รายงานทุนสนับสนุนนวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
ปีงบประมาณ 2566

รหัสวิชา 03603496

SELECTED TOPICS IN COMPUTER ENGINEERING AND INFORMATICS (QUANTUM COMPUTING)

ผศ.วัชรพัฐ เมตตานันท
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

รายงานทุนสนับสนุนนวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
วิชา 03603496 Selected Topics in Computer Engineering and Informatics (Quantum Computing)

วัชรพัฐ เมตตานันท[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: vacharapat.m@ku.th

บทคัดย่อ

การคำนวณเชิงควอนตัมเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกกล่าวถึงอย่างมากในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีดังกล่าวยังไม่ถึงระดับที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั่วไป แต่องค์ความรู้เชิงทฤษฎีก็มีส่วนสำคัญที่จะทำให้เราสามารถคาดการณ์ถึงบทบาทของเทคโนโลยีควอนตัมในอนาคต รวมไปถึงการสร้างภูมิคุ้มกันต่อการหลอกลวงที่อ้างเกี่ยวกับเทคโนโลยีควอนตัม ในโครงการนี้เราได้ทดลองทำการจัดการเรียนการสอนแบบ active learning เนื้อหาด้านการคำนวณเชิงควอนตัมในรายวิชา 03603496 Selected Topics in Computer Engineering and Informatics (Quantum Computing) ภาคต้น ปีการศึกษา 2566 ซึ่งเป็นรายวิชาเฉพาะเลือกของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีผู้เรียนทั้งสิ้น 11 คน มีกิจกรรมที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนได้แก่ การทบทวนความรู้ด้วย Kahoot การสลับนำเสนอและอภิปราย การอ่านและสกัดความรู้จากบทความ และการบรรยายจากผู้สอน ผลการดำเนินการพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอยู่ในระดับ A จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 36.4 ระดับ B+ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.3 ระดับ B จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 18.2 ระดับ C+ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 และระดับ C จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 ผลการประเมินด้านความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับมอบหมายโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานด้านควอนตัมวิเคราะห์แก้ปัญหาได้ ด้านความสามารถในการนำเสนอโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถนำเสนอปัญหาและการวิเคราะห์ให้ผู้ฟังเข้าใจได้ และด้านการแสดงออกถึงความเข้มแข็งด้านวิชาการโดยรวม โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถเลือกใช้หลักการหรือทฤษฎีในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้เชิงรุก, นวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21, การคำนวณเชิงควอนตัม

1. บทนำ

การคำนวณเชิงควอนตัมเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกกล่าวถึงอย่างมากในปัจจุบัน การจัดการเรียนการสอนในหัวข้อนี้จึงมีประโยชน์ในการพัฒนาความรู้ที่ทันสมัยให้แก่นิสิต อย่างไรก็ดีในการเรียนการสอนด้านการคำนวณเชิงควอนตัมในปัจจุบันทั้งในและต่างประเทศมักจะเป็นการสอนเนื้อหาเชิงทฤษฎีเป็นหลัก เนื่องจากเทคโนโลยีทางควอนตัมที่สามารถใช้งานได้จริงนั้นยังอยู่ในกระบวนการวิจัยและพัฒนา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ชั้นเรียนวิชานี้ส่วนมากทำการเรียนการสอนแบบเน้นการบรรยายซึ่งจะวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะต่าง ๆ ได้ยากลำบาก นอกจากนี้หากพิจารณาธรรมชาติการเรียนรู้ของนิสิตรุ่นใหม่ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลมหาศาลได้อย่างรวดเร็วก็จะเห็นว่าจำนวนนิสิตรุ่นใหม่ที่ให้ความสนใจและประสบความสำเร็จในการเรียนการสอนแบบ

เน้นการบรรยายนั้นมีน้อยลง การเรียนการสอนแบบเน้นการบรรยายจึงไม่สามารถรับประกันผลลัพธ์การเรียนรู้ของนิสิตผู้เรียนได้ทุกคน โครงการนี้เกิดขึ้นเพื่อทดลองค้นหาแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่สำหรับรายวิชานี้โดยอาศัยผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นที่ตั้ง เพื่อช่วยให้นิสิตสามารถบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ได้ครบถ้วนอย่างมีประสิทธิภาพ

ในโครงการนี้เรามีแนวคิดที่จะให้นิสิตทุกคนได้ฝึกการนำเสนอและอธิบายกระบวนการหรือวงจรเชิงควอนตัมในเนื้อหา ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้ออกแบบไว้และมีการระดมสมองหรืออภิปรายทั้งในระดับชั้นเรียนและในกลุ่มย่อย โดยเราเชื่อว่าการนำเสนอและอธิบายนั้นจะกระตุ้นให้นิสิตต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างถ่องแท้ เราจะทำการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ในหลาย ๆ มิติ ทั้งการประเมินผ่านกิจกรรมในการเรียนการสอนโดยอาจารย์ผู้สอนและโดยนิสิตด้วยกันเอง การทบทวนความรู้ผ่านการเล่นเกม Kahoot และการสอบข้อเขียน ด้วยแนวคิดนี้เราเชื่อว่าจะสามารถประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ต่าง ๆ ได้แม่นยำมากกว่าการใช้เพียงข้อสอบกลางภาคและปลายภาคในชั้นเรียนที่เน้นการบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว

เนื่องจากในหลักสูตรยังไม่มีการบรรจุรายวิชาด้านการคำนวณเชิงควอนตัม ทางภาควิชาจึงมีมติให้เปิดสอนในรหัสวิชา 03603496 Selected Topics in Computer Engineering and Informatics ซึ่งเป็นวิชาเฉพาะเลือกสำหรับนิสิตหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และสารสนเทศศาสตร์

2. รายละเอียดรายวิชา

เนื่องจากรายวิชาที่ใช้ในโครงการนี้เป็นวิชา Selected Topics ซึ่งหัวข้ออาจจะแตกต่างกันไปในแต่ละภาคที่เปิดสอน ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ชัดเจนสำหรับรายวิชานี้ได้ อย่างไรก็ดีสำหรับการเปิดสอนด้วยเนื้อหาการคำนวณเชิงควอนตัมในภาคต้น ปีการศึกษา 2566 นี้ เราได้ทำการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้รายวิชาสำหรับผู้เรียนไว้ดังตารางที่ 1 โดยผลลัพธ์การเรียนรู้รายละเอียดต่าง ๆ และแผนการเรียนรายวิชาได้ประกาศให้นิสิตรับรู้ได้ตั้งแต่ต้นภาคการศึกษาในหน้าเว็บไซต์ของรายวิชา [1] โดยจะมีการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้งแบบ formative assessment และ summative assessment

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

CLO1	สามารถอธิบายหลักการพื้นฐานของกลศาสตร์ควอนตัมได้
CLO2	สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์จากวงจรควอนตัมอย่างง่ายได้อย่างถูกต้อง
CLO3	สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการคำนวณเชิงควอนตัมเมื่อเทียบกับการคำนวณแบบคลาสสิคได้
CLO4	สามารถเขียนโปรแกรมเชิงควอนตัมอย่างง่ายโดยใช้ภาษาสำหรับจำลองคอมพิวเตอร์ควอนตัมได้
CLO5	สามารถนำเสนอโมเดลทางควอนตัมให้แก่ผู้ฟังได้
CLO6	สามารถแยกแยะเทคโนโลยีควอนตัมที่แท้จริงจากข่าวปลอมหรือโฆษณาชวนเชื่อได้

สื่อออนไลน์และเทคโนโลยีที่ใช้ในรายวิชานี้ประกอบด้วยเว็บไซต์รายวิชาซึ่งสร้างจาก Google Sites [1], กลุ่มในเฟซบุ๊คสำหรับการประกาศข่าวต่าง ๆ, วิดีโอการบรรยายในรายวิชาเดียวกันบน YouTube ของผศ.ดร.จิตร์ทัศน์ ฝักเจริญผล [2] และของ Umesh Vazirani [3], เว็บไซต์ Kahoot สำหรับการทำแบบทดสอบย่อย, และแบบสอบถามออนไลน์สำหรับการประเมินด้านต่าง ๆ จากผู้ร่วมชั้นเรียน นอกจากนี้ยังมีการใช้เนื้อหาจากแหล่งอ้างอิงประเภทหนังสือเพิ่มเติม [4-5]

3. รายละเอียดการจัดการเรียนการสอน

การเรียนการสอนในรายวิชาแบ่งเนื้อหาตามเค้าโครงรายวิชาดังแสดงในตารางที่ 2 โดยออกแบบความเชื่อมโยงระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชาดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เค้าโครงรายวิชา

ลำดับที่	บทเรียน	ชั่วโมงบรรยาย
1	ประวัติศาสตร์ทฤษฎีควอนตัม	3
2	Double slit experiment, Polarization, Quantum key distribution	3
3	ระบบ 2 คิวบิต, Entanglement, EPR paradox, Bell's theorem	3
4	Unitary transformation, Quantum gates, No-cloning principle	3
5	Dense coding, Quantum teleportation	3
6	Quantum circuits, Reversible computation, Reversible implementations of classical circuits	3
7	Reviews	3
8	Quantum programming	3
9	Introduction to quantum algorithms, Complexity analysis, Deutsch's algorithm	3
10	Deutsch-Jozsa algorithm, Bernstein-Vazirani algorithm,	3
	Simon's algorithm	
11	Quantum Fourier transform	3
12	Shor's factoring algorithm, Discrete logarithm, RSA	3
13	Grover's algorithm	3
14	Limits of quantum computers, Complexity class of quantum computation, BQP	3
15	Quantum error correction	3

ตารางที่ 3 ความเชื่อมโยงระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

บทเรียนที่	ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน (LLOs)	ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (CLOs)
1-2	สามารถอธิบายการทดลอง double slit และปรากฏการณ์ polarization ของแสงได้	CLO1
3-4	สามารถวิเคราะห์ระบบที่มีการพัวพันหลายคิวบิตได้ สามารถวิเคราะห์ผลจากเกตเชิงควอนตัมได้	CLO2
5-7	สามารถนำเสนอการเข้ารหัสแบบ dense coding ได้ สามารถนำเสนอหลักการ quantum teleportation ได้	CLO2 CLO3 CLO5

	สามารถออกแบบวงจรเชิงควอนตัมจากวงจรคลาสสิคได้	
8	สามารถทำการทดลองระบบเชิงควอนตัมได้ สามารถเขียนโปรแกรมเชิงควอนตัมอย่างง่ายได้	CLO2 CLO4
9-11	สามารถนำเสนอปัญหาที่การคำนวณเชิงควอนตัมมีประสิทธิภาพดีกว่าการคำนวณเชิงคลาสสิคได้ สามารถนำเสนออัลกอริทึมเชิงควอนตัมได้	CLO3 CLO5
12-15	สามารถระบุขอบเขตของการคำนวณเชิงควอนตัมได้ สามารถวิเคราะห์ข้อคิดเห็นทางควอนตัมตามหลักวิทยาศาสตร์ได้	CLO3 CLO6

ในการเลือกใช้สถานที่ เนื่องจากมีนิสิตลงทะเบียนเรียนจำนวนน้อย ผู้สอนจึงเลือกใช้ห้องวิจัยในการจัดการเรียนการสอนแทนห้องเรียน เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายโต๊ะให้สอดคล้องกับรูปแบบกิจกรรมเช่นการจัดกลุ่มย่อยเป็นต้น รายวิชานี้ได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในห้องวิจัยของกลุ่มวิจัยวิทยาการคอมพิวเตอร์เชิงทฤษฎีและปัญญาเชิงคำนวณ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหัวหน้ากลุ่มวิจัยและหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ในการจัดการเรียนการสอนแต่ละบทเรียน จะประกอบด้วยการบรรยายจากผู้สอนและรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก โดยนิสิตจะได้ดูคลิปจากการบรรยายใน [2-3] หรืออ่านบทความจาก [5] และถอดเนื้อหาจากคลิปหรือบทความนั้น ๆ เพื่อนำเสนอในกลุ่มย่อยหรือในชั้นเรียน ซึ่งผู้สอนจะทำการประเมินทักษะด้านต่าง ๆ แบบ formative assessment โดยการสังเกตจากการนำเสนอของนิสิตแต่ละคน นอกจากนี้ในชั้นเรียนแต่ละครั้งจะเริ่มต้นด้วยการเล่นเกม Kahoot เพื่อทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว และมีการประเมินด้านต่าง ๆ จากผู้ร่วมชั้นเรียนในกลุ่มย่อยหรือในชั้นเรียนด้วยกัน ตามลักษณะของการนำเสนอในครั้งนั้น ๆ รูปที่ 1-2 แสดงตัวอย่างบรรยากาศของการทำกิจกรรมการเรียนรู้

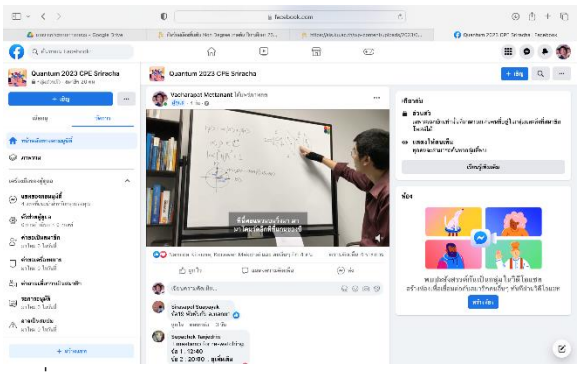
รูปที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้โดยสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มย่อยจะได้ดูคลิปการบรรยายที่แตกต่างกัน เพื่อนำเสนอให้เพื่อนในกลุ่มของตัวเอง

รูปที่ 2 ตัวอย่างการนำเสนอในกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่ม

นอกจากนี้ ในช่วงก่อนสอบกลางภาคประมาณหนึ่งสัปดาห์ ผู้สอนได้ประกาศตัวอย่างข้อสอบเพื่อให้นิสิต

สามารถใช้ในการฝึกการแก้ปัญหาได้ และจัดให้มีการเฉลยตัวอย่างข้อสอบทางออนไลน์ในกลุ่มเฟซบุ๊คของรายวิชานอกเวลาเรียนก่อนวันสอบจริง รูปที่ 3 แสดงโพสต์วิดีโอเฉลยข้อสอบในกลุ่มดังกล่าว ซึ่งมีนิสิตเข้าชมและพิมพ์โต้ตอบใต้โพสต์เล็กน้อย

หลังจากที่ทราบคะแนนสอบกลางภาคแล้ว ผู้สอนได้เปิดโอกาสให้นิสิตสามารถนำข้อสอบกลางภาคกลับไปทบทวนข้อผิดพลาดและมานำเสนอการแก้ปัญหาในแต่ละข้อใหม่ ด้วยความเชื่อว่าช่วยให้นิสิตสามารถบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งได้มีนิสิตขอทำการอธิบายข้อสอบกลางภาคใหม่ทั้งสิ้นจำนวน 1 คน



รูปที่ 3 โพสต์วิดีโอเฉลยตัวอย่างข้อสอบก่อนการสอบกลางภาคในกลุ่มเฟซบุ๊คของรายวิชา

4. การวัดและประเมินผล

ในการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ในรายวิชานี้ เราใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้

- ความถูกต้องในการอธิบายนำเสนอ 10%
- ความถูกต้องในการวิเคราะห์วงจรควอนตัม 10%
- การแสดงออกถึงความเข้มแข็งเชิงวิชาการในการอภิปราย 10%
- การประเมินจากผู้ร่วมชั้นเรียน 10%
- การทบทวนเนื้อหาผ่าน Kahoot 20%
- การสอบกลางภาค 20%
- การสอบปลายภาค 20%

โดยมีความเชื่อมโยงระหว่างเกณฑ์การประเมินกับผลลัพธ์การเรียนรู้แสดงอยู่ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเชื่อมโยงระหว่างเกณฑ์การประเมินและผลลัพธ์การเรียนรู้

CLO1	ความถูกต้องในการอธิบายนำเสนอ, การประเมินจากผู้ร่วมชั้นเรียน
CLO2	ความถูกต้องในการวิเคราะห์วงจรควอนตัม, การทบทวนเนื้อหาผ่าน Kahoot
CLO3	การแสดงออกถึงความเข้มแข็งเชิงวิชาการในการอภิปราย, การสอบกลางภาค, การสอบปลายภาค
CLO4	การสอบกลางภาค, การสอบปลายภาค
CLO5	ความถูกต้องในการอธิบายนำเสนอ, การประเมินจากผู้ร่วมชั้นเรียน
CLO6	การสอบกลางภาค, การสอบปลายภาค

สำหรับการประเมินจากผู้ร่วมชั้นเรียน เราได้กำหนดเกณฑ์แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อโดยในแต่ละหัวข้อมี 4 ระดับดังนี้

- ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย
    - ยังขาดความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานด้านควอนตัม
    - แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานด้านควอนตัม
    - สามารถประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานด้านควอนตัมวิเคราะห์แก้ปัญหาได้
    - สามารถประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานด้านควอนตัมวิเคราะห์แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

- ความสามารถในการนำเสนอ
    - ไม่สามารถนำเสนอให้ผู้ฟังเข้าใจได้
    - สามารถนำเสนอปัญหาให้ผู้ฟังเข้าใจได้
    - สามารถนำเสนอปัญหาและการวิเคราะห์ให้ผู้ฟังเข้าใจได้
    - สามารถนำเสนอปัญหาและการวิเคราะห์ให้ผู้ฟังเข้าใจได้อย่างชัดเจนถูกต้องแม่นยำ
- การแสดงออกถึงความเข้มแข็งด้านวิชาการโดยรวม
    - ขาดความรู้ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานด้านควอนตัม
    - แสดงออกถึงความเข้าใจในหลักการพื้นฐานโดยรวม
    - สามารถเลือกใช้หลักการหรือทฤษฎีในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม
    - สามารถเลือกใช้หลักการหรือทฤษฎีได้อย่างเหมาะสม และมีการเสนอแนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ

ผลจากการประเมินโดยผู้ร่วมชั้นเรียน พบว่าด้านความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับมอบหมายโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานด้านควอนตัมวิเคราะห์แก้ปัญหาได้ ด้านความสามารถในการนำเสนอโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถนำเสนอปัญหาและการวิเคราะห์ให้ผู้ฟังเข้าใจได้ และด้านการแสดงออกถึงความเข้มแข็งด้านวิชาการโดยรวม โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถเลือกใช้หลักการหรือทฤษฎีในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

สำหรับผลการประเมินการเรียนรู้โดยรวม พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอยู่ในระดับ A จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 36.4 ระดับ B+ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.3 ระดับ B จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 18.2 ระดับ C+ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 และระดับ C จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1

5. อภิปราย

จากการจัดการเรียนรู้ในรายวิชานี้ พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอในกลุ่มย่อยหรือในระดับชั้นเรียน การแบ่งกลุ่มอภิปราย รวมถึงการทบทวนเนื้อหาด้วยเกม Kahoot นั้นสามารถกระตุ้นการเรียนรู้ของนิสิตได้อย่างมาก อย่างไรก็ดี การมอบหมายให้นิสิตแต่ละคนดูคลิปเนื้อหาเชิงวิชาการมาอธิบายให้นิสิตคนอื่นในกลุ่มหรือในชั้นเรียนนั้นมีความเสี่ยงที่นิสิตจะมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรืออธิบายผิดพลาดไปจากความเป็นจริง เนื่องจากเนื้อหาในส่วนของการคำนวณเชิงทฤษฎีนั้นต้องอาศัยความละเอียดรอบคอบ และต้องการเวลาในการทำความเข้าใจค่อนข้างมาก จึงทำให้ผู้สอนต้องเตรียมเวลาสำหรับการสรุปเนื้อหาทั้งหมดให้กับนิสิตทุกคนในชั้นเรียนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องของเนื้อหาที่นิสิตได้รับ นอกจากนี้ การทบทวนเนื้อหาที่เป็นการคำนวณเชิงทฤษฎีด้วยเกมบน Kahoot นั้นก็มีปัญหาเนื่องจากตัวเกมส่งผลให้นิสิตมีความรู้สึกถูกกดดันด้านเวลาจึงทำให้ไม่สามารถทำการคำนวณหรือวิเคราะห์ได้อย่างละเอียดรอบคอบเท่าที่ควร

6. สรุป

โครงการนี้ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ในรายวิชาการคำนวณเชิงควอนตัม โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกได้แก่การนำเสนอในกลุ่มย่อยหรือในชั้นเรียน การอภิปราย การทบทวนความรู้ผ่านเกม Kahoot ประกอบการบรรยายจากผู้สอน โดยมีเกณฑ์การวัดและประเมินประกอบด้วยความถูกต้องในการอธิบายนำเสนอ ความถูกต้องในการวิเคราะห์วงจรควอนตัม การแสดงถึงความ

เข้มแข็งเชิงวิชาการในการอภิปราย การประเมินจากผู้เรียนด้วยกันเองในกิจกรรมต่าง ๆ การทบทวนเนื้อหาผ่านเกม Kahoot การสอบกลางภาค และการสอบปลายภาค ผลการดำเนินการพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอยู่ในระดับ A จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 36.4 ระดับ B+ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 27.3 ระดับ B จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 18.2 ระดับ C+ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 และระดับ C จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 ผลการประเมินด้านความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับมอบหมายโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานด้านควอนตัมวิเคราะห์แก้ปัญหาได้ ด้านความสามารถในการนำเสนอโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถนำเสนอปัญหาและการวิเคราะห์ให้ผู้ฟังเข้าใจได้ และด้านการแสดงออกถึงความเข้มแข็งด้านวิชาการโดยรวม โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสามารถเลือกใช้หลักการหรือทฤษฎีในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาเขตศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่มอบทุนสนับสนุนในการดำเนินโครงการ

เอกสารอ้างอิง

[1] วัชรพัฐ เมตตานันท. เว็บไซต์รายวิชาการคำนวณเชิงควอนตัม ภาคต้น ปีการศึกษา 2566. https://sites.google.com/eng.src.ku.ac.th/vacharapat/lectures/quantum-computing-2023

[2] จิตร์ทัศน์ ฝักเจริญผล. คลิปประกอบการสอนวิชา Quantum Computing ระดับปริญญาตรี ภาคปลาย ปีการศึกษา 2564. https://youtube.com/playlist?list=PLii-CvAgf-8jjz42R85y7ojUQjs00IrLp&si=pPNtpUwOw-UqM2o

[3] Umesh Vazirani. Berkeley course "Quantum Mechanics and Quantum Computation" video lecture series. https://youtube.com/playlist?list=PL74Rel4IAsETUwZS_Se_P-fSEyEVQwni7&si=xQO9fcsvN8TJlltl

[4] Eleanor G. Rieffel and Wolfgang H. Polak. Quantum Computing: A Gentle Introduction (Scientific and Engineering Computation). The MIT Press. 2014.

[5] วอลเตอร์ ไอแซคสัน. ไอน์สไตน์ โดย วอลเตอร์ ไอแซคสัน ชีวประวัติ และ จักรวาล (ฉบับสมบูรณ์). แปลโดยบัญชา ธนบุญสมบัติ และคณะ. เนชั่นบุ๊คส์. 2556

KU
มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์
วิทยาเขตศรีราชา