



Теорія оптичних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова (2023-2024 н.р.)
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр (2023-2024 н.р.)
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік /модульна контрольна робота, поточний контроль
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції та Практик.: д.т.н., проф., Чиж Ігор Генрихович, i.g.chizh@gmail.com
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6137

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Теорія оптичних систем» є прикладною частиною геометричної оптики, на якій базуються методи та методика проектування оптичних систем. Тому вкрай важливим є надбання студентами умінь застосовувати теорію цієї дисципліни на практиці при вирішенні конкретних інженерних задач, пов'язаних з розробкою і аналізом принципів дії оптичних систем їх оптичних компонентів і елементів, оцінки їх параметрів та характеристик.

Глибоке засвоєння теоретичного матеріалу та надбання відповідних умінь та навичок є можливим при умові, що студент додатково працює з лекційним матеріалом, на практичних заняттях оволодіває методами і методиками розв'язання розрахункових і розрахунково-графічних завдань, та виконує самостійні розрахункові та графічно-розрахункові роботи.

Метою дисципліни є підсилення здатності:

ФК 14 Здатність до розрахунку, проектування та конструювання у відповідності з технічним завданням типових систем, приладів, деталей та вузлів на схемотехнічному та елементному рівнях з використанням засобів комп'ютерного проектування;

а також формування у студентів здатностей:

- використовувати теорію оптичних систем при розрахунках їх основних параметрів та характеристик,
- застосовувати методи габаритних та енергетичних розрахунків оптичних систем при їх проектуванні,

Студенти після засвоєння дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

ПРН 16 Вміти розраховувати, розробляти конструкцію та проектувати елементи й механічні вузли приладів і пристроїв автоматизованих систем,

а також:

ЗНАННЯ:

основних положень геометричної оптики, теорії параксіальних та нульових променів, теорії ідеальної оптичної системи, теорії обмеження пучків світла в оптичних системах, теорії проходження світлових потоків через оптичні системи, методів розрахунків параксіальних параметрів оптичних деталей, устрою та основних функцій ока, теорії телескопічних систем, оптичних систем луп, мікроскопів, проєкційних оптичних систем, об'єктивів;

УМІННЯ:

розраховувати параксіальні параметри оптичних систем, використовувати теорію ідеальної системи при виконанні ескізного проектування типових оптичних систем, розпізнавати роль і оцінювати результат дії кожного типу діафрагм в оптичній системі, виконувати елементарні світлотехнічні розрахунки та розрахунки світлових потоків, що надходять в оптичну систему а також величин та розподілу освітленості в площині зображень об'єктів, розраховувати функціональні параметри телескопічних систем, луп, мікроскопів, проєкційних систем, об'єктивів;

досвід:

використання довідкових матеріалів, державних та галузевих стандартів, програмного комп'ютерного забезпечення, що автоматизують розрахунки параксіальних та інших функціональних параметрів і характеристик оптичних елементів і типових оптичних систем.

2. Пререквізити дисципліни

Вивчення дисципліни базується на знаннях з дисциплін «Фізика», «Вища математика».

У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах, курсовому проектуванні та при виконанні кваліфікаційної роботи..

3. Зміст навчальної дисциплін

РОЗДІЛ 1 Основи геометричної теорії розповсюдження світла в оптичних середовищах, розділених оптичними поверхнями

РОЗДІЛ 2 Закони геометричної оптики

РОЗДІЛ 3 Оптика дійсних, параксіальних та нульових променів

РОЗДІЛ 4 Теорія ідеальної оптичної системи

РОЗДІЛ 5 Оптичні матеріали

РОЗДІЛ 6 Оптичні деталі

РОЗДІЛ 7 Теорія діафрагм оптичної системи

РОЗДІЛ 8 Формування і передача оптичною системою потоків випромінення

РОЗДІЛ 9 Оптичні системи. Око і зір

РОЗДІЛ 10 Телескопічні системи

РОЗДІЛ 11 Оптичні системи лупи і мікроскопа

РОЗДІЛ 12 Проекційні оптичні системи

РОЗДІЛ 13 Оптичні системи фото та кіно об'єктивів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Теорія оптичних систем: [підручник / І.Г. Чиж .] – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 427 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46029>

Допоміжна

1. ДСТУ 2756-94. Геометрична оптика. Терміни, визначення та літерні позначення основних величин.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні форми навчання - лекції, практичні заняття та самостійна робота студентів.

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни

Лекційні заняття:

РОЗДІЛ 1. Основи геометричної теорії розповсюдження світла в оптичних середовищах, розділених оптичними поверхнями

Лекція 1

Тема 1.1. Основні положення і закони геометричної оптики.

Принцип Ферма. Правила знаків за Держстандартом України (ДСТУ 2756-94).

РОЗДІЛ 2. Закони геометричної оптики

Лекція 2

Тема 2.1 Закони заломлення і відбиття. Повне внутрішнє відбиття. Поверхні, що заломлюють та відбивають світло. Заломлення і відбиття світла асферичними поверхнями.

РОЗДІЛ 3. Оптика дійсних, параксіальних та нульових променів

Лекція 3

Тема 3.1 Заломлення променя на сферичній поверхні. Заломлення променя на асферичній поверхні.

Лекція 4

Тема 3.2. Параксіальні промені. Оптика параксіальних променів. Формула відрізків. Інваріант Аббе.

Лекція 5

Тема 3.3 Нульові промені. Гаусова оптика. Формули кутів і висот нульового променя. Розрахунки положення зображень та поперечного збільшення зображень з використанням теорії нульових та параксіальних променів.

Лекція 6

Тема 3.4 Інваріант Лагранжа-Гельмгольца. Лінійне, або поперечне збільшення зображення. Кардинальні елементи оптичних поверхонь та систем поверхонь. Розрахунки кардинальних відрізків оптичної системи за допомогою нульових променів.

Лекція 7

Тема 3.6 Розрахунок ходу променів через ідеальну однокомпонентну і багатоконпонентну системи, що задані кардинальними елементами системи або її компонентів. Оптична сила багатоконпонентної оптичної системи

Лекція 8

Тема 3.7 Графічні методи побудови ходу променів через оптичну систему та її компоненти.

РОЗДІЛ 4 Теорія ідеальної оптичної системи

Лекція 9

Тема 4.1. Визначення ідеальної оптичної системи. Формула Ньютона.

Тема 4.2 Формула Гауса. Кутове збільшення оптичної системи..

Лекція 10

Тема 4.3 Вузлові точки оптичної системи. Поздовжнє збільшення оптичної системи. Зв'язок між поперечним, кутовим та поздовжнім збільшеннями оптичної системи

РОЗДІЛ 5 Оптичні матеріали

Лекція 11

Тема 5.1 Визначення оптичних матеріалів. Сучасні матеріали, що застосовуються для виготовлення оптичних деталей. Оптичне скло. Кварцове скло. Кольорове скло.

Лекція 12

Сітали. Оптична кераміка. Штучні та природні кристали. Органічне скло. Оптичні матеріали з особливими властивостями та застосуванням.

РОЗДІЛ 6 Оптичні деталі

Лекція 13

Тема 6.1 Лінзи. Дзеркала.

Лекція 14

Тема 6.2 . Плоскопаралельні пластини. Призми.

Лекція 15

Тема 6.3 Світловоди. Волоконні оптичні елементи: джгути, шайби, фокуси, сельфоки.

РОЗДІЛ 7 Теорія діафрагм оптичної системи

Лекція 16

Тема 7.1 Обмеження пучків світла в оптичних системах. Визначення діафрагм. Роль діафрагм. Типи діафрагм. Апертурна діафрагма та її властивості. Правило виявлення апертурної діафрагми. Вхідна та вихідна зіниця. Вхідний та вихідний апертурний кут.

Лекція 17

Тема 7.2 Польова діафрагма та її властивості. Правило виявлення польової діафрагми. Віньетна діафрагма, її властивості, правило виявлення віньетних діафрагм в оптичній системі.

Лекція 18

Тема 7.3 Поле зору оптичної системи при його обмеженні польовою або віньетними діафрагмами.

РОЗДІЛ 8 Формування і передача оптичною системою потоків випромінювання

Лекція 19

Тема 8.1 Оптичне випромінювання та його параметри. Потік випромінювання, одиниці потоку випромінювання і світлового потоку. Спектральна щільність світлового потоку. Спектральна чутливість ока. Зв'язок між фотометричною і енергетичною одиницями світлового потоку.

Лекція 20

Тема 8.2 Точкове джерело. Сила світла, одиниця сили світла. Освітленість поверхні. Основний закон фотометрії. Світимість та яскравість поверхні.

Лекція 21

Тема 8.3 Протяжне джерело Світимість та яскравість поверхні. Ламбертів випромінювач. Формула Ламберта. Світлові трубки. Яскравість в перетинах світлової трубки при заломленнях світлової трубки на оптичній поверхні та в системі оптичних поверхонь.

Тема 8.4 Коефіцієнт світлопропускання оптичних систем. Розрахунки світлових потоків на вході та на виході оптичних систем від точкових та протяжних випромінювачів.

РОЗДІЛ 9 Оптичні системи. Око і зір

Лекція 22

Типи оптичних систем. Око людини. Будова ока і головні функції зорової системи людини. Оптична система ока. Акомодация. Адаптація. Роздільна здатність зорової системи людини, гострота зору. Недоліки оптичної системи ока та їх корекція.

РОЗДІЛ 10 Телескопічні системи

Лекція 23

Визначення телескопічної системи (ТС). Телескопічні системи Кеплера і Галілея. Основні параметри ТС. Кутове і видиме збільшення ТС. Кут поля зору ТС. Розмір і положення зіниць ТС.

Лекція 24

Роздільна здатність ТС дифракційна та візуальна. Корисне збільшення ТС. Світлосила ТС. Об'єктиви і окуляри ТС. Габаритний розрахунок телескопічних систем.

РОЗДІЛ 11 Оптичні системи лупи і мікроскопа

Лекція 25

Лупа і її параметри: видиме збільшення, лінійне поле зору, глибина простору, що зображується.

Оптична система мікроскопу та її параметри: видиме збільшення, лінійне поле зору, діаметр і віддалення вихідної зіниці. Роздільна здатність оптичної системи мікроскопу, корисне збільшення. Глибина простору, що зображується оптичною системою мікроскопа – акомодативна, геометрична, та дифракційна складові. Об'єктиви, окуляри, тубус мікроскопу.

РОЗДІЛ 12 оптичні Проекційні системи

Лекція 26

Призначення проєкційних систем. Оптичні системи діапроекторів та епіпроекторів. Освітлювальні системи проєкційних систем з проєкцією випромінювального тіла в кадрове вікно або у вхідну зіницю проєкційного об'єктиву. Основні функціональні параметри проєкційних систем – проєкційна відстань, лінійне збільшення, освітленість екрану.

РОЗДІЛ 13 Оптичні системи фото та кіно об'єктивів

Лекція 27 Призначення об'єктивів. Основні функціональні параметри і характеристики об'єктивів. Оптичні системи об'єктивів.

Практичні заняття.

Мета і завдання практикуму полягають у надбанні студентами уміння та навичок, потрібних для аналізу оптичних систем, а саме:

- застосовувати правила знаків і стандартні позначення, регламентовані ДСТУ 2756-94;
- розраховувати за допомогою нульових променів параксіальні параметри оптичних систем;
- використовувати теорію ідеальної оптичної системи при аналізі дії реальних оптичних систем;
- розпізнавати роль і оцінювати результат дії кожного типу діафрагм в оптичній системі,

- виконувати елементарні світлотехнічні розрахунки та розрахунки світлових потоків, що надходять в оптичну систему, з оцінкою рівня опромінення площини зображень;
- розраховувати функціональні параметри телескопічних систем, мікроскопів.

П 1 Правила знаків за Держстандартом України.

П 2 Заломлення та відбиття світла на сферичній поверхні.

П 3 Нульові промені при розрахунках параксіальних параметрів оптичної системи.

П 4 Ідеальна оптична система. Формули Ньютона та Гауса при розрахунках положення та поперечного, кутового та поздовжнього збільшень зображення.

П 5 Побудова ходу променів через ідеальну оптичну систему.

П 6 Діафрагми ОС.

П 7 Світлотехнічні розрахунки. Світлові потоки та освітленість від точкових та протяжних джерел світла.

П 8 Енергетичні розрахунки оптичних систем. Розрахунки світлового потоку, що надходять в оптичну систему.

П 9 Телескопічна система Розрахунки параметрів телескопічної системи.

Модульна контрольна робота

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання передбачають розв'язання практичних завдань для закріплення теоретичного матеріалу дисципліни. Модульна контрольна робота полягає у розв'язанні комплексного завдання, що потребує володіння матеріалом з розділів 3,4,7,8.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами.

На самостійну роботу студентів виділяється 48 годин, з яких 6 годин - на підготовку до заліку і 42 години - на опрацювання матеріалів лекцій, комп'ютерних практикумів та навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:** Zoom (посилання на конференцію)
- <https://us04web.zoom.us/j/4779159933?pwd=ZHftRUdlMGJHYVdnam1mZTduR2wzUT09>

правила поведінки на заняттях:

- забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни;
- дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
- забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролі результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- **політика дедлайнів та перескладань:**
 - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин;
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа;
 - при округленні до цілого числа всі цифри, що йдуть за наступним розрядом замінюються нулями;
 - якщо цифра розряду, що залишився, 5 або більша, то ціле число збільшується на одиницю, а розряд прирівнюється до нуля;
 - якщо цифра розряду, що залишився, менша за 5, то ціле число не змінюється, а розряд прирівнюється до нуля.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
 - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролі результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
 - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
 - негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення або оцінювання контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто комісією.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	Самостійне виконання індивідуальних завдань за темами практичних занять (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	10	8	80
2	Виконання модульної контрольної роботи (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	1	20	20
Усього:				100

Шкала оцінювання індивідуальних завдань:

- повністю вірно виконання завдання - 8 балів;
- вірно виконання завдання з незначними неточностями – 6-7 балів;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки - 5 балів;
- завдання не виконано, або вірно виконано менше 60% завдання - 0 балів.

Шкала оцінювання модульної контрольної роботи:

- повністю вірно виконання завдання – 19-20 балів;
- вірно виконання завдання з незначними неточностями – 15-18 балів;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки – 10-14 балів;
- завдання не виконано - 0 балів.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме на менш ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 20 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш 30 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 45 балів).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: оцінка з модульної контрольної роботи не менше 10 балів, виконання та захист усіх індивідуальних завдань.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне (задачу). Перелік питань та теми задач доводяться до відома студентів в кінці семестру. Кожне теоретичне питання оцінюється максимально у 12 балів, а розв'язання задачі – максимально у 16 балів:»

Оцінки теоретичних питань

«відмінно» повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) за кожне теоретичне питання –12 балів

«добре», наявність у відповіді на теоретичне питання не менше (80-75)% потрібної інформації – 10 -9 балів

«задовільно», неповна відповідь (60 – 50)% потрібної інформації за кожне теоретичне питання – (7-6) балів

«незадовільно», неправильна або відсутня відповідь хоч на одне теоретичне питання

Оцінки розв'язку задачі

«відмінно» за правильне розв'язання задачі –16 балів

«добре» при правильній методиці, але при незначних (до 5%) похибках результату розрахунку по завданню задачі – 15 балів ;

«задовільно» при суттєвих помилках отримання результату розрахунку, але при правильній по завданню методиці розрахунку задачі – 10-8 балів;

«незадовільно» при неправильній по завданню методиці розрахунку задачі – 0 балів

Сумарний максимальний рейтинговий бал 100.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав професор, д.т.н., професор Чиж Ігор Генріхович.

Ухвалено кафедрою КІОНС (протокол № 12 від 31.05.2023)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 7/23 від 22.06 2023 р.)