

## МЕТОДОЛОГІЯ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «КВАНТОВЕ ПРОГРАМУВАННЯ» У СУЧАСНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

С.О. КІОСОВА, А.В. СИРОТЕНКО

**Актуальність.** Надпотужні квантові комп'ютери обробляють великі обсяги інформації ефективніше й швидше, застосовуються в різних сферах науки. Актуальність теми зумовлена потребою якісного надання освіти з цієї дисципліни в університетах.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз та визначення результативних підходів і методів викладання дисципліни для успішного засвоєння.

**Сутність дослідження.** Квантове програмування застосовує нові обчислювальні парадигми, засновані на ідеях квантової механіки: квантовій заплутаності, інтерференції, суперпозиції; математиці, зокрема на лінійній і векторній алгебрі, теорії ймовірностей, тензорному численні; інформатиці [1].

Ефективною стратегією є паралельне комбінування практичних завдань, самостійного опрацювання матеріалу та інтерактивного навчання. На всіх етапах ознайомлення з концепцією квантового програмування залучаються різні види пам'яті, асоціативне мислення та візуалізація, шляхом дослідження квантових процесів на прикладних задачах. Для закріплення пройденого матеріалу, надається завдання для домашнього самоопрацювання [3].

Під час практичних та лекційних занять відбувається поглиблення знань з фундаментальних понять квантової механіки, що виступає основою процесів у квантових комп'ютерах. Пропонується ознайомлення з поняттям кубіта [1].

Важливим розділом є історія розвитку квантових обчислювальних систем. Предмет надає краще розуміння історичної основи формування галузі, основних напрямків та задач які потребують вирішення.

Концепції матриць та векторів з лінійної алгебри дозволяють представити стан кубітів у вигляді векторів, описати лінійну суперпозицію через базисні вектори, дають розуміння того, як працюють квантові вентиля, такі як однокубітні, двокубітні вентиля CNOT, Адамара, Тоффолі та інші. Це, надалі, стане основою для розуміння тензорного добутку [1, 2].

Відбувається ознайомлення зі спеціальними квантовими алгоритмами, які не є притаманними для класичних комп'ютерів, такими як алгоритми Шора та Гровера [2].

Під час навчання закладається база понять з класичного програмування, зокрема: булева логіка, архітектура комп'ютера, основи двійкових чисел. Завдяки цьому здобуті знання класичного програмування полегшують розуміння квантового, оскільки нова інформація подається у знайомому середовищі [1].

Здобуття практичних навичок у квантових мовах програмування та бібліотеках frameworks може розпочатися з таких платформ: Microsoft Quantum Development Kit; PennyLane для гібридного програмування, що поєднує машинне навчання з квантовим програмуванням; Qiskit на IBM Quantum Platform. Перевага полягає в можливості реалізувати квантові коди через програми на Python, а також у безкоштовному доступі. Надалі студенти працюють практично з цією програмою, досліджуючи стандартні квантові структурні схеми та вентиля. Студенти ознайомлюються з Open Quantum Assembly Language (openQASM), а також з компіляцією коду [3].

Коли дисципліна викладається на 1 курсі з урахуванням низької початкової обізнаності у цій сфері, здобуття навичок на перших етапах розпочинається зі спрощених практичних задач, які не потребують знань з квантової механіки, але здатні продемонструвати квантові обчислення на практиці [1]. Важливою складовою є вивчення апаратного забезпечення квантових комп'ютерів [3].

**Висновки.** Курс поєднує паралельне вивчення як теоретичного, так і практичного матеріалу з декількох точних наук. Це стає ключовим для якісної освіти з дисципліни «квантове програмування».

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Qihong Sun. *From computing to quantum mechanics: accessible and hands-on quantum computing education for high school students* — <https://epjquantumtechnology.springeropen.com/articles/10.1140/epjqt/s40507-024-00271-9>
- [2] Majid Haghparast. *Innovative Approaches to Teaching Quantum Computer Programming and Quantum Software Engineering* — <https://arxiv.org/abs/2501.01446v1>
- [3] Prashanti Priya Angara. *Teaching Quantum Computing to High-School-Aged Youth: A Hands-On Approach* — <https://ieeexplore.ieee.org/document/9613752>

КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, Київ, Україна  
Email address: [sofiakiosova37@gmail.com](mailto:sofiakiosova37@gmail.com)

КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, Київ, Україна  
Email address: [antonsyrotenko86@gmail.com](mailto:antonsyrotenko86@gmail.com)