

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИЧНИЙ



Декан математичного факультету

С. І Гоменюк

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 21 »

08

2025

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
**«Лабораторії спеціалізації (дослідження фізичних властивостей
наноматеріалів і композитів)»**

(назва навчальної дисципліни)

підготовки магістрів

(назва освітнього ступеня)

денної форми здобуття освіти

освітньо-професійна програма Прикладна фізика

(за наявності)

(шифр і назва)

спеціальності Е6 Прикладна фізика та наноматеріали

(шифр, назва спеціальності)

галузі знань Е Природничі науки

(шифр і назва)

ВИКЛАДАЧ (-ЧІ): Яновський Олександр Сергійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри загальної та прикладної фізики

(ІІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри загальної та
прикладної фізики

Протокол № 1 від «21» серпня 2025 р.

Завідувач кафедри загальної та прикладної
фізики

(підпис)

Андрєєв А.М.

(ініціали, прізвище)

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми

(підпис)

Яновський О.С.

(ініціали, прізвище)

2025 рік



Зв'язок з викладачем (викладачами):

E-mail: yanovskyas@gmail.com

Телефон: (067) 337-42-98

Кафедра: загальної та прикладної фізики, 1-й корп. ЗНУ, ауд. 8,9 (1-й пов.)

1. Опис навчальної дисципліни

Курс «Лабораторії спеціалізації (дослідження фізичних властивостей наноматеріалів і композитів)» є невід'ємною частиною фахової підготовки студентів спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали» за освітнім рівнем магістр.

Метою викладання навчальної дисципліни є вивчення фізичних основ та апаратурної реалізації сучасних методів дослідження властивостей наноматеріалів, а також формування у студентів необхідного у їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та вмій з методів та методик дослідження твердих тіл, поверхонь твердих тіл та нанооб'єктів, особливостей протікання в них різноманітних фізико-хімічних процесів.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є формування у студентів умінь проведення науково-дослідної роботи, проведення досліджень за допомогою сучасних методів, аналізу одержаних результатів і прогнозування їх практичного застосування, відпрацювання практичних навичок експлуатації сучасного вакуумного обладнання; засвоєння основних напрямків розвитку методів дослідження матеріалів та вимоги до ефективності цих методів, їхньої точності та відповідності сучасним вимогам до вивчення фізики наноматеріалів. Даний курс допоможе студентам засвоїти і поглибити знання фізичних явищ, принципів, на яких базуються методи дослідження низькорозмірних структур.

У разі успішного завершення курсу студент зможе:

- експлуатувати сучасне високовакуумне обладнання;
- готувати зразки до дослідження;
- визначати кристалічну структуру твердих тіл та наноматеріалів за даними дифракційних методів дослідження;
- визначати елементний склад зразків методами Оже-електронної спектроскопії та вторинної іонної мас-спектрометрії;
- застосовувати спектроскопію КР, для аналізу композитних та нановуглецевих матеріалів.

Курс потребує знань та навичок, що їх набули студенти при вивченні основних та професійних дисциплін освітньої програми бакалавра за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали», а також пов'язаний із класичними розділами фізики та математики та курсами «Вступ до спеціальності», «Системи технологій», «Кристалографія», «Фізика твердого тіла», «Фізика наноматеріалів і композитів».

Паспорт навчальної дисципліни

| Нормативні показники | денна форма здобуття освіти | заочна форма здобуття освіти |
|----------------------|--|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Статус дисципліни | Обов'язкова (цикл професійної підготовки спеціальності) | |
| Семестр | 1-й | |



| | | |
|---|---|--|
| Кількість кредитів ECTS | 8 | |
| Кількість годин | 240 | |
| Лекційні заняття | 42 год. | |
| Практичні заняття | 42 год. | |
| Самостійна робота | 156 год. | |
| Консультації | https://meet.google.com/wkh-duwc-jbh (дистанційно) | |
| Вид підсумкового семестрового контролю: | екзамен | |
| Посилання на електронний курс у СЕЗН ЗНУ (платформа Moodle) | https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=11045 | |

2. Методи досягнення запланованих освітньою програмою компетентностей і результатів навчання

| Компетентності/ результати навчання | Методи навчання | Форми і методи оцінювання |
|--|---|---|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| ПК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі прикладної фізики та наноматеріалів або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів наукових та практичних досліджень, проведення досліджень й здійснення інновацій. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ЗК3 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни «Лабораторії спеціалізації
(дослідження фізичних властивостей наноматеріалів і композитів)»



| | | |
|--|---|---|
| | експерименті | |
| СК2. Володіння математичним апаратом для вирішення прикладних задач наукоємного виробництва. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК3. Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК8 Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК11 Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК12. Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів. | Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК13 Здатність до організації і проведення науково-дослідної роботи у рамках проблемної наукової групи. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| СК14 Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, участь в експерименті | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН2. Знати і розуміти наукові концепції та сучасні теорії у сфері прикладної фізики та наноматеріалів, методи дослідження властивостей речовин і наноматеріалів для | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |



| | | |
|--|---|---|
| розв'язання практичних задач у професійній діяльності | | |
| ПРН6. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН7. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів (включаючи наноматеріали), речовини, 6 технологій. | Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН8. Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН9. Уміння знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН11. Обговорювати та знаходити рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН15 Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |
| ПРН16 Здатність до використання елементів самоорганізації власної діяльності відповідно до професійних завдань. | Лекція, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент | Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен |

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи зонної теорії та динаміка кристалічної ґратки.

Тверде тіло як система частинок. Рівняння Шредінґера для кристала. Адіабатичне наближення та валентна апроксимація. Одноелектронне наближення. Хвильова функція Блоха. Наближення слабого та сильного зв'язку. Енергетичний спектр електронів в кристалі. Енергетичні зони. Ефективна маса носіїв заряду. Зонна структура деяких напівпровідників (германія, кремнію, сполучень типу $A^{III}B^V$ та $A^{IV}B^{VI}$). Локалізовані стани у твердому тілі.

Загальна характеристика пружних хвиль в кристалах. Гармонічне наближення. Закон дисперсії для коливань. Акустичні та оптичні вітки коливань. Хвилі в трьохмірному кристалі. Фонони. Енергія теплових коливань. Теплоємність кристалічної ґратки. Температура Дебая.

Будова і властивості чистих металів та металічних сплавів. Кристалічні та аморфні тіла.



Кристалічна ґратка твердого тіла. Типи зв'язків у кристалах. Анізотропія.

Змістовий модуль 2. Одержання надвисокого вакууму в камерах оже-спектрометра та надвисоковакуумної установки УСУ4.

Особливості «безмасляної» відкачки. Кріоадсорбційні вакуумні насоси: принцип роботи, конструкція, особливості експлуатації. Правила роботи з рідким азотом.

Сублімаційні вакуумні насоси: принцип роботи, особливості експлуатації «титанового субліматора».

Магнітні електророзрядні вакуумні насоси: принцип роботи, конструкція, особливості експлуатації і методи розрахунку основних параметрів магнітних електророзрядних насосів. Умови експлуатації та порядок запуску в роботу насосів типу НОРД, або НМД (за вказівкою викладача). Ефективність відкачки різних газів сублімаційним і магніто-розрядним насосами. Спільна робота кріоадсорбційного, сублімаційного і магніторозрядного насосів.

Вимірювання надвисокого вакууму.

Змістовий модуль 3. Методи дослідження кристалічної будови твердих тіл, їх поверхні та наноб'єктів.

Дифракція електронів та рентгенівських променів. Умови дифракції рентгенівських променів за Бреггом та Лауе. Закон Вульфа-Брегга. Зворотна решітка і дифракція електронів. Процеси, що відбуваються при взаємодії електронів з поверхнею твердого тіла. Довжина вільного пробігу електрону в твердому тілі. Первинні і вторинні електрони. Енергетичний розподіл вторинних електронів $N(E)$.

Дифракційні методи дослідження структури твердих тіл та поверхні: дифракція швидких і повільних електронів. Метод дифракції повільних електронів (ДПЕ). Визначення структури поверхні за допомогою ДПЕ, картини ДПЕ. Дифракція відбитих швидких електронів (ДВШЕ), картини ДВШЕ. Порівняльна характеристика методів ДПЕ і ДВШЕ. Експериментальне обладнання для реалізації методів ДПЕ і ДВШЕ. Будова і принцип роботи аналізатора енергії електронів із затримуючим полем (АЗП) в режимі дифракції.

Методи скануючої тунельної та силової мікроскопії. Тунельний та силовий мікроскопи.

Змістовий модуль 4. Електронна спектроскопія поверхні твердих тіл та наноб'єктів. Методи електронної оже-спектроскопії та характеристичних втрат енергії.

Фізичні основи методу електронної оже-спектроскопії (ЕОС). Сутність оже-переходів. Енергія оже-електронів. Енергія первинних електронів. Енергетичний спектр вторинних електронів. Електронні спектрометри. Відхиляючі електростатичні аналізатори. Аналізатор типу "циліндричне дзеркало" (АЦД) та чотирьохсітковий аналізатор (АЗП). Принцип роботи і будова АЗП в режимі реєстрації спектрів оже-електронів. Аналіз оже-спектрів. Природа хімічного зсуву в оже-спектрах. Спектроскопія характеристичних втрат енергії електронів. Робота аналізатора АЦД в режимі СХВЕЕ.

Змістовий модуль 5. Дослідження структури та хімічного складу твердих тіл та наноматеріалів за допомогою методів іонної спектроскопії.

Загальна характеристика методів іонної спектроскопії. Процеси, що відбуваються при взаємодії іонів з поверхнею твердого тіла. Метод спектроскопії розсіювання повільних іонів (СПІ). Вторинна іонна емісія (ВІЕ). Кількісні характеристики ВІЕ. Розпилення поверхні іонами і пошаровий аналіз. Метод вторинної іонної мас-спектрометрії (ВІМС). Вихід вторинних іонів в ВІМС. Фізичні основи мас-спектрометрії. Спектри позитивних і негативних іонів у ВІМС. Конструкція та принцип дії монопольного та квадрупольного фільтрів мас. Експериментальне обладнання для ВІМС.

Змістовий модуль 6. Дослідження композитних та нановуглецевих матеріалів за допомогою комбінаційного розсіювання світла.

Типи розсіювання світла: пружне (релеєвське), непружне (рамановське) комбінаційне розсіювання. Стоксова та антистоксова рамановські лінії. Блок-схема спектрометра КР. Застосування спектроскопії КР в хімії, біології, медицині, для аналізу композитних та нановуглецевих матеріалів.

4. Структура навчальної дисципліни

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни «Лабораторії спеціалізації
(дослідження фізичних властивостей наноматеріалів і композитів)»



| Вид заняття /роботи | Назва теми | Кількість годин | | Згідно з розкладом |
|---------------------|---|-----------------|------|--------------------|
| | | о/д.ф. | з.ф. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Лекція 1 | Вступ. Основи динаміки кристалічної ґратки | 2 | | тиждень 1 |
| Практичне заняття 1 | Вивчення температурної залежності теплоємності твердих тіл | 2 | | тиждень 1 |
| Лекція 2 | Основи зонної теорії | 4 | | тиждень 2 |
| Практичне заняття 2 | Вивчення експериментальних методів визначення ефективної маси носіїв заряду | 4 | | тиждень 2 |
| Лекція 3 | Фізичні основи функціонування кріоадсорбційних та сублімаційних вакуумних насосів | 2 | | тиждень 3 |
| Практичне заняття 3 | Правила та порядок роботи з рідким азотом. | 2 | | тиждень 3 |
| Лекція 4 | Фізичні основи функціонування магнітних електророзрядних вакуумних насосів. Спільна робота кріоадсорбційного, сублімаційного і магніторозрядного насосів. | 4 | | тиждень 4 |
| Практичне заняття 4 | Умови експлуатації та порядок запуску в роботу насосів типу НОРД, або НМД (за вказівкою викладача). | 4 | | тиждень 4 |
| Лекція 5 | Дифракція електронів та рентгенівських променів. Умови дифракції рентгенівських променів за Бреггом та Лауе. Закон Вульфа-Брегга. Зворотна решітка і дифракція електронів. | 2 | | тиждень 5 |
| Практичне заняття 5 | Первинні і вторинні електрони. Енергетичний розподіл вторинних електронів $N(E)$. | 2 | | тиждень 5 |
| Лекція 6 | Дифракція повільних і швидких електронів. Метод дифракції повільних електронів (ДПЕ). Визначення структури поверхні за допомогою ДПЕ. | 4 | | тиждень 6 |
| Практичне заняття 6 | Вивчення будови і принципа роботи аналізатора енергії електронів із затримуючим полем (АЗП) в режимі дифракції. Методи скануючої тунельної та силової мікроскопії. Тунельний та силовий мікроскопи. | 4 | | тиждень 6 |
| Лекція 7 | Фізичні основи методу електронної оже-спектроскопії (ЕОС). Сутність оже-переходів. Енергія оже-електронів. Енергія первинних електронів. | 2 | | тиждень 7 |
| Практичне заняття 7 | Енергетичний спектр вторинних електронів. Електронні спектрометри. Відхиляючі електростатичні аналізатори. | 2 | | тиждень 7 |

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни «Лабораторії спеціалізації
(дослідження фізичних властивостей наноматеріалів і композитів)»



| | | | | |
|----------------------|---|---|--|------------|
| Лекція 8 | Аналізатор типу "циліндричне дзеркало" (АЦД) та чотирьохсітковий аналізатор (АЗП). Аналіз оже-спектрів. Природа хімічного зсуву в оже-спектрах. | 4 | | тиждень 8 |
| Практичне заняття 8 | Принцип роботи і будова АЗП в режимі реєстрації спектрів оже-електронів. | 4 | | тиждень 8 |
| Лекція 9 | Спектроскопія характеристичних втрат енергії електронів. | 2 | | тиждень 9 |
| Практичне заняття 9 | Робота аналізатора АЦД в режимі СХВЕЕ. | 2 | | тиждень 9 |
| Лекція 10 | Процеси, що відбуваються при взаємодії іонів з поверхнею твердого тіла. | 4 | | тиждень 10 |
| Практичне заняття 10 | Вторинна іонна емісія (ВІЕ). Кількісні характеристики ВІЕ. Розпилення поверхні. | 4 | | тиждень 10 |
| Лекція 11 | Метод вторинної іонної мас-спектрометрії (ВІМС). Вихід вторинних іонів в ВІМС. | 2 | | тиждень 11 |
| Практичне заняття 11 | Експериментальне обладнання для ВІМС. | 2 | | тиждень 11 |
| Лекція 12 | Фізичні основи мас-спектрометрії. Спектри позитивних і негативних іонів у ВІМС. | 4 | | тиждень 12 |
| Практичне заняття 12 | Конструкція та принцип дії монопольного та квадрупольного фільтрів мас. | 4 | | тиждень 12 |
| Лекція 13 | Типи розсіювання світла: пружне (релеєвське), непружне комбінаційне розсіювання. | 2 | | тиждень 13 |
| Практичне заняття 13 | Стоксова та антистоксова рамановські лінії. | 2 | | тиждень 13 |
| Лекція 14 | Застосування спектроскопії КР для аналізу композитних та нановуглецевих матеріалів. | 4 | | тиждень 14 |
| Практичне заняття 14 | Блок-схема та конструкція спектрометра комбінаційного розсіювання. | 4 | | тиждень 14 |

5. Види і зміст контрольних заходів

| Вид заняття/ роботи | Вид контрольного заходу | Зміст контрольного заходу* | Критерії оцінювання та термін виконання* | Усього балів |
|--------------------------|--|----------------------------|---|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Поточний контроль | | | | |
| Практичне заняття №1 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №2 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №3 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне | порівняльний | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в | 3 |

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Силабус навчальної дисципліни «Лабораторії спеціалізації
(дослідження фізичних властивостей наноматеріалів і композитів)»



| | | | | |
|------------------------------------|--|---|----------------------------|---------------------|
| заняття №4 | аналіз, ситуаційна задача | | СЕЗН ЗНУ | |
| Практичне заняття №5 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №6 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №7 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Контрольна робота №1 | комплексні: контрольна робота, завдання для самостійної роботи | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 9 |
| Практичне заняття №8 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №9 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №10 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №11 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №12 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №13 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Практичне заняття №14 | порівняльний аналіз, ситуаційна задача | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 3 |
| Контрольна робота №2 | комплексні: контрольна робота, завдання для самостійної роботи | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 9 |
| Усього за поточний контроль | 2 | | | 60 |
| Підсумковий контроль | | | | |
| Форма підсумкового контролю | Вид підсумкового контрольного заходу | Зміст підсумкового контрольного заходу | Критерії оцінювання | Усього балів |
| Екзамен | Теоретичне завдання та практичне завдання | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | Розміщено в СЕЗН ЗНУ | 40 |
| Усього за | | | | 40 |



| | | | |
|----------------------|--|--|--|
| підсумковий контроль | | | |
|----------------------|--|--|--|

Шкала оцінювання ЗНУ: національна та ECTS

| За шкалою ECTS | За шкалою університету | За національною шкалою | |
|----------------|--|------------------------|---------------|
| | | Екзамен | Залік |
| A | 90 – 100 (відмінно) | 5 (відмінно) | Зараховано |
| B | 85 – 89 (дуже добре) | 4 (добре) | |
| C | 75 – 84 (добре) | | |
| D | 70 – 74 (задовільно) | 3 (задовільно) | |
| E | 60 – 69 (достатньо) | | |
| FX | 35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання) | 2 (незадовільно) | Не зараховано |
| F | 1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом) | | |

6. Основні навчальні ресурси

Рекомендована література

1. Мікасян Г.Р., Яновський О.С. Основи фізики вакууму та вакуумних технологій: Методичні вказівки для студентів III курсу фізичного факультету. Запоріжжя : ЗНУ, 2010. 62с.
2. Венгреневич Р. Д. Фізика: підручник для студ. вищ. вавч. закл. / Р. Д. Венгреневич, М. О. Стасик. Чернівці : Друк Арт, 2017. 736 с.
3. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобуванні: навчальний посібник / О. П. Ткач, Суми : СДУ, 2014. 126 с.
4. Однодворець Л. В. Електрофізичні та магніторезистивні властивості плівкових матеріалів в умовах фазоутворення : монографія / Л. В. Однодворець, С. І. Проценко, А. М. Черноус; за заг. ред. проф. І. Ю. Проценка. Суми: СумДУ, 2011. 203 с.
5. Hashim A. A. The delivery of nanoparticles / A. A. Hashim. InTech :Croatia, 2012. 552 p.
6. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури / Д. М. Заячук. Львів : Львівська політехніка, 2009. 580 с.
7. Проценко І. Ю. Основи матеріалознавства наноелектроніки: навчальний посібник / І. Ю. Проценко, Н. І. Шумакова. Суми : СумДУ, 2004. 108 с.
8. Ordering of free-standing Co nanoparticles / G. Leo, Y. Chushkin, S. Luby et al. // Materials science and engineering C. 2003. V. 23. P. 949–952
9. Review of the Explosibility of Nontraditional Dusts /S. M. Worsfold, P. R. Amyotte, F. I. Khan et al. // Ind. Eng. Chem. Res. 2012. V. 51 (22). P. 7651–7655
10. Боровий М. О., Куницький Ю. А., Каленик О. О., Овсієнко І. В., Цареградська Т.Л. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої: навчальний посібник. / М.О. Боровий, Ю.А. Куницький, О.О. Каленик, І.В. Овсієнко, Т.Л. Цареградська. Київ : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2015. 351 с.
11. Завражна О. М. Основи нанотехнологій: навчально-методичний посібник для вчителів та студентів педагогічних університетів / О. М. Завражна, О. О. Пасько, А. І. Салтикова. Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 184 с.

Інформаційні ресурси:

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського: веб-сайт. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua>
2. Сайт видавництва Elsevier: веб-сайт. URL: <http://www.elsevier.com>



7. Регуляції і політики курсу

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студент, який з поважних причин, підтверджених документально, був відсутній на практичному занятті, має право на відпрацювання після повернення до навчання. Якщо здобувач не використав надане йому право або пропустив заняття без поважних причин, отримує за кожне пропущене заняття 0 балів.

Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Списування студентів під час проведення модульної контрольної роботи є підставою для дострокового припинення її складання та виставлення негативної оцінки.

Порядок зарахування результатів навчання, підтверджених сертифікатами, свідоцтвами, іншими документами, здобутими поза основним місцем навчання, регулюється Положенням про порядок визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті: <https://tinyurl.com/y8gbt4xs>.

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

ГРАФІК ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ НА 2025-2026 н.р. доступний за адресою: https://sites.znu.edu.ua/navchalnyj_viddil/1635.ukr.html.

НАВЧАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ. Перевірка набутих студентами знань, навичок та вмінь є невід'ємною складовою системи забезпечення якості освіти і проводиться відповідно до Положення про організацію та методику проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання студентів ЗНУ <https://lnk.ua/gk4x2wkVy>.

ПОВТОРНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН. Наявність академічної заборгованості до 6 навчальних дисциплін (у тому числі проходження практики чи виконання курсової роботи) за результатами однієї екзаменаційної сесії є підставою для надання студенту права на повторне вивчення зазначених навчальних дисциплін. Процедура повторного вивчення визначається Положенням про порядок повторного вивчення навчальних дисциплін та повторного навчання у ЗНУ: <https://lnk.ua/9MVwgEpVz>.

ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, регламентуються Положенням про порядок і процедури вирішення конфліктних ситуацій у ЗНУ: <https://lnk.ua/EYNg6GpVZ>.

Конфліктні ситуації, що виникають у сфері стипендіального забезпечення здобувачів вищої освіти, вирішуються стипендіальними комісіями факультетів, коледжів та університету в межах їх повноважень, відповідно до: Положення про порядок призначення і виплати академічних стипендій у ЗНУ: <https://lnk.ua/QRVdWGwe3>; Положення про призначення та виплату соціальних стипендій у ЗНУ: <https://lnk.ua/3R4avGqeJ>.

ПСИХОЛОГІЧНА ДОПОМОГА. Телефон довіри практичного психолога **Марти Ірини Вадимівни** (061) 228-15-84, (099) 253-78-73 (щоденно з 9 до 21).



УПОВНОВАЖЕНА ОСОБА З ПИТАНЬ ЗАПОБІГАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ КОРУПЦІЇ

Запорізького національного університету: **Банах Віктор Аркадійович**

Електронна адреса: v_banakh@znu.edu.ua

Гаряча лінія: тел. (061) 227-12-76, факс 227-12-88

РІВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ІНКЛЮЗИВНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. Центральні входи усіх навчальних корпусів ЗНУ обладнані пандусами для забезпечення доступу осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Допомога для здійснення входу у разі потреби надається черговими охоронцями навчальних корпусів. Спеціалізована допомога: (061) 228-75-11 (начальник охорони). Порядок супроводу (надання допомоги) осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення у ЗНУ: <https://lnk.ua/5pVJr17VP>.

РЕСУРСИ ДЛЯ НАВЧАННЯ

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА: <https://library.znu.edu.ua/>. Графік роботи абонементів: понеділок-п'ятниця з 08.00 до 16.00; вихідні дні: субота і неділя.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ (СЕЗН ЗНУ): <https://moodle.znu.edu.ua/>.

Посилання для відновлення паролю: <https://moodle.znu.edu.ua/mod/page/view.php?id=133015>.

ЦЕНТР ІНТЕНСИВНОГО ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ: <https://sites.znu.edu.ua/child-advance/>.