

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра _____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОСНОВИ ФІЗИКИ ПОВЕРХНІ та УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ
СЕРЕДОВИЩ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: _____ Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої _____
(назва освітньої програми)

Спеціальність: _____ 153 Мікро- та наносистемна техніка _____
(найменування спеціальності)

Галузь знань: _____ 15 Автоматизація та приладобудування _____
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: _____ магістр _____
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
_____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

Протокол № 1 від 17 серпня 2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	<u>ВК</u> Основи фізики поверхні та ультрадисперних середовищ Вибіркова навчальна дисципліна.
Рівень вищої освіти	другий (магістерський) рівень
Викладач	Погосов В.В., д-р фіз.-мат. наук, професор
Контактна інформація викладача	7646733, телефон викладача 0957717794, e-mail: vpogosov@zntu.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 195 годин кредитів – 6,5 кредитів ЄКТС, з яких 1,5 кредити ЄКТС – курсовий проєкт, а 5 кредитів ЄКТС – на вивчення дисципліни 28 годин лекційних, 28 годин практичних занять, 94 годин самостійна робота, 45 годин індивідуальна робота (курсний проєкт), вид контролю - екзамен
Консультації	Згідно з графіком консультацій https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни за освітнім ступенем бакалавра: Фізика твердого тіла, Квантова механіка, Статистична фізика, Фізика низькорозмірних систем, Фізика нанокластерів і тонких плівок. Постреквізити Методи діагностики та аналізу мікро- і наноприладів і пристроїв, Стажування (переддипломна практика), Магістерська робота.	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
Фізика поверхні та ультрадисперних середовищ – область науки, що вивчає поверхневі явища на межі поділу фаз, принаймні одна з яких є твердою; тіла, розмір яких лежить у діапазоні 1–100 нм, де фізичні і хімічні властивості тіл суттєво залежать від розміру; досліджує склад і структуру нанотіл. В цій дисципліні розглядаються склад і структура нанотіл, методи їх синтезу, процеси, що супроводжуються хімічними змінами, зв'язок властивостей речовин з будовою наночастинок, з яких вони створені. Ці властивості можна пояснити, спираючись на фізичні моделі: створення на основі високодисперсних твердих тіл нових матеріалів із наперед заданими властивостями, зокрема біологічно активних препаратів; вивчення закономірностей взаємодії поверхні твердого тіла з біологічними структурами та фізіологічно активними молекулами; хімічної будови та реакційної здатності поверхні твердих тіл; взаємодії випромінювання із нанодисперсними системами; взаємозв'язків між просторовою структурою, електронною будовою поверхні твердого тіла та його фізико-хімічними властивостями; самоорганізації в колективах нанокристалів. Вивчення навчальної дисципліни «Основи фізики поверхні та ультрадисперних середовищ» дозволить студенту здійснити концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент отримає загальні компетентності: ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні;	

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

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність),

фахові компетентності:

СК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення;

СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності;

СК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проєкти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проєкти.

Очікувані програмні результати навчання:

P4. 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.

P5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та наноелектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проєктів.

P6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проєктування.

P8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

P11. Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.

P12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки.

P19. Вміти проєктувати наноструктуровані покриття оптичних дисків для надщільного запису інформації.

4. Мета навчальної дисципліни

Підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли фундаментальні фізичні закономірності, які визначають поверхневі властивості кристалічних і некристалічних твердих тіл, тонких плівок та колективу ультрадисперсних частинок. Це дозволить майбутнім спеціалістам орієнтуватись та використовувати знання в різноманітних галузях техніки.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – знати основні принципи фізики поверхні; нанофізики; розмірні та топологічні залежності електро- і теплопровідності, резонансні і оптичні явища ультрадисперсних систем тощо; методи фізичних досліджень, зв'язки між окремими розділами науки і техніки; числові значення фізичних величин; основні фізичні моделі.

Практичні – сформулювати практичні навички самостійної роботи з літературою для пошуку інформації про окремі визначення, поняття і терміни, пояснення їх застосування в практичних ситуаціях; розв'язання теоретичних і практичних задач; вміти проводити розрахунки поверхневої енергії та роботи виходу електронів методом функціоналу густини та використовувати фізичні моделі для рішення практичних задач.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи теорії розмірних явищ в ультрадисперсних системах

Вступ. Останні новини за матеріалами PePst та Internet з фізики кластерів, металевих наноструктур, нанотехнологій, вуглецевих нанотрубок, фулеренів. Міжнародні проєкти.

Тема 1. Енергетичні властивості наносистем. Огляд енергетичних властивостей у напрямку атом – кластер – конденсоване середовище. Рамки дії методів фізики твердого тіла та рідини, квантової хімії. Метод Хартрі – Фока.

Тема 2. Метод функціоналу густини (МФГ) та його застосування. Використання методу функціоналу густини для опису неоднорідного електронного газу поблизу металевої поверхні. Теорема Хоенберга – Кона – Мерміна. Електронний газ майже постійної густини. Електронний

газ з густиною, яка повільно змінюється. Метод Кона – Шема. Визначення питомої поверхневої енергії та роботи виходу електронів.

Тема 3. Розмірні явища в ультрадисперсних системах. Експерименти де Хіра. Розмірна залежність потенціалу іонізації заряджених металевих кластерів. Функціональний розклад енергії кластера за варіаціями електронної густини. Розмірні залежності хімічного потенціалу електронів, енергії когезії.

Змістовий модуль 2. Електронні властивості ультрадисперсних систем

Тема 4. Енергетика електронів і позитронів у кластерах та вакансіях. Енергія зв'язку електронів і позитронів у діелектричних кластерах. Експеримент Хаберланда. Вплив самотискання (під дією поверхневої напруги) на критичні розміри кластерів. Енергія зв'язку позитронів у вакансіях металу.

Тема 5. Електрострикція. Нормальна електрострикція заряджених кластерів. Аномальна електрострикція, яка приводить до стискання заряджених металевих частинок. Квантування пружних сталей, електронно-топологічний перехід Ліфшиця 2 $\frac{1}{2}$ роду. Експериментальне спостереження Бела квантування закону Гука в полікристалах.

Тема 6. Розмірна залежність поверхневого натягу кластерів. Протиріччя експериментальних і теоретичних досліджень. Визначення енергії утворення вакансії та теплоти випаровування атомів, як енергії поверхонь негативної і позитивної кривизни. Правило Френкеля – Ленгмюра. Спосіб Фогельсбергера для перевизначення еквімолекулярної поверхні. Самоорганізація в низькорозмірних системах. Розрахунок іонізаційної рівноваги в кластерній плазмі насиченої пари металу. Електропровідність кластерної суміші – аналога композиту.

Тема 7. Композити. Оптика композитів. Аномальне поглинання електромагнітного випромінювання металевими частинками. Оптично-ефективні покриття.

Тема 8. Кульова блискавка. Проблема кульової блискавки. Колекції спостережень. Визначення. Характер руху. Поява і розпад. Функція розподілу по енергіям. Властивості кульової блискавки. Аналіз спостережень: взаємодія з навколишнім повітрям, характер збереження енергії. Моделювання кульової блискавки. Експерименти Тесли, Капіци, Корум. Фрактальні явища і першопричина кульової блискавки. Теорія Смірнова: фрактальний клубок – новий стан речовини.

7. План вивчення навчальної дисципліни			
№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Огляд етапів розвитку нанохімічних технологій. Елементи механіки Лагранжа, квантової механіки.	Лекція Практичне заняття	2 2
2	Метод функціоналу густини (МФГ).	Лекція Практичне заняття	2 2
3	Метод функціоналу густини (МФГ).	Лекція Практичне заняття	2 2
4	Метод функціоналу густини (МФГ).	Лекція Практичне заняття	2 2
5	Розмірні явища в ультрадисперсних системах.	Лекція Практичне заняття	2 2

6	Розмірні явища в ультрадисперсних системах.	Лекція Практичне заняття	2 2
7	Енергетика електронів і позитронів у кластерах та вакансіях.	Лекція Практичне заняття	2 2
8	Нормальна і аномальна електрострикція, яка приводить до стискання заряджених металевих частинок.	Лекція Практичне заняття	2 2
9	Квантування пружних сталей, електронно-топологічний перехід Ліфшиця 2 ½ роду. Експериментальне спостереження Бела квантування закону Гука в полікристалах.	Лекція Практичне заняття	2 2
10	Розмірна залежність поверхневого натягу кластерів. Розмірна залежність поверхневого натягу кластерів.	Лекція Практичне заняття	2 2
11	Визначення енергії утворення вакансії та теплоти випаровування атомів, як енергії поверхонь негативної і позитивної кривини.	Лекція Практичне заняття	2 2
12	Самоорганізація в низькорозмірних системах. Розрахунок іонізаційної рівноваги в кластерній плазмі насиченої пари металу.	Лекція Практичне заняття	2 2
13	Композити. Оптика композитів.	Лекція Практичне заняття	2 2
14	Кульова блискавка. Функція розподілу по енергіям, характер збереження енергії.	Лекція Практичне заняття	2 2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кільк. годин	Контрольні заходи
1	Вступ. Огляд етапів розвитку нанохімічних технологій. Елементи механіки Лагранжа, квантової механіки	Опрацювання літератури, підготовка до практичного заняття	2	Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet з нанотехнологій. Одноелектронні явища в наноструктурах.
2	Метод функціоналу густини (МФГ)	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проекту	4	Усне опитування на практичному занятті
3	Метод функціоналу густини (МФГ)	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті
4	Метод функціоналу густини (МФГ)	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті
5	Розмірні явища в ультрадисперсних	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового	8	Усне опитування на практичному занятті

	системах	проєкту		
6	Розмірні явища в ультрадисперсних системах	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
7	Енергетика електронів і позитронів у кластерах та вакансіях	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
8	Нормальна і аномальна електрострикція	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	6	Усне опитування на практичному занятті
9	Квантування пружних сталих, квантування закону Гука в полікристалах.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	4	Усне опитування на практичному занятті
10	Розмірна залежність поверхневого натягу кластерів. Розмірна залежність поверхневого натягу кластерів.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	4	Усне опитування на практичному занятті
11	Визначення енергії утворення вакансії та теплоти випаровування атомів, як енергії поверхонь негативної і позитивної кривини.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	10	Усне опитування на практичному занятті
12	Самоорганізація в низькорозмірних системах. Розрахунок іонізаційної рівноваги в кластерній плазмі насиченої пари металу.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
13	Композити. Оптика композитів.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
14	Кульова блискавка. Функція розподілу по енергіям, характер збереження енергії.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- ✓ особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (кожний тиждень та за попередньою домовленістю);
- ✓ використання системи дистанційного навчання Moodle:
<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1662> ;
- ✓ відеоконференція на платформі Zoom (особиста або колективна за попередньою домовленістю).

9. Система та критерії оцінювання

Система оцінювання курсу.

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти іспит за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та іспиту.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за

100-бальною шкалою.

Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ECTS – A, B, C, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- * повнота відповіді та активність роботи студента на практичному занятті оцінюється до 6 балів (7 практичних занять по 6 балів = 42 бали);

- * контрольна робота (тестування) – до 58 балів.

Під час контролю по другому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- * повнота відповіді та активність роботи студента на практичному занятті оцінюється до 9 балів (7 практичних заняття по 6 балів = 42 бали);

- * контрольна робота (тестування) – до 58 балів.

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі.

Якщо студент додатково складає іспит, то оцінювання на іспиту враховує наступні критерії:

- * студент отримує два питання, які потребують змістовної відповіді, кожне з них оцінюється від 0 до 50 балів;

- * 50–40 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його чітке визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.

- * 39–29 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття або поверхово проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.

- * 28–18 балів отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.

- * 17–0 балів отримують студенти, які частково і поверхово визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.

В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100- бальною шкалою.

Під час підсумкового контролю (іспиту) враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

* правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті контрольної роботи студента оцінюється до 76 балів;

* тестування – до 24 балів.

Оцінювання курсового проєкту відбувається за результатами його захисту. Результати захисту курсового проєкту оцінюються за національною шкалою та шкалою ECTS:

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40	до 20	до 40	100

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності:

Скласти всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів.

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента): студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрових завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=832>) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання (сервіс moodle).

Політика щодо дедлайнів:

студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів:

студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено у п.7.5 Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка» (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Polozhennia_pro_organizatsiyu_osvitnoho_protseesu.pdf).

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі Закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п. 3.