



ПОТОКОВА ОБРОБКА ТА АНАЛІЗ ДАНИХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>121 Інженерія програмного забезпечення</i>
Освітня програма	<i>Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем в енергетиці</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2-й семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів / 150 год. (лекцій 36 год., лаб. 18 год., СРС 96 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д. е. н., професор Сігайов Андрій Олександрович Практичні / Семінарські: Лабораторні: Сігайов А. О.</i>
Розміщення курсу	<i>GitHub Classroom, eCampus</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Чому майбутньому фахівцю варто вчити саме цю дисципліну?

Потокова обробка та аналіз даних у поєднанні з квантовими комп'ютерами надають радикальний стрибок у швидкості та обчислювальній потужності. Вдосконалені імітаційні експерименти та нові обрії криптографії, що є неможливими для класичних комп'ютерів, можуть бути досягнені за допомогою квантових обчислень. Microsoft's Quantum Development Kit та мова програмування Q# надають можливість експериментувати з квантовими комп'ютерами без потреби у глибоких знаннях математики та теоретичної фізики.

Цей курс надає практичний вступ до потокової обробки та аналізу даних за допомогою квантових обчислень. За допомогою Python ми будемо власний квантовий симулятор та використовуємо переваги інструментів з відкритим кодом, які надає Microsoft, для тонкого налаштування квантових алгоритмів. Наш курс пояснює складну математичну теорію за допомогою історій, візуальних засобів та ігор. Студенти навчатимуться застосовувати квантові обчислення до реальних проблем на кшталт обміну таємними повідомленнями та розв'язання хімічних задач.

Мета дисципліни. Ознайомити студентів з потоковою обробкою та аналізом даних за допомогою квантових обчислень та їхніми застосунками.

Предмет дисципліни. Огляд потокової обробки та аналізу даних за допомогою квантових обчислень, включаючи:

- базові механізми квантових комп'ютерів;
- імітаційне моделювання кубітів засобами мови Python;
- знайомство з квантовими алгоритмами та мовою Q#;
- застосування квантових обчислень до задач хімії, арифметики та обробки даних.

Очікувані результати навчання.

Фахові компетентності.

ФК 11. Здатність проєктувати та розробляти програмні системи з використанням методів інтелектуального аналізу даних.

Програмні результати навчання.

ПРН 19. Вміти проєктувати та розробляти програмні системи з використанням методів інтелектуального аналізу даних.

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

Дисципліна вивчається у другому семестрі. Пререквізитом є знання Python. Постреквізитів у даного курсу на магістерському рівні немає.

3 Зміст навчальної дисципліни

1. Вступ до квантових обчислень.
2. Кубіти: будівельні блоки.
3. Обмін таємницями за допомогою квантового розподілу ключів.
4. Нелокальні ігри: робота з декількома кубітами.
5. Нелокальні ігри: імплементація мультикубітового симулятора.
6. Телепортація та заплутаність: пересування квантових даних з місця та місце.
7. Отримуємо перевагу: вступ до мови програмування Q#.
8. Що таке квантовий алгоритм.
9. Квантова телеметрія: це не просто фаза.
10. Розв'язання хімічних задач за допомогою квантових комп'ютерів.
11. Пошук за допомогою квантових комп'ютерів.
12. Арифметика за допомогою квантових комп'ютерів.

4 Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

Kaiser, S. C., Granade, C. *Learn Quantum Computing with Python and Q#: A hands-on approach*: Shelter Island, NY: Manning Publications, 2021. 384 с. URL: <http://libgen.rs/book/index.php?md5=8D1D2BB154F9C874ADCB158C2750415C>

Додаткова література:

1. Johnston, E. R., Harrigan, N., Gimeno-Segovia, M. *Programming Quantum Computers: Essential Algorithms and Code Samples*: Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2019. 336 с. URL: <http://libgen.rs/book/index.php?md5=3f13aaf4c8e1e5337ecbe8576e2354ae>

2. *Silva, V. Practical Quantum Computing for Developers: Programming Quantum Rigs in the Cloud using Python, Quantum Assembly Language and IBM Q Experience: New York, NY: Apress, 2019. 346 c. URL: <http://libgen.rs/book/index.php?md5=a355d6cd9a9f25710441508cc160fd04>*

Навчальний контент

5 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

1. *Вступ до квантових обчислень*
 - 1.1. *Чому квантові обчислення мають значення?*
 - 1.2. *Що таке квантовий комп'ютер?*
 - 1.3. *Як ми будемо використовувати квантові комп'ютери?*
 - 1.3.1. *Що квантові комп'ютерни можуть робити?*
 - 1.3.2. *Чого квантові комп'ютерни не можуть робити?*
 - 1.4. *Що таке квантова програма?*
2. *Кубіти: будівельні блоки*
 - 2.1. *Навіщо нам випадкові числа?*
 - 2.2. *Що таке класичні біти?*
 - 2.2.1. *Що можна робити з класичними бітами?*
 - 2.2.2. *Абстракції — наші друзі*
3. *Кубіти: стани та операції*
 - 3.1.1. *Стан кубітами*
 - 3.1.2. *Гра в операції*
 - 3.1.3. *Вимір кубітів*
 - 3.1.4. *Узагальнення виміру: незалежність від базису*
 - 3.1.5. *Стимулювання кубітів у початковому кодї*
 - 3.1.6. *Програмування робочого QRNG-генератора*
4. *Обмін таємницями за допомогою квантового розподїлу ключів*
 - 4.1. *У коханні та шифруванні все дозволено*
 - 4.1.1. *Квантові операції NOT*
 - 4.1.2. *Обмін класичних бітів з кубітами*
 - 4.2. *Казка про два базиси*
 - 4.3. *Квантовий розподїл ключів: BB84*
 - 4.4. *Використання таємного ключа для відправлення таємних повідомлень*
5. *Нелокальні ігри: робота з декількома кубітами*
 - 5.1. *Нелокальні ігри*
 - 5.1.1. *Що таке нелокальні ігри?*
 - 5.1.2. *Тестування квантової фізики: гра CHSH*

- 5.1.3. *Класична стратегія*
- 6. *Робота з багатокубітовими станами*
 - 6.1.1. *Реєстри*
 - 6.1.2. *Чому важко симулювати квантові комп'ютери*
 - 6.1.3. *Тензорні добутки для підготовки станів*
 - 6.1.4. *Тензорні добутки для кубітових операцій на реєстрах*
- 7. *Нелокальні ігри: імплементація багатокубітового симулятора*
 - 7.1. *Квантові об'єкти в Qutip*
 - 7.1.1. *Модернізація симулятора*
 - 7.1.2. *Вимір: як виміряти декілька кубітів*
 - 7.2. *Гра CHSH: квантова стратегія*
- 8. *Телепортація та заплутаність: пересування квантових даних з місця та місце*
 - 8.1. *Переміщення квантових даних*
 - 8.1.1. *Обмінні операції у симуляторі*
 - 8.1.2. *Які ще існують двокубітові вентиля?*
 - 8.2. *Всі однакові (однокубітові) повороти*
 - 8.2.1. *Прив'язка поворотів до координат: операції Паулі*
 - 8.3. *Телепортація*
- 9. *Отримуємо перевагу: вступ до мови програмування Q#*
 - 9.1. *Вступ до Microsoft's Quantum Development Kit*
 - 9.2. *Функції та операції у Q#*
 - 9.2.1. *Ігри з квантовими генераторами випадкових чисел на Q#*
 - 9.3. *Передача операцій як аргументів*
 - 9.4. *Гра Моргана мовою Q#*
- 10. *Що таке квантовий алгоритм*
 - 10.1. *Класичні та квантові алгоритми*
 - 10.2. *Алгоритм Дойча-Йожі: помірні покращення для проведення пошуку*
 - 10.2.1. *Чарівниця (квантового) озера*
- 11. *Оракули: представлення класичних функцій у квантових алгоритмах*
 - 11.1.1. *Перетворення Мерліна*
 - 11.1.2. *Узагальнення наших результатів*
 - 11.2. *Симуляція алгоритмів Дойча-Йожі мовою Q#*
- 12. *Міркування щодо квантово-алгоритмічних технік*
 - 12.1.1. *Черевики та шкарпетки: застосування та відкат квантових операцій*
 - 12.1.2. *Використання інструкцій Адамара для обернення управління та цілі*
 - 12.2. *Фазова віддача: ключ до нашого успіху*
- 13. *Квантова телеметрія: це не просто фаза*

- 13.1. Фазове оцінювання: використання корисних властивостей кубітів для вимірювання
 - 13.1.1. Частка та часткове застосування
- 14. Користувацькі типи
 - 14.1. Біжи, змійко, біжи: виконання коду Q# з Python
 - 14.2. Власні стани та локальні фази
 - 14.3. Контрольоване застосування: перетворення глобальних фаз у локальність
 - 14.3.1. Управління будь-якою операцією
 - 14.4. Реалізація найкращої стратегії Ланселота для гри з оцінюванням фази
- 15. Розв'язання хімічних задач за допомогою квантових комп'ютерів
 - 15.1. Реальні хімічні застосунки квантових обчислень
 - 15.2. Багато шляхів ведуть до квантової механіки
- 16. Використання гамільтоніанів для опису еволюції квантових систем у часі
 - 16.1. Обертання навколо довільних вісей за допомогою операцій Паулі
 - 16.2. Внесення змін, які ми хочемо бачити у системі
 - 16.3. Зазначаючи (дуже малих) змін
 - 16.4. Кінцеве збирання
- 17. Пошук за допомогою квантових комп'ютерів
 - 17.1. Пошук за неструктурованими даними
 - 17.2. Віддзеркалення навколо станів
 - 17.2.1. Віддзеркалення навколо стану "всі одиниці"
 - 17.2.2. Віддзеркалення навколо довільного стану
 - 17.3. Реалізація пошукового алгоритму Гровера
 - 17.4. Оцінювання ресурсів
- 18. Арифметика за допомогою квантових комп'ютерів
 - 18.1. Увімкнення квантових обчислень у забезпечення безпеки
 - 18.2. Підключення модульної математики до факторизації
 - 18.2.1. Приклад факторизації за допомогою алгоритму Шора
 - 18.3. Класична алгебра та факторизація
 - 18.4. Квантова арифметика
 - 18.4.1. Додавання за допомогою кубітів
 - 18.4.2. Добування з кубітами у суперпозиції
 - 18.4.3. Модульне добування в алгоритмі Шора
 - 18.5. Кінцеве збирання

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають у набутті студентами практичних навичок з використання спеціалізованого програмного забезпечення обробки потокових даних.

№ з/п	Назва теми заняття
1	Потокова обробка та аналіз даних за допомогою квантових обчислень
2	Узагальнення виміру: незалежність від базису
3	Нелокальні ігри
4	Прив'язка поворотів до координат: операції Паулі
5	Класичні та квантові алгоритми
6	Фазове оцінювання. Частка та часткове застосування
7	Використання гамільтоніанів для опису еволюції квантових систем у часі
8	Реалізація пошукового алгоритму Гровера
9	Модульне добування в алгоритмі Шора

6 Самостійна робота студента/аспіранта

Студент витратить 3-4 година на тиждень на самостійну роботу з матеріалом курсу.

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу
1	<p>1. Вступ до квантових обчислень</p> <p>1.1. Чому квантові обчислення мають значення?</p> <p>1.2. Що таке квантовий комп'ютер?</p> <p>1.3. Як ми будемо використовувати квантові комп'ютери?</p> <p>1.3.1. Що квантові комп'ютерни можуть робити?</p> <p>1.3.2. Чого квантові комп'ютерни не можуть робити?</p> <p>1.4. Що таке квантова програма?</p> <p>2. Кубіти: будівельні блоки</p> <p>2.1. Навіщо нам випадкові числа?</p> <p>2.2. Що таке класичні біти?</p> <p>2.2.1. Що можна робити з класичними бітами?</p> <p>2.2.2. Абстракції — наші друзі</p>
2	<p>3. Кубіти: стани та операції</p> <p>3.1.1. Стан кубітами</p> <p>3.1.2. Гра в операції</p> <p>3.1.3. Вимір кубітів</p> <p>3.1.4. Узагальнення виміру: незалежність від базису</p> <p>3.1.5. Стимулювання кубітів у початковому коді</p> <p>3.1.6. Програмування робочого QRNG-генератора</p> <p>4. Обмін таємницями за допомогою квантового розподілу ключів</p> <p>4.1. У коханні та шифруванні все дозволено</p> <p>4.1.1. Квантові операції NOT</p> <p>4.1.2. Обмін класичних бітів з кубітами</p> <p>4.2. Казка про два базиси</p> <p>4.3. Квантовий розподіл ключів: BB84</p> <p>4.4. Використання таємного ключа для відправлення таємних повідомлень</p>
3	<p>5. Нелокальні ігри: робота з декількома кубітами</p> <p>5.1. Нелокальні ігри</p> <p>5.1.1. Що таке нелокальні ігри?</p> <p>5.1.2. Тестування квантової фізики: гра CHSH</p> <p>5.1.3. Класична стратегія</p> <p>6. Робота з багатокубітовими станами</p> <p>6.1.1. Реєстри</p>

	<p>6.1.2. Чому важко симулювати квантові комп'ютери</p> <p>6.1.3. Тензорні добутки для підготовки станів</p> <p>6.1.4. Тензорні добутки для кубітових операцій на реєстрах</p>
4	<p>7.1. Квантові об'єкти в Q#</p> <p>7.1.1. Модернізація симулятора</p> <p>7.1.2. Вимір: як виміряти декілька кубітів</p> <p>7.2. Гра CHSH: квантова стратегія</p> <p>8. Телепортація та заплутаність: пересування квантових даних з місця та місце</p> <p>8.1. Переміщення квантових даних</p> <p>8.1.1. Обмінні операції у симуляторі</p> <p>8.1.2. Які ще існують двокубітові вентиля?</p> <p>8.2. Всі однакові (однокубітові) повороти</p> <p>8.2.1. Прив'язка поворотів до координат: операції Паулі</p> <p>8.3. Телепортація</p>
5	<p>9. Отримуємо перевагу: вступ до мови програмування Q#</p> <p>9.1. Вступ до Microsoft's Quantum Development Kit</p> <p>9.2. Функції та операції у Q#</p> <p>9.2.1. Ігри з квантовими генераторами випадкових чисел на Q#</p> <p>9.3. Передача операцій як аргументів</p> <p>9.4. Гра Моргана мовою Q#</p> <p>10. Що таке квантовий алгоритм</p> <p>10.1. Класичні та квантові алгоритми</p> <p>10.2. Алгоритм Дойча-Йожі: помірні покращення для проведення пошуку</p> <p>10.2.1. Чарівниця (квантового) озера</p>
6	<p>11. Оракули: представлення класичних функцій у квантових алгоритмах</p> <p>11.1.1. Перетворення Мерліна</p> <p>11.1.2. Узагальнення наших результатів</p> <p>11.2. Симуляція алгоритмів Дойча-Йожі мовою Q#</p> <p>12. Міркування щодо квантово-алгоритмічних технік</p> <p>12.1.1. Черевики та шкарпетки: застосування та відкат квантових операцій</p> <p>12.1.2. Використання інструкцій Адамара для обернення управління та цілі</p> <p>12.2. Фазова віддача: ключ до нашого успіху</p>
7	<p>13. Квантова телеметрія: це не просто фаза</p> <p>13.1. Фазове оцінювання: використання корисних властивостей кубітів для вимірювання</p> <p>13.1.1. Частка та часткове застосування</p> <p>14. Користувацькі типи</p> <p>14.1. Біжи, змійко, біжи: виконання коду Q# з Python</p> <p>14.2. Власні стани та локальні фази</p> <p>14.3. Контрольоване застосування: перетворення глобальних фаз у локальність</p> <p>14.3.1. Управління будь-якою операцією</p> <p>14.4. Реалізація найкращої стратегії Ланселота для гри з оцінюванням фази</p>
8	<p>15. Розв'язання хімічних задач за допомогою квантових комп'ютерів</p> <p>15.1. Реальні хімічні застосунки квантових обчислень</p> <p>15.2. Багато шляхів ведуть до квантової механіки</p> <p>16. Використання гамільтоніанів для опису еволюції квантових систем у часі</p> <p>16.1. Обертання навколо довільних вісей за допомогою операцій Паулі</p> <p>16.2. Внесення змін, які ми хочемо бачити у системі</p> <p>16.3. Зазначаючи (дуже малих) змін</p> <p>16.4. Кінцеве збирання</p>
9	<p>17. Пошук за допомогою квантових комп'ютерів</p> <p>17.1. Пошук за неструктурованими даними</p> <p>17.2. Віддзеркалення навколо станів</p> <p>17.2.1. Віддзеркалення навколо стану "всі одиниці"</p> <p>17.2.2. Віддзеркалення навколо довільного стану</p>

- 17.3. Реалізація пошукового алгоритму Гровера
- 17.4. Оцінювання ресурсів
- 18. Арифметика за допомогою квантових комп'ютерів
- 18.1. Увімкнення квантових обчислень у забезпечення безпеки
- 18.2. Підключення модульної математики до факторизації
- 18.2.1. Приклад факторизації за допомогою алгоритму Шора
- 18.3. Класична алгебра та факторизація
- 18.4. Квантова арифметика
- 18.4.1. Додавання за допомогою кубітів
- 18.4.2. Добування з кубітами у суперпозиції
- 18.4.3. Модульне добування в алгоритмі Шора
- 18.5. Кінцеве збирання

Політика та контроль

7 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Студенти отримують бали за правильне та вчасне виконання лабораторних робіт. Загальний рейтинг (кількість балів) складається з: 1) лабораторних робіт (у формі практичних завдань з програмування) 60%, 2) заліку 40%.

Наразі в курсі наявні три лабораторні роботи, кожне оцінюється до 20 балів. Студент повинен здати правильно виконану лабораторну роботу протягом двох тижнів з дня видачі завдання для отримання повної кількості балів, в іншому випадку застосовуються штрафні бали не більше 40% від загальної кількості за лабораторну роботу.

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

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», «аналіз ситуацій» дискусія, експрес-конференція);

3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять).

4) лекційні та лабораторні заняття відносяться до аудиторних занять. Відвідування аудиторних занять є обов'язковим;

9) правила поведінки на заняттях: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;

10) правила захисту лабораторних робіт. На лабораторних заняттях студенти під керівництвом викладача вивчають методику експериментальних досліджень. На кожній лабораторній роботі студенти оформляють звіт у письмовому вигляді. До звіту заноситься перебіг досліду, його результати і даються пояснення отриманих результатів з урахуванням похибок експерименту.

11) індивідуальні завдання з дисципліни (реферати, розрахункові, графічні тощо) видаються студентам в терміни, передбачені вищим навчальним закладом. Індивідуальні завдання виконуються студентом самостійно при консультуванні викладачем. Допускаються випадки виконання комплексної тематики кількома студентами.

12) правила призначення заохочувальних балів: своєчасне виконання та здача лабораторних, індивідуальних завдань, нестандартний підхід до вирішення певного завдання; правила призначення штрафних балів: несвоєчасне виконання лабораторних та

індивідуальних завдань, а також користування допоміжними засобами (наприклад, мобільний телефон, конспект лекцій) під час виконання контрольної роботи.

13 політика дедлайнів та перескладань: невчасно виконані та здані лабораторні роботи оцінюються нижчою оцінкою (-10-20% від загальної підсумкової оцінки).

14 політика щодо академічної доброчесності: письмові роботи можуть перевірятися на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 40%. Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені.

15 інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету:

13. політика щодо відвідування: відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об'єктивних причин (підтверджених документально) дозволяється перескладання пропущених тем курсу.

14. політика щодо виконання завдань: позитивно оцінюється відповідальність, старанність, креативність, фундаментальність.

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

1. Оцінка з дисципліни виставляється за багатобальною системою, з подальшим перерахуванням у 4-бальну.

2. Максимальна кількість балів з дисципліни дорівнює 100.

3. Нарахування балів по окремих видах робіт:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримав за:

- виконання лабораторних робіт;
- написання контрольної роботи (МКР).

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Виконання лабораторних робіт

Оцінюються 9 робіт, передбачених робочою програмою. Максимальний ваговий бал гЛР =63

Сума вагових балів лабораторних робіт:

№ п.р.	Назва лабораторної роботи	Максимальний ваговий бал
1	Потокова обробка та аналіз даних за допомогою квантових обчислень	7
2	Узагальнення виміру: незалежність від базису	7
3	Нелокальні ігри	7
4	Прив'язка поворотів до координат: операції Паулі	7
5	Класичні та квантові алгоритми	7
6	Фазове оцінювання. Частка та часткове застосування	7
7	Використання гамільтоніанів для опису еволюції квантових систем у часі	7
8	Реалізація пошукового алгоритму Гровера	7
9	Модульне добування в алгоритмі Шора	7
Разом		63

Оцінювання лабораторних робіт:

3. якщо робота виконана невчасно знімається 10-30% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від терміну запізнення);

4. якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;

5. якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

2. Модульний контроль

На одному з лекційних занять проводиться модульна контрольна робота: Максимальний ваговий бал гМКР = 10.

Оцінювання модульної контрольної роботи виконується наступним чином:

6. якщо на всі питання дані повні та чітко аргументовані відповіді, контрольна виконана охайно, з дотримання основних правил, то виставляється 9 - 10 балів;

7. якщо методика виконання запропонованого завдання розроблена вірно, але допущені непринципові помилки у теоретичному описі або розрахунках, то виставляється 6 - 8 балів;

8. від 3 до 5 балів нараховується, якщо методика виконання завдання розроблена в основному вірно, але допущені деякі з наступних помилок: помилки у представленні вихідних даних, не обгрунтовані теоретичні рішення, помилки у методиці розрахунків;

9. нижче 3 балів нараховується, якщо завдання не виконане або допущені грубі помилки.

3. Екзамен

Екзамен відбувається у письмовій формі. Максимальна оцінка за екзамен складає гЕК = 27 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання „зараховано” з першої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 12 балів (за умови, що за 8 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 24 бали).

Для отримання „зараховано” з другої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 40 балів (за умови, що за 14 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 76 балів).

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R=63 +10+27 = 100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає 100 балів.

Умови допуску до іспиту: зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг $g \geq 40$ балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно таблиці:

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

16 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

- *Вступ до квантових обчислень*
- *Чому квантові обчислення мають значення?*
- *Що таке квантовий комп'ютер?*

- *Як ми будемо використовувати квантові комп'ютери?*
- *Що квантові комп'ютери можуть робити?*
- *Чого квантові комп'ютери не можуть робити?*
- *Що таке квантова програма?*
- *Кубіти: будівельні блоки*
- *Що таке класичні біти?*
- *Що можна робити з класичними бітами?*
- *Кубіти: стани та операції*
- *Стан кубітами*
- *Гра в операції*
- *Вимір кубітів*
- *Узагальнення виміру: незалежність від базису*
- *Стимулювання кубітів у початковому коді*
- *Програмування робочого QRNG-генератора*
- *Обмін таємницями за допомогою квантового розподілу ключів*
- *У коханні та шифруванні все дозволено*
- *Квантові операції NOT*
- *Обмін класичних бітів з кубітами*
- *Казка про два базиси*
- *Квантовий розподіл ключів: BB84*
- *Використання таємного ключа для відправлення таємних повідомлень*
- *Нелокальні ігри: робота з декількома кубітами*
- *Нелокальні ігри*
- *Що таке нелокальні ігри?*
- *Тестування квантової фізики: гра CHSH*
- *Класична стратегія*
- *Робота з багатокубітовими станами*
- *Реєстри*
- *Чому важко симулювати квантові комп'ютери*
- *Тензорні добутки для підготовки станів*
- *Тензорні добутки для кубітових операцій на реєстрах*
- *Нелокальні ігри: імплементація багатокубітового симулятора*
- *Квантові об'єкти в Qutip*
- *Модернізація симулятора*
- *Вимір: як виміряти декілька кубітів*
- *Гра CHSH: квантова стратегія*

- *Телепортація та заплутаність: пересування квантових даних з місця та місце*
- *Переміщення квантових даних*
- *Обмінні операції у симуляторі*
- *Які ще існують двокубітові вентиля?*
- *Всі однакові (однокубітові) повороти*
- *Прив'язка поворотів до координат: операції Паулі*
- *Телепортація*
- *Функції та операції у Q#*
- *Ігри з квантовими генераторами випадкових чисел на Q#*
- *Передача операцій як аргументів*
- *Гра Моргана мовою Q#*
- *Що таке квантовий алгоритм*
- *Класичні та квантові алгоритми*
- *Алгоритм Дойча-Йожі: помірні покращення для проведення пошуку*
- *Оракули: представлення класичних функцій у квантових алгоритмах*
- *Симуляція алгоритмів Дойча-Йожі мовою Q#*
- *Квантово-алгоритмічні техніки*
- *Використання інструкцій Адамара для обернення управління та цілі*
- *Фазова віддача: ключ до нашого успіху*
- *Фазове оцінювання: використання корисних властивостей кубітів для вимірювання*
- *Частка та часткове застосування*
- *Користувацькі типи*
- *Власні стани та локальні фази*
- *Контрольоване застосування: перетворення глобальних фаз у локальність*
- *Розв'язання хімічних задач за допомогою квантових комп'ютерів*
- *Використання гамільтоніанів для опису еволюції квантових систем у часі*
- *Обертання навколо довільних вісей за допомогою операцій Паулі*
- *Пошук за неструктурованими даними*
- *Віддзеркалення навколо станів*
- *Реалізація пошукового алгоритму Гровера*
- *Арифметика за допомогою квантових комп'ютерів*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Професор кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці, д.е.н., професор А. О. Сігайов

Ухвалено кафедрою інженерії програмного забезпечення в енергетиці (протокол № 28 від 15 травня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового інституту атомної і теплової енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 26 травня 2023 р.)