

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Затверджено
Вченою радою фізичного
факультету
"___" _____ 200__ р.
Протокол №___
Голова вченої ради, декан

Проф. Макарець М.В.

Фізичний факультет
Кафедра молекулярної фізики

Кандидат фізико-математичних наук
асистент Сенчуров Сергій Павлович

Викладачі, що ведуть лабораторні заняття:
асистент Сенчуров Сергій Павлович

ОСНОВИ ФІЗИЧНОЇ АКУСТИКИ

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

для студентів 5 курсу фізичного факультету групи спеціалізації
“Молекулярна фізика”, “Медична фізика”
спеціальності 6.070100

Затверджено
кафедрою молекулярної фізики
"___" _____ 200__ р.
Протокол №

Завідувач кафедри

Проф. Булавін Л.А.

КИЇВ-2010

Контроль знань.

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.
Оцінювання за формами контролю¹:

Поточний –

- Виконання домашніх завдань -	10 балів;
- Участь у колоквіумах -	10 балів;
- Контрольна робота на семінарі -	10 балів;
- Виконання та здача практичних завдань -	20 балів.
- Підсумкова контрольна робота -	10 балів;

Підсумковий контроль (залік, іспит) 40 балів.

Вступ

Дисципліна “Основи фізичної акустики” для студентів фізичного факультету є вибірковою дисципліною з циклу дисциплін вільного вибору студента для спеціальності “фізика” у IX семестрі. Вона складається з двох змістовних модулів (ЗМ1-ЗМ2). Передбачає 75 годин аудиторних занять, з них 34 годин лекцій, 17 годин практичних занять і 9 годин самостійної роботи.

IX семестр

лекцій – 34 год.,

самостійна робота – 9 год.,

та форма підсумкового контролю – залік.

Метою і завданням навчальної дисципліни “Основи фізичної акустики” є отримання глибоких та систематичних знань про акустичні властивості середовища та їх зв'язок з мікроскопічною структурою (з точки зору молекулярної фізики).

Предмет навчальної дисципліни “Основи фізичної акустики” – це властивості акустичних хвиль в різних середовищах, їх характеристики, широке коло явищ, якими супроводжується поширення акустичних хвиль в середовищах, та їх зв'язок з мікроскопічною будовою середовища.

Вимоги до знань та вмінь.

Студент повинен знати:

1. Систему рівнянь гідродинаміки, методи їх лінеаризації.
Хвильові рівняння та їх розв'язок.

¹ Форми та порядок оцінювання знань студентів пропонує самостійно викладач (лектор, керівник курсу).

2. Характеристики акустичних хвиль у флюїдах та експериментальні методи їх вимірювання.
3. Відбиття та заломлення акустичних хвиль на межах поділу, розсіяння на перешкодах.
4. Релаксаційну теорію та її застосування в молекулярній фізиці.
5. Методи генерації та реєстрації акустичних коливань.
6. Основи нелінійної акустики флюїдів та твердого тіла.
7. Основи кристалоакустики. Які властивості твердого тіла визначають характер поширення акустичних хвиль.
8. Основи акустоелектроніки.
9. Основи акустооптики.

Студент повинен вміти:

1. Логічно і послідовно пояснювати розв'язок основних задач фізичної акустики.
2. Розв'язувати відповідні задачі.
3. Планувати та вміти виконувати вимірювання основних характеристик акустичних хвиль у різних середовищах.
4. Інтерпретувати результати дослідження акустичних властивостей флюїдів та твердих тіл.
5. Самостійно працювати з літературою.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності. Нормативна навчальна дисципліна “Основи фізичної акустики” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів “спеціаліст” та “магістр”. Знання з загальної акустики, частиною якої є фізична акустика, тією чи іншою мірою використовуються практично у будь-якій сфері діяльності людини. В молекулярній фізиці особливо важливе місце займають акустичні методи вивчення структури речовини, оскільки вони є експериментально відносно простими і при цьому інформативними. В медичній фізиці акустика є основою важливих методів діагностики та терапії, наприклад, ультразвукової діагностики та ультразвукового руйнування каменів у жовчному міхурі.

Система контролю знань та умови складання заліку. Навчальна дисципліна "Основи фізичної акустики" оцінюється за **модульно-рейтинговою системою**. Вона складається з **2 модулів**. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за **100 – бальною шкалою** в кожному семестрі.

Форми поточного контролю: оцінювання результатів виконання самостійних завдань; практичних завдань та додаткової роботи студентів. При виставленні балів за модульний контроль враховуються:

- знання та розуміння матеріалу відповідної теми при виконанні практичних завдань;
- уміння та навички розв'язування задач за кожною темою;
- якість самостійної роботи студента при виконанні завдань для самостійної роботи.

I змістовний модуль (ЗМ1).

У межах першого змістовного модуля розглядаються акустичні хвилі у флюїдах – рідинах та газах. На основі рівнянь гідродинаміки отримують основні рівняння акустики, далі розглядаються релаксаційні явища, нелінійна акустика, взаємодія нелінійних акустичних хвиль тощо.

II змістовний модуль (ЗМ2).

У межах другого змістовного модуля розглядаються акустичні хвилі в твердих тілах. Розглядають акустичні хвилі в лінійних ізотропних твердих середовищах, у обмежених тілах, поверхневі хвилі різної природи, кристалоакустика, нелінійна акустика, оптико- та електроакустика.

Наприкінці першого змістовного модуля проводиться контроль знань у вигляді **колоквіуму**, максимальна кількість балів за який складає **10 балів**.

Виконання практичних завдань протягом ЗМ1–ЗМ2 оцінюється в **10 балів** за кожний модуль. Виконання домашніх завдань протягом ЗМ1–ЗМ2 оцінюється в **5 балів** за кожний модуль.

Виконання лабораторних, практичних та домашніх завдань є умовою допуску до іспиту.

Виконання додаткових завдань оцінюється максимально в **20 балів** за кожний семестр.

Підсумковий модульний контроль знань студента проводиться у формі заліку у **IX семестрі**, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – по **40 балів**.

Білет на залік та іспит складається з трьох завдань – одного практичного та двох теоретичних. Перше теоретичне завдання використовується для перевірки засвоєння студентом знань ЗМ1, друге – ЗМ2 – *залік*. Оцінки за відповіді на теоретичні завдання по 10 балів, за практичне завдання – 20 балів.

Приклад білету:

1. Рівняння гідродинаміки, їх лінеаризація, хвильове рівняння.
2. Відбиття та заломлення поздовжніх та поперечних хвиль у твердих тілах.
3. Вивести формулу для обчислення коефіцієнта затухання звуку у в'язкій рідині. Об'ємну в'язкість вважати відсутньою.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка складається з семестрових

модульних оцінок, оцінки за колоквиум та оцінки, отриманої на заліку, і дорівнює **100 балам**.

Підсумкова оцінка з дисципліни у балах 100-бальної шкали переводиться у **чотирибальну** (національну шкалу):

За 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно
75 – 89	4	добре
60 – 74	3	задовільно
35 – 59	2	незадовільн
1 – 34		о

При цьому, кількість балів відповідає оцінці:

1-34 – «незадовільно» з *обов'язковим повторним вивченням дисципліни;*

35-59 – «незадовільно» з *можливістю повторного складання;*

60-64 – «задовільно»;

75 - 89 – «добре»;

90 - 100 – «відмінно».

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

ІХ семестр

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари/ лаборант., практичні	самост. робота	інші форми контр.
<i>Змістовний модуль 1</i>					
1	Деякі питання гідродинаміки.	2	2		
2	Акустичні хвилі в рідинах та газах.	2		1	
3	Релаксаційна теорія.	2	2		
4	Основи нелінійної акустики газів та рідин.	2		1	
5	Взаємодія нелінійних акустичних хвиль.	2	2		
6	Радіаційний тиск. Акустичні течії.	2		1	
7	Акустична кавітація. Поширення акустичних хвиль в середовищах з бульбашками.	2	2		
8	Турбулентність та звук. Розсіяння звуку на турбулентності.	2		1	
Оцінка за самостійну роботу Оцінка за модульну контрольну роботу Колоквіум					
<i>Змістовний модуль 2</i>					
9	Лінійна акустика ізотропних твердих тіл. Поздовжні та поперечні хвилі. Відбиття та заломлення.	2	2	1	
10	Поверхневі хвилі. Хвилі у стержнях та пластинках.	2		1	
11	Основи кристалоакустики. Вплив симетрії пружних властивостей кристала на поширення хвиль.	2	2		
12	Пружні хвилі у п'єзоелектричних кристалах. Електромеханічний зв'язок.	2		1	
13	Поглинання та швидкість поширення звуку в твердих тілах. Взаємодія акустичних хвиль з фононами.	2	2		

14	Дислокаційне поглинання та дисперсія звуку. Акустична емісія.	2		1	
15	Нелінійна акустика твердого тіла.	2	2		
16	Акустoeлектроніка.	2		1	
17	Акустооптика.	2	1		
Оцінка за самостійну роботу					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
	ВСЬОГО	36		7	

Загальний обсяг 68 год., у тому числі:

лекції – 34 год.

самостійна робота – 9 год.

ТЕМАТИЧНО - ЗМІСТОВНА ЧАСТИНА КУРСУ

IX семестр

Змістовний модуль 1

ХВИЛІ В РІДИНАХ І ГАЗАХ

Лекція 1. Вибрані питання гідродинаміки.

Ідеальна рідина. В'язка та теплопровідна рідина. Приклади точних розв'язків. Закони подібності. Безрозмірні числа в гідродинаміці.

Лекція 2. Акустичні хвилі в рідинах та газах.

Звукові хвилі нескінченно малої амплітуди в ідеальному середовищі. Швидкість звуку та поглинання в рідинах та газах. Дисперсія та поглинання звуку. Експериментальні дослідження.

Лекція 3. Релаксаційна теорія.

Релаксація об'ємної та зсувної в'язкості в рідинах. Акустична спектроскопія рідин.

Лекція 4. Основи нелінійної акустики газів та рідин.

Плоска акустична хвиля скінченної амплітуди в рідині та газі у відсутності дисипації. Експериментальні методи. Плоска нелінійна хвиля в середовищі з дисипацією та в середовищі з дисперсією. Сферичні та циліндричні нелінійні хвилі.

Лекція 5. Взаємодія нелінійних акустичних хвиль.

Взаємодія нелінійних хвиль. Стоячі нелінійні хвилі і резонатори. Поглинання звуку шумом. Акустична турбулентність.

Лекція 6. Радіаційний тиск. Акустичні течії.

Радіаційний тиск. Загальні відомості. Радіаційна сила тиску звуку на завислі сферичні частинки. Взаємодія двох сферичних частинок у звуковому полі. Акустичні течії.

Лекція 7. Акустична кавітація. Поширення акустичних хвиль в середовищах з бульбашками.

Загальні відомості. Динаміка поодинокі газової бульбашки в акустичному полі. Динаміка поодинокі парової бульбашки в акустичному полі. Асиметричне захлипування кавітаційних бульбашок в рідині. Кавітаційна область та пороги кавітації. Поширення акустичних хвиль в середовищі з бульбашками.

Лекція 8. Турбулентність та звук. Розсіяння звуку на турбулентності.

Загальні відомості. Наближення геометричної акустики. Наближене врахування дифракційних поправок. Метод плавних збурень. Задача про розсіяння звуку на турбулентності.

Рекомендована література до ЗМ1

[1]–[9].

Контрольні запитання та завдання до ЗМ1

- 1) Основні рівняння гідродинаміки
- 2) Основні характеристики акустичних хвиль
- 3) Дисперсія та поглинання хвиль
- 4) Ріманівська хвиля
- 5) Радіаційний тиск
- 6) Акустичні течії
- 7) Акустична кавітація. Види кавітації
- 8) Поглинання акустичних хвиль в середовищах з в'язкістю та теплопровідністю
- 9) Відбиття та заломлення хвиль на межі середовищ
- 10) Поширення акустичних хвиль у середовищах з релаксацією
- 11) Закони подібності. Безрозмірні числа в гідродинаміці
- 12) Методи генерації акустичних коливань
- 13) Розсіяння звуку на поодинокій бульбашці
- 14) Наближення геометричної акустики
- 15) Застосування надпотужних звукових полів

Теми самостійної роботи до ЗМ1

1. Акустична томографія.
2. Ультразвукова дефектоскопія.
3. Генерація надпотужного ультразвуку.
4. Ультразвукові концентратори.
5. Застосування нелінійних акустичних явищ. Акустична левітація.
6. Акустичні методи дослідження в молекулярній фізиці.

Змістовний модуль 2

АКУСТИЧНІ ХВИЛІ В ТВЕРДИХ ТІЛАХ

Лекція 9. Лінійна акустика ізотропних твердих тіл. Поздовжні та поперечні хвилі. Відбиття та заломлення.

Основні відомості з теорії пружності. Поздовжні та поперечні хвилі в ізотропному твердому тілі. Відбиття та заломлення поздовжніх та поперечних хвиль.

Лекція 10. Поверхневі хвилі. Хвилі у стержнях та пластинках.

Поверхневі хвилі Релея. Інші типи поверхневих хвиль. Хвилі у пластинках та стрижнях.

Лекція 11. Основи кристалоакустики. Вплив симетрії пружних властивостей кристала на поширення хвиль.

Плоскі пружні хвилі в кристалах. Рівняння Крістофеля. Квазіпоздовжні та квазіпоперечні хвилі. Вплив симетрії пружних властивостей кристала на поширення хвиль. Приклад розрахунку для кубічного кристала. Потік енергії. Групова та фазова швидкості.

Лекція 12. Пружні хвилі у п'єзоелектричних кристалах. Електромеханічний зв'язок.

Пружні хвилі у п'єзоелектричних кристалах. Коефіцієнт електромеханічного зв'язку.

Лекція 13. Поглинання та швидкість поширення звуку в твердих тілах. Взаємодія акустичних хвиль з фононами.

Загальні відомості. Поглинання звуку в ізотропних діелектриках. Деякі відомості про коливання кристалічної решітки та фонони. Взаємодія звукових хвиль з фононами. Мікроскопічний розгляд. Низькі температури та гіперзвукові частоти. Макроскопічний розгляд. Високі температури та ультразвукові частоти.

Лекція 14. Дислокаційне поглинання та дисперсія звуку. Акустична емісія.

Дислокаційне поглинання та дисперсія звуку. Акустична емісія.

Лекція 15. Нелінійна акустика твердого тіла.

Загальні відомості з нелінійної теорії пружності. Взаємодія пружних хвиль скінченої амплітуди в ізотропному твердому тілі. Нелінійні акустичні ефекти в кристалах. Експериментальні методи вивчення нелінійних явищ в кристалах.

Лекція 16. Акустоелектроніка.

Загальні відомості. Збудження та детектування поверхневих акустичних хвиль. Зустрічноштирвовий перетворювач. Лінії затримки та фільтри з зустрічноштирвовими перетворювачами. Розсіяння поверхневих хвиль. Резонатори та фільтри на відбиваючих структурах. Нелінійні акустоелектронні пристрої на поверхневих хвилях.

Лекція 17. Акустооптика.

Вступ. Дифракція світла на звукових хвилях. Раман-натовський та брегівський режими. Дифракція світла на поверхневих акустичних хвилях. Розсіяння Мандельштама-Брілюена на теплових коливаннях. Вимушене розсіяння Мандельштама-Брілюена. Застосування акустооптичних взаємодій.

Рекомендована література до ЗМ2

[1]–[9].

Контрольні запитання та завдання до ЗМ2

- 1) Рівняння руху пружного середовища. Хвильове рівняння. Принцип суперпозиції
- 2) Пружні константи твердого тіла. Типові значення пружних констант для твердих тіл
- 3) Поздовжні та поперечні хвилі в твердому тілі
- 4) Поверхневі хвилі Релея
- 5) Хвилі у пластинках
- 6) Хвилі у циліндричному хвилеводі. Хвилі Погхаммера
- 7) Поверхневі хвилі в кристалах
- 8) Коливання кристалічної решітки. Фонони
- 9) Зустрічноштирковий перетворювач
- 10) Розсіяння Мандельштама-Брілюена
- 11) Релаксаційна теорія поширення та поглинання звуку в твердих тілах
- 12) Методи вимірювання акустичних характеристик твердого тіла
- 13) Нелінійна теорія пружності
- 14) Явища, що виникають при нелінійній взаємодії пружних хвиль

Теми самостійної роботи до ЗМ2

1. Хвилі у циліндричному хвилеводі. Хвилі Погхаммера.
2. Релаксаційна теорія поширення та поглинання звуку в твердих тілах.
3. Медичні застосування ультразвуку.
4. Ультразвукові двигуни.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. В.А. Красильников, В.В. Крылов Введение в физическую акустику. М.: - Наука, 1984
2. Физическая акустика / Под ред. У. Мэзона: Пер. с англ./ Под ред. И. Г. Михайлова.—М.: Мир, 1968, т. 2, ч. А.
3. М.А.Исакович. Общая акустика. М.: Наука, 1983. – 502 с.
4. Перепечко И.И. Акустические методы исследования полимеров. М.: Химия, 1973. – 360 с.
5. Ноздрев В. Ф. Федорищенко Н. В. Молекулярная акустика. - М.: Высшая школа, 1974.
6. Акустика в задачах / Под ред. Гурбатов С.Н., Руденко О.В. - М.: Наука, 1996. – 336 с.

Додаткова

7. Рэлей. Теория звука: Пер. с англ. /Под ред. С. М. Рытова.— М.: Гостехиздат, 1955.
8. Ландау Л. Д., Лифшиц Ё. М. Механика сплошных сред.-М.: Гостехиздат
9. Лэмб Х. Гидродинамика: Пер. с англ.— М.; Л.: Гостехиздат, 1947.