

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА  
Факультет Електропостачання і освітлення міст



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету ЕОМ

*І.В. Білецький* (Білецький І.В.)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФОТОМЕТРИЯ**

вид дисципліни, шифр за ОП	<i>вибіркова, ВП 1.3</i>
семестр	<i>5</i>
кількість кредитів ЄКТС	<i>4,5</i>
форма підсумкового контролю	<i>екзамен</i>
мова викладання, навчання та оцінювання	<i>українська</i>
кафедра	<i>Кафедра світлотехніки і джерел світла</i>
<b>для здобувачів вищої освіти:</b>	
рівень вищої освіти	<i>перший (бакалаврський)</i>
галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
освітня програма	<i>Світлотехніка та дизайн світлового середовища</i>
форма навчання	<i>денна</i>

**2020 - 2021\_ НАВЧАЛЬНИЙ РІК**

Розробники:

Прізвище та ініціали	Посада	Науковий ступінь, вчене звання	Підпис
Поліщук В.М.	доцент	к.т.н., доцент	
Петченко Г.О.	професор	д.ф.-м.н., професор	

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри Світлотехніки і джерел світла

Протокол від «26»серпня 2020 року № 1

/ Завідувач кафедри  (Heszsmakov П.І.)  
Підпис прізвище та ініціали

Робоча програма навчальної дисципліни відповідає Освітній програмі:

Гарант освітньої програми\*  (Суворова С.І.)  
підпис прізвище та ініціали

## 1. Мета дисципліни

**Метою викладення** навчальної дисципліни «Фотометрія» є формування у студентів системи теоретичних знань і практичних навичок щодо методів та методик виміру та розрахунку характеристик випромінювання, методів кількісної оцінки випромінювання та формування у студентів системи теоретичних знань і практичних навичок використання методів та методик вимірювання світлотехнічних характеристик оптичного випромінювання при вирішенні завдань та застосування приладів для фотометричних вимірювань; отримання навичок користування вимірювальним обладнанням, вміння обирати засоби і методи вимірювання; проводити оцінку похибки вимірювання.

## 2. Міждисциплінарні зв'язки

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на: Загальну фізику, Вищу математику, Основи світлотехніки, Основи метрології та електричних вимірювань, Фізичні основи джерел світла.

## 3. Результати навчання

Програмний результат навчання	Методи навчання	Форми оцінювання	Результати навчання за дисципліною
<b>ПН26</b> Виконувати вимірювання світлотехнічних величин та розрахунок характеристик випромінювання, методами кількісної оцінки випромінювання, характеристик світлового поля та опанування знання математичного моделювання світлових приладів, джерел світла та світлотехнічних процесів. <b>ПН28</b> Оволодіння принципами дії джерел світла, світлових приладів різних типів з урахуванням факторів, які впливають на їх ефективність та отримання навичок ефективної експлуатації і виробництва джерел світла, світлових приладів, електронних схем і драйверів. <b>ПН31</b> Проводити попереднє	Лекційні заняття, лабораторні практикуми, виконання курсової роботи, самостійна робота, робота в Moodle/	екзамен	Знати принципи роботи, методи та методики вимірювання та розрахунку фотометричних величин і конструювання фотометричних приладів.  Вміти користуватися фотометричними вимірювальними приладами, обирати засоби вимірювання, користуватися електровимірювальною апаратурою, правильно підключати засоби вимірювання, застосовувати фотометричні методи вимірювання світлотехнічних величин і параметрів, вміти використовувати фотометричні вимірювальні прилади.  Проводити перевірку засобів вимірювання, виконувати розрахунки основних похибок вимірювання.

техніко-економічне обґрунтування проекту, виконувати розрахунок і проектування освітлювальної установки будівлі, систем зовнішнього освітлення, декоративно-художнього та освітлення рекламного призначення відповідно до технічного завдання з використанням засобів автоматизації проектування.			
---	--	--	--

#### 4. Програма навчальної дисципліни

##### ФОТОМЕТРІЯ

**Змістовий модуль 1** Приймачі оптичного випромінювання.

Держаний еталон сили світла. Похідні еталони. Прилади зорової фотометрії. Способи створення подів порівняння. Фотометричне обладнання для проведення досліджень. Типи приймачів. Неселективні приймачі випромінювання. Термостовбчик, болометри, термістери. Селективні приймачі випромінювання. Фотодіоди, фоторезистори, вакуумні фотоелементи, ФЕП.

**Змістовий модуль 2** Світлові вимірювання.

Принципи виміру ефективних та енергетичних величин. Розрахунок фільтрів, що коригують. Методи вимірювання світлового потоку. Методи вимірювання освітленості. Методи вимірювання яскравості. Методи вимірювання оптичних характеристик тіл.

**Змістовий модуль 3.** Пірметричні і спектральні методи вимірювання.

Завдання оптичної пірметрії. Еквівалентні температури. Пірметр із зникаючою ниткою. Яскравісні, радіаційні та колірні пірметри. Спектральні методи вимірювання. Структурна схема спектральних приладів. Кольорові вимірювання. Компаратори кольору.

#### 5. Структура навчальної дисципліни і розподіл часу

Змістові модулі	Кількість годин				
	усього*	лек.	практ.	лаб.	сам. роб.
<b>МОДУЛЬ (семестр)</b>	<b>135</b>	<b>30</b>		<b>30</b>	<b>75</b>
<b>Змістовий модуль 1</b>	<b>56</b>	<b>10</b>		<b>16</b>	<b>30</b>

Змістовий модуль 2	42	14	8	20
Змістовий модуль 3	22	6	6	10
Підсумковий контроль	15			15

#### 6. Темі лекцій

Тема	Зміст (план)	Кількість ауд.годин
<b>Змістовий модуль 1 Приймачі випромінювання</b>		
<b>Тема 1.</b> Задачі фотометрії.	Роль фотометричних вимірів в технологічній діяльності людини. Принципова схема фотометричних вимірювань. Класифікація завдань.	2
<b>2.</b> Еталонна фотометрія.	Державний еталон сили світла. Похідні еталони. Повірочна схема. Світловимірювальні лампи. Методи створення вторинних еталонів сили світла.	2
<b>Тема 3.</b> Прилади зорової фотометрії.	Способи створення полів порівняння. Фотометрична голівка. Фотометрична лава. Вимір сили світла на фотометричній лаві методом зорової фотометрії. Фотоелектричні методи вимірювання сили світла на фотометричній лаві.	2
<b>Тема 4.</b> Приймачі оптичного випромінювання.	Типи приймачів. Неселективні приймачі випромінювання. Селективні приймачі	4
<b>Змістовий модуль 2 Світлові вимірювання.</b>		
<b>Тема 5.</b> Світлові вимірювання.	Методи регулювання світлового потоку. Принципи виміру ефективних та енергетичних величин. Розрахунок фільтрів, що коригують.	2
<b>Тема 6.</b> Методи вимірювання світлового потоку.	Конструкція та принцип дії інтегруючого фотометра. Розподільчі фотометри. Конструкція, принцип дії. Телесентричний фотометр для фотометричних вимірювань. Вимір к.к.д. світильників.	4
<b>Тема 7.</b> Методи вимірювання освітленості.	Сучасні типи люксметрів. Джерело похибок.	2
<b>Тема 8.</b> Методи вимірювання яскравості.	Середня, локальна та габаритна яскравості. Оптична схема фотоелектричного яскравоміру. Габаритний та світлоенергетичний розрахунок оптичної системи яскравоміра. Конструкція яскравоміра.	2
<b>Тема 9.</b> Методи	Методи та схеми виміру інтегральних	2

Вимірювання оптичних характеристик тіл.	оптичних коефіцієнтів. Методи та прилади для вимірювання оптичних коефіцієнтів направленої відбиття та пропускання випромінювання. Фотометр відбиття ФО-1 для визначення оптичних характеристик зразків, що дифузно розсіюють світло. Вимір коефіцієнту яскравості	
<b>Змістовий модуль 3 Пірометричні і спектральні методи вимірювання</b>		
<b>Тема 10.</b> Оптична пірометрія.	Завдання оптичної пірометрії. Вимірювання температури нагрітих тіл методом оптичної пірометрії. Еквівалентні температури. Методики та прилади для вимірювання еквівалентних температур.	<b>2</b>
<b>Тема 11.</b> Спектральні методи вимірювання.	Структурна схема спектральних приладів. Принцип дії спектральних приладів. Класифікація. Характеристики. Методи спектрофотометрії. Дослідження спектрів випромінювання та поглинання.	<b>2</b>
<b>Тема 12.</b> Кольорові вимірювання.	Принципи виміру кольору. Методи зорової фотометрії для кольорових вимірювань. Принципові схеми адитивних та субтрактивних колориметрів. Схеми та принцип дії колориметрів. Атласи кольорів. Спектральні методи виміру кольору. Сучасні типи фотоелектричних колориметрів. (Колориметр на основі маски. Компаратори кольору). Застосування колориметричних методів для контролю якості промислових виробів.	<b>2</b>

### 7. Теми лабораторних занять\*

Тема	Зміст (план)	Кількість ауд.годин**
<b>Змістовий модуль I</b>		
«Виготовлення робочого еталону сили світла».	1.Ознайомитись із улаштуванням фотометричної лави та електричною схемою підключення фотоелемента. 2.Виміряти силу світла лампи, що досліджується, візуальним методом прямим порівнянням з еталоном. 3.Виміряти силу світла лампи фотоелектричним методом.	4
«Дослідження характеристик термoeлементa».	1. Виміряти інерційність термостовпчика. 2.Визначити інтегральну чутливість термостовпчика. 3.Виміряти лінійність приймача випромінювання.	2
«Дослідження характеристик фотоелектронних помножувачів».	1.Виміряти темновий струм фото помножувача при різних напругах живлення (600,800,1000,1200 В) і побудувати графік залежності $i_t = f(U)$ . 2.Виміряти значення фотоструму в діапазоні довжин хвиль 400-700 нм для заданої температури лампи. 3.На підставі формули Планка розрахувати розподіл щільності випромінювання для заданої кольорової температури джерела світла. 4.На підставі пп. 2 та 3 розрахувати та побудувати криву відносної спектральної чутливості ФЕП у вигляді графіка $S_{\lambda, відн} = f(\lambda)$ .	2
Дослідження характеристик фоторезисторного приймача випромінювання».	1.Виміряйте темновий струм фоторезистора для різних значень напруги живлення. 2.Виміряйте а побудуйте графічно вольт-амперну характеристику фоторезистора за умови постійної освітленості, E. 3.Виміряйте і побудуйте графічно люкс-амперну характеристику фоторезистора (напруга постійна). 4.Розрахуйте інтегральну чутливість фоторезистора при двох рівнях освітленості (1 та 200 лк) для заданої напруги живлення. 5.Виміряйте і побудуйте графічно криву спектральної та відносної спектральної чутливості фоторезистора для заданої освітленості та заданої напруги живлення.	2
«Дослідження характеристик вакуумного фотоелемента».	1.Виміряти вольт-амперну характеристику вакуумного фотоелемента для двох рівнів освітленості (за вказівкою викладача) та визначити значення робочої напруги живлення. Побудувати ВАХ вакуумного фотоелемента (ВФЕ). 2.Виміряти інтегральну чутливість вакуумного фотоелемента. 3.Визначити та побудувати графічно відносну спектральну чутливість вакуумного фотоелемента.	2
«Дослідження характеристик селенового фотоелемента»	1.Визначити стомлюваність селенового фотоелемента. 2.Визначити інтегральну чутливість фотоелемента в режимі короткого замикання при двох значеннях освітленості. 3.Визначити відносну спектральну чутливість селенового фотоелемента у видимій області спектра. 4.Визначити люкс-амперні характеристики селенового фотоелемента при різних опорах навантаження та побудувати сімейство кривих цих залежностей.	2
«Дослідження характеристик	1.Виміряти інтегральну чутливість фотодіода при	2

фотодіода ФД-24К»	його підключенні у фотогальванічному та фотодіодному режимах. 2.Виміряти темновий струм при підключенні ФД-24К у фотодіодному режимі. 3.Перевірити лінійність чутливості ФД-24К. 4.Виміряти спектральну та відносну спектральну чутливість ФД-24К у видимій області спектру, побудувати залежність $S_{\text{вим}}(\lambda) = f(\lambda)$ .	
<b>Змістовий модуль 2</b>		
«Вимірювання світлового потоку»	1. Виміряти світловий потік люмінесцентної лампи (ЛЛ) і лампи розжарювання (ЛР) в інтегруючому фотометрі при номінальній напрузі живлення лампи. 2. Виміряти подовжню криву сили світла (КСС) ЛЛ та ЛР за допомогою розподільчого фотометра. 3. Розрахувати світловий потік досліджуваних ламп по побудованій КСС за допомогою методу зональних тілесних кутів. 4. Порівняти значення світлових потоків, отриманих за результатами п.1 - 3. 5. Оцінити похибку вимірів.	2
«Вимір сили світла і яскравості джерел за допомогою фотометра АФМ»	1. Провести перевірку фотометра та підготувати його до роботи. (П. Підготовка приладу до роботи). 2. Виміряти яскравість ЛЛ та ЛР. 3. Виміряти силу світла ЛЛ та ЛР. Для цього переключити фотометр у положення свічечера. 4. Розрахувати силу світла досліджених джерел світла по виміряній яскравості та порівняти результати, що отримані експериментально і розрахунковим методом. 5.За виміряними значеннями сили світла та яскравості розрахувати значення світлового потоку $\Phi$ досліджених ламп за формулами та обчислити значення світлової віддачі досліджуваних ламп.	4
«Вимір оптичних коефіцієнтів твердих зразків на фотометрі ФО-1»	1. Ознайомитися із улаштуванням та принципом роботи фотометра ФО-1. 2. Виміряти послідовно інтегральні і спектральні коефіцієнти пропускання світлофільтрів. 3. Виміряти інтегральні і спектральні коефіцієнти відбиття дзеркальних та дифузних зразків за вказівкою викладача.	2
<b>Змістовий модуль 3</b>		
«Дослідження температури нагрітих тіл методом оптичної пірометрії»	1. Побудувати градувальний графік $T_{\lambda} = f(\ln)$ . 2. Визначити яскравісну температуру тіла розжарювання досліджуваної лампи. 3. Визначити залежність синьо – червоного співвідношення для джерела світла з відомою колірною температурою. 4. Визначити колірну температуру досліджуваного джерела світла. 5. По пунктах 2 та 4 розрахувати істинну температуру досліджуваної лампи і порівняти отримані результати.	2
«Визначення спектральних та колірних характеристик теплових та розрядних джерел світла »	1 .Провести градуировку призменного монохроматора УМ-2. 2. Визначити дисперсію монохроматора УМ-2 та необхідне значення ширини входної щілини.	4



	3. Виміряти відносну спектральну чутливість приймача випромінювання. 4. Виміряти відносне спектральне розподілення випромінювання досліджуваного джерела ( за вказівкою викладача: люмінесцентної або натрієвої лампи). 5. За даними п.п.3 та 4 розрахувати координати кольоровості досліджених ламп.	
--	---	--

### 8. Індивідуальне завдання (ІЗ)

Не передбачено.

### 9. Методи контролю та порядок оцінювання результатів навчання

*Методи поточного контролю:*

1. Усне опитування перед виконанням лабораторних робіт, практична перевірка умінь і навичок зокрема щодо користування лабораторним обладнанням та фаховим інструментарієм; перевірка оформлення звітів та захист звіту лабораторних робіт за питаннями, що наведені у Методичних рекомендаціях до виконання лабораторних робіт з курсу «Фотометрія».
2. Письмове тестування за змістовними модулями.
3. Тестування у віртуальному освітньому середовищі на платформі MOODLE.

### Структура навчальної дисципліни і розподіл балів

Змістові модулі	Максимальна кількість балів			
	усього	практ.	лаб.	сам. роб.
<b>МОДУЛЬ (семестр)</b>	<b>100</b>			
Змістовий модуль 1	30		15	15
Змістовий модуль 2	20		10	10
Змістовий модуль 3	20		10	10
Підсумковий контроль	30	-	-	-

**Види завдань, засоби контролю і максимальна кількість балів**

Види завдань та засоби контролю** <i>(тестування, контрольні роботи, індивідуальні завдання, звіти з лабораторних занять тощо)</i>	Розподіл балів*
<b>Змістовий модуль 1</b>	<b>30</b>
Лабораторна робота №1, виконання та звіт з лабораторної роботи.	4
Підготовка за контрольними питаннями до л.р.№1	2
Лабораторна робота №2, виконання та звіт з лабораторної роботи.	2
Підготовка за контрольними питаннями до л.р.№2	2
Лабораторна робота №3, виконання та звіт з лабораторної роботи. Підготовка за контрольними питаннями до л.р.№3	4
Лабораторна робота №4, виконання та звіт з лабораторної роботи.	4
Лабораторна робота №5, виконання та звіт з лабораторної роботи.	4
Лабораторна робота №6, виконання та звіт з лабораторної роботи.	4
Лабораторна робота №7, виконання та звіт з лабораторної роботи.	4
<b>Змістовий модуль 2</b>	<b>20</b>
Лабораторна робота №8, виконання та звіт з лабораторної роботи.	5
Лабораторна робота №9, виконання та звіт з лабораторної роботи.	5
Лабораторна робота №11, виконання та звіт з лабораторної роботи.	5
Тест за теоретичним матеріалом ЗМ2	5
<b>Змістовий модуль 3</b>	<b>20</b>
Лабораторна робота №10, виконання та звіт з лабораторної роботи.	5
Лабораторна робота №12, виконання та звіт з лабораторної роботи.	5
Тест за теоретичним матеріалом ЗМ3	10
<b>Підсумковий контроль – екзамен</b>	<b>30</b>
Теоретичне питання 1	15
Теоретичне питання 2	15
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ</b>	<b>100</b>

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, диф. заліку	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
82-89	добре	
74-81		
64-73	задовільно	
60-63		
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 10. Матеріально-технічне та інформаційне забезпечення

### Методичне забезпечення

1. Поліщук В.М. Конспект лекцій з фотометрії. – ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, Харків, 2020.
2. Овчинников С.С., Поліщук В.М., Петченко Г.О. Габаритний та світлоенергетичний розрахунок оптичної системи. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Фотометрія". – ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, Харків, 2018.
3. Поліщук В.М., Овчинников С.С., Петченко Г.О. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт та самостійної роботи студентів з дисципліни "ФОТОМЕТРИЯ–ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, Харків, 2011.

### Рекомендована література та інформаційні ресурси

1. Назаренко Л. А. Основи радіометрії і фотометрії : монографія / Л. А. Назаренко, В. М. Сорокін. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 351 с.
2. Иванов В. С. Основы оптической радиометрии / В. С. Иванов, Ю. М. Золотаревский, А. Ф. Котюк. – М. : Физматлит, 2003. - 544 с.
3. Меньшикова В. Л. Химический анализ в энергетике Кн.1 Фотометрия / В. Л. Меньшикова. – М. : Дом МЭИ, 2008. - 407 с.
4. Будаков В. П. Визуализация распределения яркости в трехмерных сценах

наблюдения / В. П. Будак. – М. : МЭИ, 2000. – 135 с.

5. Справочная книга по светотехнике. / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е издание. – М. : Знак, 2006. – 972 с.

#### **Обладнання, устаткування, програмні продукти**

Вивчення курсу проводиться в спеціалізованій лабораторії з фотометрії, аудиторія 702 та 610 етк ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.

Лабораторії обладнані :фотометричними лавами, спектральними приладами (призменими та дифракційними), спектрофотометрами , фотометром АФМ, інтегруючими фотометрами, гоніофотометром, пірометрами, яскравомірами, люксметрами, фотометром відбиття ФО-1, компараторами кольору, електровимірною апаратурою, досліджуваням зразками приймачів оптичного випромінення, лампами порівняння сили світла, світлового потоку тощо.

### Аркуш актуалізації

Робоча програма навчальної дисципліни на 202\_ -202\_ навчальний рік переглянута та затверджена «Без змін»

### РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### ФОТОМЕТРІЯ

вид дисципліни, шифр за ОП	<i>вибіркова, ВП 1.3</i>
семестр	<i>5</i>
кількість кредитів ЄКТС	<i>4,5</i>
форма підсумкового контролю	<i>екзамен</i>
мова викладання, навчання та оцінювання	<i>українська</i>
кафедра	<i>Світлотехніки і джерел світла</i>

#### для здобувачів вищої освіти:

рівень вищої освіти	<i>перший (бакалаврський)</i>
галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
освітня програма	<i>Світловий дизайн середовища</i>
форма навчання	<i>денна</i>

Завідувач кафедри *Світлотехніки і джерел світла*  
*яка забезпечує викладання дисципліни*

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ року \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
*підпис* *прізвище та ініціали*

Гарант Освітньої програми

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ року \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
*Підпис* *прізвище та ініціали*