

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Основи фотоакустики та експериментальні методи фотоакустики

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній рівень бакалавр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма Фізика  
(назва освітньої програми)  
спеціалізований  
вибірковий блок Фізика наноструктур в металах та кераміках  
вид дисципліни вибіркова *вс вс*

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>8</u> ✓
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u> ✓
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u> ✓

Викладачі: доцент Козаченко Віктор Васильович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробники:

Козаченко Віктор Васильович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедри загальної фізики  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри

  
(підпис)

(Боровий М.О.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від 18 травня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

протокол №4 від 22 червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – полягає в отриманні глибоких та систематичних знань в отриманні глибоких та систематичних знань про властивості теплових хвиль, у оволодінні сучасними фотоакустичними методами дослідження твердих тіл. Дати опис основних фізичних ефектів і явищ пов'язаних зі збудженням, поширенням та прийомом теплових хвиль в твердих тілах. Показати зв'язок параметрів теплових хвиль з фізичними параметрами середовища в якому вони збуджуються та поширюються.

### 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. знання, отримані в рамках загального курсу фізики, курсів теоретичної механіки, електродинаміки, квантової механіки, фізики твердого тіла і фізики напівпровідників.
2. знання математичних дисциплін – математичного аналізу, лінійної алгебри, теорії функцій комплексної змінної.

### 3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Основи фотоакустики та експериментальні методи фотоакустики» викладено коло питань, що становлять основу сучасних фізичних моделей, які можна застосувати для опису основних явищ пов'язаних зі збудженням, поширенням та прийомом теплових хвиль в твердих тілах, зв'язок параметрів теплових хвиль з фізичними параметрами середовища в якому вони збуджуються та поширюються. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, оцінювання лабораторних робіт, екзамен. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – ознайомлення студентів з основними фізичними ефектами і явищами, пов'язаними зі збудженням, поширенням та прийомом теплових хвиль в твердих тілах, зв'язок параметрів теплових хвиль з фізичними параметрами середовища в якому вони збуджуються та поширюються.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується складністю та невизначеністю умов.

Загальних:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Фахових:

- ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- ФК4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

- ФК15. Здатність аналізувати світові тренди розвитку фізики та астрономії для вибору власної освітньої траєкторії навчання та тематики майбутніх наукових досліджень.

**5. Результати навчання за дисципліною:** (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Отримання знань з теоретичних основ фотоакустичного ефекту	<i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит</i>	15
1.2	Отримання знань з фотоакустичних методів дослідження твердих тіл	<i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит</i>	15
2.1	Опанування експериментальних методів дослідження твердих тіл	<i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит</i>	30

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін)

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Результати навчання дисципліни</b>		
	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>2.1</b>
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, 16 класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	+	+	
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	+	+	+
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+		
ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних			+

\* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.			
ПРН21. Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності.			+
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.	+	+	
ПРН23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	+	+	+
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+	+
ПРН25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітніх траєкторій та професійного розвитку.	+	+	+
ПРН26. Мати базові навички самостійної оцінки рівня освітніх програм з фізики та астрономії у глобальному освітньому просторі для вибору цілеспрямованих візитів по програмі академічної мобільності.	+	+	+
ПРН27. Мати базові навички самостійної оцінки рівня освітніх програм із природничих наук в Україні і світі для їх вибіркового опанування в рамках міждисциплінарного шляху розвитку науки.	+	+	+
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.	+	+	+

### Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Теоретичні основи фотоакустичного ефекту», який включає в себе 8 лекцій та «Фотоакустичні методи дослідження твердих тіл», який складається з 7 лекцій.

### 7. Схема формування оцінки:

**7.1. Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (7 балів-15 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (7 балів-15 балів).
3. Лабораторні роботи (15 балів-30 балів)

#### - підсумкове оцінювання у формі іспиту

#### Підсумкове оцінювання у формі заліку

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Лабораторні роботи	іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>15</u>	<u>30</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>15</u>	<u>15</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

**7.2. Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

### 7.3. Шкала відповідності

<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> з можливістю повторного складання / Fail	35-59
<b>Незадовільно</b> з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
<b>Зараховано</b> / Passed	60-100

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні роботи	самост. робота
<b>Частина 1. Теоретичні основи фотоакустичного ефекту</b>				
1	Тема 1. Вступ. Фотоакустичний ефект, можливості його застосування. Фотоакустичний метод дослідження речовини. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		6
2	Тема 2. Теплові хвилі. Властивості теплових хвиль. Збудження теплових хвиль. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	2	6
3	Тема 3. Теорія фотоакустичного ефекту в твердих тілах. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		6
4	Тема 4. Розв'язок задачі про розподіл температури у фотоакустичній комірці. Розподіл температури у зразку. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4	6
5	Тема 5. Методи реєстрації змінної складової температури. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		6
6	Тема 6. Теорія газомікрофонного методу реєстрації фототермоакустичного ефекту. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4	6
7	Тема 7. Теорія п'єзоелектричного методу реєстрації фототермоакустичного ефекту. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	4		6
<i>Контрольна робота 1</i>				
<b>Частина 2. Фотоакустичні методи дослідження твердих тіл</b>				
9	Тема 8. Фотоакустичний ефект в піроелектриках <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		6
10	Тема 9. Фотоакустичний ефект в напівпровідниках. Визначення параметрів напівпровідників. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4	6
	Тема 10. Фотоакустична спектроскопія. Переваги та межі застосування. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		6
11	Тема 11. Фотоакустичний ефект в п'єзонапівпровідниках. Вторинні фотоакустичні спектри. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		4
12	Тема 12. Фототермоакустична мікроскопія. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4	4
13	Тема 13. Фотоакустична томографія. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		4
14	Тема 14. Фотоакустичні методи збудження акустичних хвиль.	2		4
<i>Контрольна робота 2</i>				

	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>76</b>
--	---------------	-----------	-----------	-----------

**Загальний обсяг** 120 год.<sup>1</sup>, в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Семінари – 0 год.

Практичні заняття - 0 год.

Лабораторні заняття - 14 год на лаб. групу.

Тренінги - 0 год.

Консультації - 1 год.

Самостійна робота - 76 год.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>2</sup>:

*Основна: (Базова)*

1. В.П.Жаров, В.С.Летохов "Лазерная оптикоакустическая спектроскопия", М.: Наука, 1984.
2. В.Э.Гусев, А.А.Карабутов "Лазерная оптоакустика", М.: Наука, 1987.
3. Photoacoustic Imaging and Spectroscopy, Edited By Lihong V. Wang, CRC Press, 2009, 536p.
4. Rosencwaig. Photoacoustic and Photoacoustic Spectroscopy. New York: John Wiley and sons. 1980. 310p.
5. Zuomin Zhao „Pulsed photoacoustic techniques and glucose determination in human blood and tissue”, Oulu University Press, Oulu 2002, 104p.
6. Л.Д.Ландау. Е.М.Лифшиц "Теория упругости", М.: Наука. 1987.
7. В.А.Стороженко, В.П.Вавилов, А.Д.Вопчек "Неразрушающий контроль качества промышленной продукции активным тепловым методом", Киев, Техника, 1988.

*Додаткова:*

1. Основи фототермоакустики. Практикум / Упоряд. І.Я.Кучеров, К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2002. -34 с.
2. Основи фототермоакустики / Козаченко В.В., І.Я.Кучеров, К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2006. -48 с.
3. В.А.Сабликов, В.Б.Сандомирский, М.Г.Евтихов “Фотоакустический эффект в полупроводниках и полупроводниковых структурах”, Препринт № 16/371/ ИРЭ АН СССР. М., 1983.
4. О.В.Волчанский "Исследование фотоакустического эффекта в полупроводниках", диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Киев, 1992.
5. В.В.Козаченко „Фототермоакустичний ефект в шаруватій структурі тверде тіло-п’єзоелектрик”, дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук, Київ, 2005.

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>2</sup> В тому числі Інтернет ресурси