

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



Факультет/інститут **фізико-технічний**

Кафедра **фізики і хімії твердого тіла**

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ ТОНКИХ ПЛІВОК**

Рівень вищої освіти – **третій (освітньо-науковий)**

Освітня програма **Фізика та астрономія**

Спеціальність **104 Фізика та астрономія**

Галузь знань **10 Природничі науки**

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “29” серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023 р.

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Фізика і технологія тонких плівок
Викладач (і)	Доктор філософії, доцент кафедри фізики і хімії твердого тіла Яворський Ростислав Святославович
Контактний телефон викладача	59-60-82
E-mail викладача	<a href="mailto:r.yavorskyi@pnu.edu.ua">r.yavorskyi@pnu.edu.ua</a>
Формат дисципліни	Очний
Обсяг дисципліни	3 кредити ЄКТС, 90 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
Консультації	Щотижня у 111 лаб.

## 2. Анотація до навчальної дисципліни

Предметом вивчення навчальної дисципліни є орієнтована на освоєння аспірантами принципів фізико-хімічних властивостей плівок та методики осадження тонких плівок і гетероструктур.

## 3. Мета та цілі навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у аспірантів 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 аспірантів різних методик осадження тонких плівок, впливу вакууму на властивості тонких плівок, кінетику росту плівок, основних технологічних параметрів системи.

– Основними цілями вивчення дисципліни є Освоїти поняття «тонкі плівки», фізико-хімічні властивості, сферу застосування і електрофізичні властивості; методики осадження тонких плівок; кінетики росту тонких плівок і наноструктур.

Після засвоєння матеріалу навчальної дисципліни студент повинен знати:

- 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.

#### **4. Програмні компетентності та результати навчання**

##### **Загальні компетентності:**

ЗК 01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК05. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій

ЗК06. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

##### **Фахові компетентності:**

ФК01. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.

ФК02. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

ФК03. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження

ФК05. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК06. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

#### **5. Організація навчання**

Обсяг навчальної дисципліни	
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
3-й	104 Фізика та астрономія	2-й	Вибірковий

Тематика навчальної дисципліни			
Тема	кількість год.		
	лекції	заняття	сам. роб
Тема 1. Вступ. Поняття про тонкі плівки. Методи осадження тонких плівок.	2		7
Тема 2. Основні параметри технологічного процесу осадження. Способи нагрівання мішені із випаровуваним матеріалом	2	2	8
Тема 3. Процеси конденсації пари. Процеси зародкоутворення і механізми росту плівок. Вплив орієнтації підкладки.	2	2	7
Тема 4. Метод відкритого випаровування у вакуумі. Вакууметри. Дифузійний і форвакуумний насос. Турбомолекулярні насоси.	2	2	7
Тема 5. Метод лазерного імпульсного осадження. Потужність випромінювання.	2	2	8
Тема 6. Вимірювання електричних параметрів тонких плівок, коефіцієнт Зеєбека, зняття вольт-амперних характеристик. Визначення термоелектричної добротності. Визначення точки максимальної потужності.	2	2	8
Тема 7. Структурні недосконалості у тонких плівках. Дефекти.	2	2	7
Тема 8. Дослідження морфології поверхні тонких плівок. Розміри кристалітів і шорсткість поверхні. Кристалографічна структура плівок.	2	2	8
ЗАГ.:	16	14	60

## 6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	Усне опитування, тести, реферат, доповіді, презентації конспект, залік. Участь у роботі впродовж семестру/залік -50/50. Результати складання семестрового контролю у вигляді заліків за 100-бальною шкалою Університету і переводяться у національну 2-бальну систему оцінювання («зараховано» чи «не зараховано») та відповідні оцінки ЄКТС.3 дисциплін, що завершуються заліком, поточна успішність становить 100 балів. Оцінка «зараховано» відповідає 50-100 балів; оцінка « не зараховано» відповідає 1-49 балам.
Вимоги до письмових робіт	-
Семінарські заняття	-
Умови допуску до підсумкового контролю	Аспірант допускається до підсумкового контролю за наявності результатів тестування по тематиці практичних занять, оцінювання роботи студента під час практичних занять, доповідь, реферат.
Підсумковий контроль	7 тестів на платформі дистанційного навчання, які сумуються і переводяться в 100-бальну шкалу.

## 7. Політика навчальної дисципліни

<p><b>Письмові роботи:</b> немає</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Аспірант зобов'язаний відвідувати заняття, брати активну участь у роботі та самостійно виконувати тестування до тем.</p> <p>Академічна доброчесність регулюється: <a href="#">Положенням про запобігання академічному плагіату та інших видів академічної нечесності у навчальній та науково-дослідній роботі студентів ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»</a></p> <p><b>Відвідування занять:</b> Студент повинен відвідувати всі лабораторні заняття. Пропуски лабораторних занять без поважних причин виключаються Лабораторні заняття, пропущені з поважних причин, повинні бути відпрацьовані у встановленому порядку</p> <p><b>Неформальна освіта:</b> Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується <a href="#">Положенням про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (Редакція 3) (введено в дію наказом ректора № 672 від 24.11.2022 р.)</a> <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні/документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні/документи/polozhenja/</a></p>
---

## 8. Рекомендована література

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]. – Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 263 с.
5. Козярський І. П. Фотоелектроніка та оптоелектронні прилади : навчальний посібник. – Чернівці : Рута, 2019. – 136 с.
6. 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.
7. Напівпровідникова фотоелектроніка : навч. посіб. / В. П. Савчин, І. І. Іжнін, М. М. Ваків ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 727 с.
8. М.М. Солован, А.І. Мостовий. Тонкоплівкова електроніка. / укл.: Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2021. 128 с. 129 ст.

Викладач

доцент кафедри фізики і  
хімії твердого тіла,  
Ростислав ЯВОРСЬКИЙ