

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра фізики (№ 505)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК-2

Дмитро КРИЦЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

«29» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Фізика

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальності: G3 Електрична інженерія, G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка, G6 Інформаційно-вимірювальні технології, G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка.

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Електроенергетика та енергоефективні технології, Мікро- та наносистемна техніка, Інформаційно-вимірювальні технології забезпечення якості продукції, Комп'ютерно-інтегровані системи автоматизації та керування.

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Силабус введено в дію з **01.09.2025**

Харків – 2025 р.

Розробник: Чугай О.М., проф. к. № 505, д.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

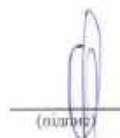


(підпис)

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

Протокол № 1 від « 25 » серпня 2025 р.

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



(підпис)

Олег ЧУГАЙ
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

(підпис)

(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Чугай Олег Миколайович,
професор кафедри фізики,
доктор технічних наук.

Викладає: «Спеціальні питання фізики
мікро- та наноструктур», «Біофізику та
біомеханіку» а також «Фізику».

Напрями наукових досліджень:
електронні процеси в неомогенних
кристалічних системах.

e-mail: oleg.chugai@khai.edu.

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	2
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	5 кредитів ЄКТС / 150 годин (80 аудиторних, з яких: лекції – 40, практичні – 40; СРЗ – 70)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні (семінарські) та самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – залік.
Пререквізити	«Вища математика».
Кореквізити	Немає
Постреквізити	Метрологія та теорія вимірювання

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів основ підготовки в області фізики та надання студентам навичок правильного розуміння меж застосування фізичних понять, законів та теорій, що дозволить майбутнім програмістам зорієнтуватись в потоці наукової та технічної інформації, формування у них наукового міркування і широкого світогляду для розв'язання різноманітних задач у практичній діяльності за фахом.

Завдання: формування у майбутніх фахівців інженерії практичних навичок застосування фізичних законів та теорій для розв'язання задач, що виникають у професійній діяльності.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

– здатність застосовувати знання, уміння, навички та цінності фізики для розв'язання складних спеціалізованих задач у професійній діяльності та подальшому навчанні.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- вчитися й оволодівати сучасними знаннями;
- шукати, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел;
- працювати автономно та в команді;
- бути критичним і самокритичним;
- приймати обґрунтовані рішення;
- мати визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків;

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- застосовувати знання фізики, електротехніки, механіки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в комп'ютерно-інтегрованих системах управління енергетичними процесами;
- проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах;

- здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів;
- здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

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

Змістовний модуль 1. Механіка, молекулярна фізика та термодинаміка

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

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.

Лабораторні роботи: «Центральний пружний удар куль» та «Вивчення непружного зіткнення тіл».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 2. Кінематика та динаміка обертального руху тіла.

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 (кілця, 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 ізо트로пністю простору.

Лабораторні роботи: «Перевірка основного закону динаміки обертального руху за допомогою хрестоподібного маятника Обербека» та «Вивчення залежності моменту інерції тіла від положення осі обертання».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

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

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.

Лабораторна робота: «Перевірка закону збереження енергії та визначення моменту інерції тіла за допомогою маятника Максвелла».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 4. Механічні коливання та хвилі у пружних середовищах.

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.

Лабораторні роботи: «Вимір швидкості звуку в повітрі за методом стоячих хвиль» та «Вимір швидкості звуку в повітрі за методом зміщення фаз».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 5. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу.

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.

Лабораторні роботи: «Визначення коефіцієнта дифузії повітря.», «Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя повітря з допомогою капілярного віскозиметра»,

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 6. Перший та другий закони термодинаміки.

Термодинамічна система. Рівноважний стан системи. Рівноважних процес. Робота системи та кількість теплоти. Внутрішня енергія системи. Перший закон термодинаміки. Використання першого закону термодинаміки в аналізі ізопроеесів 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.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 7. Електростатичне поле у вакуумі.

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.

Лабораторна робота «Дослідження електростатичного поля методом моделювання».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 8. Постійний електричний струм.

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.

Лабораторна робота «Визначення ЕРС джерела постійного струму компенсаційним методом».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Електродинаміка. Оптика. Елементи квантової механіки

ТЕМА 9. Магнітне поле електричного струму.

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.

Лабораторні роботи: «Вивчення магнітного поля соленоїда, визначення магнітної сталої», «Вивчення магнітного поля за методом Столетова».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 10. Рух заряджених частинок у магнітному полі.

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.

Лабораторні роботи: «Визначення питомого заряду електрона за методом магнетрона», «Вивчення ефекту Хола».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 11. Явище електромагнітної індукції.

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.

Лабораторна робота «Вивчення закону електромагнітної індукції».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 12. Магнітне поле у речовині. Магнетики

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.

Лабораторна робота «Вивчення магнітних властивосте феромагнетиків».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 13. Інтерференція і дифракція світла.

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-Брега.

Лабораторна робота «Визначення показника заломлення скла інтерференційним методом».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 14. Теплове випромінювання.

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.

Лабораторна робота «Визначення сталої Стефана – Больцмана».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 15. Квантові властивості світла.

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.

Лабораторна робота «Вивчення явища зовнішнього фото-ефекту».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 16. Елементи квантової механіки.

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 Шредінгера. Стаціонарний стан. Частинка у одновимірній потенціальній ямі. Квантування енергії частинки.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

Модульний контроль.

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 (екзамен).

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	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	10	0...30
Модульний контроль	0...12	1	0...12
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	10	0...30
Модульний контроль	0...12	1	0...12
Усього за семестр			0...100

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

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

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

Під час складання семестрового екзамену 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 домашні завдання з практичних занять. Вміти самостійно застосовувати основні закони фізики для вирішення найпростіших завдань.

Добре (75 - 89). Твердо знати весь теоретичний матеріал, наданий на лекціях, виконати усі завдання з практичних занять. 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 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, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на

використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброочесності. Виявлення ознак академічної недоброочесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu.ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

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.
2. Мигаль В.П., Клименко І.А. Хвилі, кванти і атоми. Навчальний посібник. Х: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2004. – 189 с.
3. 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.
4. 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 «Харк. авіац. ін-т». – 2020. – 86 с.
5. Клименко І.А. Відеоінструкція до лабораторної роботи № 3-06. Вивчення дифракції Фраунгофера на одній і двох щілинах. Режим доступу: <https://youtu.be/BB5KhVQlX0M>.

11. Рекомендована література

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. 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.

4. Поп, С.С. (Степан Степанович) *Фізична електроніка* /С.С. Поп, І.С. Шароді. Львів : ЄвроСвіт, 2001. 247 с.
5. Спольник О.І. *Курс фізики* : навчальний посібник / О. І. Спольник, В. Г. Власенко, Л. М. Каліберда. – Харків : „Компанія СМІТ”, 2005. – 308 с.
6. І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, Г.А. Ільчук, Б.М. Романишин, *Фізика. Підручник.* — Львів: Афіша, 2005. — 394 с.
7. 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.

12. Інтернет-ресурси

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