

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник директора з наукової роботи  
  
В. В. Давидовський  
« 5 » 2023 р.



**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛІНИ**  
**ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА**

**Освітньо-кваліфікаційний рівень:** доктор філософії

**Галузь знань:** 10 - Природничі науки

**Спеціальність :** 104 – Фізика та астрономія

**Освітня програма:** Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

**Статус курсу:** фаховий (вибірковий)

**Київ 2023**

**Фізика твердого тіла: Навчально-методичний комплекс дисципліни. – Київ: ІЯД НАНУ, 2023. - 19 с.**

**Укладач:** Фіщук І.І., доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Ухвалено на засіданні Вченої ради Інституту ядерних досліджень НАН України

протокол № 6 від “ 5 ” липня 2023 р.

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**  
***ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА***

**Освітньо-кваліфікаційний рівень:** *доктор філософії*

**Галузь знань:** *10 - Природничі науки*

**Спеціальність :** *104 – Фізика та астрономія*

**Освітня програма:** *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

**Статус курсу:** *фаховий (вибірковий)*

## I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма з курсу «**Фізика твердого тіла**» відповідає навчальному плану підготовки аспірантів за спеціальністю **104 – Фізика та астрономія** (галузь знань: **10 - Природничі науки**), що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень доктора філософії на відповідній освітній програмі ІЯД НАН України.

Курс «**Фізика твердого тіла**» є необхідною складовою вибіркового навчальних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки докторів філософії за спеціальністю **104 – Фізика та астрономі**, напрям підготовки: Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Він дає можливість ознайомити аспірантів з понятійним апаратом фізики твердого тіла, властивостями кристалічних та неупорядкованих, в тому числі опромінених радіацією твердих тіл, теоретичними методами опису явищ в них та розрахунку вимірюваних величин.

Курс «**Фізика твердого тіла**» викладається на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі та розрахований на 12 навчальних тижнів (по 4 ауд. год. щотижня; перший тиждень занять – лекційний). Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 32 год.; практичні заняття – 16 год.; консультація – 2 год.) і самостійну роботу (90 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 140 (4 кредити ЄКТС).

**Мета дисципліни** – ознайомлення аспірантів з основними положеннями фізики твердого тіла, методами теоретичного опису явищ в них, та засвоєння методів розрахунку вимірюваних фізичних величин, що характеризують процеси в твердому тілі.

**Завдання** – сформуванню у аспірантів базові знання про характеристики та властивості твердого тіла, сформуванню вміння теоретичного опису твердотільних систем, розрахунку вимірюваних величин, що їх характеризують.

### **Структура курсу**

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

**Знати:** - основні поняття про структуру та енергетичний спектр кристалів, основні механічні, оптичні, електричні і магнітні властивості твердих тіл, експериментальні методи фізики твердого тіла.

**Вміти:** - розраховувати електронні кінетичні властивості твердих тіл, записувати рівняння для опису фазових переходів, записувати рівняння для опису надпровідності.

**Місце дисципліни** (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Фізика твердого тіла**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при

вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт.

**Зв'язок з іншими дисциплінами.** При вивченні дисципліни «**Фізика твердого тіла**» використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної фізики, електродинаміки, атомної фізики, статистичної фізики, квантової механіки, основ фізики плазми.

## II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва теми	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна та індиві- дуальна робота	Консуль- тації
	Тема 1. Поняття про фізику твердого тіла	5	2	2	3	-
	Тема 2. Основні типи дефектів в твердих тілах	8	2	-	6	-
	Тема 3. Типи взаємодій в твердому тілі	10	2	-	6	-
	Тема 4. Невпорядковані тверді тіла	10	2	2	6	-
	Тема 5. Квазічастинки в твердому тілі	10	2	2	6	-
	Тема 6. Оптичні та акустичні фонони	8	2	2	6	-
	Тема 7. Електронні стани в кристалах	10	2	2	6	-
	Тема 8. Кінетичні явища	10	2	6	6	-
	Тема 9. Напівпровідники	5	2	-	3	-
	Тема 10. Теплоємність	8	2	-	6	
	Тема 11. Механізми поглинання фотонів	10	2	-	6	
	Тема 12. Ефективне поле	10	2	-	6	
	Тема 13. Рівновага фаз	10	2	-	6	
	Тема 14. Переходи метал-діелектрик в системі електронів	10	2	-	6	
	Тема 15. Основні властивості надпровідників	8	2	-	6	
	Тема 16. Рентгенографія - методи досліджень ідеальної та реальної структури	8	2	-	6	
	Іспит	-	-	-	-	2
	<b>Всього</b>	<b>140</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>90</b>	<b>2</b>

## ЗМІСТ КУРСУ

### **ТЕМА 1. Поняття про фізику твердого тіла.**

Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Мілера. Точкові і просторові групи. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.

### **ТЕМА 2. Основні типи дефектів в твердих тілах.**

Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах. Вплив радіаційних, механічних та термічних дій на реальну структуру твердих тіл.

### **ТЕМА 3. Типи взаємодій в твердому тілі .**

Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних та молекулярних кристалів. Щільнозапаковані структури.

### **ТЕМА 4. Невпорядковані тверді тіла.**

Аморфні тіла - методи отримання та дифракційного дослідження структури. Рідинні кристали. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.

### **ТЕМА 5. Квазічастинки в твердому тілі.**

Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок.

### **ТЕМА 6. Оптичні та акустичні фонони.**

Коливання кристалічної решітки - фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки, Дебаївська частота. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Ангармонізм та теплове розширення.

### **ТЕМА 7. Електронні стани в кристалах.**

Одноелектронна модель, Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхня Фермі. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в неvirоджених напівпровідниках.

### **ТЕМА 8. Кінетичні явища.**

Кінетичні рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах. Електрон-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.

### **ТЕМА 9. Напівпровідники.**

Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, p-n-переходи. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.

### **ТЕМА 10. Теплоємність.**

Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.

### **ТЕМА 11. Механізми поглинання фотонів.**

Поглинання вільними носіями. Решітчатє поглинання. Багатофононні процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання зв'язаними носіями. Правила відбору. Міжзонні прямі та непрямі переходи. Люмінесценція кристалів. Рекомбінаційне випромінювання в діелектриках та напівпровідниках. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери.

### **ТЕМА 12. Ефективне поле.**

Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів.

### **ТЕМА 13. Рівновага фаз.**

Рушійна сила фазових переходів. Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Вплив викривлення поверхні на фазову рівновагу. Формула Томсона. Правило фаз. Фазові



переходи I і II роду. Дифузійні та без-дифузійні претворення у двокомпонентних системах. Мартенситні перетворення. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих розчинів.

**ТЕМА 14. Переходи метал-діелектрик в системі електронів.**

Перехід Андерсона. Край рухливості в електронному спектрі. Перехід Мотта. Флуктуації, Тверді розчини та проміжні фази.

**ТЕМА 15. Основні властивості надпровідників.**

Ефект Мейснера. Надпровідники I і II роду. Основи мікроскопічної та термодинамічної теорій. Куперовські пари. Енергетична щілина і квазічастинки в надпровіднику. Тунельний ефект. Ефект Джозефсона. Високотемпературна надпровідність.

**ТЕМА 16. Рентгенографія - методи досліджень ідеальної та реальної структури.**

Електронографія та електронна мікроскопія. Нейтронографія, пружне та непружне когерентне розсіювання, дослідження магнітних структур і фононних спектрів. Електричні та гальваномагнітні вимірювання як методи вивчення електронної структури кристалів і складу домішок у напівпровідниках. Оптичні методи досліджень, використання лазерних джерел світла.

## ЛІТЕРАТУРА

- А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров и др. Современная кристаллография. М.: Наука, 1980.
- Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
- В.Л. Бонч-Бруевич. С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.; Наука, 1967.
- Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М.; Наука, 1979
- Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
- Л. Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Статистическая физика. М.; Наука, 1976.
- Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Механика сплошных сред. М.: Наука, 1976.
- У. Узрт, Р. Томсон, Физика твердого тела. М.; Мир, 1969.
- Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. т.1,2
- А. Роуз-Инс, Е. Родерик. Введение в физику сверхпроводимости. М.; Мир, 1972.
- Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Злисс. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: Мир. 1967.
- Н. Мотт, З. Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.; Ми.р, 1982. т.1, 2

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ****ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ****РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ*****ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА***

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітньо- кваліфікаційний рівень	Організаційно-методична характеристика навчальної дисципліни	
	Академічна характеристика	Структура
10 – Природничі науки  104 – Фізика та астрономія	Рік навчання: 2 або 3 Семестр: 1 або 2 * Кількість годин на тиждень: 4 Статус курсу: <i>фаховий</i>	Кількість годин: Загальна: 140 Лекції: 32 Практичні заняття: 16

Освітня програма – Фізика (Теоретична фізика)  Доктор філософії	<i>(вибірковий)</i> Кількість ECTS кредитів: 4  * дисципліна може викладатися на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі	Консультація 2 Самостійна робота: 90  Вид підсумкового контролю: іспит
---	---	--

*Робоча програма складена для докторів філософії – Освітня програма Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Укладач: Фіщук І. І., доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник

### **III. ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ**

#### **МЕТА ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛЕКЦІЙ**

Проведення лекційних занять націлено на донесення загальних знань та побудову теоретичних методів по дисципліні, на сприяння розвитку у аспірантів розумової діяльності і розширення світогляду.

#### **ЗАНЯТТЯ 1. ТЕМА 1. Поняття про фізику твердого тіла.**

План.

1. Кристалічні та аморфні тіла.
2. Будова кристалів. Трансляційна симетрія.
3. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індекси Мілера.
4. Точкові і просторові групи.
5. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах.  
Закон Вульфа-Брега.
6. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.

#### **ЗАНЯТТЯ 2. ТЕМА 2. Основні типи дефектів в твердих тілах.**

План.

1. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів.
2. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах.
3. Вплив радіаційних, механічних та термічних дій на реальну структуру твердих тіл.

#### **ЗАНЯТТЯ 3. ТЕМА 3. Типи взаємодій в твердому тілі .**

План.

1. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі.
2. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних та молекулярних кристалів.
3. Щільнозапаковані структури.

**ЗАНЯТТЯ 4. ТЕМА 4. Невпорядковані тверді тіла.**

План.

1. Аморфні тіла - методи отримання та дифракційного дослідження структури.
2. Рідинні кристали.
3. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.

**ЗАНЯТТЯ 5. ТЕМА 5. Квазічастинки в твердому тілі.**

План.

1. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та інші.
2. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів.
3. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок.

**ЗАНЯТТЯ 6. ТЕМА 6. Оптичні та акустичні фонони.**

План.

1. Коливання кристалічної решітки - фонони. Акустична та оптична вітки коливань.
2. Теплоємність решітки, Дебаївська частота. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів.
3. Ангармонізм та теплове розширення.

**ЗАНЯТТЯ 7. ТЕМА 7. Електронні стани в кристалах.**

План.

1. Одноелектронна модель, Наближення слабо і сильно зв'язаних електронів.
2. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхня Фермі.
3. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса.
4. Положення Фермі-рівня в невироджених напівпровідниках.

**ЗАНЯТТЯ 8. ТЕМА 8. Кінетичні явища.**

План.

1. Кінетичні рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання

на домішках і дефектах. Електрон-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду.

2. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність.
3. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.

### **ЗАНЯТТЯ 9. ТЕМА 9. Напівпровідники.**

План.

1. Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній.
2. Домішкові рівні. Донори та акцептори, р-п-переходи. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв.
3. Гарячі носії. Ефект Гана.

### **ЗАНЯТТЯ 10. ТЕМА 10. Теплоємність.**

План.

1. Температурна залежність теплоємності.
2. Моделі Ейнштейна та Дебая.

### **ЗАНЯТТЯ 11. ТЕМА 11. Механізми поглинання фотонів.**

План.

1. Поглинання вільними носіями. Решітчаті поглинання. Багатофононні процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання зв'язаними носіями. Правила відбору.
2. Міжзонні прямі та непрямі переходи. Люмінесценція кристалів. Рекомбінаційне випромінювання в діелектриках та напівпровідниках.
3. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери.

### **ЗАНЯТТЯ 12. ТЕМА 12. Ефективне поле.**

План.

1. Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис.
2. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів.

**ЗАНЯТТЯ 13. ТЕМА 13. Рівновага фаз.**

План.

1. Рушійна сила фазових переходів. Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Вплив викривлення поверхні на фазову рівновагу. Формула Томсона.
2. Правило фаз. Фазові переходи I і II роду. Дифузійні та бездифузійні перетворення у двокомпонентних системах. Мартенситні перетворення.
3. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих розчинів.

**ЗАНЯТТЯ 14. ТЕМА 14. Переходи метал-діелектрик в системі електронів.**

План.

1. Перехід Андерсона. Край рухливості в електронному спектрі.
2. Перехід Мотта. Флуктуації, Тверді розчини та проміжні фази.

**ЗАНЯТТЯ 15. ТЕМА 15. Основні властивості надпровідників.**

План.

1. Ефект Мейснера. Надпровідники I і II роду. Основи мікроскопічної та термодинамічної теорій. Куперовські пари.
2. Енергетична щілина і квазічастинки в надпровіднику. Тунельний ефект.
3. Ефект Джозефсона. Високотемпературна надпровідність.

**ЗАНЯТТЯ 16. ТЕМА 16. Рентгенографія - методи досліджень ідеальної та реальної структури.**

План.

1. Електронографія та електронна мікроскопія. Нейтронографія, пружне та непружне когерентне розсіювання, дослідження магнітних структур і фононних спектрів.
2. Електричні та гальваномагнітні вимірювання як методи вивчення електронної структури кристалів і складу домішок у напівпровідниках.
3. Оптичні методи досліджень, використання лазерних джерел світла.

## **IV. ПЛАН ТА МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

### **МЕТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

Практичні заняття є сполучною ланкою між лекційними заняттями та самостійною роботою і мають на меті поглиблене засвоєння теоретичних понять, термінів і моделей з дисципліни та набуття практичних навиків розв'язання задач.

В процесі практичних занять з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, робити числові оцінки, розв'язувати задачі.

### **ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

*Передбачаються такі види аудиторної роботи:*

- розгляд і обговорення теоретичного матеріалу по відповідних темах лекційних занять та питань для самостійного опрацювання;
- розв'язання задач аналітичного характеру;
- розв'язання задач обчислювального характеру;
- проведення консультацій з дисципліни;

#### **Практичне заняття 1. Тема 1. Поняття про фізику твердого тіла**

Розв'язування задач в рамках кристалічної та оберненої решітки.

#### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. ТЕМА 4. Невпорядковані тверді тіла.**

Задачі зі знаходженням ефективних кінетичних характеристик цих тіл

#### **Практичне заняття 3. Тема 5. Квазічастинки в твердому тілі.**

Розв'язування задач по коливанням кристалічної решітки

#### **Практичне заняття 4. Тема 6. Оптичні та акустичні фонони.**

Розв'язання задач із врахування фононів

#### **Практичне заняття 5. Тема 7. Електронні стани в кристалах.**

Розв'язування задач стану електронів в періодичному потенціалі



## Практичне заняття 6. Тема 8. Кінетичні явища.

1. Розв'язування задач по транспортних характеристиках газу невзаємодіючих електронів
2. Врахування взаємодії електронів. Екранування
3. Розв'язування задач для часинки в магнітному полі

## V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### МЕТА І ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого огляду тематики курсу з використанням матеріалів підручників, періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни.

Важливою складовою самостійної роботи студентів є виконання індивідуальних робіт.

Виконання індивідуальних робіт має на меті:

- закріплення знань теоретичного курсу;
- набуття навичок опрацювання наукової літератури (монографій, наукових статей);
- напрацювання вмінь та навичок розв'язування фізичних задач;
- навчання ефективному використанню фізико-математичних довідників, енциклопедій (включно з on-line інформацією) і т. ін.

### ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

<i>№</i>	<i>Назва теми</i>	<i>Кількість годин</i>
1.	<i>Підготовка до поточних практичних занять</i>	20
2.	<i>Виконання поточних практичних завдань</i>	20
3.	<i>Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосування основної та додаткової літератури</i>	40
4.	<i>Індивідуальні консультації з викладачем</i>	10
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>90</b>

## VI. ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

### МЕТА І ФОРМИ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Підсумковий контроль знань здійснюється наприкінці семестру шляхом складання іспиту.

До іспиту допускаються аспіранти, які мають необхідний рівень поточних знань.

Іспит проводиться в змішаній формі, по завданнях які складені на основі програми курсу та мають однаковий рівень складності. На підготовку відводиться 2 академічні години. Під час проведення іспиту дозволяється користуватися конспектом.

### КРИТЕРІЇ СКЛАДАННЯ ІСПИТУ (ЗАЛІКУ)

Кожне завдання для проведення іспиту (заліку) має бути однакової складності. Зміст питань та завдань має бути розрахований на письмову підготовку аспіранта протягом двох академічних годин.

*Максимальна кількість балів на проведення підсумкового контролю – 40.*

Критерії оцінки підсумкових знань при складанні іспиту наведені в таблиці .

#### *Критерії складання іспиту (заліку)*

<i>Характеристика відповіді по варіанту</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
<i>Зміст 2-х теоретичних питань розкрито повністю і в розгорнутому вигляді</i>	<i>30</i>
<i>Вірні відповіді на тести /додаткові питання чи розв'язок задачі</i>	<i>10</i>
<i>ВСЬОГО</i>	<i>40 балів</i>

За результатами складання іспиту (заліку) якість підсумкових знань аспіранта оцінюється за рейтинговою системою та трансформується в національну шкалу та шкалу ECTS

Таблиця

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну 4-бальну шкалу та шкалу ECTS.

За шкалою університету	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
81 – 90	4 (добре)		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)

66 – 70	3 (задовільно)		D (задовільно)
60 – 65			E (достатньо)
30 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 29			F (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)