



# СУЧАСНІ ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

## Силабус

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні</i>
Статус дисципліни	<i>За вибором студента</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен (усний) / МКР, поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Муравйов Олександр Володимирович, <a href="mailto:stals98@ukr.net">stals98@ukr.net</a> Практичні / Лабораторні: к.т.н., доцент Муравйов Олександр Володимирович</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5187">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5187</a> доступ надається лектором</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

**Навчальна дисципліна** «Сучасні оптичні технології та системи» присвячена вивченню фундаментальних основ хвильової оптики та їх застосуванню при проектуванні приладів та систем, що містять оптичні компоненти та вузли, та їх автоматизації.

Знання, які отримують студенти при вивченні дисципліни, можуть використовуватися у подальшому при розрахунках та проектуванні оптичних приладів та багатоканальних систем, а також під час експлуатації та автоматизації вказаних систем.

**Предмет навчальної дисципліни:** теоретичні основи хвильової оптики.

**Метою дисципліни** «Сучасні оптичні технології та системи» є формування у студентів компетентностей:

- ЗК1. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- СК7. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

- СК9. Здатність використовувати поглиблені знання спеціального математичного інструментарію для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації, та процесів, що в них протікають.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- РН03. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.
- РН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційнотехнічними об'єктами.
- РН13. Використовувати спеціальний математичний інструментарій для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації, та процесів, що в них протікають.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Навчальна дисципліна «Сучасні оптичні технології та системи»: 1) базується на знаннях, здобутих студентами при вивченні таких дисциплін: фізика та автоматизація проєктування елементів оптичних приладів; 2) дисципліною забезпечується виконання та захист магістерської дисертації.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Сучасні оптичні технології та системи» складається з 4-х розділів.

Перелік розділів і тем курсу «Сучасні оптичні технології та системи»:

Розділ 1. Вступ. Інтерференція світла.
Тема 1.1. Математична суть інтерференції світла.
Тема 1.2. Методи отримання когерентних пучків в оптиці.
Тема 1.3. Інтерферометри та їх застосування в неруйнівному контролі.
Розділ 2. Дифракція світла
Тема 2.1. Загальні положення теорії дифракції.
Тема 2.2. Зонна теорія Френеля.
Тема 2.3. Дифракція Фраунгофера.
Тема 2.4. Дифракційні ґратки та спектральний аналіз випромінювання.
Розділ 3. Поляризація світла
Тема 3.1. Загальні положення теорії поляризації світла.
Тема 3.2. Подвійне променезаломлення.
Тема 3.3. Поляризатори. Явище дихроїзму.
Тема 3.4. Штучна анізотропія.
Розділ 4. Волоконно-оптичні прилади
Тема 4.1. Волоконні світловоди та їх застосування.
Тема 4.2. Типи оптичних волокон.

Тема 4.3. Волоконно-оптичні інтерферометричні вимірювання.
Тема 4.4. Волоконно-оптичні датчики.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова

1. Edward Friedman Photonics rules of thumb: optics, electro-optics, fiber optics, and lasers / Edward Friedman, John Lester Miller. – SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2020. – 732 p.
2. Russell A. Polarized light and optical systems / Russell A., Chipman, Wai-Sze Tiffany Lam, Garam Young. – CRC Press, 2019. – 982 p.
3. Муравйов, О. В. Сучасні оптичні технології та системи. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О. В. Муравйов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.73 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 56 с.

##### Допоміжна

4. Хвильова оптика. Частина 1. Електромагнітна теорія світла та інтерференція [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані системи та технології», спеціалізації «Комп'ютерно інтегровані оптико-електронні системи і технології» та спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» спеціалізації «Фотоніка та оптоінформатика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; В. Г. Колобродов. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,33 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 210 с.
5. Хвильова оптика. Частина 2. Дифракція і поляризація світла [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані системи» спеціалізації «Комп'ютерно інтегровані оптико-електронні системи та технології» та спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» спеціалізації «Фотоніка та оптоінформатика» / В. Г. Колобродов ; КПІ ім. І. Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,22 Мбайт). – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2018. – 230 с.
6. Tarun Kumar Gangopadhyay Photonics and Fiber Optics: Foundations and Applications / Tarun Kumar Gangopadhyay, Pathik Kumbhakar, Mrinal Kanti Mandal. – CRC Press, 2020. – 321 p.
7. Chunlei Guo Handbook of Laser Technology and Applications: Laser Applications: Material Processing and Spectroscopy / Chunlei Guo, Subhash Chandra Singh. – CRC Press, 2021. – 359 p.
8. Soifer V. Diffractive Optics and Nanophotonics. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018. – 328 p.
9. Hariharan P. Basics of interferometry. – Elsevier Academic Press, 2007. – 249 p.

**5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Основні форми навчання – лекції, практичні заняття, лабораторні роботи та самостійна робота студентів.

Лекційний курс розрахований на вивчення фізичних основ хвильової оптики та їх застосуванню при проєктуванні приладів та систем, що містять оптичні компоненти та вузли, та їх автоматизації.

<i>Тиждень</i>	<i>Зміст навчальної роботи</i>	<i>Рекомендований час СРС</i>
1	Лекція 1. Вступ. Застосування систем оптичного неруйнівного контролю [1, 3, 4]. Практичне заняття 1. Дослід Юнга.	2
2	Лекція 2. Математична суть інтерференції світла [1, 3, 4, 8]. Лабораторна робота 1. СРС. 1. Довжина когерентності джерела світла.	2
3	Лекція 3. Методи отримання когерентних пучків в оптиці [1, 3, 4]. Практичне заняття 2. Інтерференція у тонких плівках.	3
4	Лекція 4. Інтерферометри та їх застосування в неруйнівному контролі [1, 4, 8]. Лабораторна робота 2. СРС. 2. Чвертьхвильова пластина та її застосування	3
5	Лекція 5. Загальні положення теорії дифракції [1, 3, 4]. Практичне заняття 3. Біпризма Френеля.	2
6	Лекція 6. Зонна теорія Френеля [2, 4]. Лабораторна робота 3. Контрольна робота 1	3
7	Лекція 7. Дифракція Фраунгофера [2, 4, 7]. Практичне заняття 4. Застосування теорії зон Френеля.	2
8	Лекція 8. Дифракційні ґратки та спектральний аналіз випромінювання [2, 4]. Лабораторна робота 4. СРС. 3. Аналіз спектрів поглинання та випромінювання.	4
9	Лекція 9. Загальні положення теорії поляризації світла [1, 2]. Практичне заняття 5. Інтерференція світла на щілині. СРС. 4. Умови виконання візуального контролю.	3
10	Лекція 10. Подвійне променезаломлення [1, 2, 5]. Лабораторна робота 5. СРС. 5. Природні матеріали з подвійним променезаломленням.	3
11	Лекція 11. Поляризатори. Явище дихроїзму [1, 2, 5]. Практичне заняття 6. Дифракційні ґратки. СРС. 6. Сфери застосування явища дихроїзму в техніці.	3
12	Лекція 12. Штучна анізотропія [1, 2]. Лабораторна робота 6.	2
13	Лекція 13. Волоконні світловоди та їх застосування [1, 5]. Практичне заняття 7. Частково-поляризоване світло.	2

14	Лекція 14. Типи оптичних волокон [1, 3]. Лабораторна робота 7. СРС. 7. Розміри багато та одномодових волокон.	2
15	Лекція 15. Волоконно-оптичні інтерферометричні виміри [1, 4]. Практичне заняття 8. Оптична активність. Контрольна робота 2.	4
16	Лекція 16. Волоконно-оптичні датчики [1, 3]. Лабораторна робота 8. Колоквіум. СРС. 8. Застосування волоконно-оптичних датчиків.	3
17	Лекція 17. Схеми інтерферометрів з оптичними світловодами та їх застосування у неруйнівному контролі [1, 3, 4]. Практичне заняття 9. Розрахунок систем с волоконно-оптичними датчиками. СРС. 9. Способи виготовлення волоконно-оптичних розгалужувачів.	3
18	Лекція 18. Волоконна брегівська решітка [1, 3, 6]. СРС. 10. Застосування ВБР в системах неруйнівного контролю.	2

**Мета проведення лабораторних занять** - закріплення на практиці знань, одержаних студентами на лекційних та практичних заняттях з курсу; прищеплення навиків самостійної дослідної та експериментальної роботи, а також ознайомлення з реальними перетворювачами та приладами, які використовуються для оптичного контролю.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Робота 1. Оптичні виміри за допомогою гоніометра Г-5. Література [1, 3].	2
2	Робота 2. Дослідження інтерференції світла. Інтерферометр Майкельсона. Література [1, 3, 4].	4
3	Робота 3. Дослідження інтенсивності світла, що пройшло через два поляризатори. Література [1, 3, 5].	4
4	Робота 4. Вимір фокальних відрізків лінз. Побудова телескопічної системи Кеплера. Література [1-3].	2
5	Робота 5. Обертання площини поляризації оптично активною речовиною. Література [1, 5].	4

**Мета проведення практичних занять** – розвиток у студентів самостійності у застосуванні одержаних теоретичних знань на практиці.

На практичних заняттях розглядаються питання розрахунку та моделювання оптичних приладів у задачах оптичного контролю та розрахунку елементів оптичних систем. Мета цих занять – розвиток у студентів самостійності у застосуванні теоретичних знань на практиці.

## Перелік тем практичних занять

Розділ 1.	1. Дослід Юнга [1, 3]. 2. Інтерференція у тонких плівках [1, 3]. 3. Біпризма Френеля [1, 3].
Розділ 2.	1. Застосування теорії зон Френеля [1, 3]. 2. Інтерференція світла на щілині [1, 3]. 3. Дифракційні ґратки [1, 3].
Розділ 3.	1. Частково-поляризоване світло [1, 3]. 2. Оптична активність [1, 3].
Розділ 4.	1. Розрахунок систем с волоконно-оптичними світловодами [1].

### 6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 78 годин самостійної роботи студентів, з яких 30 годин - на підготовку до екзамену і 48 годин на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, самостійний розв'язок додаткових задач, оформлення результатів виконання лабораторних робіт та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу та на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає:

- закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни;
- здобуття навичок самостійного вивчення матеріалу.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні вимоги для вивчення дисципліни та успішного проходження семестрового контролю:

- **правила відвідування занять:**
  - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
  - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції на платформі Zoom (або будь якій іншій за вимогою студентів), посилання надається старостам груп на початку семестру.
- **правила поведінки на заняттях:**
  - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни;
  - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
  - поточні запитання за темою заняття необхідно прописувати в чаті конференції, щоб запобігти перериванню викладення матеріалу на середині. У перерві між темами (підтемами) ці питання будуть розглянуті.
- **правила захисту практичних завдань та лабораторних робіт:**
  - захист практичних (лабораторних) робіт проходить під час проведення практичного (лабораторного) заняття, а у випадку дистанційного навчання – за вибором студентів або у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom (кожен отримує індивідуальні запитання для усної відповіді) або шляхом заповнення тесту через GoogleForm;

- у окремих випадках допускається можливість захисту не за розкладом та за домовленістю зі студентами.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - докладна інформація про штрафні та заохочувальні бали наведена у п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
  - 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 контролю 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 відсутності на занятті;
  - захист практичних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у межах трьох занять після проведення практичної роботи;
  - перескладань для підвищення балів не передбачено.
- **політика округлення рейтингових балів:**
  - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа за правилами округлення.
- **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 контролю 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**

У випадку незгоди із результатами контрольних заходів студенти можуть виконувати і/або захищати їх у присутності комісії, яка формується із викладачів кафедри АСНК.

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

**Рейтинг студента** з дисципліни розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала.

Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) виконання та захист лабораторних робіт (20 балів);
- 2) виконання контрольних робіт (20 балів);
- 3) виконання модульної контрольної роботи (10 балів);

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
	Кредитів	Годин	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні / семінарські	Самостійна робота	екзамен
2	5	150	36	18	18	78	

### *Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання*

#### **1. Лабораторні роботи**

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює  $5 \times 4 = 20$  балів.

Критерії оцінювання:

- 4 бали – завдання виконано в повному обсязі (не менше 90% потрібної інформації);
- 3 бали – виконана більша частина завдання (не менше 75% потрібної інформації);
- 2 бали – виконані не всі пункти завдання (не менше 60% потрібної інформації);
- 0 балів – пояснення відсутні або невпевнені.

**2. Контрольні роботи** (максимум 10 балів за кожну). Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює  $10 \times 2 = 20$  балів.

Критерії оцінювання контрольних робіт:

- творче розкриття завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- глибоке розкриття завдання (не менше 75% потрібної інформації), незначні неточності або неповні відповіді – 7-8 балів;
- достатнє розкриття завдання (не менше 60% потрібної інформації) або часткова наявність помилкової інформації – 6 балів;
- відповідь не розкриває завдання або містить помилкову інформацію – 0 балів.

У випадку дистанційного навчання можливе проведення контрольних робіт у вигляді тесту через GoogleForm. Типи завдань, що використовуються в тестах: одиночний вибір; множинний вибір; встановлення порядку; співставлення; погодження / спростування; введення чисел з клавіатури; вибір частини зображення; перестановка літер і чисел, розгорнута відповідь.

**3. Модульна контрольна робота** (максимум 10 балів). Проводиться в якості письмової роботи.

Критерії оцінювання:

- творче розкриття завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- глибоке розкриття завдання (не менше 75% потрібної інформації), незначні неточності або неповні відповіді – 7-8 балів;
- достатнє розкриття завдання (не менше 60% потрібної інформації) або часткова наявність помилкової інформації – 6 балів;
- відповідь не розкриває завдання або містить помилкову інформацію – 0 балів.

#### **Штрафні та заохочувальні бали:**

- якщо лабораторна робота захищається невчасно (пізніше встановленого строку) без поважної причини, то нараховується 1 штрафний бал (знімається 1 бал від максимальної оцінки);



- за участь у факультетських олімпіадах з дисципліни, модернізації курсу лабораторних робіт надається від 1 до 5 заохочувальних балів;
  - за активність на лекційних заняттях надається від 1 до 5 заохочувальних балів.
- Сума штрафних балів не може перевищувати -5, сума заохочувальних балів не може перевищувати +5.

### **Умови позитивної проміжної атестації**

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 20 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 10 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

### **Розрахунок шкали (R) рейтингу**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 5 \times 4 + 2 \times 10 + 10 = 50 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова  $R_E$  шкали дорівнює 50% від R, а саме 50 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає

$$R = R_C + R_E = 100 \text{ балів}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних та інших видів робіт, а також стартовий рейтинг не менше 40% від  $R_C$ , тобто 20 балів.

### **Критерії екзаменаційного оцінювання:**

На екзамені студенти дають усну відповідь на питання. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Кожне теоретичне питання оцінюється у 20 балів, а практичне – у 10 балів, тобто сумарна екзаменаційна складова  $R_E$  дорівнює 50 балам.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь, студент демонструє додаткові знання та загальну обізнаність (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, незначні неточності, студент володіє знаннями по даному питанню (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, суттєві неточності, студент володіє тільки частиною знань з даного питання (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12-14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь або взагалі відсутня, рівень знань, продемонстрований студентом, низький – 0 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 9-10 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 7-8 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 6 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R = r_c + r_e$	ECTS-оцінка	Екзаменаційна оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Дуже добре
75-84	C	Добре
65-74	D	Задовільно
60-64	E	Достатньо
Менше 60	Fx	Незадовільно
$r_c < 20$	F	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У рамках опанування дисципліни «Сучасні оптичні технології та системи» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням з викладачем).

### Силабус:

**Складено** к.т.н., доц. Муравйов Олександр Володимирович

**Ухвалено** кафедрою автоматизації та систем неруйнівного контролю (протокол №16 від 30.05.2024 р.).

**Погоджено** Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол №6/24 від 18.06.2024 р.).