



ГІДРОДИНАМІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 Фізика та астрономія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерне моделювання фізичних процесів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР, ДКР</i>
Розклад занять	rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?g=b4aba99f-4f5d-41a3-b5c7-52dba195dcdb https://do.ipu.kpi.ua/calendar/view.php?view=month&time=1630443600&course=560
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор фізико-математичних наук, професор, Кучко Андрій Миколайович, a.kuchko@kpi.ua</i> Практичні / Семінарські: <i>доктор фізико-математичних наук, професор, Кучко Андрій Миколайович, a.kuchko@kpi.ua</i> Консультації: <i>Кожного четверга протягом семестру о 14:30 у дистанційному форматі (Zoom) за посиланням https://us02web.zoom.us/j/83988069706?pwd=R2dLaXRwUm96VkgwN04rRDlCeURsdz09</i> <i>Ідентифікатор конференції: 839 8806 9706</i> <i>Код доступу: 2023</i>
Розміщення курсу	Moodle https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=5792

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Гідродинаміка» складено відповідно до освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти "Комп'ютерне моделювання фізичних процесів".

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні поняття та концепції сучасної механіки суцільних середовищ.

Дисципліна базується на дисциплінах „Механіка“, „Молекулярна фізика“, „Класична механіка“, „Математичний аналіз“ та ін. Знання, отримані студентами з курсу механіки суцільних

середовищ, використовуються в курсах „Статистична фізика та термодинаміка”, „Квантова механіка”, „Фізика магнітних явищ”, „Фізика твердого тіла” та ін.

Метою навчальної дисципліни є вивчення студентами сучасної гідродинаміки– теорії руху рідин та газів. В результаті вивчення цього курсу студент повинен знати основні рівняння механіки суцільних середовищ та вміти побудувати їх рішення в умовах конкретних фізичних задач.

Перед навчальною дисципліною стоять такі **завдання**.

По-перше, довести до студентів основні принципи і закони даного розділу фізики та їх математичний вигляд, ознайомити їх з основними фізичними явищами, методами їх спостереження і експериментального дослідження; навчити правильно відтворювати фізичні ідеї, кількісно формулювати і вирішувати фізичні задачі, оцінювати порядок фізичних величин; дати студентам ясне уявлення про межі застосування фізичних моделей і теорії.

По-друге, допомогти студентам оволодіти розумінням філософських і методологічних проблем сучасної науки.

По-третє, дати студентам правильне уявлення про роль даного розділу фізики в науково-технічному прогресі і розвивати в них вміння і інтерес до вирішення науково-технічних і прикладних питань. Поряд з освоєнням даного модуля, студенти ФМФ вивчають ряд теоретичних загально-інженерних предметів, таких як механіка, теоретична механіка та інші. Тому в курсі «Гідродинаміка» особлива увага приділяється фізичним законам, а також зв'язку макроскопічного описання явищ з їх мікроскопічним механізмом. При викладанні модуля значна увага приділяється двом нерозривно пов'язаним аспектам: відображенню фізичної суті явищ і розгляду аналітичних співвідношень, які описують ці явища.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають отримати:

знання:

- концептуальних підходів механіки суцільних середовищ до вивчення фізичних явищ;
- теоретичного матеріалу з розділів курсу «Гідродинаміка»;
- методик розв'язання задач з гідродинаміки;

уміння:

- аналізувати навчальну та навчально-методичну літературу, використовувати її в навчальному процесі;
- складати математичні моделі задач механіки суцільних середовищ;
- визначати оптимальну методику розв'язання задач механіки суцільних середовищ;
- визначати необхідні для розв'язання задач допоміжні параметри;
- розв'язувати задачі з розділів, наведених у п. 3,5;
- аналізувати та інтерпретувати отримані результати розв'язання задач;
- знаходити зв'язки та робити граничні переходи від отриманих результатів до відомих даних, отриманих з більш простих моделей;
- викладати матеріал логічно та послідовно;

досвід:

- свідоме використання окремих положень гідродинаміки для знаходження способів розв'язання практичних задач,
- знаходження оптимальних шляхів розв'язання задач з на основі отриманих знань,
- використання теоретичних та практичних основ гідродинаміки в суміжних дисциплінах.

Загальні компетентності:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.*
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*
- ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.*

Фахові компетентності:

- 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 і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.*
- ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.*
- ФК6. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.*
- ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.*
- ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.*

Програмні результати навчання.

- ПРН 1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, 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 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.*
- ПРН7. Знати 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.*
- ПРН 3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.*
- ПРН9. 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.*
- ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів*
- ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.*
- ПРН16. Вміти самостійно навчатися та підвищувати рівень своєї кваліфікації*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення даного кредитного модуля базується на дисциплінах «Загальна фізика. Механіка», «Загальна фізика. Молекулярна фізика», «Загальна фізика. Електрика та магнетизм», «Теоретична фізика. Класична механіка», «Математичний аналіз», «Основи векторного та тензорного аналізу», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Диференціальні та інтегральні рівняння».

Знання, отримані студентами з курсу електродинаміки, використовуються в курсах «Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка», «Теоретична фізика. Квантова механіка», «Фізика магнітних явищ», «Фізика твердого тіла» та ін.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття механіки суцільних середовищ

- 1.1. Вектори та тензори.
- 1.2. Поверхові та масові сили, вектор напруження, тензор напруження.
- 1.3. Фізично нескінченно мала частинка. Поняття про поле.
- 1.4. Похідна за часом функції точки та інтегралу по об'єму.
- 1.5. Кінематика суцільних середовищ: спосіб Ейлера та спосіб Лагранжа.
- 1.6. Закон збереження маси і рівняння неперервності.
- 1.7. Закон зміни імпульсу. Тензор густини потоку імпульсу.
- 1.8. Закон зміни моменту імпульсу і симетрія тензору напруження.
- 1.9. Рівняння зміни кінетичної енергії.
- 1.10. Локально рівноважний стан. Основи термодинаміки та рівняння зміни внутрішньої енергії та ентропії.

Розділ 2. Ідеальна рідина

- 2.1. Рівняння руху ідеальної рідини.
- 2.2. Інтеграл Бернуллі та Коши.
- 2.3. Збереження циркуляції швидкості. Потенціальний рух нестислої рідини.
- 2.4. Плоский потенціальний рух нестислої рідини.
- 2.5. Потенціальна обтічність кулі потоком нестислої рідини, парадокс Даламбера-Ейлера.
- 2.6. Безциркуляційна обтічність циліндра потоком нестислої ідеальної рідини.

Розділ 3. Хвильові процеси

- 3.1. Гравітаційні хвилі. Граничні умови на вільній поверхні. Гравітаційні хвилі у басейні необмеженій глибини. Гравітаційні хвилі у неглибокому басейні.
- 3.2. Хвильове рівняння для звукової хвилі.
- 3.3. Плоска монохроматична звукова хвиля. Звукові хвилі при наявності меж розділу.
- 3.4. Власні коливання.
- 3.5. Сферичні хвилі.
- 3.6. Розповсюдження звуку в рухомому середовищі. Особливості надзвукового потоку.

Розділ 4. В'язка рідина

- 4.1. Тензор напруження для в'язких середовищ.
- 4.2. Рівняння Нав'є-Стокса.
- 4.3. Стаціонарні течії в'язкої жидкості: течія Пуазейля, течія у полі тяжіння по похилій площині.
- 4.4. Рівняння руху у безрозмірних змінних. Теорія розмірностей та П-теорема.
- 4.5. Числа Фруда, Рейнольдса.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Гідродинаміка суцільних середовищ : навчальний посібник / М.В. Ненько, В.В. Гончаров ; Міністерство освіти і науки України, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Інститут хімічних технологій (м. Рубіжне). – Харків: Лідер, 2017. – 71 с.
2. Механіка суцільних середовищ: навчальний. посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю "Галузеве машинобудування" / А.Я. Карвацький; Міністерство освіти і науки України, НТУУ "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. –292 с.
3. Фізика. Механіка / Уклад.: Ю.І.Горобець, О.Ю.Горобець, А.М.Кучко, С.О.Решетняк та ін. – К.: Хімджест, 2018.

Додаткова література

1. Landau L.D., Lifshitz E.M. Fluid mechanics.—2nd ed. —(Course of theoretical physics; v. 6). Oxford. Pergamon Press. 1987
2. Федорченко Ф.М. Теоретична фізика. Механіка. Київ, Вища школа, 1971.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Розділ 1, тема 1.1. Вектори та тензори. Поверхові та масові сили, вектор напруження, тензор напруження. Фізично нескінченно мала частинка. Поняття про поле. Похідна за часом функції точки та інтегралу по об'єму. [1], § 1-2.
2.	Розділ 1, тема 1.2. Кінематика суцільних середовищ: спосіб Ейлера та спосіб Лагранжа. Закон збереження маси і рівняння неперервності. [1], § 3-4.
3.	Розділ 1, тема 1.3. Закон зміни імпульсу. Тензор густини потоку імпульсу. Закон зміни моменту імпульсу і симетрія тензору напруження. [1], § 5-6.
4.	Розділ 1, тема 1.4. Рівняння зміни кінетичної енергії. Локально рівноважний стан. Основи термодинаміки та рівняння зміни внутрішньої енергії та ентропії [1], § 6.
5.	Розділ 2, тема 2.1. Рівняння руху ідеальної рідини. [1], § 6.
6.	Розділ 2, тема 2.1. Збереження циркуляції швидкості. Потенціальний рух нестислої рідини. [1], § 6.
7.	Розділ 2, тема 2.2. Плоский потенціальний рух нестислої рідини. [1], § 7.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
8.	Розділ 2, тема 2.2. Потенціальна обтічність кулі потоком нестислої рідини, парадокс Даламбера-Ейлера. Безциркуляційна обтічність циліндра потоком нестислої ідеальної рідини. [1], § 7.
9.	Розділ 3, тема 3.1. Гравітаційні хвилі. Граничні умови на вільній поверхні. [1], § 8.
10.	Розділ 3, тема 3.2. Гравітаційні хвилі у басейні необмеженій глибини. Гравітаційні хвилі у неглибокому басейні. [1], § 9.
11.	Розділ 3, тема 3.3. Хвильове рівняння для звукової хвилі. Плоска монохроматична звукова хвиля. Звукові хвилі при наявності меж розділу. [1], § 14.
12.	Розділ 3, тема 3.4. Сферичні та циліндрічні хвилі. Бокова хвиля. [1], § 15-17.
13.	Розділ 3, тема 3.5. Розповсюдження звуку в рухомому середовищі. Особливості надзвукового потоку. [1], § 15-16.
14.	Розділ 4, тема 4.1. Тензор напруження для в'язких середовищ. Рівняння Нав'є-Стокса. [1], § 16-17
15.	Розділ 4, тема 4.2. Стаціонарні течії в'язкої рідини: течія Пуазейля, течія у полі тяжіння по похилій площині. [1], § 18.
16.	Розділ 4, тема 4.3. Рівняння руху у безрозмірних змінних. [1], § 19.
17.	Розділ 4, тема 4.4. Теорія розмірностей та П-теорема. [1], § 20
18.	Розділ 4, тема 4.5. Числа Фруда, Рейнольдса. [1], § 21-22

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять з механіки суцільних середовищ передбачають формування у студентів практичних навичок розв'язання задач, зокрема, побудови фізичних моделей процесів, вибору адекватних математичних моделей фізичних процесів, вибору оптимального методу розв'язання задач та аналізу отриманих результатів.

№	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Розділ 1, тема 1.1, 1.2.

№	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
	Вектори та тензори. Поверхові та масові сили, вектор напруження, тензор напруження. Фізично нескінченно мала частинка. Поняття про поле. Похідна за часом функції точки та інтегралу по об'єму. Кінематика суцільних середовищ: спосіб Ейлера та спосіб Лагранжа. Закон збереження маси і рівняння неперервності. [5], Глава 1; [6], Розділ II
2.	Розділ 1, тема 1.3, 1.4. Закон зміни імпульсу. Тензор густини потоку імпульсу. Закон зміни моменту імпульсу і симетрія тензору напруження. Рівняння зміни кінетичної енергії. Локально рівноважний стан. Основи термодинаміки та рівняння зміни внутрішньої енергії та ентропії. [5], Глава 1; [6], Розділ II
3.	Розділ 2, тема 2.1, 2.2. Рівняння руху ідеальної рідини. Збереження циркуляції швидкості. Потенціальний рух нестислої рідини. Плоский потенціальний рух нестислої рідини. Потенціальна обтічність кулі потоком нестислої рідини, парадокс Даламбера-Ейлера. Безциркуляційна обтічність циліндра потоком нестислої ідеальної рідини. [5], Глава 1; [6], Розділ II
4.	Розділ 3, тема 3.1, 3.2. Гравітаційні хвилі. Граничні умови на вільній поверхні. Гравітаційні хвилі у басейні необмеженої глибини. Гравітаційні хвилі у неглибокому басейні. Хвильове рівняння для звукової хвилі. Плоска монохроматична звукова хвиля. Звукові хвилі при наявності меж розділу. [5], Глава 1; [6], Розділ II
5.	Розділ 3, теми 3.3, 3.4. Сферичні та циліндричні хвилі. Бокова хвиля. Розповсюдження звуку в рухомому середовищі. Особливості надзвукового потоку. [5], Глава 1; [6], Розділ II
6.	Розділ 4, теми 4.1. Тензор напруження для в'язких середовищ. Рівняння Нав'є-Стокса. [5], Глава 1
7.	Розділ 4, теми 4.2. Стаціонарні течії в'язкої рідини: течія Пуазейля, течія у полі тяжіння по похилій площині. [6], Розділ II
8.	Розділ 4, тема 4.3. Рівняння руху у безрозмірних змінних. [5], Глава 1
9.	Розділ 4, тема 4.4. Теорія розмірностей та П-теорема. Числа Фруда, Рейнольдса. [6], Розділ II

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
-------	------------------------	---------------------

1	Підготовка до аудиторних занять	2
2	Підготовка до МКР	3
3	Підготовка до заліку	10

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **правила відвідування занять:** відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- **правила поведінки на заняттях:** студент має виконувати вказівки викладача щодо роботи на занятті, поводитися стримано й чемно та не заважати іншим студентам і викладачу. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-дискі викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- **політика дедлайнів та перескладань:** якщо студент не проходив або не з'явився на контрольну роботу (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Успішним вважається виконання контрольної роботи, якщо студент отримав за неї не менш, ніж 50% від максимальної кількості балів. У випадку пропуску контрольної роботи без поважної причини або неуспішної здачі контрольної роботи перескладання контрольної роботи здійснюється за узгодженням з викладачем, при цьому максимальна оцінка, яку студент може отримати за контрольну роботу, зменшується на 2 бали по відношенню до вчасної здачі контрольної роботи;
- **політика щодо академічної доброчесності:** Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Механіка суцільних середовищ»;
- **при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.**

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Види контролю:

Поточний контроль: МКР, ДКР

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

На першому занятті студенти ознайомлюються з рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з курсу «Механіка суцільних середовищ» складається з 100 балів, які вони отримують за:
 - 1) модульну контрольну роботу (тривалістю 2 акад. години);
 - 2) домашню контрольну роботу;
 - 2) відповіді на практичних заняттях;
 - 3) СРС;
 - 4) залік.
2. Рейтинг (протягом семестру) складається з 100 балів, що студент отримує за наступні види діяльності:
 - Модульна контрольна робота
Максимальна кількість балів - 30 балів.
Критерії оцінювання:
відмінно..... 24 – 30 балів
добре 16 – 29 балів
задовільно..... 8 – 15 балів
незадовільно..... 1 – 7 балів
 - Робота на практичних заняттях
Ваговий бал – 5 бал.
Максимальна кількість балів за всі практичні заняття - 15 балів.
Критерії оцінювання відповіді:
відмінно..... 3 бали
добре 2 бали
задовільно..... 1 бали.
 - Виконання домашніх завдань
Ваговий бал – 8 бал.
Максимальна кількість балів за матеріал, що виноситься на цей вид самостійної роботи (5 домашніх завдань) - 40 балів.
Критерії оцінювання відповіді:
відмінно..... 3 бали
добре 2 бали
задовільно..... 1 бали

Студентам, які активно працюють на лекційних та практичних заняттях, можуть нараховуватися додаткові 6 балів.

Якщо студент протягом семестру набрав менше 60 балів, він має скласти залікову контрольну роботу, ваговий коефіцієнт якої складає 100 балів. При цьому, стартовий рейтинг не враховується. Кількість набраних на заліковій контрольній роботі балів переводиться в оцінку за тою ж шкалою.

Якщо аспірант набрав протягом семестру 60 балів і більше, але хоче підвищити свою рейтингову оцінку, він може це зробити у співбесіді з викладачем.

Умовою першої атестації є отримання не менше 8 балів та успішне виконання всіх контрольних робіт на час атестації. Умовою другої атестації – отримання не менше 20 балів, виконання всіх контрольних робіт на час атестації.

Сума вагових балів контрольних заходів з «Гідродинаміки» протягом RC = 100 балів.

Рейтингова шкала з «Гідродинаміки» складає RD = RC = 100 балів.

Для виставлення оцінок до залікової книжки рейтинг переводиться у традиційні оцінки та оцінки ECTS відповідно до таблиці.

Кількість балів	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є незараховані контрольні роботи або стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль розташовано на платформі «Сікорський» - <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=560>;
- Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у [НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті»](#).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри загальної та експериментальної фізики, д.ф.-м.н., проф. Кучко А.М.

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол засідання кафедри № 8 від 18.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 25.06.2024 р.)