

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра _____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика конденсованого стану
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: _____ Метрологічне забезпечення якості продукції _____
(назва освітньої програми)

Спеціальність: _____ 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка _____
(найменування спеціальності)

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

Ступінь вищої освіти: _____ Перший (бакалаврський) _____
(назва ступеня вищої освіти)

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

Протокол № 1 від 28.08.2020 р.

м. Запоріжжя 2020

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	ППВ 02 Фізика конденсованого стану Навчальна дисципліна вибіркового компонента циклу загальної підготовки
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Погосов В.В., професор, д.фіз.-матем.н., завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки
Контактна інформація викладача	7646733, телефон викладача 0957717794, e-mail: vpogosov@zntu.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	згідно до розкладу занять - https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki ; дистанційне навчання – https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1662
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 210 годин кредитів – 7 кредити ЕКТС розподіл годин: 28 годин лекційних, 28 годин практичних занять, 14 годин лабораторних робіт 110 годин самостійна робота, 30 годин індивідуальна робота, вид контролю - екзамен
Консультації	Згідно з графіком консультацій https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2.Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни: фізика, фізична хімія , метрологія Постреквізити Дисципліна: фізика діелектриків	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
Фізика конденсованого стану одна із найбагатших галузей сучасної фізики, як з точки зору математичних моделей, так і з точки зору застосування в прикладних областях; викладаються уявлення, які пояснюють властивості звичайних рідин, кристалів та аморфних речовин, матеріалів зі складною внутрішньою структурою (м'які конденсовані середовища), квантових рідин, спінових ланцюжків, магнітних моментів; розглядаються етапи розвитку нанотехнологій; фізики багатоатомних агрегатів, кінетичні явища і квантові ефекти в низькорозмірних структурах. Вивчення навчальної дисципліни «Фізика конденсованого стану» 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: здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; здатність вільно володіти державною мовою та спілкуватися іноземними мовами; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; фахові компетентності: здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань; здатність до професійної комунікації в науковій сфері іноземною мовою; здатність збирати, аналізувати та обробляти статистичні дані, науково-аналітичні матеріали, які необхідні для розв'язання комплексних технологічних проблем, робити на їх основі обґрунтовані висновки; здатність формувати фізичні закономірності, які визначають властивості квантоворозмірних структур і об'єктів, кристалічних і некристалічних твердих тіл і тонких плівок; очікувані програмні результати навчання:	

вільно володіти державною мовою та спілкуватися іноземною мовою;
 здатність демонструвати і використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій та технологій, необхідних для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;
 здатність оцінювати рівень існуючих технологій у галузі професійної діяльності, ефективність технічних рішень та можливість виникнення об'єктів права інтелектуальної власності, відшукувати шляхи та можливості реалізації наукових ідей у прибуткових бізнес-проектах та стартапах;
 здатність демонструвати та використовувати знання характеристик та параметрів матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем та наносистемної техніки.

4. Мета навчальної дисципліни

Підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли фундаментальні фізичні закономірності, які визначають властивості квантоворозмірних структур і об'єктів, кристалічних і некристалічних твердих тіл і тонких плівок. Це дозволить майбутнім спеціалістам орієнтуватись та використовувати знання в різноманітних галузях техніки.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – знати основні принципи фізики твердого тіла; дефекти твердих тіл, їх електро- і теплопровідність, резонансні явища, пружні властивості 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 характеристик твердотільних матеріалів та використовувати фізичні моделі для рішення практичних задач.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Структурні властивості твердих тіл і рідин

Вступ. Універсальність «Фізики конденсованого стану». Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet. Одноелектронні явища в наноструктурах.

Тема 1. Кристалічна структура, форма і симетрія твердих тіл. Індеси Міллера. Елементарна комірка, основні вектори трансляції. Ґратки Браве. Обернена ґратка та її властивості.

Тема 2. Дефекти в кристалах. Термодинаміка точкових дефектів. Визначення енергії утворення вакансії. Механізм Шотткі. Френкелівська пара.

Тема 3. Експериментальна температурна залежність теплоємності й теплового розширення твердих тіл. Класична теорія теплоємності. Квантові теорії теплоємності твердих тіл Ейнштейна і Дебая. Теорія теплового розширення у гармонічному й ангармонічному наближенні.

Тема 4. Електронна рідина металів. Розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах, напівпровідниках і діелектриках. Квантова теорія електропровідності Зомерфельда в металах.

Тема 5. Електронні стани в кристалах. Рішення рівняння Шредінґера для вільних електронів у твердому тілі. Наближення Борна – Оппенгеймера, одноелектронне наближення. Хвильова функція Блоха, зони Бриллюена. Ефективна маса електронів провідності.

Тема 6. Класифікація середовищ. Пряма кореляційна функція у простих рідинах. Умови виникнення електронної зони провідності. Флуктуонні стани електронів та позитронів у скраплених інертних газах та їхньої щільної пари. Класична теорія «провідності».

Змістовий модуль 2. Електронні властивості конденсованого стану

Тема 7. Магнітодинамічні генератори. Вимірювання електропровідності плазми з конденсованою дисперсною фазою. Порівняння з формулою Саха. Моделі аномальної електропровідності. Кластерна плазма насиченої пари металу.

Тема 8. Надпровідність. Експерименти Камерлінґ-Оннеаса з ртуттю. Критична температура надпровідного переходу. Ефект Мейснера — Оксенфельда - виштовхування зовнішнього магнітного поля з надпровідника (ідеальний діамagnetизм надпровідників). Огляд теорій надпровідності.

Тема 9. Надплинність гелію-4 й гелію-3. Температура переходу гелію до надплинного стану (лямбда-точка), залежність питомої теплоємності від температури. Температура переходу до надплинної фази гелію-3 набагато нижча. Експерименти Камерлінг-Оннеаса і Капіци з гелієм. Двокомпонентна теорія Ландау на основі бозе-ейнштейнівської конденсації.

Тема 10. Квантовий ефект Холла (або цілочислений квантовий ефект Холла або квантовий Голів ефект) — версія класичного ефекту Холла, що спостерігається у двовірних системах електронного газу у випадку низьких температур та сильних магнітних полів, в яких поперечна магнітопровідність σ приймає дискретні значення:

Тема 11. Класичний і квантовий ефект у потенціалі іонізації металевих кластерів. Прикладні аспекти в нанотехнологіях і наноелектроніці. Розрахунки вольт-амперної характеристики одно електронного діоду.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Універсальність «Фізики конденсованого стану». Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet. Одноелектронні явища в наноструктурах.	Лекція	2
2	Кристалічна структура, форма і симетрія твердих тіл. Індеси Міллера. Елементарна комірка, основні вектори трансляції. Ґратки Браве. Обернена ґратка та її властивості.	Лекція практичне	1 6
3	Дефекти в кристалах. Термодинаміка точкових дефектів.	Лекція практичне	2 2
4	Визначення енергії утворення вакансії. Механізм Шотткі. Френкелівська пара.	Лекція практичне	2 2
5	Експериментальна температурна залежність теплоємності й теплового розширення твердих тіл. Класична теорія теплоємності. Квантові теорії теплоємності твердих тіл Ейнштейна і Дебая.	Лекція практичне	2 2
5	Квантові теорії теплоємності твердих тіл Ейнштейна і Дебая. Теорія теплового розширення у гармонічному й ангармонічному наближенні.	Лекція практичне	2 2
6	Електронна рідина металів. Розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах, напівпровідниках і діелектриках. Квантова теорія електропровідності Зомерфельда в металах.	Лекція практичне	2 4
7	Електронні стани в кристалах. Рішення рівняння Шредінґера для вільних електронів у твердому тілі. Наближення Борна – Оппенгеймера, одноелектронне наближення. Хвильова функція Блоха, зони Бриллюена. Ефективна маса електронів провідності.	Лекція	2
8	Класифікація середовищ. Пряма кореляційна функція у простих рідинах. Умови виникнення електронної зони провідності. Флуктуонні стани електронів та позитронів у скраплених	Лекція	2

	інертних газах та їхньої щільної пари. Класична теорія «провідності».		
9	Магнітодинамічні генератори. Вимірювання електропровідності плазми з конденсованою дисперсною фазою. Порівняння з формулою Саха. Моделі аномальної електропровідності. Кластерна плазма насиченої пари металу.	Лекція практичне	2 2
10	Надпровідність. Експерименти Камерлінг-Оннеаса з ртуттю. Критична температура надпровідного переходу. Ефект Мейснера — Оксенфельда - виштовхування зовнішнього магнітного поля з надпровідника (ідеальний діамagnetизм надпровідників). Огляд теорій надпровідності.	Лекція	2
11	Надплинність гелію-4 й гелію-3. Температура переходу гелію до надплинного стану (лямбда-точка). Експерименти Камерлінг-Оннеаса і Капіці з гелієм. Двокомпонентна теорія Ландау на основі бозе-ейнштейнівської конденсації.	Лекція	2
12	Цілочислений квантовий ефект Холла - версія класичного ефекту Холла.	Лекція	2
13	Класичний і квантовий ефект у потенціалі іонізації металевих кластерів. Прикладні аспекти в нанотехнологіях і наноелектроніці.	Лекція практичне	2 2
14	Розрахунки вольт-амперної характеристики одно електронного діоду на основі нанокластера атомів	Лекція практичне	2 6

8.Самостійна робота				
№ тижня	Назва теми	Види СР	Кільк. годин	Контрольні заходи
1	Вступ. Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet. Одноелектронні явища в наноструктурах.	Опрацювання літератури, підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	2	Реферат до курсового проекту. Одноелектронні явища в наноструктурах.
2	Кристалічна структура, Індокси Міллера. Елементарна комірка, основні вектори трансляції.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	4	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
3	Дефекти в кристалах. Термодинаміка точкових дефектів.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
4	Визначення енергії утворення вакансії. Механізм Шотткі. Френкелівська пара.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
5	Експериментальна температурна залежність теплоємності й теплового розширення твердих тіл. Класична теорія	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.

	теплоємності. Квантові теорії теплоємності твердих тіл Ейнштейна і Дебая.			
5	Квантові теорії теплоємності твердих тіл Ейнштейна і Дебая. Теорія теплового розширення у гармонічному й ангармонічному наближенні.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
6	Електронна рідина металів. Розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах, напівпровідниках і діелектриках. Квантова теорія електропровідності Зомерфельда в металах.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
7	Електронні стани в кристалах. Хвильова функція Блоха, зони Бриллюена. Ефективна маса електронів провідності.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті.
8	Класифікація середовищ. Пряма кореляційна функція у простих рідинах. Флуктуонні стани електронів та позитронів у скраплених інертних газах та їхньої щільної пари. Класична теорія «провідності».	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	6	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
9	Магнітодинамічні генератори. Вимірювання електропровідності плазми з конденсованою дисперсною фазою. Порівняння з формулою Саха. Моделі аномальної електропровідності. Кластерна плазма насиченої пари металу.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	4	Усне опитування на практичному занятті.
10	Надпровідність. Огляд теорій надпровідності.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	4	Усне опитування на практичному занятті.
11	Надплинність гелію-4 й гелію-3. Двокомпонентна теорія Ландау на основі бозе-ейнштейнівської конденсації.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	10	Усне опитування на практичному занятті.
12	Цілочислений квантовий ефект Холла -версія класичного ефекту Холла.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.

		курсового проекту		
13	Класичний і квантовий ефект у потенціалі іонізації металевих кластерів. Прикладні аспекти в нанотехнологіях і нанoeлектроніці.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті.
14	Розрахунки вольт-амперної характеристики одно електронного діоду на основі нанокластера атомів	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	16	Усне опитування на практичному занятті.

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій <https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki> (кожний тиждень та за попередньою домовленістю);
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 змістовних модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістовні модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня вцілому двох змістовних модулів та заліку.

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

Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансфертної системи (ЄКТС – 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 проекту (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

Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і

здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків.

Оцінка «незараховано» виставляється студентові, який виявив значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

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

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

- * повнота відповіді та активність роботи студента на практичному занятті оцінюється до 6 балів (6 практичних заняття по 6 балів = 36 балів);

- * правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуального домашнього завдання студента оцінюється до 40 балів;

- * тестування – до 24 балів.

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

- * повнота відповіді та активність роботи студента на практичному занятті оцінюється до 9 балів (9 практичних заняття по 4 балів = 36 балів);

- * правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуального домашнього завдання студента оцінюється до 40 балів;

- * тестування – до 24 балів.

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

Якщо студент додатково складає залік, то оцінювання на заліку 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 змістовних модулів та заліку.

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

Під час підсумкового контролю (заліку) 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.

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 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.