

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Квантові технології в комп'ютерній техніці
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій. Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки
Розробник(и)	Кулик Ігор Анатолійович
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти, НРК – 6 рівень, QF-LLL – 6 рівень, FQ-EHEA – перший цикл
Тривалість вивчення навчальної дисципліни	один семестр
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг становить 5 кред. ЄКТС, 150 год. Для денної форми навчання 48 год. становить контактна робота з викладачем (16 год. лекцій, 32 год. практичних занять), 102 год. становить самостійна робота.
Мова викладання	Українська

2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

Статус дисципліни	Вибіркова навчальна дисципліна для всіх освітніх програм спеціальності 171 "Електроніка"
Передумови для вивчення дисципліни	Необхідні базові знання інформатики, математики та елементів квантової фізики
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Метою освоєння дисципліни є розвиток фундаментального розуміння квантових обчислень та квантової інформації. Студенти знайомляться із архітектурою і роботою квантових комп'ютерів.

4. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Вступ і загальний огляд. Історія квантових обчислень і квантової інформації. Квантові біти. Квантові обчислення. Квантові алгоритми. Квантова інформація.

<p>Тема 2 Вступ в квантову механіку. Лінійна алгебра. Постулати квантової механіки. Надщільне кодування. Оператори щільності. Парадокс Ейнштейна – Подільського – Розена.</p>
<p>Тема 3 Вступ в квантову інформатику. Обчислювані моделі. Машини Тюрінга. Обчислювані схеми. Аналіз обчислюваних задач. Перспективи квантової інформатики.</p>
<p>Тема 4 Квантові обчислення. Квантові схеми. Квантові алгоритми. Операції на одному кубіті. Умовні операції. Універсальні квантові елементи. Модель квантових схем обчислень. Моделювання квантових систем.</p>
<p>Тема 5 Квантові комп'ютери. Фізична реалізація. Основні принципи. Умови для квантового обчислення. Представлення квантової інформації. Приготування початкового стану. Вимірювання кінцевого результату. Іони в пастках. Ядерний магнітний резонанс. Інші варіанти реалізації.</p>
<p>Тема 6 Квантова теорія інформації. Кодування квантового каналу без шуму. Передача класичної інформації по квантовим каналах з шумом. Квантова криптографія. Квантова телепортація.</p>
<p>Тема 7 Квантові системи. Квантовий об'єкт і квантові системи. Квантова перевага. Принцип роботи квантового комп'ютера.</p>
<p>Тема 8 Квантові комп'ютери. Проблеми квантових комп'ютерів. Порівняння квантового і звичайного комп'ютерів. Архітектура процесора. Комп'ютери D-Wave.</p>

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

PH1	Знати основні принципи квантових обчислень.
PH2	Знати основні принципи будови квантових комп'ютерів.
PH3	Вміти засвоювати нові знання та прогресивні технології отримання та передачі квантової інформації.
PH4	Вміти застосовувати базові квантові алгоритми.

7. Роль освітнього компонента у формуванні соціальних навичок

Компетентності та соціальні навички, формування яких забезпечує навчальна дисципліна:

CH1	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
CH2	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

8. Види навчальних занять

Тема 1. Вступ і загальний огляд.
Лк1 "Вступ і загальний огляд." (денна) Історія квантових обчислень і квантової інформації. Квантові біти. Квантові обчислення. Квантові алгоритми. Квантова інформація.
Пр1 "Вступ і загальний огляд." (денна) Класична інформація в квантових каналах. Квантова інформація в квантових каналах.
Пр2 "Вступ і загальний огляд." (денна) Квантове розрізнення. Створення і перетворення запутаності.
Тема 2. Вступ в квантову механіку.
Лк2 "Вступ в квантову механіку." (денна) Лінійна алгебра. Постулати квантової механіки. Надщільне кодування. Оператори щільності. Парадокс Ейнштейна-Подільського-Розена.
Пр3 "Вступ в квантову механіку." (денна) Задачі з квантової механіки: частина 1.
Пр4 "Вступ в квантову механіку." (денна) Задачі з квантової механіки: частина 2.
Тема 3. Вступ в квантову інформатику.
Лк3 "Вступ в квантову інформатику." (денна) Обчислювані моделі. Машини Тюрінга. Обчислювані схеми. Аналіз обчислюваних задач. Перспективи інформатики.
Пр5 "Вступ в квантову інформатику." (денна) Задачі з інформатики: частина 1.
Пр6 "Вступ в квантову інформатику." (денна) Задачі з інформатики: частина 2.
Тема 4. Квантові обчислення. Квантові схеми.
Лк4 "Квантові обчислення. Квантові схеми." (денна) Квантові алгоритми. Операції на одному кубіті. Умовні операції. Універсальні квантові елементи. Модель квантових схем обчислень. Моделювання квантових систем.
Пр7 "Квантові обчислення. Квантові схеми." (денна) Задачі з квантових обчислень: частина 1.

<p>Пр8 "Квантові обчислення. Квантові схеми." (денна) Задачі з квантових обчислень: частина 2.</p>
<p>Тема 5. Квантові комп'ютери. Фізична реалізація.</p>
<p>Лк5 "Квантові комп'ютери. Фізична реалізація." (денна) Основні принципи. Умови для квантового обчислення. Представлення квантової інформації. Приготування початкового стану. Вимірювання кінцевого результату. Іони в пастках. Ядерний магнітний резонанс. Інші варіанти реалізації.</p>
<p>Пр9 "Квантові комп'ютери. Фізична реалізація." (денна) Задачі з представлення квантової інформації, приготування початкового стану: частина 1.</p>
<p>Пр10 "Квантові комп'ютери. Фізична реалізація." (денна) Задачі з представлення квантової інформації, приготування початкового стану: частина 2.</p>
<p>Тема 6. Квантова теорія інформації.</p>
<p>Лк6 "Квантова теорія інформації." (денна) Кодування квантового каналу без шуму. Передача класичної інформації по квантовим каналах з шумом. Квантова криптографія. Квантова телепортація.</p>
<p>Пр11 "Квантова теорія інформації." (денна) Задачі з квантової передачі інформації.</p>
<p>Пр12 "Квантова теорія інформації." (денна) Задачі з квантової криптографії.</p>
<p>Тема 7. Квантові системи.</p>
<p>Лк7 "Квантові системи." (денна) Квантовий об'єкт і квантові системи. Квантова перевага. Принцип роботи квантового комп'ютера.</p>
<p>Пр13 "Квантові системи." (денна) Обговорення варіантів сучасної реалізації квантових систем різного призначення.</p>
<p>Пр14 "Квантові системи." (денна) Аналіз та обговорення принципів роботи квантового комп'ютера.</p>
<p>Тема 8. Квантові комп'ютери.</p>
<p>Лк8 "Квантові комп'ютери." (денна) Проблеми квантових комп'ютерів. Порівняння квантового і звичайного комп'ютерів. Архітектура процесора. Комп'ютери D-Wave.</p>

Пр15 "Квантові комп'ютери." (денна) Порівняльний аналіз будови і принципів функціонування квантового і звичайного комп'ютерів.
Пр16 "Квантові комп'ютери." (денна) Обговорення різних варіантів сучасної реалізації квантових комп'ютерів.

9. Стратегія викладання та навчання

9.1 Методи викладання та навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Інтерактивні лекції.
МН2	Практико-орієнтоване навчання.
МН3	Самостійне навчання

Лекції надають студентам знання з способів передачі даних, важливих складових опису поширених стандартних інтерфейсів комп'ютерних систем (РН1). Лекції доповнюються пошуковими практичними заняттями, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах по організації обміну даними в комп'ютерних системах, між комп'ютерними засобами та цифровими пристроями (РН2, РН3), побудові пристроїв спряження на базі стандартних інтерфейсів (РН4).

Самостійному навчанню, формуванню навичок самоорганізації та раціонального використання навчального часу сприятиме підготовка до лекцій та практичних занять, а також підготовча робота до виконання розрахунково-графічної роботи по створенню складових апаратного та програмного забезпечення пристроїв спряження комп'ютерних систем та цифрових пристроїв. Під час розв'язування ситуаційних задач та виконання розрахунково-графічної роботи студенти розвиватимуть навички нестандартного мислення, аргументування своєї позиції та аналітичного підходу до отриманих результатів.

9.2 Види навчальної діяльності

НД1	Конспектування.
НД2	Виконання практичних завдань.
НД3	Виконання розрахунково-графічної роботи (теми 2-7).

10. Методи та критерії оцінювання

10.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$

Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальним критеріям	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$21 \leq RD < 59$
Можливе одноразове повторне складання	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 20$

10.2 Методи поточного формативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МФО1 Опитування та усні коментарі викладача за його результатами.	Поточне оцінювання рівня засвоєння теоретичного матеріалу щодо змісту та властивостей квантових технологій в комп'ютерній техніці	Згідно розкладу	Google Meet
МФО2 Настанови викладача в процесі виконання практичних завдань.	Поточне оцінювання рівня засвоєння практичного матеріалу щодо змісту та властивостей квантових технологій в комп'ютерній техніці	Згідно розкладу	Google Meet
МФО3 Виконання розрахунково-графічної роботи у визначений термін і якість презентації результатів виконання завдання.	Поточне оцінювання рівня засвоєння теоретичного та практичного матеріалу щодо змісту та властивостей квантових технологій в комп'ютерній техніці	Згідно графіку	Google Meet

10.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МСО1 Звіт за результатами виконання практичних робіт.	Сумативне оцінювання рівня засвоєння практичного матеріалу щодо змісту та властивостей квантових технологій в комп'ютерній техніці	Згідно графіку	Google Meet
МСО2 Виконання та захист розрахунково-графічної роботи.	Сумативне оцінювання рівня засвоєння теоретичного матеріалу та рівня формування практичних навичок проведення розрахунків основних характеристик квантових систем	Згідно графіку	Google Meet
МСО3 Складання комплексного письмового модульного контролю.	Сумативне оцінювання рівня засвоєння теоретичного матеріалу щодо змісту та властивостей квантових технологій в комп'ютерній техніці	Згідно розкладу	Google Meet

Контрольні заходи:

		Максимальна кількість балів	Можливість перескладання з метою підвищення оцінки
Семестр викладання		100 балів	
МСО1. Звіт за результатами виконання практичних робіт.		30	
		30	Ні
МСО2. Виконання та захист розрахунково-графічної роботи.		30	
		30	Ні
МСО3. Складання комплексного письмового модульного контролю.		40	
		40	Ні

Критерії оцінювання звітів з практичних занять: обґрунтування зв'язку практичних результатів з теоретичними положеннями, правильність проведення розрахунків, дотримання строків виконання, глибина висновків. Критерії оцінювання розрахунково-графічних робіт: обґрунтування зв'язку практичних результатів з теоретичними положеннями, правильність проведених розрахунків, вірність використання методів аналізу, синтезу та оцінки характеристик квантових систем, дотримання строків виконання, глибина висновків.

11. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

11.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедіа, відео- і звуковідтворювальна, проєкційна апаратура (відеокамери, проєктори, екрани, смартдошки тощо).
ЗН2	Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережи.

11.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	Bernhardt Chris (2019), Quantum Computing for Everyone, MIT Press, 216 pp.
Допоміжна література	
1	Крохмальський Т.Є. Вступ до квантових обчислень : Навчальний посібник. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2018. – 204 с.
2	Квантові інформаційні системи. Навчальний посібник для спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали» / Карлаш Г.Ю. – Київ: факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2018. – 77 с.
Інформаційні ресурси в Інтернеті	

1	Quantum Engineering of Superconducting Qubits (William Oliver, MIT) - Lecture at the Google LA Quantum AI Lab on August 13, 2015 https://www.youtube.com/watch?v=Jgc20Xc8IpA
2	Quantum Transport (Sergey Frolov, University of Pittsburgh) - 20 lectures https://youtu.be/ATpC2Plbi8g?si=oLLZZ6SVGUgg9XfS

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Програма навчальної дисципліни	Усього годин	Навчальна робота, аудиторних годин				Самостійна робота здобувача вищої освіти за видами, годин					
			Усього, ауд. год.	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Усього, год.	Самостійне опрацювання матеріалу	Підготовка до практичних занять	Підготовка до лабораторних робіт	Підготовка до контрольних заходів	Виконання самостійних позааудиторних завдань
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
денна форма навчання												
1	Вступ і загальний огляд.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
2	Вступ в квантову механіку.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
3	Вступ в квантову інформатику.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
4	Квантові обчислення. Квантові схеми.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
5	Квантові комп'ютери. Фізична реалізація.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
6	Квантова теорія інформації.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
7	Квантові системи.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
8	Квантові комп'ютери.	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
Контрольні заходи												
1	диференційний залік	6	0	0	0	0	6	0	0	0	6	0
Індивідуальні завдання												
1	інші індивідуальні завдання	84	0	0	0	0	84	0	0	0	0	84
<i>Всього з навчальної дисципліни (денна форма навчання)</i>		<i>150</i>	<i>48</i>	<i>16</i>	<i>32</i>	<i>0</i>	<i>102</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>84</i>