



## Оптичні системи лазерного технологічного обладнання

### Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Денна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>І курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,0 кредитів ECTS, 150 годин, (лекції - 36 год., лаб.роб. - 18 год., практ.зан. - 18 год., СРС – 78 год.)</i>
Семестровий контроль контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>згідно <a href="http://www.rozklad.kpi.ua">www.rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент, канд. тех. наук Романенко Віктор Васильович, <a href="mailto:romvvv@gmail.com">romvvv@gmail.com</a> Практичні / Лабораторні: доцент, канд. тех. наук Романенко Віктор Васильович, <a href="mailto:romvvv@gmail.com">romvvv@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="http://lfft.kpi.ua/ua/">Сайт кафедри: lfft.kpi.ua/ua/</a> <a href="http://lfft.kpi.ua/ua/studentam/sylabusy.html">http://lfft.kpi.ua/ua/studentam/sylabusy.html</a> <a href="https://classroom.google.com/c/NjAxMTEyNTE2NDE0?cjc=g3ph15h">https://classroom.google.com/c/NjAxMTEyNTE2NDE0?cjc=g3ph15h</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна "Оптичні системи ЛТО" базується на знаннях, які студенти засвоїли при отриманні освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр з напрямку підготовки 131 Прикладна механіка, а саме, нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки, математики, фізики, технології конструкційних матеріалів, механіки матеріалів та конструкцій, деталей машин, електротехніки та електроніки, основ наукових досліджень та технічної творчості, технології машинобудування, взаємозамінності і стандартизації та техніки вимірювань, технології лазерної обробки, фізики лазерів, моделюванні та оптимізації об'єктів та систем, лазерного технологічного обладнання та фізики взаємодії концентрованих потоків з речовиною.

Дисципліна "Оптичні системи ЛТО" складає основу теоретичної та практичної підготовки майбутніх фахівців у галузі оптичних систем взагалі та лазерних технологічних систем зокрема.

**Метою** викладання навчальної дисципліни є систематизоване вивчення студентами теоретичних знань у галузі лазерної оптики, ознайомлення з існуючими на даний момент схемами оптичних систем лазерного технологічного устаткування та придбання конкретних практичних навичок для проведення самостійного проектування, розрахунків та конструювання оптичних систем лазерного технологічного устаткування.

Для досягнення мети на лекційних заняттях студенти розглядають загальні положення та явища геометричної оптики, електромагнітної теорії світла та квантової оптики, вивчають загальну структуру оптичних систем та підсистем лазерного технологічного обладнання, оптичні матеріали, які використовуються в лазерних оптичних системах, для виготовлення оптичних деталей і, наприкінці, знайомляться із конкретними системами технологічного обладнання.

По закінченню вивчення дисципліни студенти повинні опанувати системою умінь вирішувати типові задачі діяльності під час здійснення певних виробничих функцій, які наводяться нижче:

- проектувати лазерні підсистеми оптичних систем для забезпечення транспортування, перетворення, концентрування лазерного випромінювання; спостереження, контролю та вимірювання його параметрів за допомогою визначених методик;
- проводити синтез оптичних систем лазерних технологічних комплексів;
- розробляти або модернізувати пристрої для керування параметрами пучка лазерного випромінювання за принципами фізики лазерів та на базі відомих аналогічних рішень;
- розробляти або модернізувати оптичні пристрої для транспортування, перетворення та концентрації енергії пучка лазерного випромінювання за законами фізики та на базі відомих аналогічних рішень.

Таким чином, **предметом дисципліни** є розрахунок та конструкторське забезпечення технологічного процесу лазерної обробки оптимальною оптичною системою.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення та розвиток у студентів **компетентностей, передбачених освітньо-професійною програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» другого (магістерського) рівня вищої освіти:**

**Фахові компетентності:**

- ФК 2 Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук
- ФК 5 Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань в зварюванні, лазерних та споріднених технологіях
- ФК 8 Здатність розробляти спеціальні способи та засоби лазерної розмірної та поверхневої обробки

**Результати навчання освітнього компонента** деталізують такі програмні результати набуті в результаті навчання, що передбачені освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»:

- РН 5 Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення
  - РН 10 Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію
  - РН 14 Використовувати спеціальні способи та засоби лазерної обробки для досягнення оптимальних результатів

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

Для успішного засвоєння матеріалу освітнього компоненту необхідні знання, які одержуються студентом у попередніх курсах: **«Вища математика», «Лінійна алгебра і аналітична геометрія», «Загальна фізика», «Технологія конструкційних матеріалів», «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною»; «Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів. Частина 2. Технології та устаткування лазерних процесів».**

Знання, які одержано під час вивчення освітнього компоненту, можуть бути застосовані для практики та виконання атестаційної роботи.

## 2. Зміст освітнього компоненту

### Вступ.

#### Розділ 1. Основні поняття геометричної оптики:

Тема 1.1. Мета та завдання курсу. Основні положення та теорії. Фотометричні величини.

Тема 1.2. Геометрична оптика та її основні закони.

Тема 1.3. Аберації оптичних систем.

#### Розділ 2. Основи хвильової оптики:

Тема 2.1. Електромагнітна теорія світла. Рівняння Максвелла.

Тема 2.2. Інтерференція світла. Просвітлювальні покриття. Інтерференційні дзеркала.

Тема 2.3. Дифракція світла. Дифракційні явища в лазерних пучках.

Тема 2.4. Розповсюдження світла в анізотропному середовищі. Природна і штучна анізотропія.

#### Розділ 3. Основні закони квантової оптики:

Тема 3.1. Основи квантової оптики.

Тема 3.2. Явища нелінійної оптики.

#### Розділ 4. Структура та основні елементи оптичних систем лазерного технологічного обладнання:

Тема 4.1. Структура оптичних систем лазерного технологічного устаткування.

Тема 4.2. Оптичні матеріали.

Тема 4.3. Система транспортування лазерного випромінювання.

Тема 4.4. Система перетворення лазерного випромінювання.

## 3. Навчальні матеріали та ресурси

### Базова література

1. Оптика : підручник / М. О. Романюк, А. С. Крочук, І. П. Пашук ; за ред. проф. М. О. Романюка ; Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. - Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2016. – с. 562
2. Оптика : навч. посіб. / Віктор Махній, Михайло Березовський, Оксана Кінзерська ; за наук. ред. проф. В. П. Махнія. - Чернівці : Друк Арт, 2018. - 335 с.
3. Оптика : підручник / В. А. Сминтина ; Одеський національний ун-т ім. І.І.Мечникова. - 2-ге вид., випр. і доп. - О. : Астропринт, 2008. - 312 с

### Додаткова література

4. Квантова оптика : [посіб. для студ. і асп. фіз. спец.] / О. О. Чумак ; Нац ун-т "Києво-Могилян. акад.", Ін-т фізики НАН України. – Л. : Євросвіт, 2012. – 272 с..
5. Основи інтегральної та волоконної оптики : Навч. посіб. /Л. А. Косяченко. – Чернівці : Рута, 2008. – 348 с.
6. Експериментальна оптика : навч. посіб. / Олег Кушнір, Юрій Корчак, Лев Луців-Шумський, Сергій Рихлюк ; Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. - Л. : Львів. нац. ун-т ім. І. Франка, 2009. – 465 с.
7. Основи квантової фізики / Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. - Л. : Львівська політехніка, 2009, 420 с.

### Інформаційні ресурси

1. <http://lftf.kpi.ua/ua/studentam/sylabusy.html> (сайт кафедри ЛТ та ФТТ).
2. [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua) (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
3. Методичні матеріали також доступні в КАМПУС'і - <https://campus.kpi.ua>.

## Навчальний контент

### 4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В межах вивчення кредитного модуля впродовж семестру заплановано проведення лекційних, практичних та лабораторних занять, а також навчальним планом передбачено виконання модульної контрольної роботи.

Під час вивчення матеріалу застосовуються такі основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, інтерактивний, практичний та дослідницький (під час проведення лекційних та практичних занять), а також метод самостійної роботи.

Означені методи використовуються в контексті застосування таких навчальних технологій:

- 1) особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: колективні дискусії, інтерактивне спілкування, тощо.
- 2) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).

Навчальний матеріал освітнього компонента викладається на заняттях згідно зі наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1. Структура викладання освітнього компонента

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лаборат. Роботи	СРС
<b>Розділ 1. Основні поняття геометричної оптики</b>					
<i>Тема 1.1. Мета та завдання курсу. Основні положення та теорії. Фотометричні величини.</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 1.2. Геометрична оптика та її основні закони.</i>	12	4	2	2	4
<i>Тема 1.3. Аберації оптичних систем.</i>	10	2	2	2	4
<b>Модульна контрольна робота – ч. 1</b>	2				2
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
<b>Розділ 2. Основи хвильової оптики:</b>					
<i>Тема 2.1. Електромагнітна теорія світла. Рівняння Максвелла.</i>	6	2			4
<i>Тема 2.2. Інтерференція світла. Просвітлювальні покриття. Інтерференційні дзеркала.</i>	12	4	2	2	4
<i>Тема 2.3. Дифракція світла. Дифракційні явища в лазерних пучках.</i>	12	4	2	2	4
<i>Тема 2.4. Розповсюдження світла в анізотропному середовищі. Природна і штучна анізотропія.</i>	8	2	-	2	4
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>16</b>
<b>Розділ 3. Основні закони квантової оптики</b>					
<i>Тема 3.1. Основи квантової оптики</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 3.2. Явища нелінійної оптики</i>	6	2	-	2	2
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лаборат. Роботи	СРС
<b>Розділ 4. Структура та основні елементи оптичних систем лазерного технологічного обладнання</b>					
<i>Тема 4.1. Структура оптичних систем лазерного технологічного устаткування.</i>	12	2	6	2	2
<i>Тема 4.2. Оптичні матеріали.</i>	10	4	-	2	4
<i>Тема 4.3. Система транспортування лазерного випромінювання.</i>	12	4	2	2	4
<i>Тема 4.4. Система перетворення лазерного випромінювання.</i>	8	2	2	-	4
<b>Модульна контрольна робота – ч. 2</b>	2				2
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>44</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>16</b>
<b>Екзамен</b>	<b>30</b>				<b>30</b>
<b>Всього годин</b>	<b>150</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>78</b>

#### 4.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	<b>Вступ.</b> Мета та завдання курсу. Основні положення та теорії. Фотометричні величини. <u>Завдання на СРС:</u> Шкала електромагнітного випромінювання. Основні фотометричні величини. Література: [1, 2, 3, 5]
2.	<b>Геометрична оптика та її основні закони.</b> Геометрична оптика. Основні закони. Принцип Ферма. <u>Завдання на СРС:</u> Поняття геометричної оптики, обмеження та галузь застосування, абераций оптичних систем та їх вплив на перетворення та фокусування лазерного випромінювання. Закони та явища геометричної оптики. Література: [1, 2, 3, 5, 6]
3.	<b>Геометрична оптика та її основні закони.</b> Переломлення світла на сферичній поверхні. Тонка лінза. Пучки променів. <u>Завдання на СРС:</u> Визначення особливостей перетворення світла на окремих елементах оптичних деталей. Визначення параметрів лазерного променя перетворюваного тонкою та товстою лінзами; циліндричними лінзами; аксиконами; призмами переломлення та відбивання; оптичними клинами; металевими дзеркалами. Поняття про оптичні деталі для перетворення лазерного випромінювання. Література: [1, 2, 3, 5, 6]
4	<b>Аберації оптичних систем.</b> Недоліки оптичних деталей та систем. Причини виникнення та засоби виправлення. <u>Завдання на СРС:</u> Визначення ходу променя через елементи оптичних деталей: проходження через однорідне оптичне середовище, переломлення на границі розділу двох діелектричних середовищ, відбивання від дзеркальної поверхні; визначення величини сферичної та повздовжньої абераций. Література: [1, 2, 3, 5] <b>Модульна контрольна робота. Частина 1.</b>
5	<b>Основи хвильової оптики.</b> Електромагнітна теорія світла. Рівняння Максвела.

	<p><u>Завдання на СРС:</u> Закони та явища електромагнітної теорії світла. Обчислення параметрів світлових хвиль (поляризація, інтенсивність) при перетворенні їх на оптичних елементах деталей та результатів їх взаємодії (інтерференційні та дифракційні картини).</p> <p>Література: [1, 2, 3, 5, 6]</p>
6	<p><b>Основи хвильової оптики.</b>          Інтерференція світла. Стояча світлова хвиля.  <u>Завдання на СРС:</u> Визначення особливостей проходження світлової хвилі через окремі елементи оптичних деталей. Поляризація при відбиванні від поверхонь металів та діелектриків. Інтерференційні явища, їх вплив на перетворення світлової хвилі.          Література: [1, 2, 3, 6]</p>
7	<p><b>Основи хвильової оптики.</b>          Багатошарові діелектричні покриття. Просвітлення оптики. Інтерференційні дзеркала.  <u>Завдання на СРС:</u> Просвітлення поверхні оптичних деталей. Інтерференційні дзеркала та розщеплювачі пучків.          Література: [1, 3]</p>
8	<p><b>Основи хвильової оптики.</b>          Дифракція світла. Принцип Френеля.  <u>Завдання на СРС:</u> Дифракційні явища, їх вплив на перетворення світлової хвилі. Принцип побудови зон Френеля.          Література: [1, 2, 3, 5]</p>
9	<p><b>Основи хвильової оптики.</b>          Дифракція Фраунгофера. Дифракційні явища в лазерних пучках.  <u>Завдання на СРС:</u> Дифракція Фраунгофера. Дифракційні явища в лазерних пучках.          Література: [1, 2, 3, 5]</p>
10	<p><b>Основи хвильової оптики.</b>          Розповсюдження світла в анізотропному середовищі. Явище подвійного променепереломлення. Природна і штучна анізотропія.  <u>Завдання на СРС:</u> Визначення параметрів перетворюваного у анізотропному середовищі лазерного променя. Поняття перетворення лазерного променя у анізотропних середовищах, явище подвійного переломлення променів. Фізичні явища природної та штучної анізотропії (акустооптичний, електрооптичний та магнітооптичний ефекти). Вибір оптимальних параметрів анізотропного середовища, його оптичних та фізико-механічних властивостей.          Література: [1, 2, 5, 6]</p>
11	<p><b>Основи квантової оптики.</b>          Поняття квантової оптики. Закони та явища квантової оптики.  <u>Завдання на СРС:</u> Визначення особливостей перетворення світла на окремих елементах оптичних деталей. Поняття квантової оптики, обмеження та галузь застосування. Закони та явища квантової оптики. Обчислення параметрів світла при перетворенні їх на оптичних елементах деталей та результатів їх взаємодії.          Література: [1, 4, 7]</p>
12	<p><b>Основи квантової оптики.</b>          Явища нелінійної оптики та їх використання в лазерних оптичних системах.  <u>Завдання СРС:</u> Визначення параметрів перетворення лазерного променя нелінійними оптичними середовищами. Поняття нелінійної оптики. Фізичні принципи явищ нелінійної оптики; їх використання у техніці формування та перетворення лазерного випромінювання. Вибір оптимальних параметрів середовища з нелінійними оптичними характеристиками, його оптичних та фізико-механічних властивостей.          Література: [1, 4, 7,]</p>
13	<p><b>Складові оптичних систем лазерного технологічного устаткування</b>          Структура оптичних систем лазерного технологічного устаткування.  <u>Завдання на СРС:</u> Визначення складових елементів оптичної системи; фізичних законів, на яких заснована робота систем та параметрів просторово-часового перетворювання лазерного променя цими елементами вже існуючого лазерного обладнання. Поняття оптичних систем та підсистем (транспортування, перетворювання, концентрування,</p>

	<p>спостереження, контролю та вимірювання) лазерного технологічного обладнання, їх структура та складові частини. Проведення аналізу негативних та позитивних особливостей вже існуючого лазерного технологічного обладнання. Розробка конструкції оптичних підсистем транспортування, перетворення, концентрування, спостереження, контролю та вимірювання лазерного випромінювання. Обчислення параметрів променя при перетворенні в підсистемі оптичної системи.</p> <p>Література: [1, 6]</p>
14	<p><b>Складові оптичних систем лазерного технологічного устаткування</b>  Оптичні матеріали, їх класифікація та область використання.  <u>Завдання на СРС:</u> Визначення основних оптичних (показник переломлення; коефіцієнти відбивання, поглинання, розсіювання), фізико-термічних (коефіцієнт лінійного розширення, теплопровідність, теплоємність), фізико-хімічних (п'ямованість, густина речовини) та механічних (твердість, крихкість) властивостей. Поняття оптичних матеріалів, їх оптичних, фізико-термічних, фізико-хімічних та механічних властивостей, області використання та призначення.  Література: [1, 6]</p>
15	<p><b>Складові оптичних систем лазерного технологічного устаткування</b>  Оптичні характеристики, фізико-термічні та фізико-хімічні властивості оптичних середовищ.  Завдання на СРС: Обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення оптичних деталей оптичних діапазонів. Поняття про матеріали для інфрачервоного, видимого та ультрафіолетового діапазонів електромагнітного випромінювання. Визначення основних оптичних характеристик та конструктивних особливостей оптичних деталей оптичних діапазонів лазерного випромінювання. Вибір оптичного матеріалу в залежності від параметрів лазерного випромінювання.  Література: [1, 2, 6]</p>
16	<p><b>Складові оптичних систем лазерного технологічного устаткування</b>  Призначення та структура системи транспортування лазерного випромінювання.  <u>Завдання на СРС</u> Визначення складових елементів оптичних підсистем та параметрів просторово-часового перетворювання лазерного променя цими елементами вже існуючого лазерного технологічного обладнання.  Література: [1, 2, 6]</p>
17	<p><b>Складові оптичних систем лазерного технологічного устаткування.</b>  Опис складових елементів системи транспортування та перетворення променя у них.  <u>Завдання на СРС:</u> Поняття оптичних підсистем транспортування, перетворювання, концентрування, спостереження, контролю та вимірювання лазерного технологічного обладнання, їх структура, складові елементи та оптичні деталі. Визначення основних конструктивних параметрів оптичної підсистеми для потрібного перетворення лазерного променя.  Література: [1, 2, 6]</p>
18	<p><b>Складові оптичних систем лазерного технологічного устаткування.</b>  Призначення та структура системи перетворення лазерного випромінювання. Опис складових елементів системи перетворення.  <u>Завдання на СРС:</u> Визначення типових конструкцій та основних конструктивних елементів скануючих систем. Поняття основних характеристик (амплітуда, частота, закон сканування тощо), типів пристроїв сканування, які використовуються в лазерних системах. Принципи функціонування пристроїв просторового сканування лазерного випромінювання. Аналіз конструкцій та можливостей позарезонаторних пристроїв для керування розподілом інтенсивності у пучку, його формою у перерізі та напрямком осі. Класифікація вимірювальних пристроїв за призначенням, методом виміру та впливу на процес обробки. Проектування пристроїв для контролю та аналізу параметрів пучка лазерного випромінювання.  Література: [1, 2, 3, 5, 6]</p> <p><b>Модульна контрольна робота. Частина 2.</b></p>

#### 4.2. Практичні заняття

Цикл практичних занять має ціллю закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично. Головним завданням цих занять є надання знань і умінь вибору ефективної оптичної системи для технологічного лазерного обладнання.

Іншим завданням занять є надбання умінь захисту розробок, для чого найбільш вдалі та працездатні рішення, які створені студентами, підвергаються аналізу на патентну чистоту з метою оформлення заявки у відповідну інстанцію для оформлення документу інтелектуальної власності (патенту на винахід або корисну модель).

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість ауд. Годин
1	Характеристики оптичних резонаторів та методика їх розрахунку. Література [1, 2, 6].	2
2	Формування лазерних пучків в резонаторах та методика їх розрахунку. Література [1, 2, 6].	2
3	Розрахунок параметрів лазерного випромінювання, що поширюється за межами лазерного резонатора. Література [1, 3, 6].	2
4	Перетворення лазерних пучків оптичними системами. Література [1, 3, 6].	2
5	Розрахунок параметрів сформованих лазерних пучків. Література [3, 6].	2
6	Оптимізація параметрів фокуруючих систем. Література [2, 6].	2
7	Побудова та структура оптичних систем лазерного технологічного устаткування. Література [1, 6].	2
8	Розрахунок оптичної системи ЛТУ. Література [1,2, 6].	4

#### 4.3. Лабораторні заняття

Цикл лабораторних робіт має ціллю практичного закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично. В зв'язку з тим, що його головним завданням є надання знань та умінь розрахунку та проектування оптичних систем для різноманітного технологічного обладнання, то всі лабораторні роботи пов'язано з цією діяльністю фахівця.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. Годин
1	Призначення і склад основних оптичних елементів лазерних технологічних установок. Література [1, 3, 6].	2
2	Фокууючі елементи оптичних систем лазерних технологічних установок. Література [1, 3, 5, 6].	2
3	Фокусування випромінювання оптичними системами лазерних технологічних установок. Література [1, 3, 5, 6].	2
4	Профілактика випромінювачів лазерних технологічних установок. Література [1, 3, 6].	2
5	Налаштування випромінювачів лазерних технологічних установок. Література [1, 2, 3, 6].	4



6	Вимірювання часових та просторових параметрів лазерного випромінювання. Література [1, 3, 6].	4
7	Вимірювання розбіжності випромінювання і побудування каустики сфокусованого лазерного випромінювання. Література [1, 2, 6].	2

#### 4.4. Самостійна робота

Самостійна робота студента (78 год.) полягає у підготовці до лекційних, лабораторних і практичних занять (46 год.), модульної контрольної роботи (2 год.), а також підготовці до екзамену (30 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури, підготовці відповідей на контрольні запитання і розв'язуванні задач.

##### Модульні контрольні роботи

Основною ціллю контрольних модульних робіт є перевірка якості засвоєння теоретичного матеріалу та практичних навичок, які необхідні для виконання фахових обов'язків по самостійному проектуванню систем лазерної оптики та розрахунків, конструюванню та проектуванню оптичних систем ЛТО. Модульна контрольна робота розділена на дві частини і проводиться під час лекційних занять. Результати МКР враховуються при проведенні календарного контролю.

Зміст завдань на кожну контрольну роботу наведено у додатку А.

### 5. Політика викладання та контроль

#### Правила відвідування занять

Згідно Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, студенти мають право на вільне відвідування лекційних занять (п. 3.5 РСО 2022 [https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia\\_RSO\\_2022.pdf](https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia_RSO_2022.pdf)).

Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача.

Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального викладача.

#### Правила поведінки на заняттях

Активність студентів на лекційних, практичних та лабораторних заняттях всіляко заохочується. Проведення занять базується на засадах доброзичливого партнерства задля досягнення мети вивчення дисципліни. Разом з тим, проведення занять має відповідати Дисциплінарним правилам, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

#### Правила захисту лабораторних робіт

Після представлення готового протоколу лабораторної роботи, який має містити всі необхідні компоненти (тема, ціль роботи, короткі теоретичні відомості, методи та результати вимірювання та обробки результатів, графічні ілюстрації, висновок) студент (або група студентів, якщо таке передбачено) надають пояснення, яким чином було досягнуто ціль роботи і відповідають на додаткові запитання, якщо в них виникне потреба.

#### Правила захисту індивідуальних завдань

Робочий навчальний план передбачає виконання модульної контрольної роботи, яка розділена на дві частини та завдання на яку індивідуальне для кожного студента. Теми для МКР викладені в Додатку А до силабусу, а система оцінювання наведена в РСО освітнього компоненту.

#### Політика дедлайнів та перескладань

Дана політика регулюється Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

### **Політика щодо академічної доброчесності**

Академічна недоброчесність неприпустима. Система індивідуальних завдань на лабораторні та РГР дозволяє максимально уникнути списування, а унікальність завдань дозволяє уникнути плагіату.

## **6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання**

### Поточний контроль.

За темою лекційних занять, на практичних роботах проводяться **експрес опитування** за пройденими раніше темами, які спонукають кращому розумінню матеріалу, що викладається, та **опитування за темою** лекції або заняття.

### Календарний контроль.

Для контролю поточного стану виконання вимог **силабусу** двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету проводяться модульні контрольні роботи, тема яких викладена в Додатку А до силабусу, а система оцінювання наведена в РСО освітнього компоненту.

### Семестровий контроль.

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання екзамену, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в РСО освітнього компоненту.

### Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів

1. **Рейтинг** студента з освітнього компоненту розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них **60 балів складає стартова шкала**. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на практичних заняттях (**8 занять**);
- виконання лабораторних робіт (**7 робіт**);
- модульна контрольна робота (**1 робота (з двох частин)**).

### 2. Критерії нарахування балів:

#### **2.1. Робота на практичних заняттях:**

- активна творча робота – **3 бали** × 8 = 24;
- робота з позитивним результатом – **1,5 бал** × 8 = 12;
- пасивна робота – **0 балів**.

#### **2.2. Виконання лабораторних робіт:**

- бездоганна робота – **3 бали** × 7 = 21;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – **1,5 бал** × 7 = 10,5;
- робота не виконана або не захищена – **0 балів**.

#### **2.3. Модульна контрольна робота МКР - до 15 балів (по 7,5 балів за кожен частину):**

- повна, змістовна та аргументована відповідь – **15 балів**;
- відповідь з несуттєвими помилками (< 3) – **8 балів**;
- неправильна відповідь – **0 балів**  
примітка: За кожний тиждень запізнення з поданням МКР на перевірку нараховується **штрафний r<sub>ш</sub> = -1 бал** (усього не більше **-3 балів**).

3. Умовою позитивної першої атестації (на 8-му тижні) є отримання не менше **15 балів** та виконання першої лабораторної роботи (на час атестації).

4. Умовою позитивної другої атестації (на 14-му тижні) – отримання не менше **30 балів**, виконання двох лабораторних робіт та першої частини МКР.

5. Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, МКР та стартовий рейтинг не менше **30 балів**.

6. На екзамені студенти повинні виконати *письмову контрольну роботу* або дати *усну відповідь*. Кожне завдання повинно містити два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне завдання складено з Переліку запитань до екзамену з освітнього компоненту, наведеному у Додатку Б. Кожне теоретичне запитання оцінюється у **12 балів та практичне – 16 балів** за такими критеріями:

- «**відмінно**», повна відповідь, не менше **95%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове вирішення завдання) – **12-11 (теоретичне) та 16-15 балів (практичне)**;
- «**дуже добре**» майже повна відповідь, не менше **85%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове вирішення завдання) – **11-10 (теоретичне) та 14-13 балів (практичне)**;
- «**добре**», достатньо повна відповідь, не менше **75%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне вирішення завдання з незначними неточностями) – **9-8 (теоретичне) та 12-11 балів (практичне)**;
- «**задовільно**», неповна відповідь, не менше **65%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – **7-6 (теоретичне) та 10-9 балів(практичне)** ;
- «**достатньо**», неповна відповідь, не менше **60%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – **5-4 (теоретичне) та 8-7 балів (практичне)**;
- «**незадовільно**», відповідь не відповідає умовам до «достатньо», менше **60%** – **0 балів**.

7. Розрахунок шкали семестрового рейтингу:

$$r_C = \sum(r_{np} + r_{лр} + r_{мкр}) = 24 + 21 + 15) = 60 \text{ балів}$$

$$RD = r_C + r_E = (r_{np} + r_{лр} + r_{мкр}) + r_E$$

7. \* Для допуску студенти повинні захистити лабораторні роботи та виконати і захистити МКР та мати стартовий рейтинг не менше, ніж **0,5 r<sub>C</sub> (30 балів)**.

8. Студенти, що з поважних причин мають пропуски лекційних, лабораторних занять допускаються до здавання робіт лише за наявності медичної довідки.

9. Штрафні та заохочувальні бали за (не більше 10% від r<sub>c</sub> для кожної групи):

- пропуск лабораторної роботи без поважної причини - (-)1 бал;
- несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання МКР (-) 3 бали;
- участь у факультетській олімпіаді з дисципліни, модернізації лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

10. В умовах воєнного стану штрафні бали не нараховуються.

11. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована МКР	Не допущено

## 7. Додаткова інформація з освітнього компоненту.

### Додаток А

#### Контрольні модульні завдання

##### Частина 1. Геометрична оптика та її основні закони.

###### Контрольне завдання 1

1. Представлення світла в геометричній оптиці.
2. Умови безабераційності оптичної системи.
3. Кардинальна плоскість і точки оптичної системи.

###### Контрольне завдання 2

1. Поняття світлового променя в геометричній оптиці.
2. Поняття параксіальної області оптичної системи.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

###### Контрольне завдання 3

1. Закон оборотності ходу світлових променів.
2. Сферична аберація.
3. Фокусні і вершинні фокусні відстані оптичної системи.

###### Контрольне завдання 4

1. Закон відбивання світла.
2. Коматична аберація.
3. Головні плоскості та точки оптичної системи.

###### Контрольне завдання 5

1. Закон заломлення світла.
2. Меридіональна и сагітальна плоскість.
3. Вузлові плоскості та точки оптичної системи.

###### Контрольне завдання 6

1. Явище повного внутрішнього відбивання.
2. Астигматизм.
3. Спряжена плоскість оптичної системи.

###### Контрольне завдання 7

1. Показник заломлення світла.
2. Викривлення плоскості зображення.
3. Кардинальні плоскості та точки оптичної системи.

###### Контрольне завдання 8

1. Принцип Ферма.
2. Дисторсія.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

###### Контрольне завдання 9

1. Поняття тонкої лінзи.
2. Хроматична аберація.
3. Фокусні і вершинні фокусні відстані оптичної системи.

###### Контрольне завдання 10

1. Представлення світла в геометричній оптиці.
2. Умови безабераційної оптичної системи.
3. Кардинальні плоскості та точки оптичної системи.

###### Контрольне завдання 11

1. Поняття світлового променя в геометричній оптиці.
2. Поняття параксіальної області оптичної системи.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

###### Контрольне завдання 12

1. Закон оборотності ходу світлових променів.
2. Сферична аберація.
3. Фокусні і вершинні фокусні відстані оптичної системи.

#### Контрольне завдання 13

1. Закон відбивання світла.
2. Коматична аберація.
3. Головні плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 14

1. Закон заломлення світла.
2. Меридіональна і сагітальна плоскість.
3. Вузлові плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 15

1. Явище повного внутрішнього відбивання.
2. Астигматизм.
3. Спряжені плоскості оптичної системи.

#### Контрольне завдання 16

1. Показник заломлення світла.
2. Викривлення плоскості зображення.
3. Кардинальні плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 17

1. Принцип Ферма.
2. Дісторсія.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

#### Контрольне завдання 18

1. Поняття тонкої лінзи.
2. Хроматична аберація.
3. Фокусні і вершинні фокусні відстані оптичної системи.

#### Контрольне завдання 19

1. Представлення світла в геометричній оптиці.
2. Умови безабераційності оптичної системи.
3. Кардинальні плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 20

1. Поняття світлового променя в геометричній оптиці.
2. Поняття параксіальної області оптичної системи.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

#### Контрольне завдання 21

1. Закон оборотності ходу світлових променів.
2. Сферична аберація.
3. Фокусні і вершинні фокусні відстані оптичної системи.

#### Контрольне завдання 22

1. Закон відбивання світла.
2. Коматична аберація.
3. Головні плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 23

1. Закон заломлення світла.
2. Меридіональна і сагітальна плоскості.
3. Вузлові плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 24

1. Явище повного внутрішнього відбивання.
2. Астигматизм.
3. Спряжені плоскості оптичної системи.

#### Контрольне завдання 25

1. Показник заломлення світла.
2. Викривлення плоскості зображення.
3. Кардинальні плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 26

1. Принцип Ферма.
2. Дисторсія.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

#### Контрольне завдання 27

1. Поняття тонкої лінзи.
2. Хроматична аберация.
3. Фокусні і вершинні фокусні відстані оптичної системи.

#### Контрольне завдання 28

1. Явище повного внутрішнього відбивання.
2. Астигматизм.
3. Спряжена плоскість оптичної системи.

#### Контрольне завдання 29

1. Показник заломлення світла.
2. Викривлення плоскості зображення.
3. Кардинальні плоскості та точки оптичної системи.

#### Контрольне завдання 30

1. Принцип Ферма.
2. Дисторсія.
3. Фокальні плоскості оптичної системи.

### Частина 2. Хвильова теорія світла та її основні закони.

#### Контрольне завдання 1

1. Рівняння Максвелла, їх фізичний сенс.
2. Поняття просвітлення оптики. Просвітлюючі діелектричні покриття.
3. Поширення світла в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 2

1. Рівняння, що описує поширення плоскополяризованої електромагнітної хвилі уздовж однієї осі. Поняття періоду хвилі, хвильового числа, кругової частоти і довжини хвилі випромінювання.
2. Діелектричні відбиваючі покриття. Інтерференційні дзеркала.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Явище подвійного променезаломлення.

#### Контрольне завдання 3

1. Особливості законів відбивання і заломлення світла виходячи з хвильової теорії світла.
2. Діелектричні покриття для розщеплювання пучків.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Вісь кристала, позитивні і негативні кристали.

#### Контрольне завдання 4

1. Коефіцієнт відбивання світла при нормальному падінні на поверхню прозорого діелектрика.
2. Поняття дифракції світла.
3. Природна анізотропія. Використання хвильових поверхонь і індикатрис показника заломлення для опису ходу хвилі в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 5

1. Поняття інтерференції світла.
2. Принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Явище фотопружності.

#### Контрольне завдання 6

1. Поняття тимчасової і просторової когерентності випромінювання.
2. Вживання зон Френеля для опису явищ дифракції світла на непрозорому екрані.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Ефект Фарадея.

#### Контрольне завдання 7

1. Стояча світлова хвиля.
2. Дифракція Френеля (на прямолінійному краю екрану). Характер і визначення розподілу інтенсивності випромінювання за екраном.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Квадратичний електрооптичний ефект Керра.

#### Контрольне завдання 8

1. Багатошарові діелектричні покриття. Класифікація і сфери застосування.
2. Дифракція Фраунгофера. Характер і розподіл інтенсивності випромінювання.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Лінійний електрооптичний ефект Погкельса.

#### Контрольне завдання 9

1. Рівняння Максвелла, їх фізичний сенс.
2. Поняття просвітлення оптики. Просвітлюючі діелектричні покриття.
3. Поширення світла в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 10

1. Рівняння, що описує поширення плоскополяризованої електромагнітної хвилі уздовж однієї осі. Поняття періоду хвилі, хвильового числа, кругової частоти і довжини хвилі випромінювання.
2. Діелектричні відбиваючі покриття. Інтерференційні дзеркала.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Явище подвійного променезаломлення.

#### Контрольне завдання 11

1. Особливості законів відбивання і заломлення світла виходячи з хвильової теорії світла.
2. Діелектричні покриття для розщеплювання пучків.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Вісь кристала, позитивні і негативні кристали.

#### Контрольне завдання 12

1. Коефіцієнт відбивання світла при нормальному падінні на поверхню прозорого діелектрика.
2. Поняття дифракції світла.
3. Природна анізотропія. Використання хвильових поверхонь і індикатрис показника заломлення для опису ходу хвилі в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 13

1. Поняття інтерференції світла.
2. Принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Явище фотопружності.

#### Контрольне завдання 14

1. Поняття тимчасової і просторової когерентності випромінювання.
2. Вживання зон Френеля для опису явищ дифракції світла на непрозорому екрані.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Ефект Фарадея.

#### Контрольне завдання 15

1. Стояча світлова хвиля.
2. Дифракція Френеля (на прямолінійному краю екрану). Характер і визначення розподілу інтенсивності випромінювання за екраном.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Квадратичний електрооптичний ефект Керра.

#### Контрольне завдання 16

1. Багатошарові діелектричні покриття. Класифікація і сфери застосування.
2. Дифракція Фраунгофера. Характер і розподіл інтенсивності випромінювання.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Лінійний електрооптичний ефект Погкельса.

#### Контрольне завдання 17

1. Рівняння Максвелла, їх фізичний сенс.
2. Поняття просвітлення оптики. Просвітлюючі діелектричні покриття.

### 3. Поширення світла в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 18

1. Рівняння, що описує поширення плоскополяризованої електромагнітної хвилі уздовж однієї осі. Поняття періоду хвилі, хвильового числа, кругової частоти і довжини хвилі випромінювання.

2. Діелектричні відбиваючі покриття. Інтерференційні дзеркала.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Явище подвійного променезаломлення.

#### Контрольне завдання 19

1. Особливості законів відбивання і заломлення світла виходячи з хвильової теорії світла.
2. Діелектричні покриття для розщеплювання пучків.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Вісь кристала, позитивні і негативні кристали.

#### Контрольне завдання 20

1. Коефіцієнт відбивання світла при нормальному падінні на поверхню прозорого діелектрика.
2. Поняття дифракції світла.
3. Природна анізотропія. Використання хвильових поверхонь і індикатрис показника заломлення для опису ходу хвилі в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 21

1. Поняття інтерференції світла.
2. Принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Явище фотопружності.

#### Контрольне завдання 22

1. Поняття тимчасової і просторової когерентності випромінювання.
2. Вживання зон Френеля для опису явищ дифракції світла на непрозорому екрані.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Ефект Фарадея.

#### Контрольне завдання 23

1. Стояча світлова хвиля.
2. Дифракція Френеля (на прямолінійному краю екрану). Характер і визначення розподілу інтенсивності випромінювання за екраном.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Квадратичний електрооптичний ефект Керра.

#### Контрольне завдання 24

1. Багатошарові діелектричні покриття. Класифікація і сфери застосування.
2. Дифракція Фраунгофера. Характер і розподіл інтенсивності випромінювання.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Лінійний електрооптичний ефект Погкельса.

#### Контрольне завдання 25

1. Рівняння, що описує поширення плоскополяризованої електромагнітної хвилі уздовж однієї осі. Поняття періоду хвилі, хвильового числа, кругової частоти і довжини хвилі випромінювання.

2. Діелектричні відбиваючі покриття. Інтерференційні дзеркала.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Явище подвійного променезаломлення.

#### Контрольне завдання 26

1. Особливості законів відбивання і заломлення світла виходячи з хвильової теорії світла.
2. Діелектричні покриття для розщеплювання пучків.
3. Природна анізотропія оптичних середовищ. Вісь кристала, позитивні і негативні кристали.

#### Контрольне завдання 27

1. Коефіцієнт відбивання світла при нормальному падінні на поверхню прозорого діелектрика.
2. Поняття дифракції світла.
3. Природна анізотропія. Використання хвильових поверхонь і індикатрис показника заломлення для опису ходу хвилі в анізотропному середовищі.

#### Контрольне завдання 28



1. Поняття інтерференції світла.
2. Принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Явище фотопружності.

#### Контрольне завдання 29

1. Поняття тимчасової і просторової когерентності випромінювання.
2. Вживання зон Френеля для опису явищ дифракції світла на непрозорому екрані.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Ефект Фарадея.

#### Контрольне завдання 30

1. Стояча світлова хвиля.
2. Дифракція Френеля (на прямолінійному краю екрану). Характер і визначення розподілу інтенсивності випромінювання за екраном.
3. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Квадратичний електрооптичний ефект Керра.

### Додаток Б

#### *Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль*

1. Уявлення про світло в геометричній оптиці.
2. Рівняння Максвелла, їх фізичний зміст.
3. Квантова оптика. Область застосування і основні поняття.
4. Поняття світлового променя в геометричній оптиці.
5. Рівняння, яке описує поширення плоскої монохроматичної електромагнітної хвилі уздовж однієї осі. Поняття періоду хвилі, хвильового числа, кругової частоти і довжини хвилі випромінювання.
6. Квантова оптика. Постулати Бора. Поняття квантових переходів.
7. Закон зворотності ходу світлових променів.
8. Особливості законів відбиття і заломлення світла, виходячи з хвильової теорії світла.
9. Квантова оптика. Три процеси взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною.
10. Закон відбиття світла.
11. Коефіцієнт відбиття світла при нормальному падінні на поверхню прозорого діелектрика.
12. Квантова оптика. Явища нелінійної оптики. Сутність і основні поняття.
13. Закон заломлення світла.
14. Поняття інтерференції світла. Її вплив на поширення пучка випромінювання.
15. Нелінійна оптика. Явище просвітлення оптичного середовища.
16. Явище повного внутрішнього відбиття.
17. Поняття тимчасової і просторової когерентності випромінювання. Причини виникнення.
18. Нелінійна оптика. Явище затемнення середовища (Багатофотонний внутрішній фотоефект).
19. Показник (абсолютний і відносний) заломлення світла. Фізичний сенс.
20. Визначення стоячої світлової хвилі і особливості її поширення.
21. Нелінійна оптика. Подвоєння частоти світла.
22. Багатошарові діелектричні покриття. Класифікація та області застосування.
23. Геометрична оптика. Принцип Ферма (принцип найменшого часу).
24. Поняття просвітління оптичних деталей. Просвітлюючі діелектричні покриття.
25. Нелінійна оптика. Явище самофокусування і самоканалізації випромінювання.

26. Поняття тонкої лінзи. Формула тонкої лінзи.
27. Діелектричні відбиваючі покриття. Інтерференційні дзеркала.
28. Структура оптичних систем лазерного технологічного обладнання.
29. Умови безабераційності оптичної системи.
30. Діелектричні покриття для розщеплення пучків випромінювання.
31. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Призначення і склад.
32. Поняття параксимальної області оптичної системи.
33. Поняття дифракції світла. Її вплив на поширення пучка випромінювання.
34. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Лінзові телескопічні системи лазерів.
35. Сферична аберація. Причини виникнення та методи усунення.
36. Поняття дифракції світла. Принцип Гюйгенса-Френеля.
37. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Дзеркальні телескопічні системи лазерів.
38. Застосування зон Френеля для опису явищ дифракції світла на непрозорому екрані.
39. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Захисний променепровід.
40. Коматична аберація. Причини виникнення та методи усунення.
41. Дифракція Френеля (на прямолінійному краю екрану). Характер і визначення розподілу інтенсивності випромінювання за екраном.
42. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Поворотні дзеркала.
43. Меридіональна і сагітальна площини пучка випромінювання.
44. Дифракція Фраунгофера. Характер і розподіл інтенсивності випромінювання.
45. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Відбивні призми.
46. Астигматизм. Причини виникнення та методи усунення.
47. Особливості поширення світла в анізотропному середовищі.
48. Оптична система транспортування випромінювання лазера. Світловолоконні променепроводи.
49. Викривлення площини зображення. Причини виникнення та методи усунення.
50. Природна анізотропія оптичних середовищ. Явище подвійного променезаломлення.
51. Оптична перетворююча система лазерних технологічних установок. Призначення і склад.
52. Дісторсія. Причини виникнення та методи усунення.
53. Природна анізотропія оптичних середовищ. Вісь кристалу. Позитивні і негативні кристали.
54. Оптична перетворююча система. Оптичні клини.
55. Хроматична аберація. Причини виникнення та методи усунення.
56. Оптична перетворююча система. Аксікони.
57. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Явище фотопружності оптичних середовищ.
58. Оптична перетворююча система. Призми, що розділяють випромінювання.
59. Умови безабераційності оптичної системи.
60. Штучна анізотропія оптичних середовищ. Магнітооптичний ефект Фарадея.

61. Оптична система транспортування лазерного випромінювання. Дзеркальні телескопічні системи лазерів.

**Робочу програму освітнього компоненту (силабус):**

**Складено:** доцент, к.т.н., доцент Романенко Віктор Васильович

**Ухвалено** кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол № 5 від 17.11.2023)

**Погоджено** Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.2023)