

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИЧНИЙ



Декан математичного факультету
С. І Гоменюк
(підпис) (ініціали та прізвище)
« 22 » 08 2025

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Оптичні властивості твердих тіл»

(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): Дуда Євген Вікторович, кандидат фізико-математичних наук,
старший викладач кафедри загальної та прикладної фізики

(ПІБ, 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

Андрєєв А.М.
(ініціали, прізвище)

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми

(підпис)

Яновський О.С.
(ініціали, прізвище)

2025 рік



Зв'язок з викладачем (викладачами):

Е-mail: *duda.evgen@gmail.com*

Телефон: (098) 429-40-28

Кафедра: загальної та прикладної фізики, 1-й корп. ЗНУ, ауд. 2 (1-й пов.)

1. Опис навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Оптичні властивості твердих тіл» належить до дисциплін циклу професійної підготовки спеціальності і є необхідною важливою складовою підготовки майбутнього фахівця зі спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали».

Мета курсу «Оптичні властивості твердих тіл» є вивчення теоретичних основ спеціальних розділів фізики твердого тіла, пов'язаних з функціонуванням та технологією створення приладів твердотільної електроніки та оптоелектроніки, які є матеріальною основою сучасного приладобудування, інформаційних технологій, мікро- та наноелектроніки.

Завданням курсу є засвоєння студентами принципів опису фундаментальних основ взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною та механізмів нерівноважного випромінювання твердими тілами, розуміння механізмів відбиття та поглинання світла та різноманітних фотоелектронних ефектів.

Курс «Оптичні властивості твердих тіл» є спецкурсом, який закріплює знання та вміння, отримані при вивченні таких дисциплін, як «Квантова механіка», «Статистична фізика», «Фізика твердого тіла», «Фізика поверхні», «Основи геометричної кристалографії», «Основи фізичної хімії», «Електрика і магнетизм» та ін.

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	5	
Кількість годин	150	
Лекційні заняття	28 год.	
Практичні заняття	28 год.	
Самостійна робота	94 год.	
Консультації	https://meet.google.com/hfg-yckc-xev (дистанційно)	
Вид підсумкового семестрового контролю:	екзамен	
Посилання на електронний курс у СЕЗН ЗНУ (платформа Moodle)	https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=17683	

2. Методи досягнення запланованих освітньою програмою

компетентностей і результатів навчання

Компетентності/ результати навчання	Методи навчання	Форми і методи оцінювання
1	2	3
ІК. 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, практичне заняття, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ЗК6. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота, мозковий штурм, уявний експеримент	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ЗК8. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота.	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ЗК11. Здатність до провадження дослідницької та інноваційної діяльності.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота.	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
СК5. Здатність брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного обладнання та пристроїв для проведення експерименту.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота, уявний експеримент	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
СК9. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота,	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
СК10. Здатність розуміти і використовувати сучасні	Лекція, практичне заняття, пояснення,	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен



теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем	самостійна робота.	
ПРН2. Показувати знання в галузі професійної діяльності, технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота.	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ПРН6. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота.	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ПРН11. Обговорювати та знаходити рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота.	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен
ПРН14. Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії.	Лекція, практичне заняття, пояснення, самостійна робота.	Тестування, усне опитування, письмова робота, екзамен

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Вступ. Основи зонної теорії. Елементи динаміки кристалічної ґратки.

Короткі відомості про предмет, склад та задачі курсу. Його зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану.

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

Тверде тіло як система частинок. Рівняння Шредінгера для кристала. Хвильова функція Блоха. Енергетичний спектр електронів в кристалі. Енергетичні зони. Ефективна маса носіїв заряду. Зонна структура деяких напівпровідників (германія, кремнію, сполучень типу $A^{III}B^V$ та $A^{II}B^{VI}$). Локалізовані стани у твердому тілі.

Змістовий модуль 2. Взаємодія світла з речовиною. Спектр поглинання.

Відбиття, поглинання та розсіювання світла. Закон Бугера-Ламберта. Коефіцієнти відбиття та поглинання світла. Залежність коефіцієнтів поглинання та відбиття від довжини хвилі (частоти) випромінювання (спектри поглинання та відбиття). Загальний вигляд спектру поглинання. Закони збереження енергії і хвильового вектора (імпульсу) при оптичних переходах.



Змістовий модуль 3. Власне (фундаментальне) поглинання світла.

Власне поглинання світла. Прямі та непрямі оптичні переходи. «Дозволені» та «заборонені» електронні переходи при поглинанні світла. Правила відбору. Поглинання світла із захватом та випромінюванням фотонів. Край фундаментального поглинання. Залежність коефіцієнтів поглинання від енергії квантів на краю фундаментального поглинання для прямих та непрямих «дозволених» та «заборонених» електронних переходів. Оптичні методи визначення ширини забороненої зони. Залежність ширини забороненої зони від температури.

Змістовий модуль 4. Інші види поглинання (екситонне, внутрішньозонне, домішкове та ін.).

Особливості механізмів взаємодії твердих тіл з випромінюванням при поглинанні вільними носіями заряду (внутрішньозонне поглинання), домішковому поглинанні, міждомішковому поглинанні, екситонному поглинанні (генерації або розпаді екситонних станів), фононному (гратковому) поглинанні, плазмовому (плазмонному) поглинанні, поглинанні окремим електроном (комптонівське розсіювання).

Змістовий модуль 5. Зовнішній та внутрішній фотоефекти. Фотопровідність

Зовнішній фотоефект. Червона границя фотоефекта. Робота виходу. Закони зовнішнього фотоефекту. Внутрішній фотоефект (фотопровідність). Власна та домішкова фотопровідність. Стаціонарне значення фотопровідності, залежність його від часу життя нерівноважних носіїв заряду. Кінетика фотопровідності. Наростання та спад фотопровідності при лінійній та квадратичній рекомбінації. Вплив рівнів налипання на кінетику фотопровідності.

Змістовий модуль 6. Фотоелектричні та фотомагнітні ефекти.

Ефект Дембера (дифузійна фото-е.р.с. або кристал-фотоефект). Фотомагнітоелектричний ефект (ефект Кікоїна-Носкова). Фотомагнітна ЕРС і струм короткого замикання. Вентільна фото-ЕРС (фотовольтаїчний ефект у р-п-переході та на бар'єрі Шотткі). Рівняння фотодіода. Вольт-амперна характеристика фотоелектричних перетворювачів. Fill-factor. Ефективність (ккд) сонячних елементів різного типу та конструкцій. Непереборні, рекомбінаційні, електричні та оптичні втрати ккд. Області застосування сонячних елементів. Переваги та недоліки сонячних елементів порівняно з іншими джерелами енергії.

Змістовий модуль 7. Люмінесценція та лазерне випромінювання.

Визначення люмінесценції. Фосфоресценція, флюоресценція. Відмінність люмінесценції від інших видів випромінювання (теплого, ізольованими атомами та ін.). Фотолюмінесценція, катодолюмінісценція, електролюмінесценція, хемілюмінесценція, рентгенолюмінесценція, радіолюмінесценція, іонолюмінесценція, триболюмінесценція. Моделі центрів світіння (випромінювання). Рекомбінаційна та «передпробійна» електролюмінесценція. Релаксація люмінесценції. Температурне «гасіння».

Поняття про квантову електроніку. Ймовірність спонтанного та вимушеного випромінювання атомів. Інверсна заселеність рівнів. Стимульоване (індуковане) випромінювання твердих тіл. Характерні особливості лазерного випромінювання. Лазери різного типу та конструкції. Області застосування лазерів (мазерів).

Змістовий модуль 8. Комбінаційне 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

Вид заняття /роботи	Назва теми	Кількість годин		Згідно з розкладом
		о/д.ф	з.ф.	



1	2	3	4	5
Лекція 1	Вступ. Елементи динаміки кристалічної ґратки.	2		тиждень 1
Практичне заняття 1	Теплоємність кристалічної ґратки. Температура Дебая.	2		тиждень 1
Лекція 2	Основи зонної теорії.	2		тиждень 2
Практичне заняття 2	Рівняння Шредінгера для кристала. Хвильова функція Блоха.	2		тиждень 2
Лекція 3	Відбиття, поглинання та розсіювання світла. Закон Бугера-Ламберта.	2		тиждень 3
Практичне заняття 3	Загальний вигляд спектру поглинання. Закони збереження при оптичних переходах	2		тиждень 3
Лекція 4	Власне (фундаментальне) поглинання світла.	2		тиждень 4
Практичне заняття 4	Поглинання світла із захватом та випромінюванням фотонів. Край фундаментального поглинання.	2		тиждень 4
Лекція 5	Екситонне, внутрішньозонне, домішкове та інші види поглинання	2		тиждень 5
Практичне заняття 5	Моделі екситонів.	2		тиждень 5
Лекція 6	Зовнішній фотоефект. Червона границя фотоефекта. Робота виходу.	2		тиждень 6
Практичне заняття 6	Застосування законів зовнішнього фотоефекту.	2		тиждень 6
Лекція 7	Внутрішній фотоефект (фотопровідність). Власна та домішкова фотопровідність.	2		тиждень 7
Практичне заняття 7	Стаціонарне значення фотопровідності, залежність його від часу життя нерівноважних носіїв заряду.	2		тиждень 7
Лекція 8	Кінетика фотопровідності.	2		тиждень 8
Практичне заняття 8	Розрахунок зростання та спаду фотопровідності при лінійній та квадратичній рекомбінації.	2		тиждень 8
Лекція 9	Ефект Дембера.	2		тиждень 9
Практичне заняття 9	Розрахунок дифузійної фото-е.р.с..	2		тиждень 9
Лекція 10	Фотомагнітоелектричний ефект.	2		тиждень 10
Практичне заняття 10	Розрахунок фотомагнітної ЕРС і струму короткого замикання.	2		тиждень 10
Лекція 11	Визначення люмінесценції. Фосфоресценція, флюоресценція.	2		тиждень 11
Практичне заняття 11	Види люмінесценції. Моделі центрів світіння (випромінювання).	2		тиждень 11
Лекція 12	Поняття про квантову електроніку. Ймовірність спонтанного та вимушеного випромінювання атомів.	2		тиждень 12
Практичне заняття 12	Лазери різного типу та конструкції. Області застосування лазерів (мазерів).	2		тиждень 12
Лекція 13	Інверсна заселеність рівнів. Стимульоване (індуковане) випромінювання.	2		тиждень 13
Практичне заняття 13	Характерні особливості лазерного випромінювання.	2		тиждень 13
Лекція 14	Типи розсіювання світла: пружне (релеєвське), непружне комбінаційне розсіювання. Стоксова та антистоксова рамановські лінії.	2		тиждень 14
Практичне заняття 14	Блок-схема спектрометра КР. Застосування спектроскопії КР для аналізу нановуглецевих матеріалів.	2		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	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Вивчення температурної залежності теплоємності»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 2	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Локалізовані стани у твердому тілі»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 3	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Закони збереження при оптичних переходах»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах	4



			лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	
Практичне заняття 4	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Закон Бугера-Ламберта»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 5	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Визначення ширини забороненої зони за краєм власного поглинання»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 6	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Внутрішньозонне поглинання»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу;	4



			2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	
Практичне заняття 7	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Екситонне поглинання»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 8	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Фононне поглинання»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 9	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Закони зовнішнього фотоефекту»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді,	4



			що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	
Практичне заняття 10	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Розрахунок дифузійної фото-е.р.с.»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 11	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Розрахунок фотоманітної ЕРС»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 12	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Фото-, катодо- та електролюмінесценція»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності;	4



			володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	
Практичне заняття 13	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Області застосування лазерів (мазерів)»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Практичне заняття 14	Самостійна робота	Відповідь на два питання з теми «Блок-схема спектрометра КР»	4 - надано вірні та повні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу, та додаткової літератури; 3 - надано вірні відповіді на питання; чітке володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 2 - надано вірні в цілому відповіді, що містять незначні неточності; володіння понятійним апаратом; володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; 1 - надано частково вірні відповіді; часткове володіння інформацією, викладеною в межах лекційного курсу.	4
Індивідуальне завдання	Самостійна робота	Зробити розрахунок і побудувати графік змін фотопровідності напівпровідника при освітленні періодичними імпульсами світла	4 - проведено вірні розрахунки, коректно побудовано графік, надано вичерпні пояснення до проведених розрахунків; 3 - проведено в цілому вірні розрахунки із незначними помилками при отриманні окремих числових значень, коректно побудовано графік відповідно до отриманих результатів розрахунків, надано пояснення до проведених розрахунків; 2 - проведено розрахунки з використанням коректного	4

			алгоритму із помилками в отриманні частини числових значень, допущено помилки при побудові графіку, надано пояснення до проведених розрахунків; 1 - допущено помилки при проведенні розрахунків та побудові графіків, не надано пояснення до проведених розрахунків.	
Усього за поточний контроль				60
Підсумковий контроль				
Форма підсумкового контролю	Вид підсумкового контрольного заходу	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
Екзамен	Теоретичне завдання	Екзаменаційний білет, що містить два питання	Кожне питання по 10 балів 10 балів – відповідь вірна та повна, студент демонструє володіння інформацією, засвоєною як в межах лекційного курсу, так і додатковою літературою; надаються вірні відповіді на додаткові питання; 8-9 балів - відповідь вірна, студент демонструє володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; надаються вірні відповіді на додаткові питання; 6-7 балів - відповідь в цілому вірна, але містить незначні помилки; студент демонструє володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; надаються вірні відповіді на більшість додаткових питань; 4-5 балів - відповідь частково вірна; студент демонструє часткове володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; надаються вірні відповіді на окремі додаткові питання; 1-3 бали – відповідь містить помилки; студент демонструє часткове володіння інформацією, засвоєною в межах лекційного курсу; надаються вірні відповіді на окремі додаткові питання;	20
	Тестовий контроль	Вибіркові тести з однією правильною відповіддю	0-20 балів за виконання тестових завдань	20
Усього за підсумковий контроль				40

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. Міца В., Фегер О., Голомб Р., Ткач В., Міца О., Іванда М., Петрецький С. Взаємозв'язок низькотемпературних аномалій теплопровідності та низькочастотних раман спектрів широкозонних халькогенідних стекол для оптичних покриттів силової оптики: монографія / В. Міца, О. Фегер, Р. Голомб, В. Ткач, О. Міца, М. Іванда, С. Петрецький. Ужгород : Видавництво ТОВ «Рік-У», 2018. 140 с.
2. Charles Kittel. Introduction to solid state physics (8th ed.). New York: Wiley, 2005. 680 p.
3. Light Scattering in Solids VIII. Fullerenes, Semiconductor Surface, Coherent Phonons. Ed. By V.Cardona and G.Guntherodt.- Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2000, 220 p.
4. Light Scattering in Solids IX. Novel Materials and Techniques. Ed. By V.Cardona and G.Guntherodt.- Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007. 422p.
5. W.H.Weber, R.Merlin. Raman Scattering in Materials Science. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2000, 492 p.
6. Even Smith, Geoffrey Dent. Modern Raman Spectroscopy – A practical approach.- John Wiley Sons, Ltd, 2005, 225 с.
7. R.L.McCreery. Raman Spectroscopy for Chemical Analysis. John Wiley Sons, Inc., New York, 2000.
8. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки. Львів: "Бескід", 2005. 680с.
9. Костенко Є.Ю., Яновський О.С. Фізико-хімічні процеси в напівпровідниках та діелектриках: навч. посіб. до спецкурсів для студентів фізичного факультету. Запоріжжя: ЗДУ, 2004. 56 с.
10. Давидюк Г.Є. Нерівноважні процеси в напівпровідниках: навч. посіб. Луцьк: Волин. держ. ун-т ім. Л.Українки. 2000. 151 с.
11. Петрук В. Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ. / Петрук В. Г. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. 207 с.
12. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Петрук В. Г., Колісник П. Ф. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи. Монографія / С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук, П. Ф. Колісник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. 254 с.
13. Павлов С., Кожем'яко В., Колісник П., Козловська Т., Думенко В. Фізичні основи біомедицинської оптики: Монографія / С. Павлов, В. Кожем'яко, П. Колісник, Т. Козловська, В. Думенко. Вінниця : ВНТУ, 2010. 156 с.
14. Попик Ю. В. Фізика напівпровідників. Підручник / Ю. В. Попик. Ужгород: "Іва", 2014. 820 с.
15. Яновський О.С. Розрахунок найважливіших параметрів напівпровідників: Методичні вказівки до розрахункової частини курсової роботи з дисциплін «Фізика твердого тіла» та «Фізика електронних явищ у твердих тілах» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямку підготовки «Фізика». Запоріжжя: ЗНУ, 2013. 43 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>
3. Сайт видавництва Springer: веб-сайт. URL: <http://www.springer.com/>
4. Сайт видавництва Wiley: веб-сайт. URL: <http://www.wiley.com/WileyCDA/>.

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.

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 **Марті 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/>.