

การพัฒนาความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์

The Development of Thai Lotus Dance Performance of Prathomsuksa 4 Students
by Applying of Miller Approach

ดวงกมล สอนเสถียร¹, ดร.ชัยวัฒน์ วารี²

¹ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

² อาจารย์ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ 2) ศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองใหม่ ปีการศึกษา 2558 ซึ่งสุ่มแบบกลุ่ม โดยทำการเลือกนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ โดยมีการทดสอบตามขั้นของมิลเลอร์ในแผนการจัดการเรียนรู้และ 2) แบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ในภาพรวมพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับ ดีและความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ โดยจำแนกตามขั้นตอนของมิลเลอร์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในขั้นรู้ (Knows) ในระดับมากที่สุด, ขั้นรู้อย่างไร (Knows how) ในระดับมาก, ขั้นปฏิบัติอย่างไร (Knows how) ในระดับดี, ขั้นปฏิบัติด้วยความตั้งใจและรอบคอบ (Does) ในระดับดี

2. พฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว ที่มีมากที่สุดได้แก่ ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมการขับร้องเพลงระบำดอกบัว, ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมทำท่าเพลงระบำดอกบัว

(ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด) พฤติกรรมของผู้เรียนที่น้อยที่สุด ได้แก่ ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหาที่เรียน (ร้อยละ 74.28)

คำสำคัญ: แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ / การพัฒนาความสามารถการแสดงรำบ่อดอกบัว

Abstract

This research aims to 1) develop of Thai Lotus Dance Performance of students in Prathomsuksa 4 by applying of Miller Approach 2) study behavior of the students toward learning activities of Thai Lotus Dance Performance of the students in Prathomsuksa 4 by applying of Miller Approach. The sample group of students were in Prathomsuksa 4 at Kiong Mai School in 2015, which were randomized by selecting 35 students of Prathomsuksa 4/1. The instruments that used in this study were 1) Lesson Plan for learning activities to Thai Lotus Dance Performance of Prathomsuksa 4 students by applying of Miller Approach that consisted of aesting with the step of Miller Approach method ; Knows, Knows how, Shows how and Does in the lesson plan. 2) The observation form of behavior toward learning activities of Thai Lotus Dance Performance of Prathomsuksa 4 students by applying of Miller Approach. The statistics in the study were frequency, percentage, mean and standard deviation.

The results were as follows:

1. Thai Lotus Dance Performance of Prathomsuksa 4 students by applying of Miller Approach were at good level. In the overall image found that, when classify into four parts of Miller approach, were the highest on Knows part, high on Knows how, good at Shows how, and good at Does.
2. The behavior of students toward learning activities of Thai Lotus Dance Performance of Prathomsuksa 4 students by applying of Miller Approach were at the highest level, such as student is interested in sing a song and practiced in Thai Lotus Dance, (more than 80 % of students). While the least behavior of student were the interesting in the content in Thai Lotus Dance. (percentage 74.28)

Keywords: learning activities by Applying of Miller Approach / development of Thai Lotus Dance performance

บทนำ

นาฏศิลป์ไทยถือเป็นศาสตร์ทางศิลปะที่สำคัญยิ่ง ด้วยรูปแบบการแสดงที่มีลีลาอันอ่อนช้อยงดงาม (วรสารวง สุทธิสุวรรณค์, 2541, หน้า 1) ทั้งยังเป็นศิลปะที่เกี่ยวข้องกับภาษา ท่าทางและดนตรี รวมถึงศิลปะแขนงอื่นๆ นาฏศิลป์จึงเป็นพฤติกรรมหล่อหลอมสิ่งที่ดีงามที่เกี่ยวข้องกับกาย วาจา ใจ ที่แสดงออกถึงความเป็นมนุษย์ที่แตกต่างจากสัตว์โลกทั้งหลาย (วิมลศรี อุปรมย์, 2534, หน้า 2-3) การปลูกฝังค่านิยมและความเชื่อทั้งที่เป็นมรดกมาแต่กาลก่อน และนำมาปรับให้ร่วมสมัยให้แก่เยาวชน ซึ่งค่านิยมเหล่านี้ คือหัวใจของวัฒนธรรมทั้งหลายนั่นเอง ฉะนั้นการรักษาที่ถือกลไกถ่ายทอดวัฒนธรรม ขณะที่วัฒนธรรมคือบริบทของสถาบันการศึกษา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2544, หน้า 1) ด้วยเหตุนี้กระทรวงศึกษาธิการจึงได้บรรจุนาฏศิลป์ไว้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ โดยมุ่งหวังเพื่อพัฒนาผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ ความเป็นมาของรูปแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นและรากฐานทางวัฒนธรรมตระหนักถึงคุณค่า และเกิดความซาบซึ้งในศิลปะ จึงมีเนื้อหารายวิชาให้นักเรียนได้ฝึกการแสดงระบำชุดต่างๆ รวมไปถึงการแสดงระบำดอกบัวในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อเกิดเจตคติที่ดีต่อนาฏศิลป์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554, หน้า 2)

การสอนนาฏศิลป์เป็นการทำงานอย่างหนึ่งที่ต้องสร้างและพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถสูงขึ้นเพื่อบรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 4) ในปัจจุบันการเรียนการสอนนาฏศิลป์ไทยในสถาบันต่างๆ ได้กำหนดไว้ในหลักสูตรให้ผู้เรียนศึกษาทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ (ปรเมษฐ์ บุญยะชัย, 2544, หน้า 130) ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดของมิลเลอร์ที่ว่าจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะให้กับผู้เรียน แบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ด้านความรู้และด้านพฤติกรรม กล่าวคือ ในด้านความรู้ควรเริ่มตั้งแต่การเรียนรู้สาระที่เป็นข้อเท็จจริง และสร้างความเข้าใจในลักษณะแปลความ ตีความและขยายความ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับด้านพฤติกรรมซึ่งเป็นระยะหรือขั้นตอนหลังจากแม่นยำในความรู้ จะเริ่มจากการที่ผู้เรียนสามารถสาธิตหรือแสดงให้เห็นว่าจะนำความรู้มาใช้หรือปฏิบัติได้อย่างไร และสามารถปฏิบัติได้เป็นอย่างดีคืออย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเป็นการปฏิบัติอย่างตั้งใจและอย่างรอบคอบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสำคัญ หลักการและเหตุผลดังกล่าว จึงนำแนวคิดของมิลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้ศิลปะ เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ การแสดงระบำดอกบัว กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ สาระนาฏศิลป์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และนำผลการศึกษาค้นคว้าไปใช้ในการพัฒนาปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ สาระนาฏศิลป์ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมการแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนคลองใหม่ จำนวน 2 ห้อง มีนักเรียนทั้งหมด 70 คน

2. ขอบเขตตัวแปร

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ การจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวโดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่ ความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวและพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมการแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์

3. ขอบเขตเวลา

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ใช้ระยะเวลาในการศึกษา เดือนพฤศจิกายน 2558 – เดือนมกราคม 2559 รวมระยะเวลา 3 เดือน

การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดของมิลเลอร์

มิลเลอร์อธิบายว่าความรู้ (knowledge) เป็นสิ่งที่สำคัญ กล่าวคือ ผู้เรียนต้องมียุทธศาสตร์ความรู้ หรือ รู้ (know) สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติ ซึ่งจะต้องมีการวัดและประเมินอย่างครบถ้วนและเพื่อให้เกิดความชัดเจนในองค์ความรู้ที่มี สิ่งสำคัญที่ผู้เรียนจะต้องมีต่อไป ได้แก่ รู้ว่าอย่างไร (know how) กล่าวคือจะใช้องค์ความรู้ได้อย่างไร รวมถึงการวิเคราะห์ แปลความ ตีความข้อมูล หรือ สารสนเทศเพื่อสะท้อนถึงสมรรถนะของตน เมื่อผู้เรียนมีทั้งความรู้และรู้ว่าจะใช้ความรู้ได้อย่างไร ย่อมไม่เพียงพอที่จะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่จะปฏิบัติได้ ดังนั้นขั้นตอนต่อไปของผู้เรียนได้แก่ การแสดงให้เห็นว่าสามารถปฏิบัติได้ (show how) ซึ่งส่วนนี้ มิลเลอร์ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าแม้ผู้สอนสามารถประเมินและตัดสินได้ว่าผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้มากน้อยเพียงใดจากการปฏิบัติในสถานที่สำหรับฝึกงาน/อาชีพ (เช่น โรงพยาบาล) แต่จะมีข้อจำกัดที่ต้องใช้การ

สังเกต รวมถึงข้อจำกัดของลักษณะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการฝึกงาน/อาชีพ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ยังคงเป็นคำถามที่เกิดขึ้นอยู่ได้แก่สิ่งที่ปฏิบัติได้ในสถานการณ์จำลองเป็นสิ่งที่มีความถูกต้องใน 4 สถานการณ์จริง หรือเป็นอิสระจากข้อจำกัดต่างๆ จะมีความยุ่งยากในการวัดและประเมินได้อย่างน่าเชื่อถือและถูกต้อง ดังนั้นผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการค้นหาวิธีการสอน วิธีวัดและประเมินผลผู้เรียนเพื่อสนับสนุนส่งเสริมผู้เรียนไปสู่ขั้นที่สูงขึ้นหรือสูงที่สุดในพีระมิด

มิลเลอร์ได้เสนอลำดับขั้นการสอนทักษะซึ่งมี 4 ขั้นตอนที่ชัดเจนในการสอนทักษะให้กับผู้เรียน โดยเริ่มตั้งแต่การให้ความรู้ ได้แก่ผู้เรียนต้องรู้ (Knows) และรู้ว่าอย่างไร (Knows How) ตามด้วยขั้นการปฏิบัติหรือแสดงให้เห็น ได้แก่ผู้เรียนปฏิบัติได้อย่างไร (Shows how) และการปฏิบัตินั้นเป็นไปอย่างตั้งใจและรอบคอบมากน้อยเพียงใด (does) ที่สำคัญกรอบแนวคิดของมิลเลอร์มีประโยชน์มากในวงการศึกษา เพราะขั้นตอนทั้ง 4 ง่ายในการนำมาใช้และจัดโปรแกรมการศึกษา มิลเลอร์ได้อธิบายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะให้กับผู้เรียน แบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ด้านความรู้และด้านพฤติกรรม กล่าวคือ ในด้านความรู้ควรเริ่มตั้งแต่การเรียนรู้สาระที่เป็นข้อเท็จจริงและสร้างความเข้าใจในลักษณะแปลความตีความและขยายความ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับด้านพฤติกรรม การที่ผู้เรียนสามารถสาธิตหรือแสดงให้เห็นว่าจะนำความรู้มาใช้หรือปฏิบัติได้อย่างไร และสามารถปฏิบัติได้เป็นอย่างดีคืออย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเป็นการปฏิบัติอย่างตั้งใจและอย่างรอบคอบ (อ้างถึงใน Boonphadung & Unnanantn, 2015, หน้า 561-566)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิดของมิลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแสดงระบำดอกบัว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ทั้งด้านความรู้และด้านพฤติกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

พฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2533, หน้า 75-76) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่า ทักษะคิด หรือเจตคติเป็นนามธรรมเป็นการแสดงออกค่อนข้างซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดทักษะคิดได้โดยตรง แต่เราสามารถที่จะวัดทักษะคิดได้ โดยอ้อม โดยวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้นแทน ฉะนั้น การวัดความพึงพอใจก็มีขอบเขตที่จำกัดด้วยอาจมีความคลาดเคลื่อนขึ้นถ้าบุคคลเหล่านั้นแสดงความคิดเห็นไม่ตรงกับความรู้สึกที่จริง ซึ่งความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ย่อมเกิดขึ้นได้เป็นธรรมดาของการวัดโดยทั่วๆ ไป

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดความพึงพอใจสามารถสรุปได้ว่า วิธีการวัด ความพึงพอใจนั้นสามารถทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับบริบทต่าง จากแนวคิดพื้นฐานดังกล่าว เมื่อนำมาปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ทำการเลือกการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเอง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิริติ ณ เชียงใหม่ (2547) ได้ทำการวิจัยในเรื่องการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นนาฏศิลป์ล้านนา เรื่อง ฟ้อนจุมสลี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผลการวิจัยดังนี้ 1) หลักสูตรท้องถิ่นและแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ฟ้อนจุมสลี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความเหมาะสมกับนักเรียน และสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน 2) นักเรียนมีผลการเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจและทักษะการฟ้อนจุมสลี มีค่าคะแนนซึ่งอยู่ในระดับดี

โสภณ ชัยเพ็ชร (2550) การศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาผลการใช้เพลงไทยเดิมเป็นสื่อการเรียนการสอน ในรายวิชานาฏศิลป์ หน่วยภาษาท่า กลุ่มสาระศิลปะ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนเทศบาลจามเทวี จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 1) แผนการจัดการเรียนรู้ การใช้เพลงไทยเดิมเป็นสื่อ จำนวน 11 แผน การเรียนรู้ ระยะเวลา 11 ชั่วโมง 2) แนวการสอนวิชา ดนตรีนาฏศิลป์ 3) เพลงสำหรับเป็นสื่อในการเรียนการสอน จำนวน 7 เพลง 4) แบบวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องภาษาท่า เป็นแบบเลือกตอบจำนวน 10 ข้อ 5. แบบประเมินการตรวจผลงาน 6) แบบสังเกตการปฏิบัติงาน โดยการหาค่าร้อยละ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ส่วนแบบสอบวัดความรู้ความเข้าใจ วิเคราะห์โดยการหาค่าร้อยละผลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบบรรยาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนคลองใหม่ จำนวน 2 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 70 คน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนคลองใหม่ จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) โดยทำการเลือกนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โดยมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ จำนวนนักเรียน 35 คน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ใช้ระยะเวลาในการศึกษา เดือน พฤศจิกายน 2558 – เดือนมกราคม 2559 จำนวน 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ จำนวน 3 แผน 7 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยมีการทดสอบตามขั้นของมิลเลอร์ ได้แก่ ขั้นรู้ (Knows) ได้แก่แบบทดสอบวัดความรู้เรื่องการแสดงระบำดอกบัวเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ, ขั้นรู้อย่างไร (Knows how) ได้แก่ ใบงานการอธิบายการแสดงดอกบัว, ขั้นปฏิบัติอย่างไร (Knows how) ได้แก่ แบบสังเกตการขับร้องเพลงระบำดอกบัว, ขั้นปฏิบัติด้วยความตั้งใจและรอบคอบ (Does) ได้แก่ แบบสังเกตการปฏิบัติทำรำเพลงระบำดอกบัว

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมการแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ โดยครูเป็นผู้สังเกตแล้วบันทึกข้อมูลตามรายการ จำนวน 10 ข้อ

การสร้างและการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ สาระนาฏศิลป์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

1.2 ศึกษาโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์และสร้างแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ จำนวน 3 แผน 7 ชั่วโมง

1.3 นำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ

1.4 นำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัวหลังแก้ไขตามอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำแล้ว นำเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม ความถูกต้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้และระยะเวลาที่ใช้ตลอดจนภาษาที่ถูกต้องเพื่อมาหาคำดัชนี

ความสอดคล้อง โดยใช้ค่า IOC นำตารางวิเคราะห์ค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเท่ากับ 1.00 และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะแล้วนำไปทดลองใช้กับประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

1.6 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้สอนจริง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 เนื้อหาจากหนังสือเรียนและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว

2.2 สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร โดยทำการวิเคราะห์หลักสูตรตามเนื้อหาที่จัดสอนเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดพฤติกรรมในการเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบ

2.3 สร้างแบบทดสอบตามขั้นของมิลเลอร์ ดังนี้

ขั้นรู้ (Knows) ได้แก่ แบบทดสอบวัดความรู้เรื่องการแสดงระบำดอกบัวเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.66 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข นำแบบทดสอบที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าจำแนก แล้วนำค่าไปหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค

ขั้นรู้อย่างไร (Knows how) ได้แก่ ใบงานการอธิบายการแสดงดอกบัว นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความครอบคลุมของเนื้อหา

ขั้นปฏิบัติอย่างไร (Knows how) ได้แก่ แบบสังเกตการขับร้องเพลงระบำดอกบัวและขั้นปฏิบัติด้วยความตั้งใจและรอบคอบ (Does) ได้แก่ แบบสังเกตการปฏิบัติทำรำเพลงระบำดอกบัว ศึกษาเอกสารการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ สร้างแบบสังเกตโดยศึกษาเกณฑ์ให้คะแนนให้มีความละเอียดตรงกับจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ นำแบบสังเกตภาคปฏิบัติ 1.การขับร้องเพลงระบำดอกบัว 2.การปฏิบัติทำรำเพลงระบำดอกบัว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง นำแบบสังเกตภาคปฏิบัติที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมประเมินและพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนภาคปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแบบสังเกตภาคปฏิบัติ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและนำแบบ

ประเมินของผู้เชี่ยวชาญ มหาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับรายการการประเมิน ภาควิชาปฏิบัติ (IOC) นำคะแนนที่ได้จากการสังเกต วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบภาควิชาปฏิบัติ โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (สัมประสิทธิ์สหพันธ์อย่างง่าย)

2.4 จัดพิมพ์คู่มือแบบสังเกตภาควิชาปฏิบัติที่ผ่านการตรวจคุณภาพเป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมการแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ศึกษาการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมจากตำราที่เกี่ยวข้อง สร้างแบบสังเกตโดยกำหนดรายการประเมิน จำนวน 10 ข้อ แล้วตรวจสอบเป็นคำร้อยละแล้วจัดเรียงตามลำดับจามมากไปน้อย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research) แบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังต่อไปนี้

1. ดำเนินการทดลอง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าสร้างขึ้น ซึ่งใช้เวลาทำการสอนจำนวน 7 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

2. ดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3. ตรวจสอบแบบทดสอบความสามารถการแสดงระบำดอกบัวและแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติเพื่อตรวจสอบตามวัตถุประสงค์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

2. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนแบบทดสอบตามขั้นของมิลเลอร์ ดังนี้

2.1 ขั้นรู้ (Knows) ตรวจสอบแบบทดสอบวัดความรู้เรื่องการแสดงระบำดอกบัว จำนวน 10 ข้อ 5 คะแนน ตอบถูกได้ข้อละ 0.5 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

2.2 ขั้นรู้อย่างไร (Knows how) ได้แก่ ใบงานการอธิบายการแสดงดอกบัว โดยให้คะแนนตามเกณฑ์สภาพจริง 5 คะแนน

2.3 ชั้นปฏิบัติอย่างไร (Knows how) ได้แก่ แบบสังเกตการขับร้องเพลงระบำดอกบัว โดยสังเกตพฤติกรรมตามรายการจำนวน 3 รายการได้แก่ เนื้อร้อง ทำนอง จังหวะ โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี 3 คะแนน ปานกลาง 2 คะแนน ต้องปรับปรุง 1 คะแนน แล้วนำผลไปแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์

2.4 ชั้นปฏิบัติด้วยความตั้งใจและรอบคอบ (Does) ได้แก่ แบบสังเกตการปฏิบัติทำรำเพลงระบำดอกบัว โดยสังเกตพฤติกรรมตามรายการจำนวน 3 รายการได้แก่ ท่าทาง จังหวะ ความสวยงาม โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี 3 คะแนน ปานกลาง 2 คะแนน ต้องปรับปรุง 1 คะแนนแล้วนำผลไปแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์

3. วิเคราะห์หาค่าร้อยละของพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ สาระนาฏศิลป์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยครูเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแล้วบันทึกข้อมูลตามรายการจำนวน 10 ข้อ จากนั้นนำค่าร้อยละไปแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์เพื่อระบุพฤติกรรมที่ผู้เรียนสนใจตามลำดับ

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยตามลำดับดังนี้

1. ความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ สรุปได้ดังตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1 ความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ โดยจำแนกตามขั้นของมิลเลอร์

รายการ/ขั้นของมิลเลอร์	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
ความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว	30	22.66	3.60	ดี
Knows	5	4.06	1.06	มากที่สุด
Knows how	5	3.69	0.63	มาก
Show how	10	7.29	1.27	ดี
Does	10	7.63	1.33	ดี

จากตาราง 1 พบว่าความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 35 คน โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ในภาพรวมพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับ ดี (คะแนนเฉลี่ย 22.66, S.D.=3.60) และความสามารถในการแสดงระบำดอกบัว โดยจำแนกตามขั้นของมิลเลอร์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในขั้น Knows ในระดับ มากที่สุด(คะแนนเฉลี่ย 4.06, S.D.=1.06),ขั้น Knows how ในระดับ มาก (คะแนนเฉลี่ย 3.69, S.D.=0.63), ขั้น Knows how ในระดับ ดี, (คะแนนเฉลี่ย 7.29, S.D.=1.27), ขั้นDoes ในระดับ ดี (คะแนนเฉลี่ย 7.63, S.D.=1.33)

2. พฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ดังแสดงผลตาราง 2

ตาราง 2 พฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว

ข้อ	รายการ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
1.	ผู้เรียนมีความสนใจในหัวข้อที่เรียน	26	74.28
2.	ผู้เรียนมีความตั้งใจในเนื้อหาที่ครูสอน	28	80.00
3.	ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	27	77.14
4.	ผู้เรียนมีการตอบคำถามครูผู้สอน	28	80.00
5.	ผู้เรียนมีการสนทนาตอบโต้กับครูผู้สอน	27	77.14
6.	ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นต่อเนื้อหาที่ครูสอน	28	80.00
7.	ผู้เรียนมีการซักถามครูผู้สอน	28	80.00
8.	ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรม	28	80.00
9.	ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมการขับร้องเพลงระบำดอกบัว	29	82.85
10.	ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมทำรำเพลงระบำดอกบัว	29	82.85

จากตาราง 2 พบว่า จำนวนนักเรียนที่สนใจในแต่ละรายการแบ่งออกเป็นรายการที่นักเรียนให้ความสนใจ จำนวน 29 คน ได้แก่ ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมการขับร้องเพลงระบำดอกบัว,ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมทำรำเพลงระบำดอกบัว, รายการที่นักเรียนให้ความสนใจ จำนวน 28 คน ได้แก่ ผู้เรียนมีความตั้งใจในเนื้อหาที่ครูสอน,ผู้เรียนมีการตอบคำถามครูผู้สอน,ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นต่อเนื้อหาที่ครูสอน,ผู้เรียนมีการซักถามครูผู้สอน,ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรม,รายการที่นักเรียนให้ความสนใจ จำนวน 27 คน ได้แก่ ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน, ผู้เรียนมีการสนทนาตอบโต้กับครูผู้สอนและรายการที่

นักเรียนให้ความสนใจ จำนวน 26 คน ได้แก่ ผู้เรียนมีความสนใจในหัวข้อที่เรียน จากตารางพบว่าพฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว ที่มีมากที่สุดได้แก่ ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมการขับร้องเพลงระบำดอกบัว, ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมทำรำเพลงระบำดอกบัว (ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด) พฤติกรรมของผู้เรียนที่น้อยที่สุด ได้แก่ ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหาที่เรียน(ร้อยละ 74.28)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ ในภาพรวมพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับ ดี และความสามารถในการแสดงระบำดอกบัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของมิลเลอร์ โดยจำแนกตามขั้นตอนของมิลเลอร์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในขั้น Knows ในระดับ มากที่สุด,ขั้น Knows how ในระดับ มาก, ขั้น Knows how ในระดับ ดี, ขั้น Does ในระดับ ดี ซึ่งมีความสอดคล้องบางส่วนกับโสภณชัยเพชร (2550) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง ภาษาท่า โดยใช้เพลงไทยเดิมเป็นสื่อ กล่าวคือ มีการวัดความรู้อยู่ในระดับมากและด้านการปฏิบัติอยู่ในระดับดี

2. พฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้การแสดงระบำดอกบัว ที่มีมากที่สุดได้แก่ ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมการขับร้องเพลงระบำดอกบัว, ผู้เรียนตั้งใจฝึกซ้อมทำรำเพลงระบำดอกบัว (ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด) พฤติกรรมของผู้เรียนที่น้อยที่สุด ได้แก่ ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหาที่เรียน(ร้อยละ 74.28) ซึ่งมีบางส่วนสอดคล้องกับประทุม สร้อยวงส์และคณะ (2557) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาและทดสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการประเมินผลสัมฤทธิ์การฝึกปฏิบัติ การพยาบาลรวบรวมทางอายุรศาสตร์สำหรับนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 4 โดยใช้ OSEC โดยเป็นการประเมินจากระดับการเรียนรู้ของมิลเลอร์ กล่าวคือ ด้านความพึงพอใจของนักศึกษา 3 คน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับร้อยละ 70 และ 80 ตามลำดับ และ 1 คน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับร้อยละ 90

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้งาน

1.1 ในการจัดการเรียนรู้กิจกรรมแต่ละขั้นตอน ครูต้องคอยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อทำการประเมินและเป็นการกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรนำนวัตกรรมชุดนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นอื่นๆ ในการพัฒนาความสามารถในการแสดงเพลงอื่นๆ เพื่อหาประสิทธิภาพจะได้ข้อสรุปในการศึกษาค้นคว้าที่กว้างขวางขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ.
- _____. (2554). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2554**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ลาดพร้าว.
- กิริติ ฌ เชียงใหม่. (2547). **การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น นาฏศิลป์ล้านนา เรื่อง ฟ้อนจุมสลี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ศึกษามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วรสรวง สุทธิสวรรค์. (2541). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกิจกรรมนาฏศิลป์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนซ่อมเสริม 2 รูปแบบ**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์
- วิมลศรี อุปรมย์. (2534). **นาฏกรรมและการละคร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญผล.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2554). **แนวทางการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนมาตรฐานสากล**, ผู้แต่ง.
- โสภณ ชัยเพ็ชร. (2550). **การพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องภาษาท่า โดยใช้เพลงไทยเดิมเป็นสื่อกลุ่มสาระ การเรียนรู้ศิลปะ ฐานวิชานาฏศิลป์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์การศึกษาและการ เนาะแนว, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประทุม สร้อยวงศ์และคณะ. (2557). **การพัฒนาและทดสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการ ประเมินผลสัมฤทธิ์การฝึกปฏิบัติ การพยาบาลรวบรวม ททางอายุรศาสตร์ สำหรับนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 4 โดยใช้ OSCE**. ปีที่ 29 (ฉบับที่ 4), 86. สืบค้นเมื่อ 14, กุมภาพันธ์, 2559, จาก <http://www.tci-thaijo.org/index.php/TJONC/article/view/27645>.
- ปรเมษฐ์ บุญยะชัย. (2544). **เอกสารประกอบการสอนวิชาาริตนาฏศิลป์**. ม.ป.ท.
- Boonphadung, S., & Unnanantn, T. (2015) **Miller's Model for Developing Critical Thinking Skill of Pre-Service Teachers at Suan Sunandha Rajabhat University**. International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering, 9(2), pp. 511-566.