

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра штучного інтелекту та програмного забезпечення



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантові комп'ютери

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський) рівень
галузь знань	0501 Інформатика та обчислювальна техніка
напрямок	6.050101 комп'ютерні науки
освітня програма	
спеціалізація	
вид дисципліни	за вибором
факультет	комп'ютерних наук

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук
«29» серпня 2018 року, протокол № 9

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

доктор фізико-математичних наук, професор кафедри штучного інтелекту та програмного
забезпечення **Яновський Володимир Володимирович**

Програму схвалено на засіданні кафедри штучного інтелекту та програмного забезпечення
Протокол від «26» червня 2018 року № 11

Завідувач кафедри штучного інтелекту та програмного забезпечення


_____ (Куклін В.М.)

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук
Протокол від «27» червня 2018 року № 7

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук


_____ (Васильєва Л.В.)



ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Квантові комп'ютери» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти напряму 6.050101 «Комп'ютерні науки».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою вивчення курсу «Квантові комп'ютери» є підготовка кваліфікованих фахівців у галузі інформаційних технологій та виховання у студентів комп'ютерної освіченості з найсучасніших досягнень у сфері квантових обчислень

Для досягнення мети виконуються завдання з теоретичних і практичних питань, під час лекцій викладаються теоретичні основи дисципліни: основні поняття та визначення, теореми та алгоритми обчислювальних методів, а також наводяться приклади їх застосування для розв'язання певних класів задач.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- ознайомлення з різноманітними напрямками та методологією дослідження обчислень як класичних так і квантових;
- навчання майбутніх фахівців теорії та практиці застосування математичних методів для створення квантових алгоритмів.

1.3. Кількість кредитів – 5.

1.4. Загальна кількість годин - 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
24 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
24 год.	год.
Самостійна робота	
102 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	год.

1.6. Заплановані результати навчання

знати:

- теоретичні основи квантової механіки;
- основні методи, що застосовуються при створенні квантових алгоритмів;
- області та особливості застосування квантових обчислень.

вміти:

- будувати математичні моделі квантових схем;
- проводити дослідження квантових алгоритмів;
- застосовувати методи квантових обчислень;
- аналізувати сучасні досягнення у цій галузі.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Елементи квантової фізики

Тема 1. Головні принципи класичної фізики.

Тема 2. Елементи квантової механіки

Викладаються головні принципи квантовою механіки у об'ємі необхідному до переходу і розумінню теорії квантових обчислень .

Тема 3. Квант інформації q -біт.

Поняття класичного біта або «атому» інформації повинно істотно модифікуватися у квантовому випадку. Варто обговорити розходження між класичним бітом і квантовим q -бітом. Головна відмінність полягає в тім, що класичний біт має тільки два стани, у той час як стани q -біта заповнюють гільбертово простір.

Тема 4. Елементарні квантові операції.

Перейдемо тепер до обговорення елементарних операцій, за допомогою яких виконуються квантові обчислення. Далі побачимо, що як і в класичному випадку, ці операції повинні застосовуватися до невеликої кількості q -бітів. Почнемо з операцій, застосовуваних до одному q -біту. Інакше кажучи, побудуємо квантовий гейт на одному q -біті.

Тема 5. Універсальні квантові схеми.

Нагадаємо, що повний базис для класичних обчислень був кінцевим й складався, наприклад, з гейтів NOT, AND, OR. Як виглядає справа у квантових схемах? Ясно, що якщо навіть одне q -бітних гейтов нескінченна кількість, то не доводиться сподіватись на кінцеву кількість повного базису квантових гейтов.

Тема 6. Паралельність квантових обчислень.

На лекції обговоримо, що за один прогін квантової схеми отримані всі значення функції. Це і є природна властивість паралельності квантових обчислень. Крім цього, можна помітити, що стан на виході схеми є переплутаний стан вхідних і вихідних станів q -бітів.

Розділ 2. Основа квантових обчислень, їх головні властивості і переваги над класичними обчисленнями

Тема 7. Неможливість клонування квантового стану.

У класичних обчисленнях операція копіювання або класичний ксерокс звичайна операція. Зовсім інакше виглядає її квантовий варіант. Виявляється що невідомий квантовий стан неможливий скопіювати або клонувати. Виражаючись образно,

неможливо клонувати незнайомої людини. У цьому, зокрема, проявляється одне з важливих розходжень класичних і квантових обчислень. Доведемо теорему про неможливість клонування.

Тема 8. Щільне кодування.

Припустимо, що ми хочемо передати з пункту А у пункт В двох бітне повідомлення. Це означає, що потрібно передати одне із чотирьох повідомлень 00, 01, 10 або 11. Зрозуміло, поміщаючи таке повідомлення в 2 q -бітний безпосередньо передаючи їх з пункту А у пункт В, це бажання легко здійснити. У класичному випадку ніякої іншої можливості й немає. Зовсім інакше справа у випадку квантової інформації. Тут можна спробувати використовувати сховані ресурси белловських станів.

Тема 9. Квантовий алгоритм пошуку.

Чи існує алгоритм пошуку, що дозволяє знайти потрібний елемент за менше кількість спроб чим класичний алгоритм? Виявилось, що такий алгоритм існує. Саме такий, але вже квантовий алгоритм пошуку був запропонований Гровером. Важливість існування такого алгоритму в тім, що він демонструє переваги квантових обчислень над класичними.

Тема 10. Квантовий алгоритм Шора.

Цей квантовий алгоритм факторизації числа значно перевершує всі відомі класичні алгоритми. Цей алгоритм веде до експоненційної економії ресурсів обчислення.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Елементи квантової фізики						
Тема 1. Головні принципи класичної фізики.	8	2		2		4
Тема 2. Елементи квантової механіки	12	2		2		8
Тема 3. Квант інформації q -біт.	14	2		2		10
Тема 4. Елементарні квантові операції.	16	2		2		12
Тема 5. Універсальні квантові схеми.	16	2		2		12
Тема 6. Паралельність квантових обчислень.	12	2		2		8
Разом за розділом 1	78	12		12		54
Розділ 2. Основа квантових обчислень, їх головні властивості і переваги над класичними обчисленнями						
Тема 7. Неможливість планування квантового стану.	18	2		4		12
Тема 8. Щільне кодування.	16	2		2		12
Тема 9. Квантовий алгоритм пошуку.	18	4		2		12
Тема 10. Квантовий алгоритм Шора.	20	4		4		12
Разом за розділом 2	72	12		12		48
Усього годин	150	24		24		102

4. Теми практичних (лабораторних) занять

з/п	Назва теми	Кількість годин
Розділ 1. Елементи квантової фізики		
1	Уявні експерименти Галілея	2
2	Квантова будова атома водороду	2
3	Ефект Комптона	4
4	Однокубітні квантові гейти	4
Розділ 2. Основа квантових обчислень, їх головні властивості і переваги над класичними обчисленнями		
5	Побудова прикладів квантових схем	6
6	Математичні основи алгоритму факторізації числа.	2
7	Квантова телепортація інформації	4
8	Разом	24

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
Розділ 1. Елементи квантової фізики		
1	Принцип невизначеності Гейзенберга, встановити які наслідки його використання до природних явищ.	4
2	Переплутані стани квантових систем, запропонувати приклад таких станів.	20
3	Головні уявлення про спин квантових частинок і пояснити відсутність класичних аналогів.	10
4	Квантова теорія вимірювань, пояснити її принципові відмінності від класичних вимірювань	10
5	Нерівність Белла та парадокс ЕПР, значення для квантової теорії.	10
Розділ 2. Основа квантових обчислень, їх головні властивості і переваги над класичними обчисленнями		
6	Квантова однокубітна телепортація, чому це можливо?	6
7	Квантова телепортація переплутаності, пояснити можливість такого явища.	6
8	Квантова криптографія, які переваги та недоліки.	16
9	Квантові ключі та їх передача	10
10	Квантові коди що виправляють помилки	10
	Разом	102

6. Індивідуальні завдання

(немає)

7. Методи контролю

На протязі усього терміну викладання означеної дисципліни проводиться поточний контроль засвоєння лекційного матеріалу (контроль знань) та контроль здобуття практичних навиків (контроль вмінь). Підсумковий семестровий контроль також дозволяє контролювати як одержані знання так і набуті вміння:

- після закінчення викладання кожного розділу курсу контроль знань проводиться у вигляді тестування по матеріалам розділа.

- контролюється виконання самостійних лабораторних робіт у відведений термін виконання кожної роботи.

8. Схема нарахування балів

Розподіл балів для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										Залікова робота	Сума
Розділ 1				Розділ 2				Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання		
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4				
5	5	5	5	5	5	5	5	20	60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

Критерії оцінювання

Оцінка «**зараховано**» (50-100 балів) ставиться студентові, який виявив знання основного навчального матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання і майбутньої роботи за фахом, здатний виконувати завдання, передбаченні програмою, ознайомлений з основною рекомендованою літературою; при виконанні завдань припускається помилок, але демонструє спроможність їх усувати.

Оцінка «**незараховано**» (1-49 балів) ставиться студентові, який допускає принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може продовжити навчання чи розпочати професійну діяльність без додаткових занять з відповідної дисципліни.

9. Рекомендована література

Основна література

1. В.В.Яновский, Квантовая механика алгоритмов, Харьков, Институт монокристаллов, 2009, 269с.
2. Дж.Макки, Лекции по математическим основам квантовой механики, М.,Мир, 1965,222с.
3. П.А.М.Дирак, К основанию квантовой теории поля, М., Наука, 1990, 368с.
4. Д.Бауместер, А.Зкерт, А.Цайлингер, Физика квантовой информации, М., Постмаркет, 2002, 376с.
5. С.Я.Килин, Квантовая информация, УФН, т.169, 5, с.507-527, 1999.
6. К.А.Валиев, А.А.Кокин, Квантовые компьютеры: Надежды и реальность, Ижевск, РХД, 2001, 352с.
7. Китаев, А. Шень, М. Вялый. КЛАССИЧЕСКИЕ И КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ, М., МЦНМО, 1999, 192с.

Допоміжна література

1. Г.Паун, Г.Розенберг, А.Саломеа, ДНК-компьютер. Новая парадигма вычислений, М., Мир, 2003, 528с..
2. Н.К.Верещагин, А.Шень, Лекции по математической логике й теории алгоритмов. Вычислимые функции, М., МЦНМО, 1999, 176с.
3. А.С.Холево, Введение в квантовую теорию информации, М., МЦНМО, 2008, 128с.