситетської підготовки іноземних студентів). Навчальний посібник. – Харків: «ХАІ», 2018.
4. 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.
5. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 2. Електрика і магнетизм. Навч. посіб. - К: Вища шк., 2003. - 278с.:
6. 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.
7. Поп, С.С. (Степан Степанович) Фізична електроніка /С.С. Поп, І.С. Шароді. Львів : ЄвроСвіт, 2001. 247 с.
8. Спольник О.І. Курс фізики : навчальний посібник / О. І. Спольник, В. Г. Власенко, Л. М. Каліберда. – Харків : „Компанія СМІТ”, 2005. – 308 с.
9. І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, Г.А. Ільчук, Б.М. Романишин, Фізика. Підручник. — Львів: Афіша, 2005. — 394 с.
10. Фізичні основи електронної техніки / В.Вуйцік, З.Готра, В. Каліта, І. Лопатинський, З. Микитюк, Є. Петрикова, І. Петрович, Є. Потенцкі, П.Сваста, С. Слосарчик; За ред. З. Готри. - Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львів. політехніка”, 2002.- 643с.
11. Атомная физика / А.Н. Матвеев – М.: Высш. школа, 1989.– 439 с.

Допоміжна

- 1 Вердеревская Н.Н., Егорова С.П. Сборник задач и вопросов по физике. М., 1980.
- 2 Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны, Оптика – М.: Наука, 1988.- 432 с. Б(588), К(18).
- 3 Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Фізика твердого тела. Фізика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1989.- 304с. Б(225), К(12).

12. Інформаційні ресурси

1. <https://alleng.org/edu/phys9.htm>.

2. <https://youtu.be/BB5KhVQlX0M>
3. https://youtu.be/AY-_bnfGuPk .
4. <https://youtu.be/CujYMLfk61s> .
5. <https://youtu.be/NhpR66EbVi8>