



ДЖЕРЕЛА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

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 оптико-електронні системи та технології |
| Статус дисципліни | Вибіркова |
| Форма навчання | Очна (денна) |
| Рік підготовки, семестр | 4 курс, осінній семестр |
| 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 | Лектор: д.т.н, доцент Микитенко Володимир Іванович, v.mykytenko@kpi.ua |
| Розміщення курсу | https://ecampus.kpi.ua https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3201 |

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Джерела оптичного випромінювання» призначена для забезпечення підготовки бакалаврів в галузі проектування активних каналів для автоматичних систем дистанційного моніторингу, систем комп'ютерного зору, інших засобів і технологій автоматизації та робототехніки.

Метою дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

- ЗК 5. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел
- ФК 2. Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях;
а також для формування здатностей:
- Здатність аналізувати фізичну сутність явищ та процесів, що мають місце в оптичних та оптико-електронних приладах в умовах виробництва та експлуатації, здійснювати аналіз параметрів і характеристик оптичних систем та їх елементів, лазерної техніки.
- Здатність аналізувати та узгоджувати параметри і характеристики джерел та приймачів випромінювання.

Основні завдання дисципліни.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ПРН 2. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації;

ПРН 4. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей;

а також:

- Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.
- Знати принципи функціонування джерел та приймачів випромінювання, їх основні особливості, граничні можливості та обмеження.

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях, набутих при вивченні дисциплін «Фізика» та «Електроніка».

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

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Засади радіометрії

Тема 1.1. Оптичне випромінювання. Світловий потік.

Розвиток уявлення про оптичне випромінювання. Історичний огляд розвитку джерел і приймачів випромінювання, оптико-електронних приладів. Денний і нічний зір. Спектральна чутливість людського зору. Оптичне випромінювання, його характеристики. Енергетичний і світловий потік.

Тема 1.2. Поняття, константи, характеристики і розмірності радіометрії. Основні співвідношення радіометрії. Ламбертівський випромінювач.

Поверхнева щільність випромінювання, опроміненість, сила випромінювання, енергетична яскравість, кількість опроміненості. Еталон сили світла.

Розділ 2. Елементи фізичної сутті випромінювання

Тема 2.1. Основні поняття і закони випромінювання. Реакція квантової системи на збудження.

Головні квантові закони. Переходи між енергетичними стаціонарними станами. Дозволені і заборонені переходи. Населення рівнів енергії. Спонтанні і вимушені переходи. Співвідношення між процесами поглинання і випромінювання.

Розділ 3. Теплові джерела випромінювання

Тема 3.1. Природа теплового випромінювання. Абсолютно чорне тіло (АЧТ).

Історична довідка. Особливості теплового випромінювання. Термодинамічна рівновага. Поняття АЧТ.

Тема 3.2. Основні закони випромінювання АЧТ.

Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Спектр теплового випромінювання. Закон зміщення Голіцина-Віна. Другий закон Віна. Відносна крива випромінювання. Апроксимація формули Планка. Закон Стефана-Больцмана.

Тема 3.3. Нечорні тіла. Закон Кірхгофа. Світловий потік АЧТ і нечорних тіл. Еквівалентні температури.

Коефіцієнт випромінювання. Характерні особливості випромінювання нечорних тіл. Закон Кірхгофа. Спектральні властивості нагрітих матеріалів. Яскравісна, кольорова і радіаційна температури. Розрахунок світлових фотометричних параметрів нагрітого джерела випромінювання.

Тема 3.5. Еталони, штучні і природні випромінювачі.

Технічні засоби реалізації АЧТ. Природні об'єкти як інфрачервоні випромінювачі.

Розділ 4. Люмінесцентне випромінювання та випромінювачі

Тема 4.1. Проходження електричного струму в газах і парах. Види газових розрядів і властиве їм випромінювання.

Загальні відомості. Фізика електричного розряду. Головні показники розряду і умови, які впливають на електричний струм. Елементарні процеси в газах і парах. Пружні і не пружні зіткнення. Класифікація розрядів. Тихий розряд. Тліючий розряд. Дуговий розряд. Іскровий розряд. Технічні характеристики розрядів.

Тема 4.2. Газорозрядні джерела випромінювання.

Класифікація газорозрядних ламп. Особливості конструкції ламп. Спектри випромінювання. Лампи низького тиску. Лампи дугового розряду. Лампи високого і надвисокого тиску. Експлуатаційні і технічні характеристики.

Тема 4.3. Фотолюмінесценція і фотолюмінісцентні лампи.

Поняття люмінесценції, флуоресценції і фосфоресценції. Засоби збуджень.

Класифікація типів фотолюмінісценції в кристалах. Люмінофори. Елементи фізики фотолюмінісценції люмінофорів. Фотолюмінісцентні лампи.

Тема 4.4. Електролюмінесценція. Діоди спонтанного випромінювання і електролюмінісцентні конденсатори.

Поняття електролюмінісценції. Інжекційне збудження напівпровідників. Інжекційні світлодіоди: матеріали і спектри випромінювання, конструкція і технічні характеристики. Електролюмінісцентні конденсатори.

Розділ 5. Лазери

Тема 5.1. Принципи роботи та схематехніка лазерів.

Фізичні принципи побудови лазера. Структура і класифікація лазерів. Конструкція лазерів. Принципи накачки. Квантовий підсилувач і квантовий генератор

Тема 5.2. Узагальнені відомості про параметри і характеристики лазерів. Основні типи лазерів та їх характеристики.

Радіометричні характеристики лазерів і їх випромінювання. Стислий огляд поширених сучасних лазерів і їх вихідних характеристик.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Колобродов В.Г., Шустер Норберт. Тепловізійні системи (фізичні основи, методи проектування і контролю, застосування). – Київ: Друк. ДККП “Тираж”. – 1999. – 340 с.
2. Поперенко Л.В., Шайкевич І.А., Колобродов В.Г., Тимчик Г.С., Черняк С.І. Прецизійні пристрої і прилади оптичної техніки К.: ВПЦ «Київський університет», 2016. – 720с.
3. Джерела світла : навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с.
4. Джерела світла і приймачі оптичного випромінювання: навч. посібник / П.Д. Мар'янчук. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2013. – 216 с.

Допоміжна література

5. Назаренко Л. А. Основи радіометрії та фотометрії : монографія / Л. А. Назаренко, В. М. Сорокін; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 352 с.

6. *Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування : навч. посібник / В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 323 с.*
7. *Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення : навч. посібник / О. І. Соловей, А. В. Чернявський, О. О. Ситник, В. Ф. Ткаченко, Г. В. Курбака ; за ред. О. І. Солов'я ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ФОРМ Гордієнко Є. І., 2018. – 132 с.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Основні форми навчання - лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, індивідуальні завдання, самостійна робота студентів.

Лекційні заняття

1. *Оптичне випромінювання. Світловий потік.*
2. *Основні фотометричні та енергетичні одиниці і закони.*
3. *Головні квантові закони. Співвідношення між процесами поглинання і випромінювання.*
4. *Теплове випромінювання. АЧТ.*
5. *Теплове випромінювання реальних тіл.*
6. *Електричний струм в газах і парах. Типи і властивості електричних розрядів.*
7. *Фотолюмінісцентне випромінювання.*
8. *Інжекційні світлодіоди: матеріали, конструкція і технічні характеристики.*
9. *Лазери: типи, принципи функціонування, типові конструкції, основні характеристики.*

Практичні заняття

1. *Фотометричні величини, співвідношення і закони.*
2. *Розрахунок випромінювання АЧТ.*
3. *Розрахунок теплових контрастів реальних тіл.*
4. *Розрахунок поглинання оптичного потоку парою води і атмосферними газами.*
5. *Завада зворотного розсіювання, дальність дії лазерних далекомірів.*
6. *Розрахунки освітлювальних оптичних систем.*
7. *Розрахунки оптичних систем для лазерів.*
8. *Розрахунки оптичних систем для світлодіодів.*
9. *Джерела випромінювання для спектральних вимірювань.*

Лабораторні роботи

1. *Вивчення принципів роботи світловимірювальних приладів.*
2. *Дослідження методів вимірювання світлового потоку.*
3. *Дослідження характеристик ламп розжарювання.*
4. *Дослідження енергетичних характеристик напівпровідникових світлодіодів.*
5. *Дослідження характеристик напівпровідникового лазера.*
6. *Визначення характеристик газового лазера.*
7. *Дослідження спектрів лампи розжарювання та газорозрядної лампи.*
8. *Особливості вимірювання спектральних характеристик напівпровідникових світлодіодів.*
9. *Дослідження динамічних характеристик напівпровідникових світлодіодів.*

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань із фізичних основ утворення, конструктивних та схемотехнічних рішень штучних джерел ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного випромінювання, а також особливостей формування випромінювання природніми джерелами. Модульна контрольна робота виконується на останньому практичному занятті.

6. Самостійна робота студента

Самостійне оволодіння теоретичним матеріалом за наданою викладачем методичною літературою. Підготовка до лекцій і практичних занять з використанням підручників, наукових монографій. Розв'язання задач і підготовка до контрольних робіт.

На самостійну роботу студентів виділяється 66 годин, з яких 6 годин – на підготовку до заліку і 60 годин на опрацювання матеріалів лекцій, практичних занять, підготовки до лабораторних занять, опрацювання навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
 - пропуск заняття у разі хвороби має бути підтверджено медичною довідкою;
 - при навчанні в дистанційному режимі: Zoom-конференція за посиланням викладача;
- **правила захисту практичних завдань:**
 - захист проходить на практичному занятті;
 - до захисту допускаються студенти з виконаним завданням;
 - захист полягає у співбесіді по теоретичних та практичних питаннях поточного завдання;
 - студент надсилає оформлений протокол комп'ютерного практикуму на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
 - у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
 - захист проходить на лабораторній роботі;
 - до захисту допускаються студенти з виконаною лабораторною роботою та заповненим протоколом;
 - захист полягає у співбесіді за теоретичними питаннями та практично отриманими результатами роботи відповідно до протоколу;
 - студент надсилає оформлений протокол виконаної лабораторної роботи на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
 - в окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила захисту модульної контрольної роботи:**
 - виконання та захист модульної контрольної роботи проходить на практичному занятті;

- студент надсилає оформлене виконане завдання на електронну адресу викладача Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
- у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - штрафні бали призначаються за пропуск лекційного заняття без поважної причини;
 - 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 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 | Виконання та захист лабораторних робіт (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу) | 9 | 4 | 36 |
| 2 | Виконання завдань практичного заняття | 9 | 4 | 36 |
| 3 | Виконання модульної контрольної роботи | 1 | 28 | 28 |
| | | | Усього: | 100 |

Лабораторна робота оцінюється в 4 бали:

- повне та вчасне виконання завдання без помилок – 4 бали;
- повне та вчасне виконання завдання з незначними помилками – 3 бали;
- робота не виконана, або не захищена – 0 балів.

Практичне заняття оцінюється в 4 бали:

- повне та вчасне виконання завдання без помилок – 4 бали;
- повне та вчасне виконання завдання з незначними помилками – 3 бали;
- робота не виконана, або не захищена – 0 балів.

Модульна контрольна робота оцінюється в 28 балів:

- повне виконання завдання без помилок (не менше 90% потрібної інформації) – 28 балів;
- повне виконання завдання з незначними помилками (не менше 80% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- невиконання завдання – 0 балів.

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

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент має отримати не менш ніж 19 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 32 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент має отримати не менш 33 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 56 балів).

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: оцінка з модульної контрольної роботи не менше 17 балів, виконання та захист усіх лабораторних робіт.

Студенти, які виконали МКР, всі лабораторні роботи, але набрали менше 60 балів, або які бажають підвищити оцінку, можуть виконувати залікову контрольну роботу, яка складається з двох запитань теоретичного характеру, відповідь на кожне питання оцінюється в 10 балів. У цілому студент може одержати за залікову контрольну роботу або підвищити оцінку не більше, ніж на 20 балів:

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 10 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 9-8 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7-6 балів;
- відповідь відсутня, або незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) – 0 балів.

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 |

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, що виносяться на залік:

1. *Постулати Бора. Рівні енергії. Спонтанні і вимушені переходи.*
2. *Закон зміщення Голіцина-Віна.*
3. *Конструкція і електричні схеми включення газорозрядних ламп.*
4. *Число фотонів, які випромінює АЧТ.*
5. *Люмінофори. Елементи фізики фотолюмінесценції.*
6. *Закон Стефана-Больцмана.*
7. *Визначення ламбертового випромінювача. Індикатриси променевості і сили випромінювання.*
8. *Поняття люмінесценції, флуоресценції і фосфоресценції. Методи збудження.*
9. *Енергетична освітленість від точкового джерела випромінювання.*
10. *Вторинні джерела випромінювання. Ідеальний і дифузний розсіювач.*
11. *Типи і характеристики електричних розрядів.*
12. *Штучні теплові випромінювачі.*
13. *Електролюмінесцентні конденсатори.*
14. *АЧТ. Моделі АЧТ і їх застосування.*
15. *Закон Кірхгофа. Спектр випромінювання нагрітих матеріалів.*
16. *Фотолюмінесцентні лампи.*
17. *Другий закон Віна.*
18. *Інжекційні світлодіоди. Конструкція і технічні характеристики.*
19. *Фотометричні величини, їх визначення і розмірності.*
20. *Формула Планка (Спектральна інтенсивність об'ємної густини енергії випромінювання).*
21. *Класифікація газорозрядних ламп.*
22. *Потік, який випромінюється у півсферу.*
23. *Типи збуджень квантової системи. Заселеність енергетичних рівнів. Співвідношення між поглинанням і випромінюванням.*
24. *Лампи високого і надвисокого тиску. Особливості експлуатації.*
25. *45. Друге визначення енергетичної яскравості.*
26. *Різновиди випромінювань і їх спектри. Залежність структури спектрів від стану і фізичних властивостей випромінюючої речовини.*
27. *Лампи низького тиску і дугового розряду.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри КІОНС, д.т.н., доцентом Микитенком В. І..

Ухвалено кафедрою комп'ютерно- інтегрованих оптичних та навігаційних систем (протокол № ___ від _____.____.2023 року)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № _____ від _____.____.2023 року)