

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-  
педагогічної роботи  
Олександр ГОЛОВКО



\_\_\_\_\_ 2022 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Теоретична фізика (механіка суцільних середовищ)

(назва навчальної дисципліни)

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| рівень вищої освіти               | перший (бакалавр)                       |
| галузь знань                      | 10 «Природничі науки»                   |
| спеціальність                     | 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» |
| освітня програма<br>спеціалізація | «Прикладна фізика»                      |
| вид дисципліни                    | обов'язкова                             |
| факультет                         | ІНІ «Фізико-технічний факультет»        |

2022/2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)  
“26” серпня 2022 року, протокол №8

Розробники програми: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
доцент кафедри фізики ядра та високих енергій імені О. І. Ахієзера,  
кандидат фіз.-мат. наук Наумовець Артем Сергійович

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики ядра та високих енергій імені О. І.  
Ахієзера

Протокол від “26” серпня 2022 року, протокол № 13

Завідувач кафедри фізики ядра та високих енергій імені О. І. Ахієзера



\_\_\_\_\_  
(підпис) Микола ШУЛЬГА  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Прикладна фізика  
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми



\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ігор ГІРКА  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»  
(назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна)

Протокол від “30” серпня 2022 року, протокол №11

Голова методичної комісії фізико-технічного факультету



\_\_\_\_\_  
(підпис)

Микола ЮНАКОВ  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програму навчальної дисципліни “ Теоретична фізика (механіка суцільних середовищ)” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”. Освітня програма: «Прикладна фізика», «Медична фізика», «Біомедичні нанотехнології». При розробці Програми враховані вимоги Стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого наказом МОН України № 804 від 16.06.2020 р

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надати студентам уявлення про методи опису рідини та твердого тіла, як суцільного середовища, а також загальних положень гідродинаміки та теорії пружності.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є сформувані загальну та предметну компетентність. Загальні компетентності, які мають бути засвоєні внаслідок вивчення теоретичної фізики (механіка суцільних середовищ):

- Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні. **(ЗК-6)**
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. **(ЗК-7)**
- Здатність працювати автономно. **(ЗК-9)**

Фахові компетентності, які мають бути засвоєні внаслідок вивчення теоретична фізика (механіка суцільних середовищ):

- Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проєктів. **(СК-1)**
- Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів. **(СК-2)**
- Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп’ютерних технологій. **(СК-5)**
- Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем. **(СК-6)**
- Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності. **(СК-7)**
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень **(СК-9)**;
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв’язування фізичних задач і моделювання фізичних систем **(СК-10)**;

1.3. Кількість кредитів **3**

1.4. Загальна кількість годин **90**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни |                                     |
| <b>Обов’язкова / за вибором</b>           |                                     |
| Денна форма навчання                      | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки                            |                                     |
| 3-й                                       |                                     |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Семестр                        |  |
| 6-й                            |  |
| Лекції                         |  |
| 48 год.                        |  |
| Практичні, семінарські заняття |  |
| Лабораторні заняття            |  |
| Самостійна робота              |  |
| 42 год.                        |  |
| Індивідуальні завдання         |  |
| 3                              |  |

1.6. Заплановані результати навчання. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика» спеціальність 105 – «прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання:

- Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики. **(Зн-1)**
- Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні. **(Зн-2)**
- Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем. **(Зн-3)**
- Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної фізики. **(Зн-4);**
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. **(Зн-5)**
- Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. **(Ум-1)**
- Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій. **(Ум-3)**
- Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики. **(Ум-4)**
- Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації. **(Ум-5)**
- Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики. **(Ум-6)**
- Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. **(АіВ-1).**

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### Розділ 1. Ідеальна рідина .

#### Тема 1. Рівняння ідеальної рідини .

1. Макроскопічний опис суцільного середовища.
2. Змінні Ейлера та Лагранжа.
3. Рівняння , яке виражає закон збереження маси.
4. Рівняння руху ( Рівняння Ейлера ).
5. Рівняння, яке виражає закон збереження енергії.
6. Граничні умови.

#### Тема 2. Стаціонарна та потенційна течія рідини.

1. Гідростатика. “ Закони “ Паскаля і Архімеда.
2. Стаціонарна течія рідини. Рівняння Бернуллі.
3. Потенційна обтічність твердого тіла нестисливою рідиною.
4. Парадокс Делаμβера.

#### Тема 3. Звук в ідеальній рідині.

1. Рівняння малих коливань в ідеальній рідині.
2. Закон дисперсії та зв'язок між амплітудами для малих коливань.
3. Хвильове рівняння. Плоскі, сферичні та циліндричні хвилі.
4. Поширення звуку в ідеальній рідині, яка рухається.
5. Ефект Доплера.

#### Тема 4. Збурення скінченних амплітуд у ідеальній рідині.

1. Одномірні рівняння для хвиль скінченної амплітуди.
2. Довгі гравітаційні хвилі.
3. Рішення Рімана ( одномірні хвилі, які біжать)
4. Утворення розривів в одномірних хвилях, які біжать.
5. Солітони : експеримент та теорія.
6. Найпростіші рішення рівняння Кортевега – де Фріза.

### Розділ 2 . В'язка рідина .

#### Тема 5. Рівняння в'язкої рідини.

1. Запис рівнянь руху ідеальної рідини у вигляді законів збереження.
2. Рівняння руху в'язкої рідини ( рівняння Нав'є – Стокса ).
3. Дисипація енергії у нестисливій рідині .
4. Рівняння, яке виражає закон збереження енергії.
5. Граничні умови.

#### Тема 6. Стаціонарна течія в'язкої рідини.

1. Типи задач у в'язкій рідині.
2. Стаціонарна течія нестисливої в'язкої рідини по трубі.
3. Формула Пуазейля.
4. Стаціонарна течія нестисливої в'язкої рідини поміж площинами.
5. Сила опору при обтічності кулі в'язкою рідиною ( Формула Стокса ).
6. Закон подібності.

#### Тема 7. Малі коливання у в'язкій рідині.

1. Поперечні в'язкі хвилі.
2. Загасання звуку.

3. Температурні хвилі.

*Тема 8. Провідна рідина .*

1. Рівняння магнітної гідродинаміки.
2. Магнітогідродинамічні ефекти : “ просочування” магнітного поля крізь речовину та “ вморожені” магнітні поля .
3. Малі коливання у провідній рідині, що знаходиться у зовнішньому магнітному полі.
4. Хвилі Альфена, прискорена та сповільнена магнітогідродинамічні хвилі.

**Розділ 3. Тверде тіло.**

*Тема 9. Основні поняття теорії пружності.*

1. Вектор зміщення.
2. Тензор деформації.
3. Зсувна деформація та деформація всебічного стиснення.
4. Тензор напружень.

*Тема 10. Однорідні напруження.*

1. Рівняння рівноваги деформованого тіла.
2. Тензор напружень, які виникають при всебічному стисненні твердого тіла.
3. Тензор напружень, які виникають при розтягненні стрижня.
4. Зв'язок між тензором напружень та тензором деформації.
5. Термодинаміка деформування.
6. Вільна енергія при малих деформаціях.
7. Закон Гука.

*Тема 11. Однорідні деформації.*

1. Деформація при всебічному стисненні твердого тіла.
2. Деформація, яка виникає при розтягненні стрижня.
3. Модель Юнга та коефіцієнт Пуассона.

*Тема 12. Пружні хвилі у твердому тілі.*

1. Рівняння руху пружного середовища.
2. Рішення рівняння руху пружного середовища в одномірному випадку.
3. Швидкість подовжнього та поперечного звуків.
4. Отримання хвильових рівнянь з рівняння руху пружного середовища.
5. Граничні умови на межі тверде тіло – вакуум.
6. Поверхневі хвилі ( Хвилі Релея ).

**3. Структура навчальної дисципліни**

| Назви розділів                   | Кількість годин |              |      |      |       |    |
|----------------------------------|-----------------|--------------|------|------|-------|----|
|                                  | денна форма     |              |      |      |       |    |
|                                  | усього          | у тому числі |      |      |       |    |
| л                                |                 | п            | лаб. | інд. | с. р. |    |
| 1                                | 2               | 3            | 4    | 5    | 6     | 7  |
| <b>Розділ 1. Ідеальна рідина</b> |                 |              |      |      |       |    |
| Разом за розділом 1              | 30              | 16           |      |      |       | 14 |
| <b>Розділ 2. В'язка рідина</b>   |                 |              |      |      |       |    |
| Разом за розділом 2              | 30              | 16           |      |      |       | 14 |
| <b>Розділ 3. Тверде тіло</b>     |                 |              |      |      |       |    |

|                     |    |    |  |  |    |
|---------------------|----|----|--|--|----|
| Разом за розділом 2 | 30 | 16 |  |  | 14 |
| <i>Усього годин</i> | 90 | 48 |  |  | 42 |

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

#### 5. Завдання для самостійної роботи

| № з/п   | Назва теми                         | Кількість годин | Форма контролю        |
|---|------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Розділ 1. Основні поняття та закони кінематики та динаміки матеріальної точки</b>                  |                                    |                 |                       |
| 1   | Нелінійні явища в ідеальній рідині | 14              | Контрольна робота № 1 |
| <b>Розділ 2. Механічний рух у силовому полі та особливості руху в неінерціальних системах відліку</b> |                                    |                 |                       |
| 4   | Турбулентність                     | 14              | Контрольна робота № 2 |
| <b>Розділ 3. Обертальний рух та механічні коливання</b>   |                                    |                 |                       |
| 6   | Теплове розширення твердих тіл     | 14              | Контрольна робота № 3 |
|   | <b>Разом</b>                       | <b>42</b>       |                       |

#### 6. Індивідуальні завдання

#### 7. Методи навчання

При викладанні курсу «теоретична фізика (механіка суцільних середовищ)» використовують словесні, наочні, практичні та дискусійні методи навчання. На лекціях використовують найчастіше словесний, наочний та дискусійний методи. Під час самостійної роботи знаходять застосування всі згадані методи навчання

#### 8. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

- Поточний контроль передбачає три контрольні роботи, які проводять протягом семестру.
- Підсумковий семестровий контроль – це залікова робота.

#### 9. Схема нарахування балів

| Поточний контроль та самостійна робота |    |    |    |          |    |    |    |          |     |     | Разом | Екзаме<br>н | Сум<br>а |     |
|--|----|----|----|----------|----|----|----|----------|-----|-----|-------|-------------|----------|-----|
| Розділ 1                               |    |    |    | Розділ 2 |    |    |    | Розділ 3 |     |     |       |             |          |     |
| T1                                     | T2 | T3 | T4 | T5       | T6 | T7 | T8 | T9       | T10 | T11 | T12   | 60          | 40       | 100 |
| 5                                      | 5  | 5  | 5  | 5        | 5  | 5  | 5  | 5        | 5   | 5   | 5     |             |          |     |

T1, T2 ... – теми розділів.

#### Шкала оцінювання

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Сума балів за всі види навчальної | Оцінка |
|-----------------------------------|--------|

| діяльності протягом семестру | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 90 – 100                     | відмінно                            | зараховано                       |
| 70-89                        | добре                               |                                  |
| 50-69                        | задовільно                          |                                  |
| 1-49                         | незадовільно                        | не зараховано                    |

### 10. Рекомендована література

1. Landau and Lifshitz: Fluid Mechanics (Course of Theoretical Physics), Volume 6 Second Edition Pergamon 1987.
2. Landau and Lifshitz: Theory of Elasticity (Course of Theoretical Physics), Volume 7 Elsevier 1986.

### Допоміжна література

1. An Introduction to Fluid Dynamics (Cambridge Mathematical Library) 2nd Edition by G. K. Batchelor (Author), Cambridge University Press; 2nd edition (February 28, 2000), 658 pages

### 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

<https://www.slideshare.net/guest7b51c7/fluid-dynamics-1-3848799>