



# ФІЗИЧНА КІНЕТИКА

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Другий (магістерський)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Галузь знань                                | <i>Е Природничі науки, математика та статистика</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Спеціальність                               | <i>Е5 Фізика і астрономія</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Освітня програма                            | <i>Освітньо-професійна програма «Моделювання фізичних процесів»</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Статус дисципліни                           | <i>Вибіркова</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Форма навчання                              | <i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>1 курс, весняний семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Обсяг дисципліни                            | <i>4 кредити (120 годин)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>Залік/МКР/ДКР</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Розклад занять                              | <i>Розклад занять викладено на сторінці <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни<br/>Практичні заняття: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни</i> |
| Розміщення курсу                            | <i>На платформі дистанційного навчання Google Клас за посиланням <a href="https://classroom.google.com/c/Nji3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoepr">https://classroom.google.com/c/Nji3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoepr</a>, код курсу 265yoepr, постійне посилання на Google Meet <a href="https://meet.google.com/udf-efca-yau">https://meet.google.com/udf-efca-yau</a></i>                     |

### Програма навчальної дисципліни

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

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.*

##### **Загальні компетентності:**

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*
- ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.*
- ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.*
- ЗК4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.*
- ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.*
- ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.*

##### **Фахові компетентності спеціальності:**

- ФК1. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.*
- ФК2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.*

ФК5. Здатність сприймати ново здобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК9. Здатність самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

Основні завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати наступні **результати навчання**:

ПРН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

ПРН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

ПРН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

ПРН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

ПРН10. Відшукувувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела.

ПРН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

ПРН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.

ПРН15. Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.

ПРН16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.

ПРН18. Вміти використовувати набуті знання для розв'язання різних задач з фізики та астрономії.

ПРН19. Вміти моделювати фізичні і не тільки процеси та явища, що виникають в навколишньому світі.

ПРН20. Вміти створювати та досліджувати різні фізичні теорії за допомогою моделювання фізичних та астрономічних процесів.

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

Кредитний модуль «Фізична кінетика» відноситься до дисципліни «Фізична кінетика», яка належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки, і вивчається студентами в 2-му семестрі навчання за напрямом «фізика». Цей кредитний модуль спрямований на формування у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно курсу Фізичної кінетики. Вивчення даного кредитного модуля базується на курсах «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика та магнетизм», «Класична механіка», «Математичний аналіз» та ін. Знання, отримані студентами з курсу електродинаміки, використовуються в курсах «Вступ до фізики твердого тіла», «Основи квантової теорії поля» та ін.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

| Назви розділів, тем                                                                      | Розподіл за семестрами та видами занять |          |                   |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|-------------------|-----------|
|                                                                                          | Всього                                  | Лекції   | Практичні заняття | СРС       |
| <b>Семестр 2</b>                                                                         |                                         |          |                   |           |
| <b>Розділ 1. Кінетична теорія газів.</b>                                                 |                                         |          |                   |           |
| Тема 1.1. Функція розподілу. Принцип детальної рівноваги. Рівняння Больцмана. Н-теорема. | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.2. Перехід до макроскопічними рівнянь.                                            | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.3. Кінетичне рівняння для слабко неоднорідного газу.                              | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.4. Теплопровідність газу.                                                         | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.5. В'язкість газу.                                                                | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.6. Симетрія кінетичних коефіцієнтів.                                              | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.7. Наближений розв'язок кінетичного рівняння                                      | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.8. Дифузія легкого газу в важкому.                                                | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.9. Дифузія важкого газу в легкому.                                                | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| Тема 1.10. Кінетичні явища в газі в зовнішньому полі. Флуктуації функції розподілу.      | 1,75                                    | 0,5      | 0,25              | 1         |
| <b>Разом за розділом 1</b>                                                               | <b>17,5</b>                             | <b>5</b> | <b>2,5</b>        | <b>10</b> |
| <b>Розділ 2. Дифузійне наближення.</b>                                                   |                                         |          |                   |           |
| Тема 2.1. Рухливість іонів в розчинах сильних електролітів.                              | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.2. Рівняння Фокера-Планка.                                                        | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.3. Слабко іонізований газ в електричному полі.                                    | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.4. Флуктуації в слабко іонізованому нерівноважному газі.                          | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.5. Рекомбінація та іонізація.                                                     | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.6. Амбіполярна дифузія.                                                           | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.7. Рівняння Фокера-Планка для броунівської частинки.                              | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.8. Розв'язок рівняння Фокера-Планка.                                              | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| Тема 2.9. Характер руху броунівської частинки. Випадкові сили.                           | 2,5                                     | 1        | 0,5               | 1         |
| <b>Разом за розділом 2</b>                                                               | <b>22,5</b>                             | <b>9</b> | <b>4,5</b>        | <b>9</b>  |
| <b>Розділ 3. Плазма без зіткнень.</b>                                                    |                                         |          |                   |           |
| Тема 3.1. Самоузгоджене поле.                                                            | 3                                       | 1        | 0,5               | 1         |

|                                                                                         |      |    |      |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|----|------|----|
| Тема 3.2. Просторова дисперсія в плазмі.                                                | 3    | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 3.3. Діелектрична проникність плазми без зіткнень.                                 | 3    | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 3.4. Загасання Ландау.                                                             | 3    | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 3.5. Поздовжні плазмові хвилі.                                                     | 3    | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 3.6. Іонно-звукові хвилі.                                                          | 3    | 1  | 0,5  | 1  |
| Разом за розділом 3                                                                     | 15   | 6  | 3    | 6  |
| Тестування виконання СРС з розділів 1-3                                                 | 9    |    |      | 9  |
| Розділ 4. Зіткнення в плазмі.                                                           |      |    |      |    |
| Тема 4.1. Інтеграл зіткнень Ландау.                                                     | 2,5  | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 4.2. Передача енергії між електронами і іонами. Довжина пробігу частинок в плазмі. | 2,5  | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 4.3. Лоренцева плазма.                                                             | 2,25 | 1  | 0,25 | 1  |
| Тема 4.4. Флуктуації в плазмі.                                                          | 2,25 | 1  | 0,25 | 1  |
| Разом за розділом 4                                                                     | 9,5  | 4  | 1,5  | 4  |
| Розділ 5. Кінетика фазових переходів.                                                   |      |    |      |    |
| Тема 5.1. Кінетика фазових переходів першого роду. Утворення зародків.                  | 4,5  | 2  | 0,5  | 2  |
| Тема 5.2. Кінетика фазових переходів першого роду. стадія коалесценції.                 | 2,5  | 1  | 0,5  | 1  |
| Тема 5.3. Релаксація параметра порядку поблизу точки фазового переходу другого роду.    | 3,5  | 1  | 0,5  | 2  |
| Тема 5.4. Динамічна масштабна інваріантність.                                           | 3,5  | 1  | 0,5  | 2  |
| Тема 5.5. Релаксація в рідкому гелії поблизу А-точки.                                   | 13,5 | 1  | 0,5  | 12 |
| Разом за розділом 5                                                                     | 27,5 | 6  | 2,5  | 19 |
| Тестування. Підготовка до заліку                                                        | 19   |    |      | 19 |
| Разом                                                                                   | 120  | 30 | 14   | 76 |

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова: [1–5]

Додаткова: [6–12]

1. Фізична кінетика : збірник задач [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів» спец. 104 Фізика та астрономія / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О. Ю. Горобець, В.В. Куліш – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 55 с.
2. Каплаушенко, А. Г., Самелюк, Ю. Г., Фролова, Ю. С. Кінетичні закономірності перебігу хімічних реакцій: навчальний посібник для студентів спеціальності «Фармація, промислова фармація: Запоріжжя: ЗДМФУ, 2023. 106с.
3. Takabe, H. The Physics of Laser Plasmas and Applications - Volume 2: Osaka: Springer, 2023. 467с.
4. Yang, F.-B., Huang, J.-P. Diffusion Process Controlled by Diffusion Metamaterials: Shanghai: 2023. 348с.

5. Горобець, О. Ю., Горобець, С. В., Хахно, К. Ю. Мова python для інженерних та наукових задач [Електронний ресурс]: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра та магістра за спеціальностями 162 «Біотехнології та біоінженерія» та 104 «Фізика та астрономія»: Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 277с.
6. Levich, V. G. Theoretical Physics. Quantum Statistics and Physical Kinetics; V. 4: Amsterdam, London: North Holland Publishing Company, 1973. 401с.
7. Lifshitz, L. D., Landau, E. M. Physical kinetics. (Course of theoretical physics; v. 10: Oxford: Pergamon Press Ltd., 1981. 452с.
8. Engel, T. Thermodynamics, statistical thermodynamics, and kinetics : physical chemistry: New York: Pearson Education, Inc., 2019. 689с.
9. Cooksy, A. Physical chemistry : thermodynamics, statistical mechanics, & kinetics: Boston: Pearson Education, Inc., 2014. 567с.
10. Pincherle, L. Worked Problems in Heat, Thermodynamics and Kinetic Theory for Physics Students: Oxford: Pergamon Press, 1966. 152с.
11. Leeuwen, H. P. van, Koster, W. Physicochemical kinetics and transport at biointerfaces: Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2004. 572с.
12. Рубцов, В. І. Фізична хімія: задачі та вправи: навчальний посібник: Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2012. 416с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

| №  | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)                                                                                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекція 1.<br>Розділ 1. Кінетична теорія газів. Тема 1.1. Функція розподілу. Принцип детальної рівноваги. Рівняння Больцмана. Н-теорема. Тема 1.2. Перехід до макроскопічних рівнянь. Тема 1.3. Кінетичне рівняння для слабо неоднорідного газу. Тема 1.4. Теплопровідність газу.<br>[1-5] |
| 2. | Лекція 2.<br>Тема 1.5. В'язкість газу. Тема 1.6. Симетрія кінетичних коефіцієнтів.<br>[1-5]                                                                                                                                                                                               |
| 3. | Лекція 3.<br>Тема 1.7. Наближений розв'язок кінетичного рівняння. Тема 1.8. Дифузія легкого газу в важкому.<br>[1-5]                                                                                                                                                                      |
| 4. | Лекція 4.<br>Тема 1.9. Дифузія важкого газу в легкому. Тема 1.10. Кінетичні явища в газі в зовнішньому полі. Флуктуації функції розподілу.<br>[1-5]                                                                                                                                       |
| 5. | Лекція 5.<br>Розділ 2. Дифузійне наближення. Тема 2.1. Рухливість іонів в розчинах сильних електролітів. Тема 2.2. Рівняння Фокера-Планка.<br>[1-5]                                                                                                                                       |
| 6. | Лекція 6.<br>Тема 2.3. Слабо іонізований газ в електричному полі. Тема 2.4. Флуктуації в слабо іонізованому нерівноважному газі.<br>[1-5]                                                                                                                                                 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.  | Лекція 7.<br>Тема 2.5. Рекомбінація та іонізація. Тема 2.6. Амбіполярна дифузія. Тема 2.7. Рівняння Фокера-Планка для броунівської частинки. Тема 2.8. Розв'язок рівняння Фокера-Планка. Тема 2.9. Характер руху броунівської частинки. Випадкові сили.<br>[1-5] |
| 8.  | Лекція 8.<br>Розділ 3. Плазма без зіткнень.<br>Тема 3.1. Самоузгоджене поле.<br>[1-5]                                                                                                                                                                            |
| 9.  | Лекція 9.<br>Тема 3.2. Просторова дисперсія в плазмі. Тема 3.3. Діелектрична проникність плазми без зіткнень.<br>[1-5]                                                                                                                                           |
| 10. | Лекція 10.<br>Тема 3.4. Загасання Ландау.<br>Тема 3.5. Поздовжні плазмові хвилі.<br>[1-5]                                                                                                                                                                        |
| 11. | Лекція 11.<br>Тема 3.6. Іонно-звукові хвилі.<br>Розділ 4. Зіткнення в плазмі.<br>Тема 4.1. Інтеграл зіткнень Ландау.<br>[1-5]                                                                                                                                    |
| 12. | Лекція 12.<br>Тема 4.2. Передача енергії між електронами і іонами. Довжина пробігу частинок в плазмі.<br>Тема 4.3. Лоренцева плазма. Тема 4.4. Флуктуації в плазмі.<br>[1-5]                                                                                     |
| 13. | Лекція 13.<br>Розділ 5. Кінетика фазових переходів. Тема 5.1. Кінетика фазових переходів першого роду. Утворення зародків.<br>Тема 5.2. Кінетика фазових переходів першого роду. Стадія коалесценції.<br>[1-5]                                                   |
| 14. | Лекція 14.<br>Тема 5.3. Релаксація параметра порядку поблизу точки фазового переходу другого роду.<br>Тема 5.4. Динамічна масштабна інваріантність.<br>[1-5]                                                                                                     |
| 15. | Лекція 15.<br>Тема 5.5. Релаксація в рідкому гелії поблизу А-точки.<br>[1-5]                                                                                                                                                                                     |

## 6. Практичні заняття

| №  | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Практичне заняття 1.<br>Розділ 1. Кінетична теорія газів.<br>Тема 1.1. Функція розподілу. Аналітичний розрахунок інтегралів, в підінтегральні вирази яких входить функція розподілу, з використанням пакету сумтру мови програмування python.<br>Тема 1.1. Принцип детальної рівноваги. Рівняння Больцмана. Н-теорема.<br>Тема 1.2. Перехід до макроскопічних рівнянь.<br>[1-12] |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | <p>Практичне заняття 2.</p> <p>Тема 1.3. Кінетичне рівняння для слабо неоднорідного газу.</p> <p>Тема 1.5. В'язкість газу.</p> <p>[1-12]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3. | <p>Практичне заняття 3.</p> <p>Тема 1.7. Наближений розв'язок кінетичного рівняння.</p> <p>Тема 1.8. Дифузія легкого газу в важкому.</p> <p>Тема 1.9. Дифузія важкого газу в легкому.</p> <p>[1-12]</p>                                                                                                                                                                                                                      |
| 4. | <p>Практичне заняття 4.</p> <p>Тема 1.10. Кінетичні явища в газі в зовнішньому полі.</p> <p>Розділ 2. Дифузійне наближення.</p> <p>Тема 2.1. Рухливість іонів в розчинах сильних електролітів.</p> <p>Тема 2.2. Рівняння Фокера-Планка.</p> <p>Тема 2.3. Слабо іонізований газ в електричному полі.</p> <p>[1-12]</p>                                                                                                        |
| 5. | <p>Практичне заняття 5.</p> <p>Тема 2.7. Рівняння Фокера-Планка для броунівської частинки.</p> <p>Тема 2.8. Розв'язок рівняння Фокера-Планка.</p> <p>Тема 2.9. Характер руху броунівської частинки. Випадкові сили.</p> <p>Тема 3.2. Просторова дисперсія в плазмі.</p> <p>Тема 3.3. Діелектрична проникність плазми без зіткнень.</p> <p>Тема 3.4. Загасання Ландау. Тема 3.5. Поздовжні плазмові хвилі.</p> <p>[1-12]</p>  |
| 6. | <p>Практичне заняття 6.</p> <p>Тема 3.2. Просторова дисперсія в плазмі. Тема 3.3. Діелектрична проникність плазми без зіткнень. Тема 3.4. Загасання Ландау. Тема 3.5. Поздовжні плазмові хвилі.</p> <p>Розділ 4. Зіткнення в плазмі.</p> <p>Тема 4.1. Інтеграл зіткнень Ландау. Тема 4.2. Передача енергії між електронами і іонами.</p> <p>Довжина пробігу частинок в плазмі. Тема 4.3. Лоренцева плазма.</p> <p>[1-12]</p> |
| 7. | <p>Практичне заняття 7.</p> <p>Розділ 5. Кінетика фазових переходів.</p> <p>Тема 5.1. Кінетика фазових переходів першого роду. Утворення зародків.</p> <p>Тема 5.2. Кінетика фазових переходів першого роду. Стадія коалесценції.</p> <p>Тема 5.3. Релаксація параметра порядку поблизу точки фазового переходу другого роду.</p> <p>Тема 5.4. Динамічна масштабна інваріантність.</p> <p>[1-12]</p>                         |

## 9. Самостійна робота студента

|    |                                                                                          |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Тема CPC                                                                                 |
| 1. | <p>Розділ 1. Кінетична теорія газів.</p> <p>[1-12]</p>                                   |
| 2. | Тема 1.1. Функція розподілу. Принцип детальної рівноваги. Рівняння Больцмана. Н-теорема. |
| 3. | <p>Тема 1.2. Перехід до макроскопічними рівнянь.</p> <p>[1-12]</p>                       |
| 4. | <p>Тема 1.3. Кінетичне рівняння для слабо неоднорідного газу.</p> <p>[1-12]</p>          |

|     |                                                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.  | Тема 1.4. Теплопровідність газу.<br>[1-12]                                                    |
| 6.  | Тема 1.5. В'язкість газу.<br>[1-12]                                                           |
| 7.  | Тема 1.6. Симетрія кінетичних коефіцієнтів.<br>[1-12]                                         |
| 8.  | Тема 1.7. Наближений розв'язок кінетичного рівняння.<br>[1-12]                                |
| 9.  | Тема 1.8. Дифузія легкого газу в важкому.<br>[1-12]                                           |
| 10. | Тема 1.9. Дифузія важкого газу в легкому.<br>[1-12]                                           |
| 11. | Тема 1.10. Кінетичні явища в газі в зовнішньому полі. Флуктуації функції розподілу.<br>[1-12] |
| 12. | Разом за розділом 1<br>[1-12]                                                                 |
| 13. | Розділ 2. Дифузійне наближення.<br>[1-12]                                                     |
| 14. | Тема 2.1. Рухливість іонів в розчинах сильних електролітів.<br>[1-12]                         |
| 15. | Тема 2.2. Рівняння Фокера-Планка.<br>[1-12]                                                   |
| 16. | Тема 2.3. Слабко іонізований газ в електричному полі.<br>[1-12]                               |
| 17. | Тема 2.4. Флуктуації в слабко іонізованому нерівноважному газі.<br>[1-12]                     |
| 18. | Тема 2.5. Рекомбінація та іонізація.<br>[1-12]                                                |
| 19. | Тема 2.6. Амбіполярна дифузія.<br>[1-12]                                                      |
| 20. | Тема 2.7. Рівняння Фокера-Планка для броунівської частинки.<br>[1-12]                         |
| 21. | Тема 2.8. Розв'язок рівняння Фокера-Планка.<br>[1-12]                                         |
| 22. | Тема 2.9. Характер руху броунівської частинки. Випадкові сили.<br>[1-12]                      |
| 23. | Розділ 3. Плазма без зіткнень.<br>[1-12]                                                      |
| 24. | Тема 3.1. Самоузгоджене поле.<br>[1-12]                                                       |
| 25. | Тема 3.2. Просторова дисперсія в плазмі.<br>[1-12]                                            |
| 26. | Тема 3.3. Діелектрична проникність плазми без зіткнень.<br>[1-12]                             |
| 27. | Тема 3.4. Загасання Ландау.<br>[1-12]                                                         |
| 28. | Тема 3.5. Поздовжні плазмові хвилі.<br>[1-12]                                                 |
| 29. | Тема 3.6. Іонно-звукові хвилі.<br>[1-12]                                                      |



|     |                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30. | Тестування виконання СРС з розділів 1-3<br>[1-12]                                                 |
| 31. | Розділ 4. Зіткнення в плазмі.<br>[1-12]                                                           |
| 32. | Тема 4.1. Інтеграл зіткнень Ландау.<br>[1-12]                                                     |
| 33. | Тема 4.2. Передача енергії між електронами і іонами. Довжина пробігу частинок в плазмі.<br>[1-12] |
| 34. | Тема 4.3. Лоренцева плазма.<br>[1-12]                                                             |
| 35. | Тема 4.4. Флуктуації в плазмі.<br>[1-12]                                                          |
| 36. | Розділ 5. Кінетика фазових переходів.<br>[1-12]                                                   |
| 37. | Тема 5.1. Кінетика фазових переходів першого роду. Утворення зародків.<br>[1-12]                  |
| 38. | Тема 5.2. Кінетика фазових переходів першого роду. стадія коалесценції.<br>[1-12]                 |
| 39. | Тема 5.3. Релаксація параметра порядку поблизу точки фазового переходу другого роду.<br>[1-12]    |
| 40. | Тема 5.4. Динамічна масштабна інваріантність.                                                     |
| 41. | Тема 5.5. Релаксація в рідкому гелії поблизу А-точки.<br>[1-12]                                   |
| 43. | Тестування. Підготовка дозалику.<br>[1-12]                                                        |

## Політика та контроль

### 10. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (згідно розкладу і згідно загально-університетського розпорядку);
- правила поведінки на заняттях (активність на практичних заняттях є обов'язковою, бали за активність на практичних заняттях не ставляться, відключення телефонів є обов'язковим);
- правила захисту індивідуальних завдань (тестування <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt> );
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали не призначаються, заохочувальні бали призначаються суворо згідно підрозділу 9 цього силабусу);
- політика дедлайнів та перескладань (згідно загально-університетського розпорядку);
- політика щодо академічної доброчесності (згідно загально-університетського розпорядку);
- Студент зобов'язаний зареєструватися на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals (в минулому G Suit For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Фізична кінетика» за посиланням <https://classroom.google.com/c/NjI3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoeo> . Для цього студенту необхідно спочатку отримати акаунт в Google Workspace for Education Fundamentals на

домені @LLL.kpi.ua. Для отримання акаунта в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua необхідно заповнити Google Форму: [https://sikorsky-distance.kpi.ua/req\\_qsuite/](https://sikorsky-distance.kpi.ua/req_qsuite/). Після реєстрації та модерації заявки студента, адміністратор надішле студенту на пошту пароль та логін до акаунту, з яким студент зможе використовувати всі доступні інструменти та сервіси Google Workspace for Education Fundamentals. Google Workspace for Education Fundamentals – це пакет спеціалізованого хмарного програмного забезпечення, інструментів для спільної роботи та дистанційного навчання від компанії Google. Основна складова пакету – система управління навчанням Google Клас, яка дозволяє викладачу створювати навчальні класи, оцінювати завдання, надавати учням зворотній зв'язок, публікувати оголошення і поширювати навчальні матеріали. Викладач може бачити, хто виконав завдання, а хто ще продовжує над ним працювати, а також читати питання і коментарі учнів. Для приєднання до навчального курсу «Фізична кінетика» студенту потрібно перейти у Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com>, натиснути зображення «+» у верхньому правому кутку браузера, вибрати «Приєднатися до класу» та ввести код курсу 265уоер. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунта на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Фізична кінетика» Google Класу тому, що автоматичний імпорт оцінок за тестування можливий виключно з акаунта на домені @LLL.kpi.ua. Система Google Клас автоматично надсилає кожному студенту бали по кожному з видів контролю на електронну пошту. Тому для ознайомлення з балами за кожен окремий вид контролю студенту необхідно змінити налаштування електронної пошти так, щоб ці електронні листи не потрапляли у спам. Всі виконані завдання для перевірки викладачем студент повинен завантажувати через систему Google Клас (результати виконання завдань, надіслані через телеграм канал перевірятися не будуть);

- листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни .

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

**Поточний контроль:** *тести*

**Календарний контроль:** *контроль виконання самостійної роботи проводиться двічі на семестр у формі тестів як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.*

*Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.*

| Семестр | Навчальний час |            | Розподіл навчальних годин |                   |     | Контрольні заходи |
|---------|----------------|------------|---------------------------|-------------------|-----|-------------------|
|         | Кредити        | Акад. год. | Лекції                    | Практичні заняття | СРС | Семестр атест.    |
| 2       | 4              | 120        | 30                        | 14                | 76  | Залік             |

Рейтинг студентів ФМФ з «Фізичної кінетики» складається з балів, які вони отримують за:

- 1) МКР
- 2) ДКР
- 3) Практичні заняття
- 4) Додаткові бали за активність на практичних заняттях (10 балів максимум).

Студентам, які успішно здали МКР (модульна контрольна робота) та розв'язують задачі на практичних заняттях, можуть нараховуватися за семестр максимум 100 балів. Оцінювання МКР та оцінювання вміння розв'язувати задачі на практичних заняттях здійснюватиметься оцінюванням результатів тестування на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням

<https://classroom.google.com/c/Njl3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoep>. МКР складається з одного тесту 50 балів максимум. Оцінювання вміння розв'язувати задачі на практичних заняттях та ДКР складається з двох тестів по 25 балів максимум за кожен тест. Кожен з тестів можливо пройти тільки один раз. Відповідно перед кожною атестацією, а також в кінці семестру всі набрані студентом бали в Google Класі будуть вноситись до системи АІС «Електронний кампус» КПІ імені Ігоря Сікорського.

Необхідною умовою допуску до заліку із «Фізичної кінетики» є задовільне виконання МКР (не менше 25 балів), задовільні вміння розв'язання задач на практичних заняттях (не менше 25 балів), а також сумарний стартовий рейтинг не менше 50 балів.

Семестрова атестація проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання.

Сума вагових балів контрольних заходів з «Фізичної кінетики» протягом семестру складає  $R_c = 100$  балів.

Рейтингова шкала з «Фізичної кінетики» складає  $R_D = R_c = 100$  балів.

Якщо студент протягом семестру набрав не менше 60 балів, він отримує залік автоматом.

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

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| Кількість балів                            | Оцінка       |
|--------------------------------------------|--------------|
| 95-100                                     | Відмінно     |
| 85-94                                      | Дуже добре   |
| 75-84                                      | Добре        |
| 65-74                                      | Задовільно   |
| 60-64                                      | Достатньо    |
| Менше 60                                   | Незадовільно |
| Не виконані інші умови допуску до екзамену | Не допущено  |

Якщо ж студент протягом семестру набрав менше 60 балів, він має скласти залікову контрольну роботу у вигляді тесту на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/Njl3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoep>, ваговий коефіцієнт якої складає 100 балів. При цьому, стартовий рейтинг не враховується. Кількість балів, набраних на заліковій контрольній роботі, переводиться в оцінку за тою ж шкалою. Якщо студент набрав протягом семестру 60 балів і більше, але хоче підвищити свою рейтингову оцінку, він може це зробити шляхом складання залікової контрольної роботи у вигляді тесту на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/Njl3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoep>, ваговий коефіцієнт якої складає 100 балів. При цьому, стартовий рейтинг не враховується.

## 12. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено в тестах в системі дистанційного навчання Google Клас <https://classroom.google.com/c/Njl3MTQ1Mjk4ODQx?cjc=265yoep> ;
- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою не передбачена.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено професором кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів, д.ф.-м.н., професором Горобець О.Ю.

**Ухвалено** кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 1/06-25 від 25.06.2025).

**Погоджено** Методичною комісією Фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 27.06.2024).