



# Фізико-хімія поверхні

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (Наукові магістри)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>176 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наносистемна техніка</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин: лекцій – 36, практичних робіт – 18, СРС – 66)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i><a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a>, <a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: проф. Білоус А.Г., <a href="mailto:agbilous@ukr.net">agbilous@ukr.net</a>, <a href="mailto:a.bilous-me@i11.kpi.ua">a.bilous-me@i11.kpi.ua</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://meet.google.com/fye-pnmv-whr">https://meet.google.com/fye-pnmv-whr</a></i>
Код курсу	<i>ygxc6m</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Фізико-хімія поверхні» є складовою частиною підготовки студентів за спеціальністю «176 Мікро- та наносистемна техніка» і належить до циклу професійної підготовки.

Сучасний прогрес неможливий без розробки нових функціональних матеріалів і створення на їх основі різних елементів для мікро- та наносистемної техніки. В значній мірі науковий прогрес досліджень в області фізико-хімії поверхні визначає прогрес в тонкоплівковій електроніці, що в свою чергу впливає на науково-технічний рівень країни.

Мета навчальної дисципліни – надати студентам знання, які необхідні при розробці нових функціональних матеріалів, зокрема, плівок на основі напівпровідників, і їх використання в різних галузях науки і техніки. Такі матеріали мають велике значення при розробці елементів для мікро- та наносистемної техніки, сучасних систем зв'язку, радіолокації, спеціальної техніки.

Предметом навчальної дисципліни є дослідження процесів, які відбуваються на поверхні кристалічних матеріалів, що має визначальне значення при розробці напівпровідникових пліткових елементів, умови їх одержання, вплив різноманітних факторів на їх властивості.

Дисципліна формує у здобувачів вищої освіти такі загальні та фахові компетентності (згідно освітньо-наукової програми «Мікро- та наносистемна техніка»):

ЗК1 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК5 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ФК1 – Здатність ефективно використовувати складне контрольньо-вимірвальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів,

компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення;

ФК8 – Здатність планувати і виконувати теоретичні та експериментальні наукові дослідження у сфері мікро- та наносистемної техніки та з дотичних міждисциплінарних наукових напрямів;

ФК14 – Здатність створювати нові функціональні матеріали та прилади і системи мікро- та наносистемної техніки на їх основі.

Програмними результатами навчання є (освітньо-наукової програми «Мікро- та наносистемна техніка»):

ПРН1 – Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах;

ПРН3 – Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення;

ПРН4 – Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності;

ПРН7 – Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки;

ПРН8 – Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її;

ПРН9 – Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки;

ПРН19 – Моделювати процеси в мікроелектронних приладах та системах, аналізувати отримані дані та на їх основі прогнозувати параметри новітніх приладів та систем мікро- та наносистемної техніки, електронних біомедичних систем;

ПРН20 – Проводити проектування, випробування, експериментальні та теоретичні дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки, включаючи електронні біомедичні системи.

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

Результати навчання даної дисципліни використовуються для вивчення наступних дисциплін (постреквізити дисципліни): ПО8 Наукова робота за темою магістерської дисертації; ПО9 Науково-дослідна практика; ПО10 Виконання магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Енергетичний спектр електрона в обмеженому кристалі.

Тема 2. Об'ємний заряд біля поверхні напівпровідника. Теорія області просторового заряду. Вид області просторового заряду.

Тема 3. Природа і відмінності фізичної і хімічної сорбції.

Тема 4. Експериментальне дослідження вплив адсорбції молекул на роботу виходу і провідності. Визначення параметрів поверхневих рівнів.

Тема 5. Поверхнева рекомбінація. Експериментальні методи вимірювання швидкості поверхневої рекомбінації.

Тема 6. Суть окисно-відновного каталізу. Керування активністю напівпровідникового каталізатора.

Тема 7. Дослідження атомарно чистої поверхні напівпровідників. Стабілізація поверхні напівпровідникових приладів.

Тема 8. Природа поверхневих станів на поверхні напівпровідників. Вплив поверхні на роботу напівпровідникових приладів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література:

1. Г.П.Пека. Фізика поверхні напівпровідників. Ви-во Київського університету, 1967, 190г.
2. Под редакцією В.И.Ляшенко. Електронні явища на поверхні напівпровідників . Наукова думка. Київ. 1968. 400с.
3. Тереміленко К. В. Хімія функціональних матеріалів / К. В. Тереміленко, І. О. Гуральський. – Київ: Ліра-К, 2022. – 110 с. – (Київський національний університет імені Тараса Шевченка).
4. Корнілович Б. Ю. Фізико–хімія сучасних неорганічних матеріалів [Електронний ресурс] / Б. Ю. Корнілович, І. В. Пилипенко, І. А. Ковальчук // Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42130/1/Neorh\\_material.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42130/1/Neorh_material.pdf).

##### Додаткові матеріали та ресурси:

- 1.Речовина в інтерфазі. Фізична хімія тонких плівок: навчальний посібник / – Львів: ЛНУ, 2005. – 226 с.
- 2.С. Афтандіянц Є. Г. Матеріалознавство: підручник / Є. Г. Афтандіянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. — Херсон: ОЛДІ-плюс; К.: Ліра-К, 2013. — 612 с.
- 3.Fahlman B. D. Materials Chemistry. Second Edition / Bradley D. Fahlman. – New York: Springer, 2011. – 749 с.
- 4.Callister W. D. Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition / W. D. Callister, D. G. Rethwisch. – Hoboken, NJ: Wiley, 2018. – 975 с.

### Навчальний контент

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

##### Теми лекційних занять:

№ з/п	Тема лекції
1	Тема 1. Елементи зонної теорії твердих тіл.
2	Тема 2. Температурна залежність електропровідності напівпровідників.
3	Тема 3. Ефект Холла. Ефект Зеєбека.
4	Тема 4. Внутрішній фотоефект в однорідних напівпровідниках.
5	Контрольна робота 1 .
6	Тема 5. Статистика Фермі -Дірака і Бозе-Ейнштейна. Рівень Фермі.
7	Тема 6. Енергетичний спектр електрона в кристалі.
8	Тема 7. Поверхневі стани напівпровідника.
9	Тема 8. Об'ємний заряд у приповерхневому шарі напівпровідника
10	Тема 9. Концентрація надлишкових носіїв заряду в області просторового заряду. Поверхнева провідність.
11	Контрольна робота 2 .
12	Тема 10. Адсорбція молекул як метод зміни поверхневого потенціалу
13	Тема 11. Ефект поля в напівпровідниках

14	<i>Тема 12. Рекомбінація нерівноважних носіїв заряду. Типи і механізми рекомбінації</i>
15	<i>Тема 13. Методи отримання атомарно чистої поверхні напівпровідника</i>
16	<i>Тема 14. Фізичні властивості атомарно чистої поверхні напівпровідника.</i>
21	<i>Вплив поверхні на роботу напівпровідникових приладів.</i>
22	<i>Контрольна робота 3</i>

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	<i>Підготовка до виконання контрольних робіт (по 4 години на кожну роботу)</i>	12
2	<i>Робота над темою «Вступ в фізику напівпровідників: елементи зонної теорії твердих тіл; температурна залежність електропровідності напівпровідників; ефект Холла, ефект Зеебека; внутрішній фотоефект в однорідних напівпровідниках.</i>	5
3	<i>Робота над темами: «Енергетичний спектр електрона в кристалі. Поверхневі стани напівпровідника. Об'ємний заряд у приповерхневому шарі напівпровідника. Концентрація надлишкових носіїв заряду в області просторового заряду. Поверхнева провідність.»</i>	5
4	<i>Робота над темами: «Адсорбція молекул як метод зміни поверхневого потенціалу. Ефект поля в напівпровідниках. Рекомбінація нерівноважних носіїв заряду. Типи і механізми рекомбінації. Методи отримання атомарно чистої поверхні напівпровідника. Фізичні властивості атомарно чистої поверхні напівпровідника. Вплив поверхні на роботу напівпровідникових приладів.»</i>	6
5	<i>Реферат</i>	8
6	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
<i>Всього</i>		<i>66</i>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

*Відвідування всіх видів занять є обов'язковим.*

*Виконання всіх контрольних робіт (3 контрольні) і написання реферату на тему, яка попередньо узгоджується є обов'язковою умовою допуску до заліку. Реферат має бути захищений. На захист має бути пред'явлений текст Реферату, оформлений згідно вимогам університету, тобто має містити титульний аркуш, мету, яку необхідно розкрити в рефераті, ілюстрації (за необхідністю). Процедура захисту Реферату складається з доповіді студента і відповідей на запитання викладача за темою роботи. За неправильні відповіді або неправильне оформлення роботи оцінка знижується згідно вимог РСО. За умови неправильної відповіді більш ніж на третину запитань захист не зараховується.*

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

*З метою контролю процесу засвоєння учбового матеріалу у курсі передбачена модульна контрольна робота, яка розділена на три частини. Оцінювання контрольної роботи здійснюється згідно рейтингової системи. За неправильні відповіді бали не зараховуються, за неточні або не повні відповіді бали знижуються.*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для успішного проходження першого календарного контролю: студент має набрати не менше 20% балів від максимального сумарного рейтингу протягом семестру. Для успішного проходження другого календарного контролю студент має набрати не менше 40% балів від максимального рейтингу.*

Семестровий контроль здійснюється у вигляді екзамену.

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну для позитивної оцінки кількість балів мають можливість:

- не складати екзамен, а отримати оцінку „автоматом” відповідно до набраного рейтингу з дисципліни;

- складати екзамен з метою підвищення оцінки.

У разі отримання на екзамені оцінки нижчої, ніж за рейтингом, за студентом не зберігається оцінка отримана „автоматом”.

Студенти, семестровий рейтинг яких відповідає оцінці „незадовільно”, зобов’язані складати екзамен.

Студенти, які за семестровим рейтингом не допущені до екзамену з цієї дисципліни, зобов’язані підвищити його до рівня не менше 60%.

Оцінка визначається за сумою набраних рейтингових балів відповідно до системи розрахунку шкали рейтингу.

Рейтинговий бал студента нараховується за наступними правилами:

1. Написання та захист реферату. Максимальна кількість балів  $1 \times 20 = 20$ .

2. Модульна контрольна робота. Розділена на три контрольні роботи. Максимальна кількість балів  $3 \times 10 = 30$ .

3. Успішна здача екзамену 50.

#### Система рейтингових (вагових) балів

№ п/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість	Макс. бал	Число балів на відмінно
1.	Оцінювані контрольні роботи: Виконання і захист	3	10	30
2.	Написання Реферату і його захист	1	20	20
3.	Успішна здача екзамену	1	50	50
4.	Рейтинг за курс, R			100

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. Білоус А.Г.

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол № 22 від 23.06.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/23 від 29.06.2023)