



ФІЗИКА СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/Модульна контрольна робота, розрахункова робота</i>
Розклад занять	<i>Не визначено</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.ф.-м. н., доц. Куліш Володимир Вікторович, тел. +38(044)204-82-48 (роб.) Практичні / Семінарські: д.ф.-м. н., доц. Куліш Володимир Вікторович, тел. +38(044)204-82-48 (роб.)
Розміщення курсу	Система "Електронний кампус КПІ" https://campus.kpi.ua/ Кредитний модуль "Фізика суцільних середовищ"

Програма навчальної дисципліни

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

Пропоновані в рамках дисципліни «Фізика суцільних середовищ» знання можуть використовуватись у майбутніх наукових дослідженнях студентів. При цьому моделі, що вивчаються студентами, можуть бути використані за межами досліджених в курсі типів задач. Методи теорії розмірності, що викладаються в рамках даного курсу, можуть використовуватись для наближеного розв'язку задач широкого кола тематик.

Мета навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

ЗДАТНІСТЬ:

- вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні в основних фізичних закономірностях, що виникають у суцільних середовищах та описуються у рамках гідродинамічного наближення,
- використовувати для розв'язку фізичних (зокрема, гідро- та газодинамічних) задач метод розмірностей та принципи моделювання фізичних явищ, а також виробити навички
- практичного використання засвоєних знань, методів і підходів у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Предмет навчальної дисципліни.

Предметом вивчення у навчальному курсі є системи багатьох частинок, що знаходяться на гідродинамічному (нерівноважна термодинаміка).

Програмні результати навчання.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- базових понять гідродинаміки (поняття рідини, течії тощо);
- основних рівнянь динаміки ідеальної рідини (рівняння неперервності, рівняння Ейлера, інтеграли Коші, Бернуллі та Бернуллі-Ейлера);
- двох основних типів змінних гідродинаміки (змінні Лагранжа, змінні Ейлера) та відповідні їм формалізми опису течії рідини;
- основні властивості та характеристик безвихрового та вихрового руху ідеальної рідини;
- поняття тензору напружень;
- основ комплексного формалізму для опису двовимірного руху ідеальної рідини;
- пі-теореми з доповненням Хантлі, принципів моделювання фізичних явищ;
- основних принципів опису руху в'язкої рідини (рівняння Нав'є-Стокса, число Рейнольдса та його фізичний сенс тощо), понять ламінарної та турбулентної течії, основ теорії пограничного шару;
- основних понять та рівнянь газодинаміки (особливості газодинамічного наближення, рівняння руху в газодинамічному наближенні, розриви у течії, специфіка дозвукової та надзвукової течії тощо).

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

Пропонований в рамках дисципліни «Фізика суцільних середовищ» матеріал спирається на знання, засвоєні студентами попередньо в рамках циклів загальної фізики та теоретичної фізики (переважно механіки). Отримані в рамках дисципліни «Фізика суцільних середовищ» знання безпосередньо забезпечують основу для розуміння дисципліни «Фізика плазми». Крім того, використання гідро- та газодинамічних моделей, а також методу розмірностей можливе у різних розділах фізики – як дисциплін магістерського рівня спеціальності «Прикладна фізика», так і у наукових дослідженнях.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до гідро- та газодинаміки.

Шкала характерних часів системи багатьох частинок. Етапи еволюції системи багатьох частинок. Гідродинамічний етап еволюції.

Поняття рідини. Поняття течії. В'язка та ідеальна рідина. Основна задача гідродинаміки.

Коваріантні та контраваріантні вектори і тензори. Фізичні компоненти векторів.

Змінні Лагранжа та Ейлера.

Рівняння неперервності.

Розділ 2. Гідродинаміка ідеальної рідини.

Основні припущення гідродинаміки ідеальної рідини. Рівняння Ейлера. Повна система рівнянь динаміки ідеальної рідини. Інтеграли руху для ідеальної рідини: інтеграл Бернуллі, інтеграл Коші, інтеграл Бернуллі-Ейлера. Теореми Бернуллі, поверхні Ламба. Наслідки з інтегралів руху.

Розділ 3. Тензор напружень у рідині

Масові та поверхневі сили. Тензор напружень у рідині. Теорема взаємності дотичних напружень.

Розділ 4. Основи гідростатичного наближення.

Гідростатичне наближення. Рівняння рівноваги. Сила Архімеда.

Розділ 5. Вихровий та безвихровий рух рідини

Вихровий рух, вектор завихореності, вихрове поле та їх властивості. Вихрові лінії, трубки та нитки. Рівняння для вихрового руху. Теорема Томпсона та теорема Лагранжа. Вихровий рух рідини, що покоїться на безмежності; вихор Хілла. Загальні властивості безвихрового руху нестисливої рідини.

Розділ 6. Опис плоского руху ідеальної рідини у комплексному формалізмі.

Плоский рух рідини. Плоский рух ідеальної рідини. Потенціал швидкості. Функція струму та її властивості. Комплексний формалізм в описі плоскої течії нестисливої рідини. Комплексна швидкість та комплексний потенціал. Аналіз течії по заданому комплексному потенціалу, приклади. Джерела та стоки. Дублети.

Розділ 7. Пі-теорема, моделювання фізичних явищ.

Основне припущення методу розмірностей. Розмірність та однорідність по розмірності. Формулювання пі-теорема. Доповнення Хантлі. Моделювання фізичних явищ.

Розділ 8. Гідродинаміка в'язкої рідини.

Гідродинамічні коефіцієнти в'язкості. Основні припущення гідродинаміки в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Безрозмірні комбінації для течії в'язкої рідини.

Рух в'язкої рідини при різних числах Рейнольдса; ламінарний та турбулентний рух. Основи теорії пограничного шару. Система рівнянь Прандтля.

Розділ 9. Основи газодинаміки.

Типові газодинамічні задачі та газодинамічне наближення. Дозвукова та надзвукова течія газу. Розриви в течії газу. Рівняння руху газу в інтегральному вигляді. Опис стаціонарного потоку газу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Основна

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.6. Гидродинамика – М., Наука, 1986 г.
2. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе И.В. Теоретическая гидромеханика. В 2-х т. – М., Государственное издательство физико-математической литературы, 1963 г.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М., Дрофа, 2003 г.
4. Серрин Дж. Математические основы классической механики жидкости. – М., Издательство иностранной литературы, 1963 г.
5. Биркгоф Г. Гидродинамика. – М., Издательство иностранной литературы, 1963 г.
6. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. – М., Мир, 1973 г.
7. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. – Москва-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002 г.

Допоміжна

1. Ламб Г. Гидродинамика – М., ОГИЗ, 1947 г.

2. Милн-Томсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. – М., Мир, 1964 г.
3. Рауз Х. Механика жидкости. – М., Издательство литературы по строительству, 1967 г.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні та практичні заняття проводяться відповідно зазначеним у п.3. темам.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Підготовка до аудиторних занять, виконання розрахункової роботи, підготовка до іспиту, разом 51 година.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних): відвідування занять є обов'язковим. Документи, що звільняють від відвідування занять (медичні довідки, завірені уповноваженим заступником декана звільнення) студент має пред'являти викладачу;
- правила поведінки на заняттях: на заняттях студент не має відволікати інших студентів;
- правила захисту розрахункових робіт: автоматичний захист при достатній активності на практичних заняттях, інакше - опитування, що тестує розуміння студентом його розв'язків задач розрахункової роботи;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні - відповіді на запитання викладача на лекціях, активна (вище встановленої норми) робота на практичних заняттях; штрафні бали - запізнення зі здачею розрахункових робіт;
- політика дедлайнів та перескладань: за запізнення зі здачею розрахункових робіт нараховуються штрафні бали, можливість повторного захисту розрахункової студенту за необхідності може бути надана на повторному колоквиумі; перескладання іспиту - згідно Правилам проведення підсумкового контролю;
- політика щодо академічної доброчесності: при використанні на модульній контрольній або іспиті зовнішніх джерел інформації студент видаляється з відповідного заходу, отримуючи оцінку 0 балів.

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

Робота на практичних заняттях: **20 балів**

Модульна контрольна робота: **20 балів**

Розрахункова робота: **20 балів**

Заохочувальні бали за відповіді на лекційні питання та активну (вище встановленої норми) роботу на практичних заняттях: **сумарний семестровий рейтинг не має перевищувати 60 семестрових +5 залікових балів**

Семестровий контроль: **залік, 40 балів**

Умови допуску до семестрового контролю: **семестровий рейтинг не менше 30 балів.**

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо

Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Список питань, що виносяться на іспит з курсу «Фізика суцільних середовищ»

- 1. Поняття рідини. Поняття течії. В'язка та ідеальна рідина. Основна задача гідродинаміки.
- 2. Коваріантні та контраваріантні вектори і тензори. Фізичні компоненти векторів.
- 3. Змінні Лагранжа та Ейлера.
- 4. Рівняння неперервності. Рівняння Ейлера. Повна система рівнянь динаміки ідеальної рідини.
- 5. Інтеграли руху для течії, що встановилась, та для безвихрової течії. Інтеграл Бернуллі. Наслідки з інтегралів руху.
- 6. Інтеграли руху для течії, що встановилась, та для безвихрової течії. Інтеграл Коші. Інтеграл Бернуллі-Ейлера.
- 7. Інтеграли руху для течії, що встановилась, та для безвихрової течії. Теорема Бернуллі, поверхні Ламба. Наслідки з інтегралів руху.
- 8. Масові та поверхневі сили. Тензор напружень у рідині.
- 9. Гідростатичне наближення. Вихровий рух рідини, що покоїться на безмежності; вихор Хілла.
- 10. Вихровий рух, вихрове поле та їх властивості. Рівняння для вихрового руху.
- 11. Теорема Томпсона та теорема Лагранжа.
- 12. Загальні властивості безвихрового руху нестисливої рідини.
- 13. Плоский рух рідини. Функція струму.
- 14. Комплексний формалізм в описі плоскої течії нестисливої рідини. Комплексна швидкість та комплексний потенціал.
- 15. Аналіз плоскої течії по заданому комплексному потенціалу. Джерела та стоки. Дублети.
- 16. Метод розмірностей та пі-теорема. Розмірності фізичних величин. Формулювання пі-теорему.
- 17. Пі-теорема. Доповнення Хантлі. Моделювання фізичних явищ.
- 18. Рух в'язкої рідини. Коефіцієнти в'язкості. Безрозмірні комбінації для течії в'язкої рідини.
- 19. Рух в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Вивід рівняння Нав'є-Стокса через другий закон Ньютона.
- 20. Рух в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Вивід рівняння Нав'є-Стокса через тензор густини потоку імпульсу.
- 21. Рух рідини за різних чисел Рейнольда. Ламінарна та турбулентна течія.
- 22. Основи теорії пограничного шару. Система рівнянь Прандтля.
- 23. Динаміка течії газу. Особливості газодинамічного наближення. Дозвукова та надзвукова течія. Рівняння руху газу в інтегральному вигляді.

- 24. *Розриви неперервності в течії газу. Поверхні розриву.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри ПФ, доктором фіз.-мат. наук, доцентом Кулішом Володимиром Вікторовичем

Ухвалено кафедрою прикладної фізики (протокол № 9 від 23.03.2022 р.)

Затверджено Вченою радою НН ФТІ (протокол № 4 від 18.04.2022 р.)