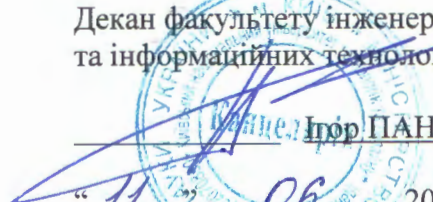


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
Кафедра прикладної фізики та вищої математики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії
та інформаційних технологій


Ігор ПАНАСЮК
“ 11 ” 06 2025 року



РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни	<u>Передові лазерні технології</u>
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Спеціальність	<u>Е6 Прикладна фізика та наноматеріали</u>
Освітня програма	<u>Нано- та мікротехнології у креативному проєктуванні</u>
Факультет інженерії та інформаційних технологій	

Київ
2025 рік

РОЗРОБЛЕНО: Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Олейнікова І.В., к.ф-м.наук, доцент, зав. кафедри ПФВМ

Схвалено вченою радою факультету інженерії та інформаційних технологій

від «11» червня 2025 року, протокол № 2

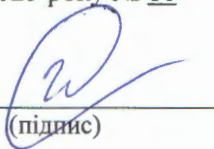
Схвалено науково-методичною радою факультету інженерії та інформаційних технологій

від «11» червня 2025 року, протокол № 3

Обговорено та рекомендовано на засіданні кафедри прикладної фізики та вищої математики

Протокол від «29» травня 2025 року № 10

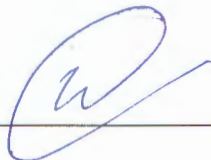
Завідувачка кафедри


(підпис)

Ірина ОЛЕЙНІКОВА

Погоджено:

Гарант ОП кафедри прикладної фізики
та вищої математики



Ірина ОЛЕЙНІКОВА

« 29 » 05 2025р.

1 ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Характеристика дисципліни	
	очна форма здобуття вищої освіти	заочна, дистанційна форма здобуття вищої освіти
Кількість годин / кредитів – 240/ 8	обов'язкова	
Змістові модулі – 2	Рік підготовки:	
Загальна кількість тижневих годин для денної форми здобуття вищої освіти: аудиторних – 4/6 самостійної роботи – 6/14	4-й	
	Семестр	
	7 сем. 8 сем	
	Лекції	
	24 год. 24 год	
	Практичні, семінарські	
	Лабораторні	
	24 год. 12 год.	
	Самостійна робота	
	72 год. 84 год	
	Індивідуальні завдання: -год.	
	Вид контролю: залік (семестр_7_), екзамен (семестр_8_)	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання – 84/156

2 Анотація дисципліни

Семестр(и) 7,8

Обсяг модуля: загальна кількість годин – 240; кількість кредитів ЄКТС – 8.

Мета курсу: набуття компетентностей: знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів; розуміти принципи роботи та конструкції лазерів, вміти використовувати сучасні лазерні технології для наноматеріалів; оволодіння здатністю до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій; набуття навичок здійснення безпечної діяльності; розвинути здатність продемонструвати результати експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.

Результати навчання:

знати: конструкції, принципи роботи лазерів і лазерних систем, які використовуються та розробляються у лазерних технологіях, та розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики, основи загальної та прикладної екології, принципи захисту і охорони природи від шкідливого впливу при виробництві наноматеріалів, основи роботи з засобами індивідуального захисту, пожежної безпеки та охорони праці;

вміти: відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації, класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики, презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію, планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів);

здатен: демонструвати лабораторні та технічні навички, оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки, налаштувати професійне лазерне обладнання, виконати експерименти та інтерпретувати результати лабораторних досліджень;

володіти навичками: розраховувати параметри лазерів та характеристик лазерного випромінювання, планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проектів.

Компетентності та програмні результати навчання:

ІК	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
ЗК 2	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК 10	Навички здійснення безпечної діяльності.
ФК 2	Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.
ФК 5	Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
ФК11	Здатність продемонструвати результати експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.
ПРН 1	Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

ПРН 4	Знати основи загальної та прикладної екології, принципи захисту і охорони природи від шкідливого впливу при виробництві наноматеріалів. Знати основи роботи з засобами індивідуального захисту, пожежної безпеки та охорони праці.
ПРН 7	Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.
ПРН 8	Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.
ПРН 15	Демонструвати лабораторні та технічні навички, вміти планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

Необхідні передумови: успішне опанування навчальної дисциплінами вища математика, фізика, елементи квантової механіки, прикладна оптика та технології світло дизайну.

Види навчальних занять: лекція, лабораторне, консультація.

Методи навчання: словесний, пояснювально-демонстраційний, дослідницький.

Методи контролю: усний (усне опитування), письмовий (індивідуальні завдання, задачі, звіти по лабораторних роботах), тестовий, лабораторний.

Форми підсумкового контролю: екзамен (семестри 7,8).

Засоби діагностики успішності навчання: індивідуальні завдання для розрахунково-графічних робіт, перелік питань для модульного, підсумкового контролю та захисту лабораторних робіт, комплекти тестових завдань для захисту лабораторних робіт, до модульного та підсумкового контролю.

Мова навчання: українська

3. ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Тематичний план навчальної дисципліни

№ тем и	Назва теми лекції, практичного, лабораторного, семінарського, індивідуального заняття	Кількість годин за формами здобуття вищої освіти:	
		очна	заочна, дистанційна
Змістовий модуль 1. <u>Основи лазерних технологій</u>			
1	Тема: Поняття орбіталей.	20	
	Лекція 1. Орбіталь та її форми. Принцип невизначеності Гейзенберга. Форми орбіталі. Кількість електронів на орбіталі. Магнітне квантове число m . Спін електрона	4	
	Лабораторна робота 1. Визначення просторово-енергетичних параметрів і характеристик лазерного випромінювання	4	
	Самостійна робота Розрахунок кількості електронів на орбіті та форми орбіт	12	
2	Тема Люмінісценція.	20	
	Лекція 2. Поняття люмінісценції. Види люмінесценції. Пояснення фізичної суті явища.	4	
	Лабораторна робота 2. Вивчення явища люмінесценції та перевірка правила Стокса	4	
	Самостійна робота Люмінісцентні матеріали та їх застосування.	12	
3	Тема: Спонтанне та вимушене випромінювання.	20	

	Лекція 3. Методи досягнення інверсії сукупності. Різниця між спонтанним та вимушеним випромінюванням. Коефіцієнти Ейнштейна для різних видів випромінювання. Співвідношення коефіцієнтів Ейнштейна	4	
	Лабораторна робота 3. Дослідження ефективності введення лазерного випромінювання в оптичне волокно.	4	
	Самостійна робота. Звіт до лабораторної роботи	12	
4	Тема: Основні властивості лазерного випромінювання.	20	
	Лекція 4. Когерентність лазерного випромінювання та її використання. Монохроматичність лазерного випромінювання. Інтенсивність, потужність та пульсація. Поляризація світлових хвиль в лазерах	4	
	Лабораторна робота 4. Визначення довжини світлової хвилі гелій-неонового лазера.	4	
	Самостійна робота Підготовка звіту до лабораторної роботи.	12	
5	Тема: Основи генерації лазерного випромінювання.	20	
	Лекція 5. Технологічні лазери: будова та принцип роботи. Основні параметри та режими роботи лазерів. Класифікація лазерів. Твердотільні, рідкі та газові лазери. Властивості лазерного випромінювання	4	
	Лабораторна робота 5 Вивчення когерентності та інтерференції лазерного випромінювання	4	
	Самостійна робота Підготовка звіту до лабораторної роботи.	12	
6	Тема: Лазерна обробка.	20	
	Лекція 6. Порівняння з традиційними методами. Процеси взаємодії лазерного випромінювання з оброблюваним матеріалом та основні види лазерної обробки.	4	
	Лабораторна робота 6. Лабораторна робота 6. Вимірювання діаметра тонкого волокна або дроту методом дифракції	2	
	Лабораторна робота 7. Вимірювання товщини тонкої прозорої плівки за допомогою інтерференції	2	
	Самостійна робота Оброблюваність матеріалів лазерним випромінюванням	12	
Разом за семестр		120	
Змістовий модуль 2. Лазерні технології в дизайні			
7	Тема: 7 Потужні лазери.	21	
	Лекція 7. Проблема створення потужних лазерів. Багатокаскадні та Багатоканальні системи.	4	
	Лабораторна робота 8 Дослідження закону Малюса для лазерного випромінювання.	2	
	Самостійна робота Нова тенденція у лазерах та її можливості.	15	
8	Тема: Технологія лазерного маркування матеріалів.	23	

	Лекція 8. Загальна характеристика процесів лазерного маркування. Лазерне кольорове маркування. Маркування полімерів.	4	
	Лабораторна робота 9 . Дослідження явища Фарадея у магнітооптиці.	2	
	Лабораторна робота 10. Лазерне створення текстур на поверхні матеріалів/ або Взаємодія люмінофорного покриття з ультрафіолетовими джерелами. Лабораторна робота	2	
	Самостійна робота Підготовка звітів по лабораторним роботам	15	
9	Тема: Лазерна адитивна технологія (лазерний 3D-друк).	21	
	Лекція 9. Основи лазерного 3D-друку. Етапи створення за адитивною технологією. Матеріали для лазерного 3D-друку. Переваги та недоліки лазерного 3D- друку.	4	
	Лабораторна робота 11. Дослідження технології 3D - друку	2	
	Самостійна робота Дослідження різних методів 3 D-дру	15	
10	Тема: Сучасні тенденції застосування люмінофору в дизайні об'єктів.	23	
	Лекція 10. Створення додаткового освітлення за допомогою люмінофору. Люмінофор у текстильних матеріалах. Безпека використання люмінофору в дизайні. Можливості застосування люмінофорних покриттів для створення безпеки на дорогах.	6	
	Лабораторна робота 12. Лазерне створення текстур на поверхні матеріалів/ або Взаємодія люмінофорного покриття з ультрафіолетовими джерелами.	2	
	Самостійна робота. Досліди по застосуванню люмінофорів.	7	
	Самостійна робота Виконання творчих завдань	8	
	Тема 11. Голографія, методи її отримання та голографічні технології в дизайні..	32	
11	Лекція 11. Поняття голографії. Принципи розробки голограмних дисплеїв. Види голограмних технологій. Використання голограм у повсякденному житті.	6	
	Лабораторна робота 13. Поєднання оптоволокна та лазерного випромінювання для створення логотипів	2	
	Самостійна робота (індивідуальна). Розробка власної установки на основі лазерного випромінювання	10	
	Самостійна робота Голографічний кінотеатр. 3-вимірний цифровий віртуальний реальності. Системи автоматизації виробництва. Лазерне шоу. Історія та принцип дії лазерного шоу. Майбутнє лазерного шоу. 3d mapping та програми для нього.	14	
Разом за семестр		120	
Разом за сдисципліною		240	

4 Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Семестр 7

Поточне оцінювання та самостійна робота								МК (тестовий)	Екзамен	Сума
T1	T2	T3	ІЗ Презентація	ПК	T4	T5	T6			
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

Семестр 8

Поточне оцінювання та самостійна робота					МК (тестовий)	Екзамен	Сума
T7	T8	T9	T10	T11			
10	20	10	20	20	10	10	100

Розподіл балів з дисципліни

Семестр 7

Види робіт, що оцінюються в балах	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Усього
Виконання і захист лабораторних робіт	10	10	10	10	10	10	60
Індивідуальні завдання (презентації)	10			10			20
Поточний контроль (тестовий) (ПК)	10			-			10
Модульний контроль (тестовий)	-			10			10
Всього з дисципліни							100

Розподіл балів з дисципліни

Семестр 8

Види робіт, що оцінюються в балах	T7	T8	T9	T10	T11	Усього
Виконання і захист лабораторних робіт	-	20	-	20	20	60
Оцінювання практичних робіт	10	-	10	-	-	20
Модульний контроль (тестовий)	-			10		10
Екзамен	10					10
Всього з дисципліни						100

Критерії оцінювання лабораторних робіт

Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу переводиться відповідно до кількості лабораторних робіт в даній темі. Наприклад, якщо тема 2 включає 2 лабораторні роботи, то максимальний бал за кожну буде по 5 балів. Критерії оцінювання кожної лабораторної роботи наведені в таблиці.

Оцінка (%)	Критерії оцінювання виконання та захисту лабораторних робіт
90-100	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав в повному обсязі всі необхідні вимірювання та розрахунки та зміг правильно інтерпретувати отримані результати та зробити висновки. Під час захисту лабораторних робіт демонструє повне володіння навчальним матеріалом, вільно користується спеціальною термінологією, вміє аргументувати кожну відповідь. Швидко аналізує та знаходить відповіді на нестандартні питання, не допускаючи при цьому помилок.

75-89	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав всі необхідні вимірювання, правильно порахував потрібні величини та похибки, зміг пояснити отримані результати та зробити висновки. Під час захисту лабораторних робіт демонструє повне володіння навчальним матеріалом, користується термінологією, розкриває основний зміст процесів та явищ. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються незначні помилки при відповідях на поставлені питання.
61-74	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав всі необхідні вимірювання, правильно порахував потрібні величини та похибки, зміг пояснити отримані результати та зробити висновки. Під час захисту лабораторних робіт висвітлює лише основний зміст процесів та явищ, демонструє елементарні знання окремих положень, проте не здатний швидко орієнтуватися в спеціальній термінології, допускає істотні неточності та помилки при відповідях на поставлені питання, володіє лише обов'язковим мінімумом фізичних знань.
50-60	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав всі необхідні вимірювання, правильно порахував потрібні величини та похибки, але не зміг інтерпретувати результати розрахунків. При захисті теоретичного матеріалу демонструє досить поверхневі знання, не може своєчасно знайти відповідь на поставлене питання, не володіє термінологією.
1-49	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав лабораторні вимірювання, але не зміг правильно порахувати результати та похибки вимірювань, не надав правильні відповіді на контрольні питання, отже володіє навчальним матеріалом не у достатньому обсязі, а лише фрагментарно, а в окремих випадках – не розуміє матеріалу поточної теми.

Оцінювання ІЗ здійснюється за 10-бальною шкалою.

Бали	Критерії оцінювання при виконанні презентації
9-10	оцінюється робота здобувача вищої освіти, якщо вона містить оригінальні дослідницькі матеріали з авторським внеском; звіт написаний згідно вимогам; ідея роботи відповідає поставленій задачі, аргументовано і повно виконано всі завдання, продемонстровано глибокі, узагальнені знання і розуміння вивченого матеріалу.

7-8	оцінюється робота здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита повно; ідея проєкта є оригінальною, але частково використані відомі технології; аргументовано всі результати, продемонстровано узагальнені знання і розуміння вивченого матеріалу.
4-6	оцінюється робота здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита недостатньо повно; оригінальність проєкту є лише частковою, в звіті припущено незначну кількість помилок; недостатньо послідовно виконано завдання, продемонстровано знання і розуміння вивченого матеріалу.
1-3	Оцінюється робота здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита частково; звіт містить значну кількість помилок; авторський внесок складає менше 10%; недостатньо послідовно і з неточностями виконано завдання, продемонстровано недостатні знання і засвоєння вивченого матеріалу.
0	оцінюється робота здобувача вищої освіти, якщо він не виконав завдання роботи.

Критерії оцінювання модульного контролю

Оцінювання модульного контролю здійснюється за 10-бальною шкалою у вигляді тесту у Модульному середовищі освітнього процесу КНУТД (МСОП КНУТД). Кількість балів за кожну правильну відповідь залежить від складності питань і вказується при проходженні тесту

Критерії оцінювання екзамену

Екзамен включає в себе теоретичні питання та розрахункові задачі: 5 питань по 2 бали за кожне. Мінімальна оцінка на екзамені не може бути меншою за 6 балів.

Відповідність шкал оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Оцінка за національною шкалою для екзамену, КП, КР /заліку	Оцінка в балах	Оцінка за шкалою ECTS	Пояснення
Відмінно/зараховано	90-100	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
Добре/зараховано	82-89	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
	74-81	C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
Задовільно/зараховано	64-73	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
	60-63	E	Достатньо (виконання відповідає мінімальним критеріям)

Незадовільно/ не зараховано	35-59	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
	0-34	F	Незадовільно (з обов’язковим повторним вивченням дисципліни)

5. Політика курсу:

- 5.1. Відвідування занять є обов'язковим, як важлива складова освітнього процесу.
- 5.2. Пропущені заняття (з поважних причин / без поважних причин) мають бути відпрацьованими в позааудиторний час.
- 5.3. За кожну виконану контрольну, індивідуальну роботу, поточний (теоретичний) контроль, тест і активність на занятті отримується кількість балів, відповідно до таблиці розподілу балів. Для отримання позитивної оцінки необхідно отримати не менше 60 відсотків від максимальної кількості балів для кожного виду робіт.
- 5.4. Списування під час контрольних робіт, індивідуальних завдань та екзаменів заборонено (в т. ч. із використанням мобільних пристроїв).
- 5.5. Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час виконання розрахунків практичних завдань.
- 5.6. При виявленні плагіату робота не оцінюється, а виконується повторно зі зміною завдань.
- 5.7. Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконаними у встановлений термін. В разі несвоєчасного виконання роботи без поважних причин, бали будуть пониженими пропорційно часу запізнення.
- 5.8. Перенесення терміну здачі роботи/перездача з поважних причин (лікарняний, академічна мобільність тощо) не впливатиме на оцінку.
- 5.9. Незадовільні оцінки, отримані студентом протягом семестру мають бути перескладеними за тиждень до складання підсумкового контролю.
- 5.10. Студент має можливість зарахувати оцінку підсумкового контролю і не складати екзамен або підвищити підсумкові бали за семестр на екзамені.
- 5.11. За наукову роботу та участь в олімпіадах студенти отримують додаткові бали.
- 5.12. Допускається визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті.
- 5.15. Обов'язковим є дотримання академічної доброчесності студентами, а саме:
 - самостійне виконання всіх видів робіт, завдань, форм контролю, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни «Передові лазерні технології»;
 - посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
 - дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
 - надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.
- 5.14. Будь-які конфліктні ситуації між студентом та викладачем (академічна недоброчесність, упереджене ставлення, сексуальне домагання, тощо) вирішуються на засіданні комісії, яка складається з викладача, завідувача кафедри, представника студентського самоврядування та куратора.

6 Методичне забезпечення

3. Передові лазерні технології Методичні вказівки до лабораторної роботи для студентів всіх форм навчання: / І.В.Олейнікова, Волох Л.В., Теслик М.В., КНУТД, 2024,

10 Рекомендована література

Основна

1. Лазерні технології: практикум механіки [[Електронний ресурс](#)]; навчальний посібник / Г.С. Тимчик, Г.В. Богатирьова, М.С. Мамута - Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2022 — 124 с.
2. Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Лазерна поверхнева обробка матеріалів / Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 100 с.
3. . Яценко А. С. Використання оптоволокна як складової загального зовнішнього освітлення для створення максимального рівня енергоефективності / А. С. Яценко, І. В. Олейнікова // Технології та інжиніринг. - 2021. - № 2. - С. 40-47 [DOI:10.30857/2786-5371.2021.2.4](https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.2.4)

4. 9Дзікевич А. В. Розробка автономного енергоефективного комплексу освітлення пішохідного переходу/ А. В. Дзікевич, М. С. Іванова, І. В. Олейнікова // Технології та інжиніринг. - 2022. - № 6 (11). - С. 9-19. DOI: 10.30857/2786-5371.2022.6.1
5. Бобицький Я. В., Матвіїшин Г.Л. Лазерні технології. Частина 1 Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 320 с.
6. Sanichiro Yoshida Fundamentals of Optical Waves and Lasers, Publisher Springer Cham, 2023, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-18188-7>
7. Бобицький Ярослав, Матвіїшин Галина Лазерні технології. Частина 2 Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 69 с.
8. Гаращук Віталій Основи фізики лазерів / Навчальний посібник: 2012, м'яка обкл., 344 с.

Додаткова

9. Авіаційне лазерне сканування: навч. посібник / А.В.Бабушка, Х.В.Бурштинська. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. - 116 с.
10. Афанасьєва О. В. Нові технології лазерної поверхневої обробки / О. В. Афанасьєва, Н. О. Лалазарова, О. Г. Попова //Авіаційно-космічна техніка і технологія: Сб. научн. трудов.-Харьков, Национальн. Аэрокосмич. ун-т им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», 2021, № 2 (170), С. 59-65.
11. Пупань Л. І. Лазерні технології у машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. –109с.
12. Laser Material Processing William M. Steen, Jyotirmoy Mazumder, Steen, William M., Mazumder, Jyotirmoy, Springer, London, September 2010, DOI 10.1007/978-1-84996-062-5

Інтернет-ресурси

13. Основи лазерного 3D-друку: [Введення в адитивне виробництво](https://additive.com.ua/royal-resin/)
14. Застосування 3D-друку в медицині: [Лазерна технологія в медицині](#)
15. МСОП КНУТД. Режим доступу <http://msnp.knutd.edu.ua>

ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО

Протокол засідання кафедри від “ ____ ” _____ 20__ р. № ____

Завідувач кафедри _____
(підпис)

ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО

Протокол засідання кафедри від “ ____ ” _____ 20__ р. № ____

Завідувач кафедри _____
(підпис)