

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фотоакустика низькорозмірних систем **ВК5.1.3**
(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 2022 Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство
(назва освітньої програми)
спеціалізований
вибірковий блок
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	_____
Семестр	<u>7</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</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 – 2022

Розробники¹:

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

Зав. кафедри



(підпис)

(Боровий М.О.)

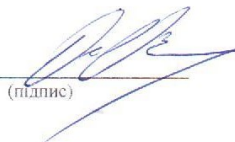
(прізвище та ініціали)

Протокол № 7 від 19 травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 11 від 10 червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

¹ Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

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 «Фотоакустика низькорозмірних систем» 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 заліку (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:

- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахових:

- ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.

- ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- ФК5. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.
- ФК8. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.
- ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- ФК14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.
- ФК15. Здатність аналізувати світові тенденції розвитку фізики для вибору власної освітньої траєкторії.

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

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

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

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни		
	1.1	1.2	2.1
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.	+	+	+
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.	+		

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

ПРН6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.	+	+	+
ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.	+	+	+
ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.	+	+	+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.			+
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.	+	+	
ПРН26. Знати основні сучасні фізичні теорії, що пов'язані з поясненням властивостей матеріалів; вміти застосовувати їх до пояснення властивостей неметалічних систем з різним функціональним призначенням.	+	+	+
ПРН28. Розуміти міждисциплінарні шляхи розвитку науки та мати навички міждисциплінарних матеріалознавчих досліджень.	+	+	+

Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Теоретичні основи фотоакустичного ефекту», який включає в себе 7 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 заліку

Підсумкове оцінювання у формі заліку

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Лабораторні роботи	залік	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

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59

Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

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

	спектри. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.			
12	Тема 12. Фототермоакустична мікроскопія. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	3	5
13	Тема 13. Фотоакустична томографія. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		4
14	Тема 14. Фотоакустичні методи збудження акустичних хвиль.	2		4
<i>Контрольна робота 2</i>				
	ВСЬОГО	28	12	79

Загальний обсяг 120 год.¹, в тому числі:
 Лекцій – **28** год.
 Семінари – **0** год.
 Практичні заняття - **0** год.
 Лабораторні заняття - **12** год на лаб. групу.
 Тренінги - **0** год.
 Консультації - **1** год.
 Самостійна робота - **79** год.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА²:

Основна: (Базова)

1. Photoacoustic Imaging and Spectroscopy, Edited By Lihong V. Wang, CRC Press, 2009, 536p.
2. Rosencwaig. Photoacoustic and Photoacoustic Spectroscopy. New York: John Wiley and sons. 1980. 310p.
3. Zuomin Zhao „Pulsed photoacoustic techniques and glucose determination in human blood and tissue”, Oulu University Press, Oulu 2002, 104p.
4. Основи фототермоакустики. Практикум / Упоряд. І.Я. Кучеров, К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2002. -34 с.
5. Основи фототермоакустики / Козаченко В.В., І.Я.Кучеров, К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2006. -48 с.
6. Yao, Junjie; Wang, Lihong V. (2013-01-31). "Photoacoustic microscopy". Laser & Photonics Reviews. **7** (5): 758–778.
7. Zhang, Hao F; Maslov, Konstantin; Stoica, George; Wang, Lihong V (2006-06-25). "Functional photoacoustic microscopy for high-resolution and noninvasive in vivo imaging" (PDF). Nature Biotechnology. **24** (7): 848–851.

Додаткова:

8. В.В. Козаченко „Фототермоакустичний ефект в шаруватій структурі тверде тіло-п'єзoeлектрик”, дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук, Київ, 2005.
9. Tserevelakis, George J.; Vrouvaki, Ilianna; Siozos, Panagiotis; Melessanaki, Krystallia; Hatzigiannakis, Kostas; Fotakis, Costas; Zacharakis, Giannis (2017-04-07). "Photoacoustic

¹ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

² В тому числі Інтернет ресурси

- imaging reveals hidden underdrawings in paintings". *Scientific Reports*. **7** (1): 747.
10. M. Xu; et al. (2005). "Universal back-projection algorithm for photoacoustic-computed tomography" (PDF). *Physical Review E*. **71** (1): 016706.