

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Фізико-технічний факультет

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лазерні технології

Освітня програма Компютерна фізика

Спеціальність 104 Фізика і астрономія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “28” серпня 2021 р.

м. Івано-Франківськ - 2021

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Лазерні технології
Викладач (-і)	доктор фізико-математичних наук, професор Будзуляк Іван Михайлович
Контактний телефон викладача	Роб. 0342596185, Моб. 0973704165
E-mail викладача	ivan-budzulyak@ukr.net
Формат дисципліни	семестровий
Обсяг дисципліни	90 годин (3 кредити)
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	щотижня
2. Анотація до курсу	
<p>Курс «Лазерні технології» створена для студентів освітньою програмою «Компютерна фізика». Курс розроблено таким чином, щоб поглибити знання студентів в галузі фізики лазерів і лазерних технологій; поглиблено вивчити фізичні основи функціонування оптичних квантових генераторів та вплив потужного лазерного опромінення на структуру та поведінку домішок і дефектів матеріалів електронної техніки; набуття досвіду використання теоретичних методів опису властивостей матеріалів. Глобальні завдання дисципліни полягають у з'ясуванні фундаментальних понять, законів і теорій, що відносяться до фізики лазерів і лазерних технологій та методів фізичних досліджень фізики лазерів і лазерних технологій.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Мета. Ознайомити студентів з фізичними основами роботи оптичних квантових генераторів (ОКГ), акцентувати їх увагу на чисто квантовій природі підсилення випромінювання. Пояснити принципи роботи твердотільних, рідинних і газових ОКГ, роботу лазерів в режимах вільної генерації, модульованої добротності, синхронізації мод. Ознайомити з основними закономірностями взаємодії потужного лазерного випромінювання з металами, напівпровідниками і діелектриками, теплової і атермічної моделі взаємодії, можливості лазерного випромінювання в плані зміни властивостей матеріалів, створення умов для самоорганізації в опромінюваних системах.</p> <p>Завдання полягають у: набутті студентами знань із квантової електроніки, необхідних для розуміння принципу дії оптичних квантових генераторів; ознайомленні з конструктивними особливостями будови лазерів, що працюють на різних активних середовищах; отриманні знань про незворотні процеси, що відбуваються у твердих тілах внаслідок дії потужного лазерного опромінення.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні поняття і терміни; фізичні основи підсилення оптичного випромінювання; принципи роботи ОКГ; режими роботи ОКГ; механізми взаємодії лазерного випромінювання з металами, напівпровідниками, діелектриками; стан і поведінку домішок і дефектів в кристалах; лазерний відпал іонно-імплантованих шарів.</p> <p>А також вміти: визначити довжину хвилі випромінювання за енергетичною схемою; вибрати режими і умови опромінення при модифікації властивостей матеріалів; оцінити розподіл температури і тепла в матеріалі, що піддається лазерному опроміненню; застосувати отримані знання при роботі з лазерами.</p>	
4. Результати навчання (компетентності)	
<p>Інтегральна компетентність Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов</p>	
<p>Загальні компетентності</p> <p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. K02. Здатність застосовувати знання у практичній ситуаціях. K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. K04. Здатність бути критичним і самокритичним. K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення. K06. Навички міжособистісної взаємодії. K07. Навички здійснення безпечної діяльності. K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища. K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою. K14. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.</p>	

K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

K16. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, вміння застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури;

K17. Здатність до пошуку, опрацювання та узагальнення професійної та науково-технічної інформації, робити усні та письмові звіти, популяризувати сучасні фізичні концепції серед нефахівців.

Спеціальні (фахові) компетентності

K18. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

K19. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

K20. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K21. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K22. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

K23. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

K24. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

K25. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

K26. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K27. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K28. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K29. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

K30. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

K31. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

K32. Здатність застосовувати основні фізичні теорії і методи теоретичної фізики для опису фізичних законів і конкретних фізичних явищ.

K33. Здатність застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури.

K34. Здатність сучасних уявлень про основні теоретичні чи експериментальні методи проведення наукового дослідження фізичних об'єктів та технологічного процесу їхнього створення.

K35. Здатність визначати оптимальні умови виконання експерименту для досягнення поставленої фізичної мети і формулювати технічні вимоги до компонентів експериментальної методики

K36. Здатність приймати участь в розробці нових методів і методичних підходів в науково-інноваційних дослідженнях та інженерно-технологічній діяльності.

K37. Здатність використовувати знання іноземної мови для вивчення наукової фізичної літератури та у професійному спілкуванні з іноземними колегами.

Очікувані програмні результати навчання

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.

ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПР13. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.

ПР17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.

Обсяг курсу					
Вид заняття			Загальна кількість годин		
лекції			40		
практичні / лабораторні			24/26		
самостійна робота			180		
Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)		Нормативний / вибірковий	
5-й, 6-й	104, Фізика і астрономія	III-й		вибірковий	
Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1, 2.					
Фізика лазерів					
Тема 1. Вступ. Основи квантової електроніки. Поглинання і випромінювання світла квантовими системами. Спонтанне, безвипромінювальне та індуковане випромінювання. Коефіцієнти Ейнштейна. Ширина лінії випромінювання. Природна ширина лінії. Розширення лінії внаслідок зіткнень. Розширення лінії внаслідок ефекту Доплера. Коефіцієнт підсилення і параметр насичення активного середовища. Середовище з інверсною заселеністю. Способи отримання інверсної заселеності середовища.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Тема 2. Квантові підсилювачі. Резонатори. Види резонаторів. Оптичні квантові генератори.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Тема 3. Класифікація лазерів за активною речовиною, часовими та енергетичними характеристиками. Газові, рідинні та твердотільні лазери. Імпульсні і неперервні лазери. Будова та основні елементи оптичних квантових генераторів (ОКГ). Генератори на рубіні, склі, легованому неодимом, ітрій-алюмінієвому гранаті, гелій-неонові лазери, лазери на барвниках. Ексімерні лазери. Вільна генерація. Модульована добротність. Синхронізація мод.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Тема 4. Прилади	Лекція/	згідно списку	опрацювання	5	згідно розкладу

управління випромінюванням ОКГ. Модулятори світла. Електрооптичні та акустооптичні модулятори.	практична	літератури	лекційного матеріалу, 2/2		
Тема 5. Приймачі лазерного випромінювання. Фотоемісійні приймачі. Фотодіоди. Фоторезистори. Вимірювачі потужності.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Змістовий модуль 3, 4. Лазерні технології					
Тема 6. Вступ. Технологічні лазери – ефективний інструмент для модифікації властивостей матеріалів. Переваги лазерних технологій при отриманні та модифікації матеріалів для електродної техніки.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Тема 7. Нелінійно оптичні явища. Джерела нелінійності. Незворотні процеси, що відбуваються у матеріалах при їх опроміненні технологічними лазерами.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Тема 8. Лазерно-стимульовані перетворення у металах. Поглинання лазерного випромінювання металами.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу
Тема 9. Лазерно-стимульовані перетворення у напівпровідниках. Поглинання лазерного випромінювання напівпровідниками і діелектриками. Лазерний відпал іонно-імплантованих шарів. Просторовий перерозподіл іонно-імплантованих домішок. Вплив лазерного опромінення на перерозподіл домішок в монокристалах. Структурні перетворення в лазерно опромінених кристалах. Лазерне гетерування неконтрольованих домішок. Стимуляція інтеркаляційних процесів лазерним випромінюванням. Використання лазерів для самоорганізації речовини.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	5	згідно розкладу

<p>Тема 10. Лазерно-стимульоване перетворення в системі домішок і дефектів в ферит-гранатових плівках. Просторовий перерозподіл дефектів у ферит-гранатових плівках, спричинений дією лазерного опромінення. Особливості фізико-хімічних властивостей ферит-гранатових плівок. Вплив лазерного опромінення на структурну досконалість та поведінку дефектів у ферит-гранатових плівках. Характеристики лазерно опромінених ферит-гранатових плівок. Модифікація властивостей ферит-гранатових плівок з допомогою лазерного опромінення. Генезис структури в ферит-гранатових плівок, обумовлений дією лазерного опромінення.</p>	<p>Лекція/ практична/ лабораторна</p>	<p>згідно списку літератури</p>	<p>опрацювання лекційного матеріалу, 6/2/8</p>	<p>5</p>	<p>згідно розкладу</p>
<p>Тема 11. Лазерно-інтеркаляційні процеси в низькорозмірних структурах. Стимуляція інтеркаляційних процесів потужним лазерним випроміненням в GaSe і InSe. Лазерний вплив на “гостьові” позиції тальку. Лазерно-інтеркаляційні процеси в графіті. Термодинаміка і кінетика лазерно-опромінених наноккомпозитів SiO₂ + C.</p>	<p>Лекція/ практична/ лабораторна</p>	<p>згідно списку літератури</p>	<p>опрацювання лекційного матеріалу, 6/2/8</p>	<p>5</p>	<p>згідно розкладу</p>
<p>Тема 12. Лазерна модифікація активованого вуглецю. Модельне представлення впливу лазерного випромінювання на порошкоподібний ПВМ. Вплив параметрів лазерного опромінення на електрохімічні властивості ПВМ. Зміна фрактальної структури внаслідок дії імпульсного лазерного опромінення. Мікросондові дослідження поверхні ПВМ. Структурні зміни енерге-</p>	<p>Лекція/ практична/ лабораторна</p>	<p>згідно списку літератури</p>	<p>опрацювання лекційного матеріалу, 10/2/10</p>	<p>5</p>	<p>згідно розкладу</p>

<p>тичного стану електронної підсистеми ПВМ, ініційовані лазерним опроміненням. Дослідження впливу лазерного випромінювання ПВМ, легованого марганцем, на його поведінку в електроліті. Лазерне опромінення ПВМ, легованого Ег та Сг.</p>					
Підсумковий контроль (екзамен)				40	
6. Система оцінювання курсу					
<p>Загальна система оцінювання курсу</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Практичні заняття: 25% семестрової оцінки; • Лабораторні роботи: 25% семестрової оцінки; • Реферати: 10% семестрової оцінки; • Іспит: 40% семестрової оцінки <p>Перевірка набутих знань, навичок і умінь здійснюється за допомогою опитування студентів на практичних та лабораторних заняттях, захисті індивідуальних завдань, іспиті.</p> <p>Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані студентами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.</p> <p>Модульний контроль (сума балів за окремий змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.</p> <p>Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, вміння публічно чи письмово подати певний матеріал.</p> <p>Семестровий (підсумковий) контроль проводиться у формі екзамену.</p> <p>Екзамен – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння студентом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>				
<p>Вимоги до письмової роботи</p>	<p>Підсумкова письмова робота виконується у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді. Кількість тестових завдань – 100.</p>				
<p>Семінарські заняття</p>	<p>Перевірка набутих знань, навичок і умінь здійснюється за допомогою опитування аспірантів на практичних заняттях, захисті індивідуальних завдань.</p>				
<p>Умови допуску до підсумкового контролю</p>	<p>Позитивні оцінки з поточного контролю знань за змістовними модулями (оцінювання роботи студента під час практичних занять; поточне тестування після вивчення розділу; реферат)</p> <p>Студент допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Студент не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів.</p>				
7. Політика курсу					
<p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на практичних заняттях, поточному тестуванні, самостійній роботі (реферати, презентації). При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття;</p>					

користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Вимоги викладача. Кожен викладач ставить студентам систему вимог та правил поведінки студентів на заняттях, доводить до їх відома методичні рекомендації щодо виконання контрольних робіт, тестових завдань. Все це гарантує високу ефективність навчального процесу і є обов'язковою для студентів.

Політика курсу:

- не запізнюватися та не пропускати заняття;
- добросовісно готуватися до практичних та виконання лабораторних робіт;
- відпрацьовувати практичні та лабораторні заняття, пропущені з поважних причин
- самостійно працювати з рекомендованою та допоміжною літературою.

Норми академічної етики мають повністю відповідати Кодексу честі ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», який Ухвалений Конференцією трудового колективу ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» 29 грудня 2015 року (зі змінами від 29 листопада 2017 року, протокол засідання Вченої ради ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» №11).

Різні конфліктні ситуації відкрито обговорюються у групі, безпосередньо, з викладачем або едвайзером чи співробітниками деканату.

8. Рекомендована література

Базова

1. Основи фізики лазерів : навч. посіб. / В. П. Гаращук.– К. : Унів. вид-во Пульсари, 2012.– 344 с.
2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электрике. – М.: Наука, 1983. – 320 с.
3. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. – М.: Совет. Радио, 1976. – 368 с.
4. У. Дьюли. Лазерная технология и анализ материалов. – М.: Мир, 1986. – 503 с.
5. Арутюнян Р.В., Баранов В.Ю., Большов Л.А. и др. Воздействие лазерного излучения на материалы. – М.: Наука, 1989.
6. Прохоров А.М, Конов В.И., Урсу И., Михайлеску И.Н. Взаимодействие лазерного излучения с металлами. – М.: Наука, 1988.
7. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Наука, 1987.
8. Двуреченский А.В., Г.А. Качурин. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов. – М.: Наука, 1982. – 208 с.
9. Григоруку В. І., Коротков П. А. Експериментальна лазерна фізика. – Віпол, 2004. – 300с.
10. Н.Н.Рыкалин, А.А.Углов, И.В.Зуев, А.Н.Кокора. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. – М.:Машиностроение, 1985. – 496 с.
11. А.Г.Григорьянц. Основы лазерной обработки материалов. – М.:Машиностроение, 1989.

Допоміжна

1. А. Байдулаева, А.И. Власенко, П.Е. Мозоль, А.Б. Смирнов. Состояние поверхности поликристаллических слоев CdTe, облученных импульсным лазерным излучением // ФТП. – 2001. – Т. 35, Вып. 6. – С. 745–749.
1. М.Ф. Колдунов, А.А. Маненков, И.Л. Покотыло. Взаимосвязь характеристик лазерного разрушения и статистической теории //Кванты. Электроника. – 2000. – Т. 30, № 7. – С. 592–597.

Викладач _____ Будзуляк І.М.