

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра _____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ КОЛОЇДНИХ, АЕРОЗОЛЬНИХ ТА
ПИЛОВИХ СИСТЕМ
(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 липня 2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	<u>ВК</u> Елементи фізики колоїдних, аерозольних та пилових систем 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	
<p>Пререквізити Дисципліни за освітнім ступенем бакалавра: Вища математика, Фізика, Фізична хімія, Фізика твердого тіла, Квантова механіка, Статистична фізика, Фізика низькорозмірних систем, Фізика нанокластерів і тонких плівок.</p> <p>Постреквізити Дисципліна: Методи діагностики та аналізу мікро- і наноприладів і пристроїв; Стажування (переддипломна практика), Магістерська робота.</p>	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Фізика колоїдних, аерозольних та пилових систем – розділ науки про високодисперсний стан речовини та границі поділу фаз, в якому вивчається поведінка самої дисперсної системи. Аерозолі присутні в атмосфері шахт, кар'єрів, копалень, на ряді підприємств хімічної промисловості, коксохімії тощо. У зв'язку з бурхливим розвитком мікроелектроніки і переходом виробництва на нанотехнологію дослідження у сфері пилової низькотемпературної плазми викликають широкий інтерес і мають велике практичне значення. У більшості промислових установок, які у напівпровідниковому виробництві, як побічного продукту відбувається народження та зростання частинок мікронних і субмікронних розмірів. Поява пилу під час технологічного циклу була і є серйозною проблемою, оскільки мікрочастинки, потрапляючи на підкладку, можуть призвести до появи фатального дефекту, різко знижуючи ефективність виробництва. Поруч із процесами, у яких наявність наночасток призводить до небажаним ефектів, існує широка область завдань зі створення матеріалів, які володіють оригінальними властивостями. Сьогодні наночастки, синтезовані в плазмі, застосовують у виробництві керамік, а в установках з магнетронним розпиленням отримують порошки чистих металів, сплавів і композитних матеріалів. Оскільки використання пилової плазми розглядається, як один із ефективних способів синтезу наночасток з унікальними фізичними властивостями, то розуміння механізмів взаємодії мікрочастинок виявляється визначальною</p>	

при створенні необхідної технічної бази. Тому вивчення навчальної дисципліни «Фізика колоїдних, аерозольних та пилових систем» дозволить студентів 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 проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

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

4. Мета навчальної дисципліни

Підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли фундаментальні фізичні закономірності, які визначають поверхневі властивості частинок та транспортні властивості плазми з конденсованою дисперсною фазою, а також діелектричних та напівпровідникових квантових точок. Це дозволить майбутнім спеціалістам орієнтуватись та використовувати знання в різноманітних галузях техніки.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – знати основні принципи фізики поверхні, нанофізики; розмірні залежності електропровідності плазми з конденсованою дисперсною фазою, а також діелектричних та напівпровідникових квантових точок тощо; методи фізичних досліджень, зв'язки між окремими розділами науки і техніки; числові значення фізичних величин; основні фізичні моделі.

Практичні – сформувати 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. Елементи теорії поверхневих явищ в дисперсних системах

Тема 1. Вступ. Розмірні явища в дисперсних системах. Розмірна залежність енергії когезії, потенціалу іонізації заряджених напівпровідникових, діелектричних та металевих кластерів.

Тема 2. Енергія зв'язку електронів у діелектричних кластерах. Вплив поверхневого натягу на критичні розміри кластерів.

Тема 3. Основи теорії критичних явищ. Універсальність критичних індексів. Характеристики форми полімерних утворень та їхніх агрегатів.

Тема 4. Енергетика електронів в пилових частинках і пилових середовищах. Пилові бурі. Пиловий кристал. Аерозолі нафтових крапель – танкери з нафтою.

Тема 5. Аерозольні явища. Розподіл по розмірам та заряду рідких крапель та фрактальних дисперсних частинок у повітрі. Плавлення як критична концентрація вакансій у частинці.

Тема 6. Фрактальний клубок ниток вуглецю – глобула – новий стан речовини. Аналіз спостережень: взаємодія з навколишнім повітрям, характер збереження енергії. Кульова блискавка.

Змістовий модуль 2. Електронні властивості дисперсних систем

Тема 7. Самоорганізація в плазмі з конденсованою дисперсною фазою. Оцінка іонізаційної рівноваги і електропровідності в факельній плазмі з металевою присадкою. Магнітодинамічні генератори.

Тема 8. Аномальне поглинення електромагнітного випромінювання монометалевими частинками. Оптичні властивості конгломерату біметалевих наносфер у колоїді. Фототерапія злякисних пухлин – важливе застосування наноплазмоніки.

Тема 9. Флуктуонні стани електронів та позитронів у скраплених інертних газах та їхньої щільної пари. Класична теорія «провідності».

Тема 10. Фотоэффект та термоелектронна емісія електронів у дисперсних середовищах та колоїдних розчинах.

Тема 11. Метод функціоналу густини та його застосування до поверхні розділу. Використання методу функціоналу густини для опису неоднорідного електронного газу. Розрахунки питомої поверхневої енергії та роботи виходу електронів.

Тема 12. Одноелектронні явища. Класичний і квантовий ефект у потенціалі іонізації металевих кластерів. Прикладні аспекти в нанотехнологіях і наноелектроніці. Розрахунки вольт-амперної характеристики одноелектронного діода (гранули на підкладці).

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Розмірні явища в дисперсних системах. Розмірна залежність енергії когезії, потенціалу іонізації заряджених напівпровідникових, діелектричних та металевих кластерів.	Лекція Практичне заняття	2 2
2	Енергія зв'язку електронів у діелектричних кластерах. Вплив поверхневого натягу на критичні розміри кластерів.	Лекція Практичне заняття	2 2
3	Основи теорії критичних явищ. Універсальність критичних індексів. Характеристики форми полімерних утворень та їхніх агрегатів.	Лекція Практичне заняття	2 2

4	Енергетика електронів в пилових частинках і пилових середовищах. Пилові бурі. Пиловий кристал. Аерозолі нафтових крапель – танкери з нафтою.	Лекція Практичне заняття	2 2
5	Аерозольні явища. Розподіл по розмірам та заряду рідких крапель та фрактальних дисперсних частинок у повітрі.	Лекція Практичне заняття	2 2
6	Плавління як критична концентрація вакансій у частинці.	Лекція Практичне заняття	2 2
7	Фрактальний клубок ниток вуглецю – глобула – новий стан речовини. Аналіз спостережень: взаємодія з навколишнім повітрям, характер збереження енергії. Кульова блискавка.	Лекція Практичне заняття	2 2
8	Самоорганізація в плазмі з конденсованою дисперсною фазою. Оцінка іонізаційної рівноваги і електропровідності в факельній плазмі з металевою присадкою. Магнітодинамічні генератори.	Лекція Практичне заняття	2 2
9	Аномальне поглинення електромагнітного випромінювання монометалевими частинками. Оптичні властивості конгломерату біметалевих наносфер у колоїді. Фототерапія злоякісних пухлин – важливе застосування наноплазмоніки.	Лекція Практичне заняття	2 2
10	Флуктуонні стани електронів та позитронів у скраплених інертних газах та їхньої щільної пари. Класична теорія «провідності».	Лекція Практичне заняття	2 2
11	Фотоэффект та термоелектронна емісія електронів у дисперсних середовищах та колоїдних розчинах.	Лекція Практичне заняття	2 2
12	Метод функціоналу густини та його застосування до поверхні розділу. Використання методу функціоналу густини для опису неоднорідного електронного газу.	Лекція Практичне заняття	2 2
13	Розрахунки питомої поверхневої енергії та роботи виходу електронів методом функціоналу густини.	Лекція Практичне заняття	2 2
14	Одноелектронні явища. Розрахунки вольт-амперної характеристики одноелектронного діода (гранули на підкладці).	Лекція Практичне заняття	2 2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кільк. годин	Контрольні заходи
1	Вступ. Розмірні явища в дисперсних системах.	Опрацювання літератури, підготовка до практичного заняття	2	Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet з нанотехнологій. Одноелектронні явища в наноструктурах.
2	Енергія зв'язку електронів у діелектричних кластерах. Вплив поверхневого натягу на критичні розміри кластерів.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	4	Усне опитування на практичному занятті

3	Основи теорії критичних явищ. Універсальність критичних індексів. Характеристики форми полімерних утворень та їхніх агрегатів.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
4	Енергетика електронів в пилових частинках і пилових середовищах. Пилові бурі. Пиловий кристал. Аерозолі нафтових крапель – танкери з нафтою.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
5	Аерозольні явища. Розподіл по розмірам та заряду рідких крапель та фрактальних дисперсних частинок у повітрі.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
6	Плавління як критична концентрація вакансій у частинці.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
7	Фрактальний клубок ниток вуглецю – глобула – новий стан речовини.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
8	Самоорганізація в плазмі з конденсованою дисперсною фазою. Оцінка іонізаційної рівноваги і електропровідності в факельній плазмі з металевою присадкою.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	6	Усне опитування на практичному занятті
9	Оптичні властивості конгломерату біметалевих наносфер у колоїді. Фототерапія злоякісних пухлин.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	4	Усне опитування на практичному занятті
10	Флуктуонні стани електронів та позитронів у скраплених інертних газах та їхньої щільної пари. Класична теорія «провідності».	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	4	Усне опитування на практичному занятті
11	Фотоефект та термоелектронна емісія електронів у дисперсних середовищах та колоїдних розчинах.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	10	Усне опитування на практичному занятті
12	Метод функціоналу густини та його застосування до поверхні розділу. Використання методу функціоналу густини для опису неоднорідного електронного газу.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті

13	Розрахунки питомої поверхневої енергії та роботи виходу електронів методом функціоналу густини.	Підготовка до практичного заняття, виконання курсового проєкту	8	Усне опитування на практичному занятті
14	Одноелектронні явища. Розрахунки вольт-амперної характеристики одноелектронного діода (гранули на підкладці).	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 (ЄКТС –А, В, С, 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 занять 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 проекту відбувається за результатами його захисту. Результати захисту курсового проекту оцінюються за національною шкалою та шкалою ECTS:

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до <u>40</u>	до <u>20</u>	до <u>40</u>	<u>100</u>

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати 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 семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформулювати 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://zpu.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.