

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**КАРПАТСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Фізико-технічний факультет

Кафедра фізики та астрономії

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ ТОНКИХ ПЛІВОК

Рівень вищої освіти: **перший (бакалаврський)**

Освітня програма: **Фізика і астрономія**

Спеціальність: **Е4 Фізика і астрономія**

Галузь знань: **Е Природничі науки, математика та статистика**

Затверджено на засіданні кафедри
фізики та астрономії

Протокол № 1
від 28 серпня 2025 р.

м. Івано-Франківськ – 2025

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Фізика і технологія тонких плівок
Викладач (-і)	Яворський Ярослав Святославович
Контактний телефон викладача	+380961342498
Е-mail викладача	yaroslav.yavorskyi@cnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очний
Обсяг дисципліни	<u>3</u> кредити ЄКТС, <u>90</u> год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua
Консультації	Згідно з графіком консультацій
2. Анотація до навчальної дисципліни	
<p>Дисципліна “Фізика і технологія тонких плівок” є вибірковою дисципліною циклу дисциплін вільного вибору студентів і орієнтована на освоєння студентами принципів фізико-хімічних властивостей плівок та методики осадження тонких плівок і гетероструктур</p>	
3. Мета та цілі навчальної дисципліни	
<p>Метою вивчення дисципліни є формування у студентів знань, вмінь і навичок із фізичних основ тонкоплівкового матеріалознавства, технології осадження тонких плівок, впливу умов осадження на їх фізико-хімічні властивості. Даний курс має за основу навчити студентів різних методик осадження тонких плівок, впливу вакууму на властивості тонких плівок, кінетику росту плівок, основних технологічних параметрів системи.</p> <p>У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Освоїти поняття «тонкі плівки», фізико-хімічні властивості, сферу застосування і електрофізичні властивості; методики осадження тонких плівок; кінетики росту тонких плівок і наноструктур. <p>Після засвоєння матеріалу навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - параметри і характеристики установок вакуумного осадження; - фізичну суть процесів зародкоутворення тонких плівок; - механізми росту тонких плівок; 	

- вплив вакууму на структурну досконалість плівок;
- вплив дефектоутворень в структурі на електрофізичні властивості тонких плівок.

ВМІТИ:

- навчитись осаджувати тонкі плівки і гетероструктури з парової фази методом термічного напилення у відкритому вакуумі;
- визначати низький і високий вакуум;
- отримувати відтворювальні серії тонких плівок;
- визначати товщину плівок в процесі осадження;
- вимірювати електрофізичні властивості тонких плівок;
- отримувати і досліджувати тонкоплівкові сонячні елементи і термоелектричні перетворювачі.

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	16
семінарські заняття / практичні / лабораторні	14
самостійна робота	60

Ознаки навчальної дисципліни

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
1	104 Фізика та астрономія	4	вибірковий

Тематика навчальної дисципліни

Тема	кількість год.		
	лекції	заняття	сам. роб.
Тема 1. Вступ. Поняття про тонкі плівки. Методики осадження тонких плівок.	2	2	5
Тема 2. Основні параметри технологічного процесу осадження. Способи нагрівання мішені із випаровуванням матеріалом.	2	2	5
Тема 3. Процеси конденсації пари. Процеси зародкоутворення і механізми росту плівок. Вплив орієнтації підкладки.	2	2	5
Тема 4. Метод відкритого випаровування у вакуумі. Вакууметри. Дифузійний і форвакуумний	2	2	5

насос. Турбомолекулярні насоси.			
Тема 5. Метод лазерного імпульсного осадження. Потужність випромінювання.	2	2	10
Тема 6. Вимірювання електричних параметрів тонких плівок, коефіцієнт Зеебека, зняття вольт-амперних характеристик. Визначення термоелектричної добротності. Визначення точки максимальної потужності.	2	1	10
Тема 7. Структурні недосконалості у тонких плівках. Дефекти.	2	1	10
Тема 8. Дослідження морфології поверхні тонких плівок. Розміри кристалітів і шорсткість поверхні. Кристалографічна структура плівок.	2	2	10
ЗАГ.:	16	16	60
5. Система оцінювання навчальної дисципліни			
Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	<p>100 бальна 70 протягом семестру 30 на залік: 70 балів підсумовуються за виконанні завдання лабораторних робіт: На 30 балів – оцінюється виконання тестів у системі дистанційного навчання. Зараховано-“відмінно” – студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь та навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, наводить повний обґрунтований розв’язок прикладів та задач, аналізує причинно-наслідкові зв’язки; вільно володіє науковими термінами; Зараховано-“добре” – студент демонструє повні знання навчального матеріалу, але допускає незначні пропуски фактичного матеріалу, вміє застосувати його до розв’язання конкретних прикладів та задач, у деяких випадках нечітко формулює загалом правильні відповіді, допускає окремі несуттєві помилки та неточності розв’язках; Зараховано-“задовільно” – студент володіє більшою частиною фактичного матеріалу, але викладає його не досить послідовно і логічно, допускає істотні пропуски у відповіді, не завжди вміє правильно застосувати набуті знання до розв’язання конкретних прикладів та задач, нечітко, а інколи й невірно формулює основні твердження та причинно-наслідкові зв’язки; Незараховано – студент не володіє достатнім рівнем необхідних знань, умінь, навичок, науковими термінами</p>		
Вимоги до	Практичне заняття проводиться з метою формування у студентів умінь і навичок з предмету, вирішення		

письмових робіт	сформульованих завдань, їх перевірка та оцінювання.. За метою і структурою практичні заняття є ланцюжком, який пов'язує теоретичне навчання і навчальну практику з дисципліни, а також передбачає попередній контроль знань студентів. Оцінка за практичне заняття враховується при виставленні підсумкової оцінки з дисципліни
Семінарські заняття	–
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до підсумкового контролю за наявності результатів тестування по тематиці практичних занять, оцінювання роботи студента під час практичних занять, доповідь, реферат.
Підсумковий контроль	Форма контролю: залік; Форма здачі: комбінована

6. Політика навчальної дисципліни

Академічна доброчесність	<p>Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Кодекс честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. • Положення про Комісію з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. • Положення про запобігання академічному плагіату та інших видів академічної нечесності у навчальній та науково-дослідній роботі здобувачів освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника . • Положення про запобігання академічному плагіату у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника. • Склад комісії з питань етики та академічної доброчесності у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника. • Лист МОН України «До питання уникнення проблем і помилок у практиках забезпечення академічної доброчесності». <p>Ознайомитися з даними положеннями та документами</p>
--------------------------	--

	<p>можна за посиланням: https://pnu.edu.ua/положення-про-запобігання-плагіату/</p>
Пропуски занять (відпрацювання)	<p>Можливість і порядок відпрацювання пропущених здобувачем освіти занять регламентується «Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів освіти ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019)» (див. ст. 4).</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Виконання завдання пізніше встановленого терміну	<p>У разі виконання завдання здобувачем освіти пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання – «незадовільно», відповідно до «Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності студентів ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019)» (див. ст. 4-5).</p> <p>Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Невідповідна поведінка під час заняття	<p>Невідповідна поведінка під час заняття регламентується рядом положень про академічну доброчесність (див. вище) та може призвести до відрахування здобувача вищої освіти (студента) «за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого закладу освіти», відповідно до п.14 «Відрахування студентів» «Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти».</p> <p>Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Додаткові бали	<p>Додаткові бали до поточного контролю здобувач освіти може отримати, пройшовши навчальний курс у вигляді неформальної освіти з отриманням сертифікату в межах предмету вивчення дисципліни протягом навчального семестру, взявши участь у науковому, освітньому чи прикладному проекті, який відповідає</p>

	<p>предмету дисципліни:</p> <p><i>2 бали</i> – нараховується здобувачам освіти, які пройшли навчальний курс у вигляді неформальної освіти з отриманням сертифікату в межах предмету вивчення дисципліни протягом навчального семестру.</p> <p><i>2 бали</i> – нараховується здобувачам освіти, які взяли участь у науковому, освітньому чи прикладному проєкті, який відповідає предмету дисципліни.</p> <p><i>1 бал</i> – нараховується здобувачам освіти, які підготували дайджест на певну тематику в межах вивчення дисципліни.</p> <p>Додаткові бали присуджуються у рамках «Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності студентів ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019) (див. ст. 4).</p> <p>Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Неформальна освіта	<p>Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується «Положенням про порядок зарахування результатів неформальної освіти у ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №819 від 29.11.2019) Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
7. Рекомендована література	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Прокопів В. В. Фізика і технологія тонких плівок : навчальний посібник. У 2-х т. – Т. 1. Технологія тонких плівок / Володимир Васильович Прокопів. – Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2010. – 96 с. 2. Прокопів В. В. Фізика і технологія тонких плівок : навчальний посібник. У 2-х т. Т. 2. Фізика тонких плівок / Володимир Васильович Прокопів. – Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2010. – 84 с. 3. Фізичні основи електронної техніки: підручник / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лук'янець, З.М. Микитюк, І.В. За ред. Готри З.Ю. Львів: Бескид Біт, 2004. – 880 с. 	

4. Фізика процесів у напівпровідниках та елементах електроніки : курс лекцій : [навчальний посібник] / [Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, З. Ю. Готра та ін. ; за заг. ред. Д. М. Фреїка]. – ІваноФранківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 263 с.
5. Минайчев В.Е. Вакуумное оборудование для нанесения пленок. М., 1978.
6. Козярьський І. П. Фотоелектроніка та оптоелектронні прилади : навчальний посібник. – Чернівці : Рута, 2019. – 136 с.
7. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання. Книга перша [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. О. Чадюк ; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 398 с.
8. Напівпровідникова фотоелектроніка : навч. посіб. / В. П. Савчин, І. І. Іжнін, М. М. Ваків ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 727 с.
9. М.М. Солован, А.І. Мостовий. Тонкоплівкова електроніка. / укл.: Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2021. 128 с. 129 ст.
Пономаренко В. П., Филачев А. М. Инфракрасная техника и электронная оптика. Становление научных направлений. 1946-2016. Физматкнига, 2016. – 448 с.

Викладач _____ Яворський Я.С.