

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Кафедра електроніки і енергетики

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

Фізика твердого тіла

обов'язкова

Освітньо-професійна програма *Мікро- та наносистемна техніка*

Спеціальність *153 - Мікро- та наносистемна техніка*

Галузь знань *15 - Автоматизація та приладобудування*

Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Мова навчання *українська*

Розробники: *Сльотов Олексій Михайлович, асистент, к. ф.-м. н.*

Профайл викладача <http://ptcsi.chnu.edu.ua/викладачі-кафедри/?id=31>

<http://ptcsi.chnu.edu.ua/teachers/сльотов-олексій-михайлович/>

Контактний тел. *(037) 22-4-69-79*

E-mail: o.slyotov@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=1036>

Консультації *Очні консультації: понеділок з 15.20 до 16.00*

Онлайн-консультації: понеділок з 15.20 до 16.00

1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).

Навчальна дисципліна «Фізика твердого тіла» вивчає природу і механізми утворення кристалічного твердого тіла їх будову і методи її дослідження, а також мікроскопічні властивості твердих тіл. В ході вивчення дисципліни студенти ознайомляться з основами утворення різних типів міжатомної взаємодії і їх особливостями, основними типами кристалічних структур та елементів, які використовуються для їх опису, основними елементами теорії симетрії і поняттями кристалохімії, методами визначення структури твердих тіл та їх деякими властивостями.

2. Мета навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла» є фундаментальна підготовка студентів з питань, що стосуються міжатомної взаємодії і основних типів зв'язків в твердих тілах, структури ідеальних та реальних кристалів та основних методів її дослідження, а також надання практичних навиків по практичному розв'язанню відповідних завдань.

3. Пререквізити. До початку засвоєння курсу студенти мають засвоїти ряд наступних дисциплін: Фізика (Ч.1), Хімія, Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства.

4. Результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати: фізичні основи основних типів міжатомної взаємодії в твердих тілах, основні типи кристалічних структур та їх особливості, основні елементи теорії симетрії та поняття кристалохімії, основні методи визначення атомної структури твердих тіл, а також основні відомості про механічні, пружні та теплові властивості.

вміти: кваліфіковано здійснювати розрахунки для різних типів міжатомної взаємодії, опис структури твердих тіл, а також проводити дослідження атомної структури твердих тіл з використанням відповідного методу.

Програмні результати навчання:

Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки. Оцінювати характеристики та параметри матеріалів пристроїв мікро- та наносистемної техніки, знати та розуміти основи твердотільної та оптичної електроніки, нанoeлектроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, мікропроцесорної техніки.

Застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та нанoeлектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, складати схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.

Досліджувати характеристики і параметри мікро- та наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедичної електроніки з урахуванням цілей дослідження, вимог та специфіки вибраних технічних засобів.

Проектувати пристрої мікро- та наносистемної техніки у відповідності до вимог замовника і наявних ресурсних обмежень.

Організовувати та проводити планові та позапланові технічні обслуговування, налагодження технологічного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва.

Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни <i>Фізика твердого тіла</i>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	Вид підсумкового контролю
Денна	2-й	4	3,0	90	3	30	15	–	–	45	–	залік

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 1. Міжатомна взаємодія. Основні типи зв'язків в твердих тілах					
Тема 1. Вступ. Задачі і цілі предмету. Природа сил міжатомної взаємодії кристалу.	4	2				2
Тема 2. Енергія зв'язку і загальна характеристика потенціалу взаємодії в твердому тілі	5	2				3
Тема 3. Природа іонного та ковалентного зв'язків та їх особливості.	9	4				5
Тема 4. Металевий зв'язок та механізм його виникнення. Іонна модель метала та потенціали Френкеля, Морзе і Рідберга.	5	2				3
Тема 5. Природа Ван-дер-Ваальсівського і водневого зв'язку та їх особливості	5	2				3
Разом за змістовим модулем 1	28	12				16
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Структура кристалів і способи її визначення. Властивості твердих тіл					
Тема 6. Кристалічна решітка, її типи та позначення площин і напрямків у кристалах. Обернена решітка	4	2				2
Тема 7. Елементи теорії симетрії	4	2				2
Тема 8. Основні поняття кристалохімії	5	2				3
Тема 9. Методи визначення атомної структури твердих тіл	8	4				4
Тема 10. Механічні властивості твердих тіл	8	4				4
Тема 11. Коливання атомів кристалічної решітки та теплові властивості твердих тіл	8	4				4
Разом за змістовим модулем 2	37	18				19
	Змістовий модуль 3. Практичні заняття					
Тема 1. Отримання виразів для енергії зв'язку іонних кристалів у рівноважному стані та взаємозв'язок відповідних параметрів між собою	5		3			1

Тема 2. Обчислення характеристичної довжини, показника ступеня n та енергії зв'язку для різних іонних кристалів	5		3		2
Тема 3. Знаходження кількості атомів в елементарних комірках та різних площинах, а відповідно і поверхневих густин в кристалах різних сингоній, а також індексів Міллера	5		3		1
Тема 4. Знаходження різними методами кутів між площинами, площинами і напрямками в кристалах кубічної та тетрагональної сингоній	5		3		2
Тема 5. Знаходження періоду решіток, відстані між двома найближчими сусідніми атомами, співвідношень c/a для речовин з різними сингоніями	5		3		2
Разом за змістовим модулем 3	25		15		10
Усього годин	90	30	15		45

5.3. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми	К-ть годин
1	Опрацювання матеріалу лекцій	11
2	Опрацювання матеріалу за тематикою практичних занять	8
3	Відміна кристалічного твердого тіла від аморфного. Кристалічний стан речовин, його особливості (ближній, дальній порядок)	1
4	Класифікація дефектів в структурі кристалічних твердих тіл. Теплові та радіаційні дефекти, а також дислокації	1
5	Взаємозв'язок між властивостями твердого тіла та потенціалом взаємодії в твердому тілі	1
6	Отримання потенціалів взаємодії Борна-Ланде і Борна-Майера для іонних кристалів. Стала Моделунга та методика її розрахунку.	1
7	Квантово-механічне пояснення природи зв'язку в ковалентних кристалах. Симетричний та антисиметричний стани і явище гібридизації	1
8	Особливості зв'язку в молекулярних кристалах. Розрахунки Лондона для сил притягання та повна потенціальна енергія взаємодії. Пояснення потенціал Ленарда-Джонса і властивості молекулярних кристалів.	1
9	Параметри 7 сингоній та розподіл по ним 32 класів симетрії та їх особливості. Кристалічна решітка реальних твердих тіл.	2
10	Індекси Міллера та їх використання у позначенні основних площин кубічної сингонії, а також використання модифікованих індексів Міллера-Браве в позначенні площин гексагональної сингонії. Позначення сімейства площин.	1
11	Методика побудови оберненої решітки та знаходження її векторів. Огляд існуючих обернених решіток по відношенню до конкретних решіток Браве. Знаходження об'єму, міжплощинної віддалі, кутів між площинами та між напрямками в оберненій решітці	1
12	Класифікація точкових груп симетрії та аналіз їх основних типів	1
13	Класифікація просторових груп симетрії та аналіз їх основних типів	2
14	Дифракція як метод дослідження та використання трьох типів випромінювання, щодо отримання інформації про структуру твердих тіл	1
15	Отримання формули Вульфа-Брега, рівнянь Лауе та інтерференційного рівняння тривимірної решітки. Сфера Евальда	1
16	Розсіяння рентгенівських променів електронами, атомами (атомний фактор розсіяння), елементарною коміркою (структурний фактор)	2

17	Величини, що враховують різні впливи на рентгенівське випромінювання, розсіяне реальними кристалами	1
18	Експериментальні методи рентгено-дифракційного дослідження структури кристалів	2
19	Закон Гука для анізотропних твердих тіл. Пластичні властивості кристалічних твердих тіл	2
20	Коливання одномірної решітки з базисом та атомів трьохмірної ґратки	2
21	Теплове розширення та теплопровідність твердих тіл	2

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

До засобів, що використовуються для оцінювання рівня набутих теоретичних знань та практичних навиків належать:

- 1) письмове опитування або тестування за модулями 1 та 2;
- 2) практичний контроль та усне опитування під час розв'язування відповідних задач на практичних заняттях (модуль 3);
- 3) відповідь на запитанні (усне чи письмове опитування та/або тестування).

Засоби оцінювання

В якості засобів оцінювання та демонстрування результатів навчання можуть бути використані:

- стандартизовані тести;
- вирішення практичних завдань;
- контрольні роботи.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Знання студентів на іспиті оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки. Результатами складання іспиту оцінюються відповідно до прийнятої уніфікованої університетської шкали: 40 балів від загальної 100-бальної, при цьому:

0–13 балів. Студент виявляє слабке уявлення з предмета вивчення процесів та явищ фізики твердого тіла; не може зрозуміти умову найпростіших задач, і не знає способів їх розв'язку.

14-19 балів. Студент має фрагментарні уявлення з предмета вивчення і може відтворити окремі його частини; знає основні закономірності фізики твердого тіла, але не розуміє їх призначення і суть фізичних явищ, що вони описують; не може самостійно вирішувати навіть нескладні задачі.

20-27 балів. Студент знає окремі факти, що стосуються явищ та законів фізики твердого тіла; знає та розуміє основні закономірності предмету вивчення; може самостійно вирішувати лише прості задачі (на одну дію).

28-29 балів. Студент за допомогою викладача відтворює окремі частини начального теоретичного матеріалу, дає визначення основних понять і формулює окремі закони й закономірності, що розглядалися в курсі; самостійно вирішує прості задачі, задачі середньої важкості розв'язує за допомогою викладача.

30-32 бала. Студент самостійно відтворює значну частину навчального матеріалу, формулює закони й закономірності, що розглядалися в курсі, але допускає несуттєві помилки; може пояснити процеси або явища фізики твердого тіла; самостійно вирішує задачі середньої важкості, складні задачі розв'язує за допомогою викладача.

33-35 балів. Студент самостійно відтворює фактичний і теоретичний навчальний матеріал, пояснює суть явищ та процесів фізики твердого тіла, узагальнює їх і надає кількісну характеристику з використанням математичного апарату, але допускає неточності; самостійно вирішує складні задачі, задачі підвищеної складності розв'язати самостійно не може.

36-40 балів. Студент вільно володіє засвоєними знаннями і використовує їх у нестандартних ситуаціях, самостійно оцінює суть явищ і процесів фізики твердого тіла, встановлює зв'язки між цими явищами, має системні знання з предмета, аргументовано використовує їх, у тому числі в проблемних ситуаціях; самостійно знаходить і використовує інформацію згідно з

поставленим завданням; аналізує додаткову інформацію; самостійно раціональним шляхом розв'язує задачі будь-якої складності, передбачені навчальною програмою курсу.

Підсумкова оцінка за навчальну дисципліну виводиться з суми балів поточного контролю за модулями (60 балів) та модуля-контролю (іспиту) – (40 балів).

Оцінка за навчальну дисципліну заноситься у відомість обліку успішності та залікову книжку (індивідуальний навчальний план) студента відповідно до шкали оцінювання, затвердженої Міністерством освіти і науки України:

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота															Залік	Сума	
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2						Змістовий модуль №3						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T1	T2	T3	T4	T5	40	100
2	3	5	5	5	3	3	3	4	3	4	5	5	5	5	5		

T1, T2 ... T11 – теми змістових модулів.

7. Рекомендована література

Базова (основна)

- Болеста І. М. Фізика твердого тіла. Навчальний посібник. – Львів: Видавн.центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 480 с.
- М. В. Курик, В.М. Цмоць Фізика твердого тіла – К. Вища шк., 1985. – 244 с.
- Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Фізика твердого тела: Учеб. – 3-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 497 с.
- Блейкмор Дж. Фізика твердого тела Пер. с англ. / Под. ред. Д. Г. Андрианов, В. И. Фистуль. – М.: Мир, 1988. – 608 с.
- Епифанов Г.И. Фізика твердого тела 4-е изд. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с.
- В.И. Зиненко, Б.П. Сорокин, П.П. Турчин Основы физики твердого тела. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 336 с.
- Фізика твердого тела: Учеб. пособие для вузов / Под ред. И.К. Верещагина. - 2-е изд., испр. – М.: Высш.шк., 2001. – 237с.
- Ю.М.Поплавко Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетика. – 415 с.

9. Ю.М.Поплавко Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 2: Діелектрики, напівпровідники, фазові переходи. – 379 с.

Допоміжна

1. О.Ю. Шевченко Основы физики твердого тела – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2010. – 76 с.
2. Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. Н. Иванов, Л. Н. Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
3. М. П. Шаскольская Кристаллография: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 376 с.
4. Фистуль В. И. Физика и химия твердого тела. В 2-х томах. Т.1. – М.: Металлургия, 1995. – 480 с.
5. Фистуль В. И. Физика и химия твердого тела. В 2-х томах. Т.2. – М.: Металлургия, 1995. – 320 с.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978. – 791 с.
7. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т.1, Т.2 – М.: Мир, 1979. – 399 с.
8. В.А. Кацнельсон. Введение в физику твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1986. – 293 с.
9. В.А. Кацнельсон. Физика твердого тела: Структура твердого тела и магнитные явления. Спецпрактикум – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 304 с.
10. Жданов Г. С. Хунджуа А. Г. Лекции по физике твердого тела: Принципы строения, реальная структура, фазовые превращения. – М.: М.: Изд-во МГУ, 1988. – 231 с.
11. Жданов Г. С. Физика твердого тела. Атомная структура твердых тел. – М.: Наука, 1972. – 136 с.

8. Інформаційні ресурси

1. Різноманітні статті, електронні підручники та інтернет ресурси, що висвітлюють питання природи і механізмів утворення твердого тіла (як кристалічного, так і аморфного) їх будови та мікроскопічних властивостей, а також методів дослідження цих властивостей та можливостей практичного застосування твердих тіл.
2. Дистанційне навчання.
3. Література з даної навчальної дисципліни.