

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан приладобудівного факультету
(посада)

Г.С. Тимчик
(підпис) (ініціали, прізвище)

“_____” _____ 2011 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

“Теорія оптичних систем ”

(назва дисципліни)

для напрямку підготовки 6.051004 „ОПТОТЕХНІКА”
спеціальностей 6.05100403 “Фотоніка та оптоінформатика”
та 6.05100405 “Оптико-електронне приладобудування”
(шифри та назви напрямів, спеціальностей)

Ухвалено методичною
комісією факультету:
Приладобудівний, НТУУ „КПІ”

Протокол № _____ від _____

Голова методичної комісії

(підпис) (ініціали, прізвище)

Програму рекомендовано кафедрою
Оптичних та оптико-електронних
приладів

Протокол № 16 від 18.05.2011
(протокол №) (дата)

Завідувач кафедри

В.Г. Колобродов
(підпис) (ініціали, прізвище)

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Теорія оптичних систем є дисципліною, яка утворює фундамент професійної та практичної підготовки студентів зазначеного напрямку. Вона базується на дисциплінах природничо-наукової підготовки – „Вища математика”, „Фізика”, розділі фізики – оптика.

Дисципліна є базовою для вивчення майже всіх інших дисциплін професійної та практичної підготовки передбачених навчальним планом напрямку підготовки „Оптехніка”, насамперед дисциплін „Конструювання оптичних приладів”, „Оптичні прилади”, „Складання та юстирування оптичних приладів”, „Оптичні вимірювання”, „Проектування оптичних систем”, „Проектування оптико-електронних систем”.

Мета

Розкриття основ та елементів сучасної теорії геометричної оптики та теорії оптичних систем, потрібних для розуміння принципів дії оптичних систем оптичних приладів та їх функціональних елементів, а також для виконання елементів аналізу та синтезу оптичних систем при їх проектуванні.

Завдання

Вивчення 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, основ теорії аберацій оптичних систем, устрою та основних функцій ока, теорії телескопічних систем, мікроскопів, проєкційних оптичних систем та інших спеціальних оптичних систем. Придбання вмій і навичок, необхідних для виконання габаритних, енергетичних та абераційних розрахунків типових оптичних систем.

Форма навчання	Семестр	Всього кредит./годин	Розподіл навчального часу за видами занять					Семестрова атестація	
			Лекції	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум		СРС
Денна	4,5,6	13.0/468	136	45	–	9	–	288	екз.

II. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Вступ

Предмет дисципліни, її місце та роль. Методичні вказівки до вивчення курсу. Короткий історичний нарис становлення та розвитку геометричної прикладної оптики, роль і місце в цьому вітчизняної науки.

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

Тема 1.1. Основні положення і закони геометричної оптики.

Принцип Ферма. Правила знаків за Держстандартом України (ДСТУ 2756-94). Закони заломлення і відбиття. Повне внутрішнє відбиття. Поверхні, що заломлюють та відбивають світло. Заломлення і відбиття світла асферичними поверхнями.

Тема 1.2. Оптика параксіальних і нульових променів

Параксіальні промені. Інваріант параксіальних променів. Інваріант Лагранжа-Гельмгольца. Лінійне, або поперечне збільшення зображення. Нульові промені. Розрахунок кутів та висот нульових променів за конструктивними параметрами оптичної системи. Розрахунки положення зображень та поперечного збільшення зображень з використанням теорії нульових та параксіальних променів. Кардинальні елементи оптичних поверхонь та систем поверхонь. Розрахунки кардинальних відрізків оптичної системи за допомогою нульових променів.

Тема 1.3. Ідеальна оптична система

Поняття про ідеальну оптичну систему та її властивості. Формули Ньютона і Гауса. Кутове збільшення оптичної системи. Вузлові точки оптичної системи. Поздовжнє збільшення оптичної системи. Розрахунок ходу променів через ідеальну однокомпонентну і багатокомпонентну системи, що задані кардинальними елементами системи або її компонентів. Методи графічної побудови ходу променів через ідеальну оптичну систему.

Розділ 2. Матеріали і деталі оптичних систем

Тема 2.1. Оптичні матеріали

Визначення оптичних матеріалів. Сучасні матеріали, що застосовуються для виготовлення оптичних деталей. Оптичне скло. Кварцове скло. Кольорове скло. Сітали. Оптична кераміка. Штучні та природні кристали. Органічне скло. Оптичні матеріали с особливими властивостями та застосуванням.

Тема 2.2. Оптичні деталі

Лінзи. Плоскопаралельні пластини. Призми. Дзеркала. Світловоди. Волоконні оптичні елементи: джгути, шайби, фокони, сельфоки.

Розділ 3. Оптична система як технічний засіб передачі світлових потоків і формувач освітленості в зоні площин зображень

Тема 3.1. Обмеження пучків світла в оптичних системах – теорія діафрагм

Діафрагми: апертурна, польова, він'єтувальна. Вхідна і вихідна зіниці. Лінійне і кутове поле зору оптичної системи. Він'єтування нахилених пучків. Вхідні і вихідні вікна. Діючий отвір вхідної зіниці. Коефіцієнти він'єтування нахилених до осі пучків променів. Поле зору оптичної системи у разі відсутності польової діафрагми.

Тема 3.2. Передача світлових потоків, освітленість в площині зображень

Оптичне випромінювання. Потік випромінювання, одиниці потоку випромінювання і світлового потоку. Спектральна щільність світлового потоку. Спектральна чутливість ока. Зв'язок між фотометричною і енергетичною одиницями світлового потоку. Сила світла, одиниця сили світла. Освітленість поверхні. Основний закон фотометрії. Світлість та яскравість поверхні. Формула Ламберта. Ламбертовий випромінювач. Світлові трубки. Яскравість в перетинах світлової трубки при заломленнях світлової трубки на оптичній поверхні та в системі оптичних поверхонь, інваріант Штраубеля. Коефіцієнт світлопропускання оптичних систем. Розрахунки світлових потоків на вході та на виході оптичних систем від точкових та габаритних випромінювачів. Освітленість на осі і на периферії площини зображень.

Розділ 4. Око і зір

Тема 4.1. Будова ока і головні функції зорової системи людини.

Оптична система ока. Функції зорової системи. Акомодація. Адаптація. Роздільна здатність зорової системи людини, гострота зору.

Тема 4.2. Недоліки оптичної системи ока та їх корекція.

Первинні аберації ока – аметропія, первинний астигматизм. Аберації ока вищих степеневих порядків. Сучасні методи корекції аберацій оптичної системи ока.

Розділ 5. Оптичні системи

Тема 5.1. Телескопічні оптичні системи

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. Роздільна здатність ТС дифракційна та візуальна. Корисне збільшення ТС. Світлосила ТС. Об'єктиви і окуляри ТС.

Тема 5.2. Оптичні системи луп і мікроскопів

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

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.

Тема 5.3. Проекційні оптичні системи

Призначення проекційних систем. Оптичні системи діапроекторів та епіпроекторів. Освітлювальні системи проекційних систем з проекцією випромінювального тіла в кадрове вікно або у вхідну зіницю проекційного об'єктиву. Основні функціональні параметри проекційних систем – проекційна відстань, лінійне збільшення, величина освітленості екрану.

Розділ 6. Абератії оптичних систем

Тема 6.1. Монохроматичні абератії

Загальні поняття про абератії оптичних систем та джерела їх походження. Монохроматичні абератії першого та третього степеневого порядку центрованих оптичних систем. Суми Зейделя в представленні Ланге, умови нормування допоміжних променів.

Сферична абератія, умови виправлення сферичної абератії в оптичній системі. Сферична абератія тонкої лінзи та сферичного дзеркала.

Кома, умова виправлення коми в оптичній системі. Кома тонкої лінзи та сферичного дзеркала.

Астигматизм, умова виправлення астигматизму в оптичній системі. Астигматизм тонкої лінзи та дзеркала.

Кривизна поля – площини зображення, радіус Пецваля, умови виправлення кривизни поля в оптичній системі. Кривизна поля лінзи.

Дисторсія, умова виправлення дисторсій в оптичній системі.

Тема 6. 2 Хроматичні абератії

Загальні відомості про хроматичні абератії. Визначення хроматизму положення, хроматизму збільшення. Хроматизм положення першого степеневого порядку оптичної системи, тонкої лінзи. Хроматизм положення першого степеневого порядку оптичної системи двох тонких лінз, умова виправлення хроматизму положення в двохлінзовій системі. Хроматизм положення лінзи з кінцевою осьюовою товщиною, ахроматичний меніск. Хроматизм збільшення першого степеневого порядку оптичної системи, тонкої лінзи та системи тонких лінз. Умови виправлення хроматизму збільшення тонкої лінзи і системи лінз.

Сферохроматична аберація.

III. ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Теми практичних занять
Основні положення і закони геометричної оптики, правила знаків
Розрахунок ходу дійсних променів через оптичну систему
Розрахунок ходу через оптичну систему параксимальних та нульових променів
Розрахунок кардинальних параметрів оптичної системи
Побудова ходу променів через ідеальну оптичну систему
Розрахунки параметрів деталей оптичних систем
Пошук апертурної, польової та він'єтувальних діафрагм оптичної системи, розрахунки зіниць та розмірів поля зору
Енергетичні розрахунки оптичних систем
Розрахунки телескопічних систем
Розрахунки луп і мікроскопів
Розрахунки проєкційних систем
Розрахунки монохроматичних аберацій оптичних систем
Розрахунки хроматичних аберацій оптичних систем

Основні цілі проведення практичних занять – закріплення знань теоретичного матеріалу шляхом придбання потрібних при проектуванні оптичних систем вмінь та навичок виконання типових габаритних і енергетичних розрахунків оптичних систем та розрахунків, пов'язаних з абераційним аналізом оптичних систем.

IV. ПРИБЛИЗНИЙ ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Основні цілі проведення лабораторних робіт – закріплення знань теоретичного матеріалу і уявлень про закономірності та особливості розповсюдження світла в оптичних системах методом спостереження фізичних явищ та експериментального визначення параметрів, що вивчаються в теорії діафрагм, теорії аберацій оптичних систем та в теорії типових оптичних систем, придбання навичок та вмінь експериментального визначення головних функціональних параметрів типових оптичних систем в умовах оптичної лабораторії.

Теми лабораторних робіт
Обмеження пучків променів у оптичній системі
Сферична аберация лінзи, об'єктиву
Хроматизм положення у зображенні точки
Астигматизм лінзи, об'єктиву
Кривизна поля лінзи
Телескопічна система
Мікроскоп

V. ІНДИВІДУАЛЬНІ СЕМЕСТРОВІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальна самостійна робота складається з виконання розрахункових робіт, що складаються з варіантних задач, які самостійно виконуються студентами після кожного практичного заняття. Завершальною індивідуальною роботою є виконання курсового проекту

Цілі курсового проекту – систематизація знань, умінь і практичних навичок, здобутих на лекціях, практичних заняттях і лабораторних роботах при вивченні окремих розділів і тем, шляхом виконання типових розрахунків оптичних систем конкретних оптичних приладів, які здійснюють на етапі ескізного проектування цих систем.

Задачі курсового проекту:

1. Габаритний або габаритно-енергетичний розрахунок оптичної системи на рівні зовнішніх параметрів її компонентів.
2. Обґрунтований вибір типу компонентів, перерахунки конструктивних параметрів компонентів з метою їх масштабування.
3. Компонування оптичної системи.
4. Розрахунки залишкових абераций компонентів.
5. Аналіз величин залишкових абераций оптичної системи.
6. Складання оптичної схеми і оптичного випуску до розробленої в проекті оптичної системи.

Приблизна тематика курсових проектів
Оптична система монокулярів с призм енними обертаючими системами, в яких використовуються одна з призм: Шмідта, АкР-90, Аббе, Лемана, Поро-1 роду, Поро -2 роду, Пехана та інші.
Оптична система зорової труби з лінзовою обертаючою системою
Оптична система театрального бінокля
Оптична система дзеркального шкільного телескопа
Оптична система мікроскопа
Оптична система діапроектора

VI. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Модульні контрольні роботи (МКР) проводяться після завершення вивчення блоку розділів і тем, пов'язаних між собою єдиними методологічними та теоретичними засадами. Цілями проведення МКР є проміжний контроль знань, вмінь та навичок, які надаються при вивченні блоку розділів, а також для перевірки готовності студентів до вивчення блоку наступних розділів і тем кредитного модуля.

Всього МКР – дві.

Теми МКР:

МКР 1(частина 1) Основи геометричної теорії розповсюдження світла в оптичних середовищах, розділених оптичними поверхнями.

МКР 1(частина 2). Оптична система як технічний засіб передачі світлових потоків і формувач освітленості в зоні площин зображень.

МКР 1(частина 3). Оптичні системи.

МКР 2. Аберації оптичних систем.

VII. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література:

1. Бегунов Б. Н., Заказнов П. П., Кирюшин С. И., Кузичев В. И. Теория оптических систем. М.: Машиностроение, 1981.
2. Турыгин И. А. Прикладная оптика. М.: Машиностроение, 1965 (ч. 1).
3. Турыгин И. А. Прикладная оптика. М.: Машиностроение, 1966 (ч. 2).

Додаткова література:

4. Слюсарев Г. Г. Методы расчета оптических систем. Л.: Машиностроение, 1969.
5. Слюсарев Г. Г. Расчет оптических систем. Л.: Машиностроение, 1975.
6. Чуриловский В. Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. Л.: Машиностроение, 1968.
7. Гуриков В. А. Становление прикладной оптики XV–XIX вв. М.: Наука, 1983.
8. Вейнберг В. В., Сайтаров Д. К. Оптика световодов. Л.: Машиностроение, 1977.
9. Волоконно-оптические линии связи. Справочник. Киев: Техника, 1988.
10. Валюс Н. А. Растровые оптические приборы. М.: Машиностроение, 1966.

11. Родионов С. А. Автоматизация проектирования оптических систем. Л.: Машиностроение, 1982.
12. Михельсон Н. Н. Оптические телескопы. М.: Наука, 1975.
13. Маскутов Д. Д. Астрономическая оптика. М.: Наука, 1979.
14. Панов В. А., Андреев Л. Н. Оптика микроскопов. Л.: Машиностроение, 1976.
15. Михель К. Основы теории микроскопа. ГИТТЛ, 1955.
16. Скворцов Г. Е. и др. Микроскопы. Л.: Машиностроение, 1969.
17. Волосов Д. С., Цивкин М. В. Теория и расчет светооптических систем проекционных приборов. М.: Искусство, 1960.
18. Карячкин Н. А. Световые приборы. М.: Высшая школа, 1975.
19. Кулагин С. В., Апарин Е. М. Проектирование фото- и киноприборов. М.: Машиностроение, 1986.
20. Петров В. В. Качество кинопроекции. М.: Искусство, 1982.
21. Бегунов Б. Н. Трансформирование оптических изображений. М.: Искусство, 1965.
22. Волосов Д. С. Фотографическая оптика. М.: Искусство, 1978.

Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Теорія оптичних систем”:

23. Колобродов В. Г., Чиж И. Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу ТОС, разделы “Идеальная оптическая система”. Киев: КПИ, 1985.
24. Колобродов В. Г., Чиж И. Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу ТОС, разделы “Ограничения пучков, энергетика оптических систем, теория аберраций”. Киев: КПИ, 1986.
25. Колобродов В. Г., Чиж И. Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу ТОС, разделы “Оптические системы”. Киев: КПИ, 1989.

Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу “Теорія оптичних систем”:

26. Мареш Р. М., Чиж И. Г. Методические указания к лабораторным работам по курсу ТОС, раздел “Идеальная оптическая система”. Киев: КПИ, 1983.

27. Мареш Р. М., Чиж И. Г. Методические указания к лабораторным работам по курсу ТОС, раздел “Идеальная оптическая система, ограничения пучков”. Киев: КПИ, 1984.
28. Колобродов В. Г., Чиж И. Г. Методические указания к лабораторным работам по курсу ТОС, раздел “Аберрации оптических систем”. Киев: КПИ, 1986.
29. Колобродов В. Г., Чиж И. Г. Методические указания к лабораторным работам по курсу ТОС, раздел “Оптические системы”. Киев: КПИ, 1988.
30. Мареш Р. М., Кукарека Б. П. Методические указания к лабораторным работам по курсу ТОС, раздел “Идеальная оптическая система”. Киев: КПИ, 1987.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту:

31. Чиж И. Г. Расчет призмных монокуляров. Методические указания к выполнению курсовых проектов по курсу ТОС. Киев: КПИ, 1991.
32. Чиж И. Г., Ключко В. В. Каталог окуляров для зрительных труб монокуляров, бинокляров. Киев: КПИ, 1992.
33. Мареш Р. М. Методические указания к курсовой работе “Габаритный расчет телескопической системы”. Киев: КПИ, 1992.
34. Чиж И. Г. Методические указания к оформлению рабочих чертежей линз и зеркал. Киев: КПИ, 1988.
35. Андреева В. Д., Чиж И. Г. Методические указания к курсовому проекту по курсу ТОС, раздел “Аберрационный расчет ОС”. Киев: КПИ, 1989.

Стандарти:

36. ДСТУ 2756-94 Геометрична оптика. Терміни, визначення та літерні позначення основних величин.
37. ГОСТ 1807-75. Радиусы сферических поверхностей оптических деталей.
38. ГОСТ 3514-76 Стекло оптическое бесцветное.
39. ГОСТ 23136-78. Материалы оптические.
40. ГОСТ 13659-78. Стекло оптическое бесцветное. Физико-химические характеристики и параметры.
41. ГОСТ 15130-79 Стекло кварцевое, оптическое.

Навчальна програма складена на основі освітньо-професійної програми СВО
напряму 6.051004 „ОПТОТЕХНІКА”

Розробник програми

Д.т.н, проф., професор кафедри оптичних та оптично-електронних
приладів

_____ / Чиж І. Г./