

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЗАГАЛЬНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан математичного факультету

_____ С. І. Гоменюк

«_____» _____ 2020 р.

КРИСТАЛОГРАФІЯ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки _____ бакалавра _____

очної (денної) форми здобуття освіти

105 Прикладна фізика та наноматеріали,

освітньо-професійна програма Прикладна фізика

Укладач: Яновський О.С. к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри загальної та прикладної фізики

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри загальної та
прикладної фізики
Протокол № 3 від “27” жовтня 2020 р.
Завідувач кафедри загальної та прикладної
фізики

_____ А.М. Андрєєв _

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
математичного факультету

Протокол № _____ від “___” _____ 202__ р.
Голова науково-методичної ради
математичного факультету

_____ О. С. Пшенична

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом

Погоджено з навчальною лабораторією
інформаційного забезпечення освітнього
процесу

2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 10 Природничі науки	Кількість кредитів –6	Вибіркова	
		Дисципліна вільного вибору студента в межах спеціальності	
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали,	Загальна кількість годин – 180	Семестр:	
		4-й	
Освітньо-професійна програма Прикладна фізика,	Змістових модулів –10	Лекції	
		32 год.	
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 20	Практичні	
		32 год.	
		Самостійна робота	
		116 год.	
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Кристалографія» є ознайомлення студентів з понятійною і термінологічною базою, фундаментальними законами кристалографії та геометрії кристалографічного простору, математичним апаратом, що застосовується для опису симетрії кристалів і їх фізичних властивостей, усвідомлення взаємозв'язків між кристалічною структурою і симетрією кристалу та його комплексом фізичних властивостей, вивчення впливу зовнішніх факторів на особливості формування структури матеріалу і його властивості.

Курс дозволяє розширити світогляд студента та удосконалити уміння та навички для самостійного розв'язання практичних задач кристалографії і фізики твердого тіла, включаючи застосування комп'ютерних програм та програмних пакетів.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Кристалографія» є: зорієнтувати студента у сучасних проблемах, пов'язаних із визначенням структури матеріалів, їхніх фізичних властивостей, що може стати у нагоді під час підготовки кваліфікаційної роботи магістра та отриманні додаткових знань, які допоможуть зорієнтувати студента стосовно майбутньої професійної діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких знань : - РНЗн 1. Показувати знання в галузі сучасної прикладної фізики та математики;	Методи навчання: читання лекцій, задачний метод, розв'язування циклів задач за розділами курсу.

<p>- РНЗн 2. Показувати знання в галузі професійної діяльності, технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали;</p> <p>Крім того, у результаті вивчення цієї навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основні закони кристалографії і кристалографічні поняття; - модель кристалографічного простору, загальні властивості кристалів; - основні поняття теорії груп, точкові і просторові групи симетрії кристалів; - класифікацію кристалів за категоріями, сингоніями, системами; - кристалографічні позначення за міжнародною системою: символів вузлів, напрямів, площин, точкових груп тощо; - зв'язок симетрії кристалів з їхніми фізичними властивостями. 	<p>Контрольні заходи: опитування; обговорення пройденого лекційного матеріалу та рекомендованих літературних джерел, інформаційних ресурсів; перевірка виконання практичних завдань (розв'язування задач); контрольні роботи.</p>
<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких умінь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - РНУ 1. Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій; - РНУ 2. Інтерпретувати науково-технічну інформацію; - РНУ 3. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій; - РНУ 4. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів (включаючи наноматеріали), речовин, технологій - РНУ 5. Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень; - РНУ 7. Вміння представляти і захищати отримані наукові результати в усній та письмовій формі; - РНК 1. Обговорювати та знаходити рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів; - РНК 3. Організовувати результативну роботу індивідуально і як член команди; - РНАіВ 1 Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії; -РНАіВ 2 Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики. <p>Крім того, у результаті вивчення цієї навчальної дисципліни студент повинен вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - визначати точкову групу кристалічного багатогранника, елементарної комірки; - визначати елементи симетрії кристалу; - вміти будувати стерео- і гномостереографічні проекції за допомогою сітки Вульфа, щоб розв'язувати кристалографічні задачі; - розв'язувати задачі геометричної кристалографії; 	<p>Методи навчання: читання лекцій, задачний метод, розв'язування циклів задач за розділами курсу.</p> <p>Контрольні заходи: опитування; обговорення пройденого лекційного матеріалу та рекомендованих літературних джерел, інформаційних ресурсів; перевірка виконання практичних завдань (розв'язування задач); контрольні роботи.</p>

<p>- розв'язувати задачі фізичної кристалографії.</p> <p>Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні набути таких компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; - ЗК 4. Здатність спілкуватися іноземною мовою; - ЗК 5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; - ЗК 6. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні; - ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; - ЗК 8. Навички міжособистісної взаємодії. - ЗК 10. Навички здійснення безпечної діяльності. - СК 1. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проєктів; - СК 2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів; - СК 3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження; - СК 4. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок; - СК 5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій; - СК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем; - СК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності; - СК 11. Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту; - СК 12. Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем; - СК 13. Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів; - СК 14. Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок. 	<p>Методи навчання: читання лекцій, задачний метод, розв'язування циклів задач за розділами курсу.</p> <p>Контрольні заходи: опитування; обговорення пройденого лекційного матеріалу та рекомендованих літературних джерел, інформаційних ресурсів; перевірка виконання практичних завдань (розв'язування задач); контрольні роботи.</p>
--	--

Міждисциплінарні зв'язки. Дисципліна “Кристалографія” є вибіркоким компонентом освітньо-професійної програми “Прикладна фізика” освітнього рівня бакалавр. Відповідно до структурно-логічної схеми ОПП цей курс закріплює знання, вміння та компетенції, отримані при вивченні обов'язкових курсів “Аналітична геометрія та лінійна алгебра”, вибіркового курсу “Термодинаміка і статистична фізика” та є базою для вивчення вибіркового курсу “Перспективні функціональні неорганічні матеріали”.

3. Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Геометрія кристалічного простору. Теорія симетрії кристалів

Змістовий модуль 1. *Кристаліграфічний простір. Основні теореми кристаліграфії.*

Історичні етапи розвитку кристаліграфії. Модель кристалічного простору. Загальні властивості кристалів: гратчаста будова, мінімальна внутрішня енергія, статичність, однорідність, анізотропія, здатність самоогранятись, симетричність. Поняття гомологічних точок. Кристалічна гратка. Вузли гратки. Елементарний паралелепіпед. Елементи трансляції. Теорема про рівність об'ємів примітивних паралелепіпедів. Об'єм елементарної комірки. Індеси вузлів, вузлових рядів, вузлових площин кристалічної гратки. Вектор трансляції. Перша основна теорема гратчастої кристаліграфії. Основні закони кристаліграфії: закон сталості кутів кристалів, закон цілих чисел. Гоніометр.

Змістовий модуль 2. *Обернена гратка.*

Формальне визначення оберненої гратки. Вузли оберненої гратки. Вектор оберненої гратки. Параметри оберненої гратки. Друга основна теорема гратчастої кристаліграфії. Універсальна формула для розрахунку міжплощинної відстані. Період ідентичності вузлового ряду. Кут між двома вузловими рядами. Кут між двома вузловими площинами. Кут між вузловим рядом і вузловою площиною. Умови паралельності вузлового ряду і вузлової площини. Закон зон. Перетворення координат точок та індесів вузлових площин кристалічного простору при зміні базису кристаліграфічної системи координат. Формула Вульфа – Бреґга. Рентгеноструктурний аналіз. Сфера Евальда.

Змістовий модуль 3. *Кристаліграфічні проєкції.*

Кристаліграфічний комплекс. Процедура побудови кристаліграфічної проєкції багатогранника. Центр кристаліграфічного комплексу. Полярний комплекс. Сферична система координат. Побудова стереографічної проєкції. Найважливіші властивості стереографічної проєкції. Кутова відстань. Полярний кут і азимутальний кут. Сітка Вульфа, Сітка Болдирева. Методи розв'язку задач кристаліграфії за допомогою сітки Вульфа.

Змістовий модуль 4. *Теорія симетрії кристалів. Точкова симетрія твердих тіл.*

Поняття про симетрію. Елементи симетрії континуума. Площина та вісь симетрії, центр інверсії (симетрії), інверсійна вісь симетрії. Позначення елементів симетрії. Взаємодія елементів симетрії континуума. Теореми про взаємодію або додавання елементів симетрії континуума. 32 точкових види симетрії континуума. Категорії, сингонії та класи симетрії. Види симетрії багатогранника або континуума (точковий вид симетрії). Одиначний напрям. Види симетрії кристалів без одиначних напрямів. Види симетрії кристалів з одиначними напрямками. Розподіл видів симетрії за категоріями, сингоніями і класами. Кристаліграфічні системи координат, правила установлення, міжнародні символи точкових видів симетрії.

Змістовий модуль 5. *Теорія симетрії кристалів. Прості форми.*

Прості форми кристалів як характеристика ідеального кристалу, що дозволяє ідентифікувати реальні кристали. Загальна та часткова проста форма. Кратність точкового виду та підвиду. Відкриті і закриті прості форми. Назви простих форм і їхні характеристики. Прості форми нижчих та середніх сингоній: моноєдр, пінакоїд, призма, скаленоєдр, призма, піраміда, трапезоєдр, тощо. Прості форми кубічної сингонії: куб, октаєдр, тетрагексаєдр, тригонтриоктаєдр, ромбододекаєдр, діододекаєдр, гексатетраєдр, тощо.

Змістовий модуль 6. *Теорія симетрії кристалів. Просторова симетрія кристалічних структур.*

Елементи симетрії дисконтинуума. Трансляції. Осьові трансляції. Система трансляцій. Базис елементарної комірки. Класифікація кристалічних структур за Браве. Умови Браве. Розподіл 14 типів комірок Браве за сингоніями Співвідношення параметрів ґраток Браве. Характеристики комірок Браве. Площини ковзного відбиття. Гвинтові осі симетрії. Умовні позначення елементів симетрії структур кристалів. Додавання елементів симетрії дисконтинуума. Теореми взаємодії просторових елементів симетрії. Правила запису символу просторової групи згідно міжнародної системи позначень. Просторові види симетрії. Просторові групи симетрії низьких, середніх та вищих сингоній. Графічні зображення елементів симетрії просторової групи.

Розділ 2 Фізична кристалографія. Фізичні властивості кристалів

Змістовий модуль 7. Фізичні тензорні величини.

Вплив симетрії кристалу на його фізичні властивості. Принцип Кюрі. Принцип Неймана. Тензори. Ранг тензорів. Операції над тензорами. Перетворення компонент тензору. Тензори, що описують фізичні властивості кристалів.

Змістовий модуль 8. Дефекти у кристалах.

Класифікація дефектів за геометричними ознаками. Точкові дефекти: вакансії, дефекти Шоткі, дефекти Френкеля, атоми втілення і заміщення. Енергія для утворення дефекту. Лінійні дефекти. Крайова дислокація. Гвинтова дислокація. Ряди вакансій та міжвузлових атомів. Вектор Бюргерса. Потужність дислокацій. Поверхневі дефекти. Дефекти пакування. Малокутові та великокутові межі. Об'ємні дефекти.

Змістовий модуль 9. Вплив кристалічної будови кристалу на його механічні, теплові, електричні, магнітні та оптичні властивості.

Експериментальна залежність напруження від деформації. Тензор коефіцієнтів пружності і його симетрія. Закон Гука у тензорному вигляді. Пластична деформація кристалів.

Механізми теплопровідності кристалів. Закон Фур'є. Симетрія тензору теплопровідності. Дифузія у кристалах. Вплив симетрії кристалу на симетрію тензору коефіцієнта дифузії.

Швидкість поширення електромагнітних хвиль у анізотропному середовищі. Показник заломлення. Рівняння Максвела для анізотропного середовища. Властивості тензора діелектричної проникності. Одновісні та двовісні кристали. Нелінійні оптичні властивості кристалів.

Вплив симетрії кристалу на симетрію тензору електропровідності. Узагальнений закон Ома. Ізотропні та анізотропні діелектрики. П'єзоелектрики. Сегнетоелектрики. Тензор магнітної проникливості. Феромагнетики. Магнітна симетрія. Точкові і просторові групи магнітної симетрії кристалів. Магнітна кристалографічна анізотропія. Магнітна підгратка.

Змістовий модуль 10. Методи вирощування кристалів.

Кристалізація як фазовий перехід. Рушійна сила кристалізації. Моделі утворення зародків кристалізації. Механізми зростання кристалів. Епітаксія. Отримання кристалів із парової фази. Метод сублімації. Вирощування кристалів із рідкої фази. Вирощування кристалів із розчину. Методи нормальної спрямованої кристалізації розплавів. Метод Бріджмена. Методи витягування кристалів із розплаву. Метод Чохральського. Метод Кіропулоса. Метод зонного плавлення. Вирощування кристалів з твердої фази.

4. Структура навчальної дисципліни

Зміст. модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години					Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин	Лекційні заняття, год.		Практичні заняття, год.		о/д ф.	з/дист ф.	Теор. завд., к-ть балів	Практ. завд., к-ть балів	Усього балів
			о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист ф.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	15	8	4		4		7		3	3	6
2	15	8	4		4		7		3	3	6
3	15	4	2		2		11		3	3	6
4	15	8	4		4		7		3	3	6
5	15	4	2		2		11		3	3	6
6	15	8	4		4		7		3	3	6
7	15	4	2		2		11		3	3	6
8	15	8	4		4		7		3	3	6
9	15	8	4		4		7		3	3	6
10	15	4	2		2		11		3	3	6
Усього за змістові модулі	150						30		30	30	60
Підсумковий семестровий контроль залік	30								20	20	40
Загалом	180	64	32	-	32		116		50	50	100

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Кристалографічний простір. Основні теореми кристалографії.	4	
2	Обернена ґратка.	4	
3	Кристалографічні проекції.	2	
4	Теорія симетрії кристалів. Точкова симетрія твердих тіл.	4	
5	Теорія симетрії кристалів. Прості форми.	2	
6	Теорія симетрії кристалів. Просторова симетрія кристалічних структур.	4	
7	Фізичні тензорні величини.	2	
8	Дефекти у кристалах.	4	
9	Вплив кристалічної будови кристалу на його механічні, теплові, електричні, магнітні та оптичні властивості.	4	
10	Методи вирощування кристалів.	2	
Разом		32	...

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Кристалографічний простір. Основні теореми кристалографії.	2	
2	Обернена ґратка.	2	
3	Кристалографічні проєкції.	2	
4	Теорія симетрії кристалів. Точкова симетрія твердих тіл.	3	
5	Теорія симетрії кристалів. Прості форми.	2	
6	Теорія симетрії кристалів. Просторова симетрія кристалічних структур.	3	
7	Фізичні тензорні величини.	3	
8	Дефекти у кристалах.	3	
9	Вплив кристалічної будови кристалу на його механічні, теплові, електричні, магнітні та оптичні властивості.	3	
10	Методи вирощування кристалів.	3	
Разом		32	

7. Види і зміст поточних контрольних заходів *

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	**Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Теоретичне завдання - опитування	Питання для підготовки: <i>Модель кристалічного простору. Кристалічна ґратка. Елементарний паралелепіпед. Об'єм елементарної комірки. Індеси вузлів, вузлових рядів, площин кристалічної ґратки. Вектор трансляції. Перша основна теорема ґратчастої кристалографії.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
	Практичне завдання – розв'язування задач (виконання вправ)	<i>Вправи на визначення елементарної комірки. Вимоги до виконання та оформлення:</i> https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481		3
Усього за ЗМ 1	2			6
2	Теоретичне завдання - опитування	Питання для підготовки: <i>Формальне визначення оберненої ґратки. Друга основна теорема ґратчастої кристалографії. Універсальна формула для розрахунку міжплощинної відстані. Закон зон.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
	Практичне завдання – розв'язування задач	<i>Вправи на визначення кристалографічних індексів.</i>		3

	(виконання вправ)	Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	d_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	
Усього за ЗМ 2	2			6
3	Теоретичне завдання - опитування	Питання для підготовки: <i>Кристалографічний комплекс. Процедура побудови кристалографічної проекції багатогранника. Сітка Вульфа, Сітка Болдирева. Методи розв'язку задач за допомогою сітки Вульфа.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/plugfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання – розв'язування задач (виконання вправ)	Задачі на тему сітки Вульфа. Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/plugfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 3	2			6
4	Теоретичне завдання - опитування	Питання для підготовки: <i>Елементи симетрії континуума. Теорема про взаємодію або додавання елементів симетрії. 32 точкових види симетрії континуума. Категорії, сингонії і класи. Кристалографічні системи координат, правила устанавлення.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/plugfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання – розв'язування задач (виконання вправ)	Задачі на тему теорії симетрії кристалів. Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/plugfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 4	2			6
5	Теоретичне завдання - опитування	Питання для підготовки: <i>Загальна та часткова проста форма. Кратність точкового виду та підвиду. Відкриті і закриті прості форми. Назви простих форм і їхні характеристики.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/plugfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання - Контрольна робота	Задачі на теорію симетрії кристалів. Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/plugfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 5	2			6

6	Теоретичне завдання - <i>Опитування і обговорення пройденого лекційного матеріалу та рекомендованих літературних джерел, інформаційних ресурсів</i>	Питання для підготовки: <i>Елементи симетрії дисконтинуума. Трансляції. Базис. 14 типів комірок Браве. Площини ковзного відбиття. Гвинтові осі симетрії. Теореми взаємодії просторових елементів симетрії.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання - <i>розв'язування задач (виконання вправ)</i>	<i>Задачі на теорію симетрії кристалів.</i> Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 6	2			6
7	Теоретичне завдання - <i>опитування</i>	Питання для підготовки: <i>Вплив симетрії кристалу на його фізичні властивості. Принцип Кюрі. Принцип Неймана. Тензори, що описують фізичні властивості кристалів.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання - <i>розв'язування задач (виконання вправ)</i>	<i>Задачі на тензорне обчислення.</i> Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 7	2			6
8	Теоретичне завдання - <i>опитування</i>	Питання для підготовки: <i>Точкові, лінійні та об'ємні дефекти. Енергія утворення дефектів. Ряди вакансій та міжвузлових атомів. Крайова та гвинтова дислокації. Вектор Бюргерса. Поверхня як дефект.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання – <i>розв'язування задач (виконання вправ)</i>	<i>Розрахунок рівноважної концентрації дефектів.</i> Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 8	2			6
9	Теоретичне завдання – <i>опитування, Виконання тестових завдань в системі Moodle.</i>	Питання для підготовки: <i>Тензор коефіцієнтів пружності і його симетрія. Симетрія тензору теплопровідності. Вплив симетрії кристалу на симетрію тензору коефіцієнта дифузії. Рівняння Максвела для анізотропного середовища.</i>	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3

		<i>Одновісні та двовісні кристали. Тензори електропровідності та магнітної проникливості. Магнітна кристалографічна анізотропія.</i>		
	Практичне завдання: - розв'язування задач (виконання вправ)	Задачі на анізотропію фізичних властивостей кристалів. Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 9	2			6
10	Теоретичне завдання – опитування, короткий тест або контрольна робота	Питання для підготовки: Кристалізація як фазовий перехід. Механізми зростання кристалів. Епітаксія. Сублімація. Вирощування кристалів із рідкої фази. Методи Чохральського, Бріджмена, Кіропулоса. Метод зонного плавлення..	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	3
	Практичне завдання: Контрольна робота з розв'язування задач	Вимоги до виконання та оформлення: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=481	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	3
Усього за ЗМ 10	2			6
Усього за всі ЗМ	20			60

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
Залік	Теоретичне завдання	Питання для підготовки до заліку: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/126569/mod_resource/content/2/vopr_crystal.pdf	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/601482/mod_resource/content/1/silab_crystal_2020.pdf	20
	Практичне завдання	Розв'язання задачі або виконання практичного завдання	https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/130934/mod_resource/content/4/Kriter_kontr_crystal.pdf	20
Усього за підсумковий семестровий контроль				40

9. Рекомендована література

Змістові модулі 1–10:

1. Недоля А.В. Кристаллографія: навчальний посібник для студентів II-III курсів фізичного факультету. Запоріжжя: Просвіта, 2008.106 с.
2. Недоля А.В. Кристаллографія. Фізичні властивості кристалів: навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямку підготовки «Прикладна фізика». Запоріжжя: Просвіта, 2014.139 с.
3. Лиопо В.А. Сборник задач по кристаллографии: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 2000. 69 с.
4. Лиопо В.А. Сборник задач по структурной физике твердого тела: учеб. Пособие. Гродно: ГрГУ, 2001.117 с.
5. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фадеев М.А. Основы кристаллографии: учебник для вузов. Москва: Изд-во Физматлит, 2004.500 с.
6. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. Москва: Наука, 1971. 400 с.
7. Современная кристаллография: в 4 т. Т. 1: Б.К. Вайнштейн. Симметрия кристаллов. Методы структурной кристаллографии. Москва: Наука, 1979. - 384 с.
8. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П. Теория симметрии кристаллов. - Москва: ГЕОС, 2000. 394 с.
9. Шаскольская М.П. Кристаллография: учебник для вузов. Москва: Высшая школа, 1976. 391 с.
10. Зиман З.З. Основи структурної кристаллографії: навчальн. посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. 212 с.
11. Васильев Д.М. Физическая кристаллография. Москва: Металлургия, 1972. 280 с.
12. Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике. Москва: Наука, 1982. 288 с.

Додаткова

1. Нардов В.В., Практическое руководство по геометрической кристаллографии. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1974.142 с.
2. Шафрановский И.И., Алявдин В.Ф. Краткий курс кристаллографии: учебник для негеологических специальностей. Москва: Высшая школа, 1984.120 с.
3. Голдсмит Г.Дж. Задачи по физике твердого тела. Москва: «Наука», 1976. 432 с.
4. Киттель И. Введение в ФТТ. Москва: Наука, 1978. 625 с.
5. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография Москва: МГУ, 1992. 288 с.
6. Венман Е.Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография. Москва: Наука, 1978. 625 с.
7. Кузмичева Г.М. Основные разделы кристаллографии: учеб. пособие. Москва: МИТХТ, 2002. 80 с.

Інформаційні ресурси:

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського: веб-сайт. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua>
2. Майер Р.В. Решение физических задач с помощью пакета MathCAD [Электронный ресурс] / Р.В. Майер.- Глазов: ГГПИ, 2006.- 37 с. Режим доступа: <http://maier-rv.glazov.net/math/math1.htm>
3. Тематичний сайт програмних пакетів Експонента. Режим доступу: <http://www.exponenta.ru>