



## Теорія квантової інформації та обчислень

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

| Реквізити навчальної дисципліни           |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                       | Другий (магістерський)  |
| Галузь знань                              | F Інформаційні технології   |
| Спеціальність                             | F2 ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ   |
| Освітня програма                          | Інженерія квантового програмного забезпечення<br>(Quantum Software engineering)   |
| Статус дисципліни                         | Нормативна  |
| Форма навчання                            | очна(денна)   |
| Рік підготовки, семестр                   | 1 курс, осінній семестр   |
| Обсяг дисципліни                          | 5.0 кредитів ECTS (150 годин); 16 год. лекцій; 14 год. лаб. роб.; 120 год. СРС.   |
| Семестровий контроль/контрольні заходи    | Екзамен/ Модульна контрольна робота   |
| Розклад занять                            | Лекції;<br>Лабораторні заняття<br>Електронний розклад: <a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>  |
| Мова викладання                           | Українська  |
| Інформація про керівника курсу/викладачів | Лектор: к.т.н., доц. кафедри ІІІ Полупан Ю.В.<br><a href="mailto:Juliy.polupan@i.ua">Juliy.polupan@i.ua</a><br>Telegram: @Juliy_Polupan<br>Лабораторні заняття: к.т.н., доц. кафедри ІІІ Полупан Ю.В.   |
| Розміщення курсу                          | Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Класрум, тощо):<br>Moodle: <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8070">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8070</a><br>Лекції:<br>1) <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8070">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8070</a><br>Лабораторні роботи:<br>1) <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8070">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8070</a><br>Відеоконференції:<br>1) <a href="https://us05web.zoom.us/j/2936312006?pwd=TZ3NBf3taJj2AWd1oCpwsTnPRzCBh2.1">https://us05web.zoom.us/j/2936312006?pwd=TZ3NBf3taJj2AWd1oCpwsTnPRzCBh2.1</a> |

#### Програма навчальної дисципліни

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

###### Опис навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни спрямовано на оволодіння основними поняттями і принципами квантової інформації та квантових обчислень у контексті сучасної науки про інформацію. Розглядаються способи представлення інформації у квантових системах, властивості квантових

станів та операцій над ними, а також особливості, які відрізняють квантову інформацію від класичної.

Студенти познайомляться як з теоретичними засадами так і з практичними аспектами побудови квантових систем. Навчатися створювати програми при допомозі Qiskit - відкритої бібліотеки на Python для програмування квантових комп'ютерів від IBM, які вибрали в себе найкращі риси цієї нової та дуже перспективної технології. Дисципліна "Теорія квантової інформації та обчислень" містить докладний виклад концепцій та принципів використання квантових систем для збереження, передавання та опрацювання інформації. Вона охоплює фундаментальні уявлення про кубіт як елементарний носій інформації, багатокубітні стани та їх властивості, включно із суперпозицією та квантовою заплутаністю і телепортацією.

**Метою дисципліни** є формування у студентів цілісного уявлення про принципи представлення, передавання та опрацювання інформації в квантових системах. Дисципліна покликана дати знання про математичний апарат квантових обчислень, розкрити фундаментальні відмінності між класичними та квантовими інформаційними процесами, сформувані навички аналізу властивостей квантових станів та операцій, а також сформувані ключові фахові компетентності, теоретичні знання і практичні навички в роботі з квантовими системами.

**Предметом навчальної дисципліни** є фундаментальні концепції квантової інформації разом з математичним апаратом комплексного гільбертового простору, який використовується для їхнього опису і забезпечує строгий інструментарій для формального опису квантових інформаційних процесів та обчислень.

**Завданнями дисципліни** є ознайомлення студентів із квантовим підходом до розробки прикладних програм, з існуючими сучасними технологіями квантових обчислень, що використовують мову Python та відомий SDK для квантового програмування Qiskit.

За результатами вивчення дисципліни студент повинен набути **досвід (результати навчання)**: застосування математичного апарату комплексного гільбертового простору для опису квантових станів та процесів; представлення квантових станів, операцій, вимірювань і каналів за допомогою векторів стану, операторів та матриць щільності; використання умовних ймовірностей у квантових обчисленнях для аналізу результатів вимірювань багатокубітних систем; оперування базовими поняттями квантової інформації (суперпозиція, заплутаність, квантові біти, телепортація) та моделювати їх у контексті обчислень і комунікацій; аналізу відмінностей між класичною та квантовою інформацією, зокрема розуміння ролі суперпозиції, заплутаності та кореляцій; для підготовки до подальшого засвоєння прикладних дисциплін, пов'язаних із квантовими алгоритмами, програмним забезпеченням квантових обчислень.

Після вивчення дисципліни студент повинен знати основні теоретичні засади квантової інформації, застосовувати ці знання для моделювання інформаційних процесів у квантових системах та пояснювати фундаментальні відмінності від класичних обчислень.

Дисципліна формує наступні загальні (ЗК) та фахові (ФК) **компетентності**:

- ФК 12 - Здатність оперувати базовими поняттями квантової інформації (суперпозиція, заплутаність, квантові біти, телепортація) та моделювати їх у контексті обчислень і комунікацій.

В результаті вивчення дисципліни студенти досягають наступних **програмних результатів навчання (ПРН)**:

- ПРН 20 - Знати основні теоретичні засади квантової інформації, застосовувати ці знання для моделювання інформаційних процесів у квантових системах та пояснювати фундаментальні відмінності від класичних обчислень..

## 2. Перереквізити та пост реквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни спирається на базові знання з наступних дисциплін:

- Лінійна алгебра
- Теорія ймовірностей
- Програмування

Також при вивченні дисципліни необхідні знання, уміння і навички раціонального використання засобів інформаційних технологій при розв'язуванні задач опрацювання інформації, розуміння ролі інформаційних технологій, основ інформаційної культури та гігієни.

Знання, одержані студентами при вивченні дисципліни, використовуються у наступних освітніх компонентах:

- ПО 01 Наукова робота за темою магістерської дисертації
- ПО 02 Практика
- ПО 03 Виконання магістерської дисертації
- ПО 04 Методологія інженерії програмного забезпечення

## 3. Зміст навчальної дисципліни

|        |   |
|--------|---|
| Тема 1 | <b>Історія квантових обчислень та квантової інформації. Фундаментальні принципи квантової механіки.</b> |
| Тема 2 | <b>Постулати квантової механіки, які лежать в основі квантових обчислення.</b>                          |
| Тема 3 | <b>Проектування кубітів.</b>  |
| Тема 4 | <b>Вектори. Лінійна алгебра.</b>  |
| Тема 5 | <b>Представлення квантового стану кубіта</b>  |
| Тема 6 | <b>Квантова логіка, гейти та ланцюги.</b>   |
| Тема 7 | <b>Чисті та змішані стани. Матриця густини. Надщільне кодування. Телепортація.</b>                      |

## 4. Навчальні матеріали та ресурси.

### Основна література

1. Підручник на GitHub:  
<https://github.com/Qiskit/textbook/tree/aebdd2bc86ddb7a79dd8441d52c839d312ffafbb/notebooks>
2. Основи квантових оптичних комп'ютерів [Електронний ресурс]: практикум: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра / за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спец. 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології) / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І. О. Васильковська, В. Г. Колобродов, М. С. Мамута,. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 57 с.  
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/e33b7317-c0a5-4644-88b7-9c7acd79c80a/content>

### Додаткова література

3. Mykhailova, Mariia. Quantum Programming in Depth: Solving Problems with Q# and Qiskit. Manning Publications, 2025. ISBN 978-1633436909.
4. Vos, Johan. Quantum Computing in Action. Manning Publications, 2022. ISBN 978-1617296321.
5. Hassi Norlén. Quantum Computing in Practice with Qiskit® and IBM Quantum Experience®: Practical recipes for quantum computer coding at the gate and algorithm level with Python. – Birmingham: Packt Publishing, 2020. – 354 с. – ISBN 978-1-83882-844-8.
6. Eleanor Rieffel and Wolfgang Polak “Quantum computing a gentle introduction”. Massachusetts Institute of Technology. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts; London, England. 2011. 373 page. ISBN 978-0-262-01506-6.
7. Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 676 p.
8. Bernhard Kris. Quantum Computing for Everyone. – Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press, 2019. – 240 p.
9. Sutor R. S. Dancing with Qubits: How Quantum Computing Works and How It Can Change the World. – Birmingham: Packt Publishing, 2019. – 516 p.
10. Silva, V. Practical Quantum Computing for Developers: Programming Quantum Rigs in the Cloud using Python, Quantum Assembly Language, and IBM QExperience. – Berkeley: Apress, 2018. – 346 с. – ISBN 978-1-4842-4217-9.
11. Abbas, Amira, et al. Learn Quantum Computation using Qiskit. IBM Research & Qiskit Community, 2021. 400 pages. ISBN 978-1-948284-00-0.
12. Kaiser, Sarah C., and Christopher Granade. Learn Quantum Computing with Python and Q#: A Hands-On Approach. Manning Publications, 2021. 384 pages. ISBN 978-1617296130.
13. Mermin, N. David. Quantum Computer Science: An Introduction. Cambridge University Press, 2007. 256 pages. ISBN 978-0521876582.
14. Lipton, Richard J., and Kenneth W. Regan. Quantum Algorithms via Linear Algebra: A Primer. The MIT Press, 2014. 206 pages. ISBN 978-0262028394.
15. Gilmore, Robert. Alice in Quantumland: An Allegory of Quantum Physics. Copernicus Books, 1995. 184 pages. ISBN 978-0387914954.

### Інформаційні посилання

16. Офіційний канал <https://www.youtube.com/@qiskit>

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни

#### 5.1. Структура навчальної дисципліни

| Найменування розділів і тем   | Розподіл по видах занять |        |      |     |
|---|--------------------------|--------|------|-----|
|   | Всього                   | Лекції | Лаб. | СРС |
| <b>Теорія квантової інформації та обчислень</b>   |                          |        |      |     |
| <b>Тема 1. Історія квантових обчислень та квантової інформації. Фундаментальні принципи квантової механіки.</b> | 19                       | 2      | 0    | 17  |
| <b>Тема 2. Постулати квантової механіки, які лежать в основі квантових обчислення.</b>                          | 20                       | 2      | 1    | 17  |
| <b>Тема 3. Проектування кубітів.</b>  | 19                       | 2      | 0    | 17  |
| <b>Тема 4. Вектори. Лінійна алгебра.</b>  | 21                       | 2      | 2    | 17  |
| <b>Тема 5. Представлення квантового стану кубіта.</b>   | 23                       | 2      | 4    | 17  |
| <b>Тема 6. Квантова логіка, гейти та ланцюги.</b>   | 25                       | 4      | 4    | 17  |

|  |     |    |    |     |
|--|-----|----|----|-----|
| Тема 7. Чисті та змішані стани. Матриця густини. Надщільне кодування. Телепортація. МКР. | 23  | 2  | 3  | 18  |
| Всього   | 150 | 16 | 14 | 120 |

## 5.2. Лекційні заняття

| №                     | Назва теми лекції та перелік основних питань   | Кількість аудиторних годин |
|-----------------------|--|----------------------------|
| Тема 1.<br>(Лекція 1) | <b>Історія квантових обчислень та квантової інформації. Фундаментальні принципи квантової механіки</b> , що лежать в основі сучасних методів квантових обчислень: «експеримент» з лягушкою, опит Юнга. Фотони та поляризація. Уявний експеримент з котом Шредингера. Багатосвітowa інтерпретація квантової механіки.   | 2                          |
| Тема 2.<br>(Лекція 2) | <b>Постулати квантової механіки, які лежать в основі квантових обчислення</b> . Постулат про гільбертів простір, принцип суперпозиції, постулат про нормування, постулат про виміри. Правило Макса Борна. Використання основних постулатів квантової механіки на практиці.   | 2                          |
| Тема 3.<br>(Лекція 3) | <b>Проектування кубітів</b> . Надпровідний контур, іонні пастки. Спінові кубіти (кремнієві квантові точки, NV-центри в алмазі). Ініціалізація кубіта.  | 2                          |
| Тема 4.<br>(Лекція 4) | <b>Вектори. Лінійна алгебра</b> . Довжина вектора. Скалярний добуток. Складання векторів. Ортогональні вектори. Множення бра на кет. Добуток бра-кет та довжина. Добуток бра-кет та ортогональність. Комплексні числа алгебраїчно.   | 2                          |
| Тема 5.<br>(Лекція 5) | <b>Представлення квантового стану кубіта. Сфера Блоха</b> . Полярні координати. Формула Ейлера. Три розмірності.   | 2                          |
| Тема 6.<br>(Лекція 6) | <b>Квантова логіка, гейти та ланцюги</b> . Операції на одному кубіті: квантовий гейт X, Y, Z. Гейт Адамара. Гейти поворота $R_x(\theta)$ , $R_y(\theta)$ , $R_z(\theta)$ . Квантові гейти S, $S^\dagger$ . Квантовий гейт T та $T^\dagger$ .   | 2                          |
| Тема 6.<br>(Лекція 7) | <b>Квантова логіка, гейти та ланцюги</b> . Багатокубітні гейти: квантовий гейт $H^{\otimes n}$ . Квантовий гейт SWAP. Квантовий гейт CNOT/CX. Створення Беллівських станів при допомозі CNOT. Квантові гейти CY, CZ. Квантові гейти $CR_x(\theta)$ , $CR_y(\theta)$ , $CR_z(\theta)$ . Квантовий гейт CCNOT Тофолі. Квантовий гейт CSWAP Фредкіна. Повний суматор. | 2                          |
| Тема 7.<br>(Лекція 8) | <b>Чисті та змішані стани. Матриця густини. Надщільне кодування. Телепортація. МКР</b> . Беллівські стани. Від двох до трьох кубітів: збільшення складності. Чистий стан та матриця густини. Змішаний стан та матриця густини. Частковий слід. Перехід синглетного стану у різні базиси та аналіз коефіцієнтів. Проведення Модульної контрольної роботи.           | 2                          |
| Разом годин:          |  | <b>16</b>                  |

## 5.3. Лабораторні роботи

| №         | Назва лабораторної роботи  | Кількість аудиторних годин |
|-----------|--|----------------------------|
| Тема 2,5. | <b>Комплексна математика та фізика одного кубіту. Сфера Блоха</b> . SDK Qiskit – відкрита бібліотека Python для квантових обчислень. | 3                          |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| (Лабораторне заняття 1)                  | Симуляція в Qiskit квантової схеми з різною кількістю вимірювань: 1, 2, 8, 32, 64, 128, 512, 1024, 8192.   |           |
| Тема 4, 5, 6.<br>(Лабораторне заняття 2) | <b>Однокубітні гейти.</b> Власні вектора та власні значення матриць однокубітних гейтів. Отримання компонентного вигляду векторів станів у Qiskit. Створення квантових схем для однокубітної системи.  | <b>3</b>  |
| Тема 6.<br>(Лабораторне заняття 3)       | <b>Багатокубітні гейти.</b> Створення багатокубітних квантових схем. Напівсуматор та суматор. Унітарна матриця схеми. Отримання кубіту в потрібному стані $ \psi\rangle$ з початкового $ 0\rangle$ .   | <b>3</b>  |
| Тема 5, 6.<br>(Лабораторне заняття 4)    | <b>Формування потрібних станів у кубіта. Вимірювання в різних базисах.</b> Переведення кубіту з довільного початкового заданого стану $ \psi\rangle$ в стан $ 0\rangle$ , та з довільного початкового заданого стану $ \psi\rangle$ в будь-який кінцевий стан $ \xi\rangle$ при допомозі гейтів повороту. Вимірювання в різних базисах.  | <b>2</b>  |
| Тема 7.<br>(Лабораторне заняття 5)       | <b>Чисті та змішані стани. Матриця густини. Телепортація. Декомпозиція багатокубітних систем.</b> Реалізація, як протоколу телепортації без вимірювання, так і стандартного квантового протоколу телепортації з вимірюванням та класичним каналом зв'язку. Також студенти мають навчитися будувати повну матрицю густини багатокубітної системи та застосовувати операцію часткового сліду. Перевірка стану $ \psi\rangle$ на сепарабельність. | <b>3</b>  |
| Разом годин:                             |  | <b>14</b> |

## 6. Самостійна робота студента

До самостійної роботи студента відноситься, в основному, виконання завдання лабораторних робіт, робота з документацією, а також опрацювання лекційного та додаткового теоретичного матеріалу за наданими лекціями, літературою і інформаційними матеріалами.

| №             | Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу   | Кількість аудиторних годин |
|---------------|--|----------------------------|
| Тема 1,2,4.   | Лінійна алгебра: комплексні та дійсні числа, вектори, діаграми векторів, довжина вектора. Скалярний добуток. Складання векторів, ортогональні вектори, множення бра на кет, добуток бра-кет та довжина, добуток бра-кет та ортогональність.[1,2,3] | <b>8</b>                   |
| Тема 1,2,4.   | Лінійна алгебра: ортонормований базис, вектори як лінійні комбінації базисних векторів, впорядковані базиси, довжина векторів. Матриці, обчислення з матрицями, ортогональні і унітарні матриці. [2,3,4]   | <b>8</b>                   |
| Тема 1,2,4.   | Лінійна алгебра: базиси та лінійна незалежність. Лінійні оператори та матриці. Матриці Паулі, власні вектори та власні значення. Спряжені та ермітові оператори, тензорний добуток, операторні функції. Комутатор та антикомутатор.[2,3,8]         | <b>8</b>                   |
| Тема 2,4,5,6. | Класична логіка, вентілі та ланцюги: булева алгебра, логічна еквівалентність, функціональна повнота. Вентілі: НІ, І, АБО, І-НІ. Ланцюги. Універсальний вентиль І-НІ. Вентілі та обчислення.[3,4,5,6,7,8]   | <b>8</b>                   |
| Тема 2,4,5,6. | Класична логіка, вентілі та ланцюги: зворотні обчислення. Кероване НІ. Гейт Тоффолі, гейт Фредкина. Більярдний комп'ютер. [6,7,8]  | <b>8</b>                   |
| Тема 3,5,6,7. | Розкладання Шмідта. Матриця густини. Редукована матриця. [7,8,9,10]  | <b>8</b>                   |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| Тема 6,7.    | Виправлення помилок при передачі кубіта: трьохкубітовий код, що виправляє класичні помилки та трьохкубітовий код, що виправляє фазові помилки. [7,8,9,10,11]  | 8   |
| Тема 6,7.    | 9-ти кубітний код Шора. Теорія виправлення квантових помилок. Дискретизація помилок. Моделі незалежних помилок. Вироджені коди. Квантова межа Хеммінга. [9,10,11]   | 8   |
| Тема 6,7.    | Виправлення квантових помилок: побудова квантових кодів. Класичні лінійні коди. Коди Кальдербанка-Шора-Стина. [11,12,13]  | 8   |
| Тема 6,7.    | Виправлення квантових помилок: симплектичні коди. Формалізм стабілізаторів. Унітарні оператори і формалізм стабілізаторів. Вимірювання в формалізмі стабілізаторів. [13,14,15]                                      | 8   |
| Тема 6,7.    | Симплектичні коди. Теорема Готтесмана-Нилла. Побудова симплектичних кодів. Стандартна форма симплектичного коду. Квантові схеми для кодування, декодування і виправлення помилок. [16]                              | 8   |
| Тема 6,7.    | Квантові обчислення, стійкі до помилок. Стійкість до помилок, загальна картина. Стійкі до помилок квантові логічні елементи. Стійке до помилок вимірювання. Елементи надійного квантового обчислення. [13,14,15,16] | 8   |
| Тема 6,7.    | Квантове перетворення Фур'є: визначення власного числа. Оцінка швидкості роботи і ймовірності помилки. [13,14,15,16]  | 8   |
| Тема 6,7.    | Квантове перетворення Фур'є: знаходження порядку та факторизація. [7,8,9,10,11]   | 8   |
| Тема 6,7.    | Квантове перетворення Фур'є. Знаходження періоду. Дискретний логарифм. Задача про приховану підгрупу. [7,8,10,11,12]  | 8   |
| Разом годин: |   | 120 |

## Політика та контроль

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

- **Форма організації освітнього процесу, види навчальних занять і оцінювання результатів навчання** регламентуються Положенням про організацію освітнього процесу в Національному технічному університеті України «Київському політехнічному інституті імені Ігоря Сікорського» <https://kpi.ua/regulations>.
- **Політика виставлення оцінок:** кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента. РСО дисципліни складається з двох складових стартової (S) і екзаменаційної (Exam), згідно [Положення про систему оцінювання результатів навчання](#) в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Стартова складова призначена для оцінювання заходів поточного контролю (4 лабораторні роботи + 1 контрольна робота). У випадку, якщо студент не набирає мінімальної кількості балів стартової складової S (30 балів), то до екзамену студент не допускається. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за екзамен, дорівнює 40 балів (екзаменаційна складова E).
- **Відвідування не є обов'язковим.** Якщо студент не може бути присутнім на заняттях, він все одно несе відповідальність за опрацювання теоретичного матеріалу та виконання лабораторних завдань згідно графіку. Всі матеріали доступні студентам в середовищі Moodle платформи дистанційного навчання «Сікорський. Відпрацювання пропущеного лабораторного заняття здійснюється шляхом самостійного виконання завдання і його захисту відповідно до розкладу або до графіку консультацій викладача.

- **Політика академічної поведінки та доброчесності:** конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Всі види завдань студент має виконувати самостійно із використанням рекомендованої літератури й отриманих знань та навичок. Цитування в письмових роботах допускається тільки із відповідним посиланням на авторський текст. Недопустимі підказки і списування у ході захисту лабораторних робіт, на контрольних роботах, на іспиті.
- **Норми академічної етики:** дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами. Повага один до одного дає можливість ефективніше досягати поставлених командних результатів. При виконанні лабораторних робіт студент може користуватися ноутбуками. Заборонено використовувати свій ноутбук чи телефон для аудіо- чи відеозапису без офіційного дозволу викладача.
- **Дотримання академічної доброчесності студентів й викладачів** регламентується кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського <https://kpi.ua/code>

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

**8.1. Рейтинг студента з освітнього компонента** розраховується зі 100 балів, з них 40 балів складає шкала  $L$  (лабораторні роботи), 10 балів шкала  $C$  (контрольна робота) та 50 балів шкала  $E$  (екзамен). Тоді маємо для стартової складової:  $S = \sum_{i=1}^5 L_i + C$ . Шкала  $L$  протягом семестру складається з балів, що студент отримує за виконання та захист 5-ти лабораторних робіт. Як оцінюється кожна лабораторна робота дивиться таблицю 1 (в кінці документа).

Шкала  $C$  складається з балів, які студент отримає за одну контрольну роботу, яка проводиться на останньому лекційному занятті та включає лекційний матеріал та матеріал з лабораторних робіт, що проводились протягом семестру. Завдання та запитання семестрової контрольної роботи – це тренування студента до запитань та завдань екзаменаційного білету. Дату та час проведення роботи оголошує лектор на початку семестру (останнє лекційне заняття), відмічає її у журналі та нагадує про проведення роботи на лекційних заняттях.

Контрольна робота проводиться в кінці семестру на останньому лекційному занятті (тест в системі Мудл). Якщо студент з якихось поважних причин не зміг бути присутнім на запланованій контрольній роботі, то викладач призначає ще один раз дату проведення контрольної роботи для тих, хто був відсутній. Якщо студент вдруге не зміг бути присутнім на контрольній роботі і отримати оцінку по ній, то він втрачає таку можливість.

## 8.2. Критерії нарахування балів $L$ (виконання та захист всіх п'яти лабораторних робіт).

8.2.1. Виконання та захист лабораторних робіт (максимальна кількість балів за одну роботу для  $L_{1-5}^{\max}=8$  максимальна кількість балів за всі п'ять лабораторних робіт =  $5 \cdot 8 = 40$ ).

1) представлення звіту та відповідних додатків, створених в Jupyter notebook. Звіт та додатки по кожній лабораторній роботі повинні бути завантажені у систему Мудл платформи «Сікорський» у відповідний розділ дисципліни.

2) захист роботи складається із захисту звіту по роботі та із захисту додатків:

а) при захисті звіту виставляються бали, згідно таблиці 1, де:

\* Повні відповіді на всі питання по звіту: не менше 90% потрібної інформації (повні, безпомилкові відповіді).

\*\* Часткові відповіді на питання по звіту: достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності.

\*\*\* Задовільні відповіді на питання по звіту: неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками).

\*\*\*\* Незадовільні відповіді на всі питання по звіту (або звіту, додатку, контрольної немає): відповідь не відповідає умовам до «задовільні відповіді».

б) при захисті додатків бали виставляються також, згідно таблиці 1, де:

\* Повні відповіді на всі питання по додатку: не менше 90% потрібної інформації (повні, безпомилкові відповіді).

\*\* Часткові відповіді на питання по додатку: достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності.

\*\*\* Задовільні відповіді на питання по додатку: неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками).

\*\*\*\* Незадовільні відповіді на всі питання по додатку (або звіту, додатку, контрольної немає): відповідь не відповідає умовам до «задовільні відповіді».

8.2.2. За участь у виконанні завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни: від 1 до 5 заохочуваних балів. Кількість заохочуваних балів не може перевищувати 4 (10% від шкали L).

**8.3. Умовою допуску до екзамену є набір не менше ніж 50% від максимально можливої кількості балів за усі заходи поточного контролю впродовж семестру (від стартової складової S), тобто 25 балів (із 50) по всім видам контролю ( $\sum_{i=1}^5 L_i + C \geq 25$ ). Таким чином, якщо впродовж семестру студент набирає більше 25 балів за всі види поточного контролю, то він допускається до екзамену.**

При цьому, бали по всім видам контролю отримувати не обов'язково. Для допуску до екзамену достатньо мати 25 балів.

Сума всіх балів  $S = \sum_{i=1}^4 L_i + C$  – це стартова складова PCO, яка дає змогу студенту бути допущеним до екзамену.

**8.4. Екзаменаційна оцінка складається з оцінки за відповіді на два теоретичних питання та одне практичне завдання за формулою:**

$$E = T1 + T2 + P,$$

де P – оцінка з виконання практичного завдання ( $P^{\max} = 18$ ), T1, T2 – оцінки відповідей на перше та друге теоретичні питання відповідно ( $T1^{\max} = T2^{\max} = 16$ ).

Максимальна оцінка за екзамен 50 балів.

Таблиця 3. Шкала оцінювання екзаменаційних завдань.

| Завдання екзаменаційного білету | Виконання екзаменаційного завдання, бали (Складова E) |   |   |  |
|---------------------------------|---|---|---|--|
|                                 | Завдання повністю виконано                            | Завдання частково виконано, всі відповіді правильні | Завдання частково виконано (більше 50%), частково відповіді правильні | Завдання виконано частково (менше 50%), частково відповіді правильні |
| T1                              | 16  | 13  | 10  | 6  |
| T2                              | 16  | 13  | 10  | 6  |
| P                               | 18  | 14  | 10  | 8  |
| Total:                          | 50  | 40  | 30  | 20   |

Підсумкова оцінка формується за результатами оцінювання знань та навичок студента в семестрі та на екзамені за формулою:

$$\text{Total} = S + E.$$

Підсумкова оцінка переводиться до ітогової оцінки за семестр згідно з таблицею 2:

Таблиця 2.

|           |        |
|-----------|--------|
| Total=S+E | Оцінка |
|-----------|--------|

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 95...100                     | Відмінно     |
| 85...94                      | Дуже добре   |
| 75...84                      | Добре        |
| 65...74                      | Задовільно   |
| 60...64                      | Достатньо    |
| Менше 60                     | Незадовільно |
| Стартова складова S<30 балів | Не допущено  |

### 8.5. Приблизний графік здачі лабораторних робіт (рис. 1):

#### Календар для 1 курсу магістратури на 2025/2026 навчальний рік



Рис. 1. Цифрами (1, 2, 3, 4, 5) позначені лабораторні роботи відповідно. На виконання та здачу кожної лабораторної роботи відводиться в середньому два тижні. Студенти виконують лабораторні роботи на лабораторному занятті і здають на наступному лабораторному занятті, згідно розкладу.

Для виконання лабораторних робіт треба використовувати відповідні методичні матеріали, які завантажені в систему МУДЛ.

Графік здачі лабораторних робіт може змінитися – залежить від розкладу на сторінці <https://schedule.kpi.ua>.

Таблиця 1. Розподіл рейтингових балів при умові вчасного виконання лабораторної роботи (складова S)

| №  | Вид контролю                     | Наявність звіту в системі Мудл R <sub>1</sub> | Наявність додатків в системі Мудл R <sub>2</sub>                              | Захист додатків (відповідь на питання), бали R <sub>3</sub> |                                    |                                       |   | Захист звіту (відповідь на питання) R <sub>4</sub> |     |     |      | Модульна контрольна робота                               | Мін. кількість балів для отримання заліку                                   | Макс. кількість балів             |
|----|----------------------------------|---|---|---|------------------------------------|---------------------------------------|---|--|-----|-----|------|--|---|-----------------------------------|
|    |                                  |   |   | Повні відповіді на всі питання (*)                          | Часткові відповіді на питання (**) | Задовільні відповіді на питання (***) | Незадовільні відповіді на всі питання (****) або додатків/додатку немає | *  | **  | *** | **** |  |   |                                   |
| 1  | Лаб. робота №1 (L <sub>1</sub> ) | 2   | Lab11<br>Lab13a<br>Lab13b<br>Lab13c<br>Lab13d<br><b>2 бали за всі додатки</b> | 2   | 1,5                                | 1                                     | 0   | 2  | 1,5 | 1   | 0    |  | L <sub>1</sub> <sup>min</sup> : 4<br>(тільки за наявність звіту і додатків) | L <sub>1</sub> <sup>max</sup> : 8 |
| 2  | Лаб. робота №2 (L <sub>2</sub> ) | 2   | Lab20<br>Lab21<br>Lab22<br>Lab23<br><b>2 бали за всі додатки</b>              | 2   | 1,5                                | 1                                     | 0   | 2  | 1,5 | 1   | 0    |  | L <sub>2</sub> <sup>min</sup> : 4   | L <sub>2</sub> <sup>max</sup> : 8 |
| 3  | Лаб. робота №3 (L <sub>3</sub> ) | 2   | Lab31<br>Lab32<br>Lab33<br><b>2 бали за всі додатки</b>                       | 2   | 1,5                                | 1                                     | 0   | 2  | 1,5 | 1   | 0    |  | L <sub>3</sub> <sup>min</sup> : 4   | L <sub>3</sub> <sup>max</sup> : 8 |
| 4  | Лаб. робота №4 (L <sub>4</sub> ) | 2   | Lab41<br>Lab42<br>Lab43a<br>Lab43b<br>Lab43c<br><b>2 бали за всі додатки</b>  | 2   | 1,5                                | 1                                     | 0   | 2  | 1,5 | 1   | 0    |  | L <sub>4</sub> <sup>min</sup> : 5   | L <sub>4</sub> <sup>max</sup> : 8 |
|    | Лаб. робота №5 (L <sub>5</sub> ) | 2   | Lab51a<br>Lab51b<br>Lab52<br>Lab53<br><b>2 бали за всі додатки</b>            | 2   | 1,5                                | 1                                     | 0   | 2  | 1,5 | 1   | 0    |  |   | L <sub>5</sub> <sup>max</sup> : 8 |
| 5. | Модульна контрольна робота       |   |   |   |                                    |                                       |   |  |     |     |      | (!) - 10 балів<br>(!!) – 8;<br>(!!!) – 5;<br>(!!!!) – 3; | C <sub>min</sub> = 8  | C <sub>max</sub> = 10             |
| 9. | Total (по стовбцях)              |   |   |   |                                    |                                       |   |  |     |     |      |  | 25  | 50                                |

|   |  |    |    |    |  |  |  |    |  |  |  |    |                       |    |
|---|--|----|----|----|--|--|--|----|--|--|--|----|-----------------------|----|
| 8 | Підсумок з<br>$S = \sum_{i=1}^5(L_i) + C$<br>(без захисту в зум) | 10 | 10 |    |  |  |  |    |  |  |  | 5  | 25 (допуск до іспиту) |    |
| 8 | Підсумок з<br>$S = \sum_{i=1}^5(L_i) + C$<br>(з захистом в зум)  | 10 | 10 | 10 |  |  |  | 10 |  |  |  | 10 |                       | 50 |

(!) – В контрольній роботі дано повні відповіді на всі питання.

(!!) - Часткові повністю правильні відповіді на питання.

(!!!) – Часткові (більше 50%) задовільні відповіді на питання.

(!!!!) - Часткові (менше 50%) задовільні відповіді на питання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. кафедри ІІІ, к.т.н., доц., Полупан Ю.В.

Ухвалено кафедрою ІІІ (протокол № 2/1 від 10.10.2025р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 3 від 17.10.2025р.)