

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
кафедра загальної фізики та методики викладання фізики



ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор з навчальної роботи

пр. Д. Гаврилюк С. В.

С. В. Гаврилюк
19. 11. 2014 р.

Фізика твердого тіла

РОБОЧА ПРОГРАМА
вибіркової навчальної дисципліни
підготовки бакалавра
напряму 6.040203 «Фізика»

Луцьк 2014

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла» для студентів спеціальності 6.040203 «Фізика». 12 серпня 2014 року. 14 с.

Розробники:

доцент кафедри загальної фізики та методики викладання фізики,
канд. фіз.-мат. наук



Галан В.В.

Рецензент:

доцент кафедри фізики твердого тіла та інформаційно-вимірювальних технологій
канд. фіз.-мат. наук



Божко В.В.

**Робоча програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри
Загальної фізики та методики викладання фізики**

протокол № 3 від 29.10.2014 р.

Завідувач кафедри:

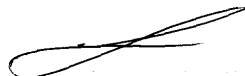


(Головіна Н.А.)

**Робоча програма навчальної дисципліни
схвалена науково-методичною комісією фізичного факультету**

протокол № 2 від 20.10.2014 р.

Голова науково-методичної
комісії факультету



(Муляр В.І.)

**Робоча програма навчальної дисципліни
схвалена науково-методичною радою університету**

протокол № 3 від 19.11.2014 р.

© Галан В.В., 2014 р.

Вступ

Курс «Фізика твердого тіла» є фундаментальною дисципліною на якій ґрунтується вивчення студентами даної спеціальності курсів: «Основи оптичної спектроскопії», «Основи матеріалознавства», «Основи лазерної фізики». Програма відповідає курсу фізики твердого тіла для студентів фізичного факультету спеціальності «Фізика».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є: вивчення структури твердих тіл, методів дослідження структури, встановлення залежності між атомно-електронною структурою і фізичними властивостями твердих тіл.

Міждисциплінарні зв'язки: загальна фізика, методи математичної фізики, класична механіка, електродинаміка, квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика, основи сучасної електроніки.

Програма навчальної дисципліни складається з таких **змістових модулів:**

1. Структура твердих тіл. Основні теорії теплоємності.
2. Основи зонної теорії. Нерівноважні процеси в напівпровідниках.
3. Оптичні, електричні та магнітні властивості твердих тіл.

На кожному практичному і лабораторному заняттях, студенти отримують поточні оцінки. Оцінка якості знань проводиться також з допомогою модульних контрольних робіт вкінці кожного змістового модуля. Підсумковий контроль засвоєння дисципліни – екзамен.

1. Опис навчальної дисципліни

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна
Кількість кредитів 5	0402 фізико-математичні науки	вибіркова
	6.040203 фізика	
Модулів 4	фізика	Рік підготовки 4
Змістових модулів 3		Семестр 7, 8
ІНДЗ: є		Лекції 34 год.
Загальна кількість годин 180		Практичні (семінари) – 6 год.
Тижневих годин (для денної форми навчання): аудиторних <u>2</u> самостійної роботи <u>1,5</u> індивідуальної роботи <u>1,5</u>	бакалавр	Лабораторні – 24 год.
		Самостійна робота 58 год.
		Індивідуальна робота 58 год.
		Форма контролю: екзамен

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою курсу «Фізика твердого тіла» є сформувати в студентів міцні знання фізичних законів структури кристалів, зонної теорії твердих тіл, оптичних, фотоелектричних явищ, магнітних властивостей та контактних явищ в твердих тілах. На основі законів та теорій пояснити механізми проходження фізичних явищ в твердих тілах, дати уявлення про межі застосування різних фізичних теорій.

Завданням курсу «Фізика твердого тіла» є: на основі інформації про основні теорії та моделі твердих тіл сформувати у студентів систему знань, яка необхідна для розуміння фізичних процесів, які відбуваються в аморфних та кристалічних тілах.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати:

- геометрію кристалічної ґратки. Кристалографічні сингонії та символи. Індеси Міллера. Точкові елементи симетрії;
- обернена решітка, зони Бріллюена. Базисні вектори оберненої решітки. Класифікація дефектів в твердих тілах;
- дифракція рентгенівських променів на кристалах. Формула Вульфа-Брега;
- дифракційне рівняння Лауе. Атомний фактор розсіяння. Структурний фактор розсіяння;
- взаємодія між атомами та іонами. Потенційна енергія та квазіупруга сила системи в стані стійкої рівноваги;
- властивості хімічного зв'язку. Іонний зв'язок. Енергія взаємодії іонів. Обчислення сталої Маделунга для одномірного ланцюжкового кристалу. Ковалентний зв'язок;

- коливання атомів одновимірного кристалу. Закон дисперсії. Фазова та групова швидкості. Оптична та акустична вітки коливань атомів;
 - інфрачервоне поглинання. Амплітуди коливань атомів при інфрачервоному поглинанні;
 - теплоємність твердих тіл: класична теорія; теорія теплоємності Ейнштейна. Теорія теплоємності Дебая;
 - модельні уявлення про утворення енергетичних зон у кристалах. Модель вільних електронів. Одновимірний кристал – модель Кроніга-Пенні;
 - наближення слабо та сильнозв'язаних електронів;
 - рух електрона у зовнішньому полі. Поняття ефективної маси;
 - класифікація твердих тіл. Енергетичні зони метала, напівпровідника, діелектрика;
 - розподіл електронів по енергетичним рівням. Власний напівпровідник. Концентрація та положення рівня Фермі у власному напівпровіднику;
 - домішкові напівпровідники. Концентрація та положення рівня Фермі в напівпровіднику з одним типом домішки;
 - концентрація та положення рівня Фермі в напівпровіднику, що містить донорну і акцепторну домішку;
 - генерація та рекомбінація нерівноважних носіїв заряду. Релаксаційний час життя нерівноважних носіїв заряду. Лінійна та квадратична рекомбінація нерівноважних носіїв заряду;
 - дифузія нерівноважних носіїв заряду. Дифузійна довжина;
 - поверхневі енергетичні стани. Поверхнева рекомбінація. Дебаївська довжина екранування. Поверхнева електропровідність;
 - види взаємодії світла з твердим тілом. Закон Бугера. Оптичні параметри напівпровідника: коефіцієнти відбивання, пропускання та поглинання;
 - поглинання світла кристалами. Прямі та непрямі переходи. Правило Урбаха;
 - фотоелектричні явища в напівпровідниках. Внутрішній фотоефект. Фотопровідність. Квантовий вихід фотопровідності;
 - релаксація фотопровідності Релаксаційний час життя нерівноважних носіїв заряду;
 - люмінесценція в напівпровідниках та її види. Механізми випромінювальної рекомбінації. Кінетика затухання внутріцентрної та рекомбінаційної люмінесценції;
 - магнітні властивості твердих тіл. Класифікація магнетиків. Магнітна проникність та магнітна сприйнятливність;
 - природа діамагнетизму. Магнітна сприйнятливність діамагнетиків;
 - природа парамагнетизму. Магнітна сприйнятливність парамагнетиків. Закон Кюрі;
 - феромагнетизм. Закон Кюрі-Вейсса. Феромагнітні домени;
 - гальваномангнітні ефекти. Ефект Холла в n- та p-типу напівпровідниках;
 - контактні явища в твердих тілах. Робота виходу. Густина струму термоелектронної емісії;
 - контактна різниця потенціалів. Контакт метал-метал та метал-напівпровідник;
 - неоднорідний напівпровідник. Потенціальний бар'єр p-n переходу;
- вміти:**
- Розрахувати структурний фактор найпростіших кристалічних структур.

- Обчислити концентрацію та рухливість носіїв струму в напівпровідниках за даними ефекту Холла.
- Розрахувати положення рівня Фермі для власних та домішкових напівпровідників.
- Із релаксаційних кривих спаду фотопровідності обчислити релаксаційний час життя та довжину дифузії нерівноважних носіїв заряду.
- Обчислити коефіцієнт поглинання та ширину забороненої зони для кристалів із прямими і непрямими переходами.
- Дослідити оптичні, електричні, фотоелектричні, та магнітні властивості твердих тіл.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться __180__ годин / __5__ кредитів ECTS.

3. Програма навчальної дисципліни

VII СЕМЕСТР

Змістовий модуль 1. Структура твердих тіл. Основні теорії теплосмності.

Тема 1. Предмет фізика твердого тіла. Геометрія кристалічної ґратки. Кристалографічні символи. Симетрія кристалічних структур.

Вступ. Поняття про кристали та кристалічну решітку. Кристалографічні сингонії. Елементи симетрії. Індокси Міллера, параметри Вейсса. Символи кристалографічних площин.

Тема 2. Класифікація дефектів в твердих тілах. Обернена решітка і зони Бріллюєна.

Точкові дефекти, домішки, дислокації. Формула залежності концентрації точкових дефектів від температури. Базисні вектори прямої та оберненої решітки. Поняття про зони Бріллюєна.

Тема 3. Визначення атомної структури твердих тіл. Формула Вульфа-Брега. Дифракційне рівняння Лаує.

Дифракційні методи визначення атомної структури твердих тіл. Умова відбивання променів від атомних площин. Формула Вульфа-Брега. Виведення дифракційного рівняння Лаує.

Тема 4. Атомний фактор розсіювання. Структурний фактор розсіювання.

Виведення формул, що визначають атомний фактор розсіювання, структурний фактор розсіювання. Приклади розрахунку атомного та структурного факторів в кристалах.

Тема 5. Взаємодія між атомами і іонами. Система атомів в стані стійкої рівноваги. Іонний зв'язок. Стала Маделунга. Ковалентний зв'язок.

Умова, при якій система із двох атомів знаходиться в стані стійкої рівноваги. Потенційна енергія системи, що складається з двох атомів в стані близькому до рівноваги. Квазіупружна сила. Розрахунок структурної суми, що визначає сталу Маделунга.

Тема 6. Коливання одновимірної кристалічної решітки. Закон дисперсії.

Рівняння, що визначає коливання атомів в одновимірній кристалічній решітці. Формула, що визначає залежність частоти коливань атомів від хвильового числа. Групова і фазова швидкість. Швидкість поширення звукового імпульсу в

твердому тілі.

Тема 7. Коливання атомів одновимірного кристалу, що складається з двох сортів атомів. Інфрачервоне поглинання.

Дисперсійна залежність частоти коливань атомів від хвильового числа для кристалу, що складається з двох сортів атомів. Оптична та акустична вітка коливань атомів. Амплітуди коливань різних сортів атомів.

Тема 8. Класична теорія теплоємності твердих тіл. Теорія теплоємності Ейнштейна.

Закон Дюлонга і Пті. Теплоємність при сталому об'ємі у випадку високих та низьких температур за теорією Ейнштейна. Характеристична температура Ейнштейна.

Тема 9. Теорія теплоємності Дебая. Теплоємність металів із врахуванням вкладу вільних електронів.

Залежність теплоємності твердих тіл від температури за теорією Дебая. Характеристична температура Дебая. Теплоємність електронного газу та кристалічної решітки при низьких температурах.

VIII СЕМЕСТР

Змістовий модуль 2. Основи зонної теорії. Нерівноважні процеси в напівпровідниках.

Тема 10. Модель вільних електронів. Енергетичні зони в кристалах. Одномірний кристал. Модель Кроніга-Пенні

Енергія вільного електрона. Енергія електрона, що знаходиться в полі сил кристалічної решітки. Квантування енергії електрона та хвильового вектора в кристалі. Утворення заборонених та дозволених значень енергій в моделі Кроніга-Пенні.

Тема 11. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Рух електрона у зовнішньому полі. Поняття ефективної маси

Хвильова функція і енергія електронів в наближенні слабо та сильнозв'язаних електронів. Енергетичний спектр. Прискорення електрона в кристалі. Обернена ефективна маса електрона.

Тема 12. Енергетичні зони метала, напівпровідника, діелектрика. Власний напівпровідник.

Класифікація твердих тіл. Утворення енергетичних зон в металі напівпровіднику і діелектрику. Розподіл електронів по енергетичним рівням. Залежність концентрації та енергії Фермі від температури у власному напівпровіднику.

Тема 13. Домішкові напівпровідники з одним та двома типами домішок.

Концентрація та енергія Фермі в домішковому напівпровіднику при низьких і високих температурах. Розподіл електронів по енергетичним рівням в напівпровіднику, що містить донорну і акцепторну домішку.

Тема 14. Генерація та рекомбінація нерівноважних носіїв заряду.

Релаксаційний час життя. Лінійна та квадратична рекомбінація нерівноважних носіїв заряду. Основне рівняння, що визначає релаксацію при лінійній і білінійній рекомбінації нерівноважних носіїв заряду. Миттєвий час життя нерівноважних носіїв заряду.

Тема 15. Дифузія нерівноважних носіїв заряду. Поверхнева рекомбінація. Поверхнева провідність.

Залежність концентрації вільних носіїв заряду від відстані до поверхні

напівпровідника. Дифузійна довжина. Дебаївська довжина екранування. Поверхневі енергетичні стани.

Змістовий модуль 3. Оптичні, електричні та магнітні властивості твердих тіл.

Тема 16. Види взаємодії світла з твердим тілом. Закон Бугера.

Види взаємодії світла з твердим тілом. Оптичні параметри напівпровідників: коефіцієнти відбивання, пропускання та поглинання. Поняття екситона. Показник заломлення і поглинання світла в речовині. Обчислення коефіцієнтів відбивання, пропускання та поглинання світла в твердих тілах.

Тема 17. Поглинання світла кристалами. Прямі та непрямі переходи. Правило Урбаха.

Фундаментальне поглинання в кристалах. Спектральна залежність коефіцієнта поглинання при прямих та непрямих переходах. Екситонне, решіткове, домішкове та поглинання вільними носіями. Енергія екситона. Неселективне поглинання. Формула, що визначає коефіцієнт поглинання вільними носіями. Енергетична діаграма переходів електронів при домішковому поглинанню.

Тема 18. Фотоелектричні явища в напівпровідниках.

Внутрішній фотоэффект. Фотопровідність. Квантовий вихід фотопровідності. Стаціонарний час життя. Релаксація фотопровідності. Формула, що визначає діркову і електронну електропровідність напівпровідника. Коефіцієнт квантового виходу. Швидкість генерації та рекомбінації електронно-діркових пар.

Тема 19. Люмінесценція в напівпровідниках та її види.

Механізми випромінювальної рекомбінації в напівпровідниках. Кінетика затухання внутріцентрної та рекомбінаційної люмінесценції. Константа швидкості затухання люмінесценції.

Тема 20. Контактні явища в напівпровідниках.

Робота виходу. Густина струму термоелектронної емісії. Контакт метал-метал. Формула Річардсона. Термодинамічна робота виходу електронів із металу. Енергетична діаграма двох металів із різними енергіями Фермі.

Тема 21. Контактна різниця потенціалів. Контакт метал-напівпровідник. Неоднорідний напівпровідник. p-n-перехід.

Енергетична діаграма металу і напівпровідника. Зовнішня контактна різниця потенціалів. Запірний, антизапірний та інверсний шар при контакті метал-напівпровідник. Інжекція та екстракція носіїв на контакті метал-напівпровідник. Дифузійний і дрейфовий струм. Величина потенціального бар'єру для електронів, що виникає на межі p і n областей.

Тема 22. Природа парамагнетизму. Закон Кюрі. Феромагнетизм. Гальваномагнітні ефекти.

Парамагнітна сприйнятливість. Стала Кюрі. Класифікація парамагнетиків. Магнетон Бора. Температура Кюрі. Антиферомагнетизм. Закон Кюрі-Вейсса. Феромагнітні домени. Дія магнітного поля на напівпровідник n- та p-типу. Ефект Холла. Обчислення холівської напруги та рухливості.

4. Структура навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни представляється у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин	
	Усього	у тому числі

		Лек.	Практ. (Семін.)	Лаб.	Інд.	Сам. роб.
1	2	3	4	5	6	7
VII Семестр						
Змістовий модуль 1. Структура твердих тіл. Основні теорії теплоємності.						
Тема 1. Предмет фізика твердого тіла. Геометрія кристалічної ґратки. Кристалографічні символи. Симетрія кристалічних структур.	6	1			3	2
Тема 2. Класифікація дефектів в твердих тілах. Обернена решітка і зони Бріллюєна.	9	1	1	2	2	3
Тема 3. Визначення атомної структури твердих тіл. Формула Вульфа-Брега. Дифракційне рівняння Лауе..	7	2			2	3
Тема 4. Атомний фактор розсіювання. Структурний фактор розсіювання.	6	1			3	2
Тема 5. Взаємодія між атомами і іонами. Система атомів в стані стійкої рівноваги. Іонний зв'язок. Стала Маделунга. Ковалентний зв'язок.	8	2		2	2	2
Тема 6. Коливання одновимірної кристалічної решітки. Закон дисперсії.	10	1	1	2	3	3
Тема 7. Коливання атомів одновимірного кристалу, що складається з двох сортів атомів. Інфрачервоне поглинання.	7	1			3	3
Тема 8. Класична теорія теплоємності твердих тіл. Теорія теплоємності Ейнштейна.	6	1			3	2
Тема 9. Теорія теплоємності Дебая. Теплоємність металів із врахуванням вкладу вільних електронів.	8	2			3	3
Разом за змістовим модулем.	67	12	2	6	24	23
VIII семестр						
Змістовий модуль 2. Основи зонної теорії. Нерівноважні процеси в напівпровідниках.						
Тема 10. Модель вільних електронів. Енергетичні зони в кристалах. Одномірний кристал. Модель Кроніґа-Пенні.	7	1			3	3
Тема 11. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Рух електрона у зовнішньому полі. Поняття ефективної маси.	8	2			3	3
Тема 12. Енергетичні зони метала, напівпровідника, діелектрика. Власний напівпровідник.	10	2	1	2	2	3

Тема 13. Домішкові напівпровідники з одним та двома типами домішок.	12	2	1	4	3	2
Тема 14. Генерація та рекомбінація нерівноважних носіїв заряду.	8	1		2	2	3
Тема 15. Дифузія нерівноважних носіїв заряду. Поверхнева рекомбінація. Поверхнева провідність.	8	2			3	3
Разом за змістовим модулем	53	10	2	8	16	17
Змістовий модуль 3. Оптичні, електричні та магнітні властивості твердих тіл.						
Тема 16. Види взаємодії світла з твердим тілом. Закон Бугера.	7	1		2	2	2
Тема 17. Поглинання світла кристалами. Прямі та непрямі переходи. Правило Урбаха.	9	2		2	3	2
Тема 18. Фотоелектричні явища в напівпровідниках.	10	2	1	2	2	3
Тема 19. Люмінесценція в напівпровідниках та її види.	9	2		2	3	2
Тема 20. Контактні явища в напівпровідниках.	7	1			3	3
Тема 21. Контактна різниця потенціалів. Контакт метал-напівпровідник. Неоднорідний напівпровідник. p-n-перехід.	8	2			3	3
Тема 22. Природа парамагнетизму. Закон Кюрі. Феромагнетизм. Гальваномагнітні ефекти.	10	2	1	2	2	3
Разом за змістовим модулем	60	12	2	10	18	18
Усього годин	180	34	6	24	58	58

Таблиця 3.

5. Теми практичних (семінарських) занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
VII Семестр		
1	Коливання одновимірної кристалічної решітки. Закон дисперсії. Швидкість поширення звукового імпульсу в твердих тілах. Дисперсійна залежність частоти коливань атомів від хвильового числа для кристалу, що складається з двох сортів атомів. Амплітуди коливань різних сортів атомів	1
2	Класична теорія теплоємності твердих тіл. Теорія теплоємності Ейнштейна. Характеристична температура Ейнштейна. Теорія теплоємності Дебая. Теплоємність металів із врахуванням вкладу вільних електронів.	1
VIII Семестр		
3	Розрахунок концентрації носіїв заряду і положення рівня Фермі для власних та домішкових напівпровідників	1
4	Обчислення релаксаційного часу життя та довжини дифузії із релаксаційних кривих спаду фотопровідності. Дифузія	1

	нерівноважних носіїв заряду. Поверхневі енергетичні стани. Поверхнева рекомбінація. Поверхнева провідність. Дифузійна довжина. Дебаївська довжина екранування.	
5	Обчислення коефіцієнта поглинання та ширини забороненої зони для кристалів із прямими і непрямыми переходами	1
6	Гальваномагнітні ефекти. Ефект Холла. Дія магнітного поля на напівпровідник n- та р-типу. Стала Холла. Обчислення холівської напруги та рухливості.	1
	Разом	6

Таблиця 4.

Теми лабораторних занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
VII Семестр		
1	Вивчення температурної залежності електропровідності у напівпровідниках і визначення ширини забороненої зони.	4
2	Дослідження спектрального розподілу фотопровідності	2
VIII Семестр		
3	Дослідження домішкового поглинання світла і визначення параметрів домішкових центрів в напівпровідниках.	4
4	Визначення релаксаційного часу життя носіїв заряду методом спаду фотопровідності.	4
5	Вимірювання залежності коефіцієнта поглинання світла від енергії падаючих квантів на краю області фундаментального поглинання	4
6	Визначення концентрації носіїв струму в напівпровідниках	4
7	Дослідження спектрів фотолюмінесценції твердих тіл.	2
	Разом	24

6. Самостійна робота

№ з/п	Тема	Кількість годин
VII Семестр		
1	Геометрія кристалічної ґратки. Кристалографічні сингонії. Елементи симетрії. Трьохмірні просторові групи. Символи кристалографічних площин	2
2	Дифракція рентгенівських променів в кристалах. Визначення атомної структури твердих тіл. Умова відбивання променів від атомних площин. Формула Вульфа-Брега. Дифракційне рівняння Лауе	3
3	Взаємодія між атомами і іонами. Кристали із ковалентним зв'язком. Іонні, молекулярні та металічні кристали. Енергія іонних кристалів.	3
4	Умова, при якій система із двох атомів знаходиться в стані стійкої рівноваги. Потенційна енергія системи, що складається з двох атомів в стані близькому до рівноваги. Квазіпружна сила. Розрахунок структурної суми, що визначає сталу Маделунга	4
5	Пружні властивості кристалів. Модулі пружності і пружні константи. Пружні хвилі в кубічних кристалах.	3
6	Підготовка до лабораторних занять з фізики твердого тіла.	2

VIII Семестр		
7	Коливання одновимірної кристалічної решітки. Закон дисперсії. Визначення числа нормальних коливань для скінченного ланцюжка частинок. Коливання двовірних та трьохвірних решіток.	2
8	Теплові властивості твердих тіл. Теорія Ейнштейна, Дебая. Обчислення теплопровідності. Середня довжина вільного пробігу в діелектричних кристалах. Теплове розширення.	3
9	Внутрішнє електричне поле діелектрика. Вимірювання діелектричної сталості. Поляризуємість. Дипольна релаксація, діелектричні втрати.	4
10	Діамагнетизм та парамагнетизм. Ядерне і електронне спинове резонансне поглинання. Макроскопічне рівняння резонансу.	3
11	Підготовка до лабораторних занять з фізики твердого тіла.	2
12	Феромагнетизм та антиферомагнетизм. Точка Кюрі. Температурна залежність самовільної намагніченості. Феромагнітні домени. Коерцитивна сила, гістерезис.	4
13	Зони Бріллюена. Хвильові функції електрона в періодичній решітці. Статистика електронів і дірок в кристалі: адіабатичне та одноелектронне наближення	3
14	Напівпровідникові кристали. Власна та домішкова провідність. Теплова іонізація домішкових атомів. Рухливість носіїв струму.	3
15	Фотоелектричні явища в напівпровідниках. Фотопровідність. Квантовий вихід фотопровідності. Релаксація фотопровідності. Швидкість генерації та рекомбінації електронно-діркових пар.	4
16	Люмінесценція в напівпровідниках та її види. Кінетика затухання внутріцентрості та рекомбінаційної люмінесценції. Релаксація внутріцентрості та рекомбінаційної люмінесценції.	3
17	Підготовка до лабораторних занять з фізики твердого тіла.	2
18	Контактні явища в напівпровідниках. Термодинамічна робота виходу електронів із металу. Контактна різниця потенціалів. Неоднорідний напівпровідник. р-п-перехід. Випрямляюча дія р-п-переходу.	4
19	Поверхневі явища в напівпровідниках. Поверхневі енергетичні стани. Поверхнева рекомбінація. Виникнення поверхневого шару об'ємного заряду.	4
Разом		58

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання з курсу «Фізика твердого тіла» передбачають:

- Підготувати доповідь на тему: «Основні тенденції в розвитку сучасних нанотехнологій в області твердотільної електроніки».
- Підготувати доповідь на тему: «Взаємодія світла з речовиною. Вплив електромагнітного випромінювання на неорганічні та органічні матеріали».
- Підготувати та доповісти реферат: «Аномальні явища в природі».
- Підготувати та доповісти реферат: «Вклад українських науковців з фізики твердого тіла в розвиток світової науки».
- Розв'язування задач з фізики твердого тіла з підвищеним рівнем складності різними методами.
- Експрес-опитування для виявлення знань основних законів фізики твердого тіла.

8. Методи навчання – лекції, практичні, лабораторні заняття, самостійна

та індивідуальна робота.

9. Форма підсумкового контролю успішності навчання – іспит (VIII семестр).

10. Методи та засоби діагностики успішності навчання – усне опитування, контрольні роботи, самостійні роботи, виконання ІНДЗ, тестові завдання, комплекти питань індивідуальних завдань.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

При оцінюванні знань і умінь студентів використовуються такі форми організації поточного та підсумкового контролю: виконання індивідуальних завдань, практичних та лабораторних робіт, написання модульних контрольних робіт.

Після завершення вивчення матеріалу кожного із змістових модулів проводиться модульна контрольна робота у вигляді письмового тестування (15 балів). Вона передбачає перевірку теоретичних знань студентів, які вони отримали під час лекцій та самостійного опрацювання матеріалу. Шкала оцінювання академічних успіхів студента – 100-балів відводиться на один семестр

Розподіл балів за видами робіт

Поточний контроль (маx = 40 балів)			Модульний контроль (маx = 60 балів)				Сума балів
Модуль 1 ІР	Модуль 2 ІР	Модуль 3 (ІНДЗ)	Модуль 4				
			МКР № 1	МКР № 2	МКР № 3	МКР № 4	
15	15	10	15	15	15	15	100

Шкала оцінювання (національна та ECTS)

Академічні успіхи студента визначаються за допомогою системи оцінювання, що використовується у вищому навчальному закладі, з обов'язковим переведенням оцінок до національної шкали та шкали ECTS.

Шкала оцінювання академічних успіхів студента – 100-бальна. Переведення оцінки в шкалу ECTS та національну шкалу здійснюється за схемою:

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано
82 – 89	B	Добре	
75 - 81	C		
67 -74	D	Задовільно	
60 - 66	E		
1 – 59	Fx	Незадовільно	не зараховано (з можливістю повторного складання)

12. Методичне забезпечення

1. Лабораторний практикум з фізики, ч.3 (ядерна фізика, статистична фізика і термодинаміка, фізика твердого тіла). Лабораторний практикум. Видання третє, перероблене і доповнене. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 122 с.
2. Лысов В.Ф. Практикум по физике полупроводников / В.Ф.Лысов. – М.: Просвещение, 1976. – 207 с.
3. Фізика: методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів / Уклад.: А.Г. Кевшин, В.В. Галян, С.А. Федосов. – Луцьк: РВВ «Вежа», 2012. – 84 с.
4. Загальна фізика: Лабораторний практикум: Навчальний посібник / За заг. ред. І.Т. Горбачука. – К.: Вища школа, 1992. – 509 с.
5. Специальный физический практикум. Ч.2 : учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов / Под. ред. А.А. Харламова. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 376 с.

13. Список джерел

1. Ансельм А. Введение в теорию полупроводников / А. Ансельм. – М.: Наука, 1978. – 509 с.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. / Ч. Киттель. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. – 791 с.
3. Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1965. – 360 с.
4. Киреев П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев. – М.: Высшая школа, 1975. – 584 с.
5. Стильбанс Л.С. Физика полупроводников / Л.С. Стильбанс. – М.: Сов. Радио, 1967. – 451 с.
6. Блейкмор Дж. Физика твердого тела / Дж. Блейкмор. – М.: Мир, 1988. – 608 с.
7. Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 392 с.
8. Займан Дж. Принципы теории твердого тела / Дж. Займан. – М.: Мир, 1966. – 478 с.
9. Курик М.В. Фізика твердого тіла / М.В. Курик, В.М. Цмось. – К.: Вища школа, 1985. – 247 с.
10. Павлов Л.П. Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов / Л.П. Павлов. – М.: Высшая школа, 1987. – 239 с.
11. М.Б. Гусев. Физические основы твердотельной электроники / М.Б. Гусев. – М.: Изд-во МГУ, – 1986. – 312 с.
12. Сидякин В.Г. Техника физического эксперимента / В.Г. Сидякин, Ю.М. Алтайский. – К.: Изд-во КГУ, 1969. – 194 с.