

**การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
โรงเรียนทับทอง เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
Comparisons of learning achievement of primary 4 students Tubthong School on
Astronomy and Space using the learning management model of STEM education.**

วันชัย แซ่มะระกุล*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนเรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โรงเรียนทับทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 30 คน โดยได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 35 ข้อ สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC), ร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ยของคะแนน, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), ค่าความยากง่าย (p), ค่าอำนาจจำแนก (r), One-sample T-test , T-test Dependent Sample, ค่าความเชื่อมั่น KR-21 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน

ผลการวิจัยพบว่า

1) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 10.07 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 29.37 จึงสรุปได้ว่าผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนทับทองหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ผลการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา โดยพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.11-4.28)

*นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

3) ผลการคำนวณทางสถิติถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ ให้สูงกว่าร้อยละ 60 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์สูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

Abstract

This research aims to compared Prathomsuksa 4 Students' Learning achievement towards science learning on the topic of Astronomy and space using the learning management model of STEM education.

The sample of this study were 30 students who've studied science and studying in Prathomsuksa 4 in the second semester, academic year 2016 at Tubthong School, Bangkok. The sample were selected by simple random sampling. The tools used in the study were lesson plan of STEM education, 6 plans for each activity. An assessments for these activities includes 35-item achievement test with 4 multiple choices. The statistics used for analyzing data were Index of Item-Objective Congruence; IOC, percentage, mean' standard deviation, Difficulty, Discrimination, One sample t-test(for T-test Dependent Sample) and Reliability for Kruder-Richardson-21 (KR – 21)

The results showed that:

1) The results of towards science learning on the topic of Astronomy and space using the learning management model of STEM education. Students who learned through the STEM education had after learning scores of science learning achievement towards Astronomy and Space higher than before learning at the .05 level of significance. The statistical analysis revealed that before the study, the average score of learning achievement was 10.07, and after learning the average score of achievement was 29.37.

2) The result of the creation of the Astronomy and Space Astronomy lesson plan is appropriate. The average lesson plan was found to be in the range of 4.11-4.28

3) Statistical Results of Learning Achievement of Prathomsuksa 4 Students Astronomy and Space It was found that the mean score of achievement was higher than 60% at the .05 level of significance.

Keyword: Attitude towards science learning, 7E inquiry learning activities

บทนำ

ในปัจจุบันเป็นยุคแห่งศตวรรษที่ 21 ยุคที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งเห็นได้จากมี อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยอำนวยความสะดวก เช่น ไอแพด สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น ซึ่งช่วยให้ การติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคลสะดวกขึ้น ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารจำนวนมากและสามารถสืบค้น ข้อมูลได้ด้วยตนเองและสะดวกรวดเร็ว และได้ข้อมูลที่ทันสมัย ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน ผู้สอนต้อง เปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บอกความรู้เป็นผู้โค้ช เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การ สื่อ สาร และ ความ ร่วม มือ (Communication and Collaboration) ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ประกอบด้วยทักษะด้านสารสนเทศ (Information Literacy) ทักษะด้านสื่อ (Media Literacy) ทักษะด้าน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communications and Technology Literacy) เป็นต้น (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 17)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กล่าวไว้ว่า “วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและ การงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจน เทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ วัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (K knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้อง ได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจใน ธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมี คุณธรรม” ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี และเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญในการ ค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น ดังในความรู้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ วิทยาศาสตร์จึงเป็น วัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อันมีความรู้ ทักษะ(กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ การสร้างสมประสบการณ์ในการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาความคิดที่มีเหตุผล สร้างสรรค์ คิด วิเคราะห์และวิจารณ์ และมีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบซึ่ง

ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถือเป็นคุณสมบัติสำคัญที่จำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนทุกคนในโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545, หน้า 1-2)

นอกจากนี้ การดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันก็ล้วนแล้วแต่ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์อยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ และจากการที่มนุษย์มีสมองมีความเฉลียวฉลาด และสามารถจัดการกับสิ่งต่าง ๆ ได้ดี มนุษย์จึงนำความสามารถดังกล่าวไปดัดแปลงปรับปรุงวิทยาศาสตร์จนเกิดเป็นเทคโนโลยีรูปแบบต่าง ๆ เช่น เทคโนโลยีอวกาศ เพื่อให้เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ที่ไม่มีสิ้นสุด และตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ที่มีความสนใจเกี่ยวกับท้องฟ้าและดวงดาว เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นประเทศใดที่มีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ประเทศนั้นก็จะมีความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ประชากรในประเทศก็จะมีคุณภาพชีวิตดีตามไปด้วย (เดมศักดิ์ เศรษฐวัชรานิช, 2540)

และอย่างที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกๆด้าน ทั้งด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม และการดำเนินชีวิต ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาสาระตามหลักสูตรควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะใหม่ๆ ที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่21 และสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่21 สาระวิชาก็มีความสำคัญ แต่อาจไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เพื่อมีชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่21 ปัจจุบันการเรียนรู้สาระวิชาจึงควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นคว้าด้วยตัวเองผ่านคำแนะนำช่วยเหลือจากครู หรือการช่วยออกแบบกิจกรรมที่มุ่งให้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเองและแสดงศักยภาพที่มีได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำ และมีความคิดที่สามารถแก้ไขปัญหา และบูรณาการสาขาวิชาอื่น ได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) จึงเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เหมาะสม เนื่องจากสะเต็มศึกษามุ่งเน้นที่จะบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ และมุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ อีกทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคตแห่งศตวรรษที่21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า4)

อีกทั้งงานวิจัยด้านสะเต็มศึกษา เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น ยังคงปรากฏอยู่น้อย แล้วยังพบว่าไม่ผู้วิจัยท่านใดทำการศึกษางานวิจัยทางด้านสะเต็มศึกษาในด้านดาราศาสตร์และอวกาศ ทั้งนี้เนื่องด้วยว่าความรู้ทางด้านดาราศาสตร์ และอวกาศนั้นเป็นการอ้างอิงผ่านทฤษฎีเสียส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีการกำเนิดเอกภพ ทฤษฎีการขยายตัวของกาแล็กซี ทฤษฎีแรงดึงดูดระหว่างดาว

เคราะห์เป็นต้น อีกทั้งผู้สอนหลายๆท่านยังคงมีมุมมองที่คล้ายกันคือถือว่าการเรียนการสอนด้านดาราศาสตร์ และอวกาศนั้นเป็นเรื่องไกลตัวจึงอาจเป็นเรื่องยากสำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ไม่ว่าจะเป็นการจัดกิจกรรม การทดลองปฏิบัติ ซึ่งไกลความจริง และไม่สามารถพาผู้เรียนออกจากห้องเรียนเพื่อไปค้นพบได้จริง และยากที่จะสร้างสถานการณ์จำลองให้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง ส่งผลให้การเรียนการสอนด้านดาราศาสตร์ และอวกาศเป็นไปตามทฤษฎีที่ถูกอ้างอิงผ่านหนังสือเรียนโดยทั่วไป ปัญหาที่พบคือผู้เรียนส่วนใหญ่มักจะอาศัยความรู้จำจากการบอกเล่าของผู้สอนที่อ้างอิงจากตำรา หรือหนังสือเพียงเท่านั้น ไม่ได้เข้าใจด้วยการลงมือปฏิบัติ

งานวิจัยชิ้นนี้จึงถูกจัดทำขึ้นด้วยความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศโดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาผ่านการลงมือปฏิบัติ มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะในการตัดสินใจ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและเป็นมิตร มีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติจนเกิดเป็นองค์ความรู้ตลอดจนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น ซึ่งทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้บรรลุผลได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่คาดหวังนั้นจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาที่ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญเป็นตัวส่งเสริมให้พัฒนาขีดความสามารถ ความอดทนที่จะรับมือกับปัญหาในด้านต่างๆ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งความทุ่มเทเอาใจใส่ต่อการสอนโดยมีความคิดที่จะให้ และรู้จักปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการให้คำแนะนำของผู้สอนแทนการสอนแบบเดิมๆที่เน้นการบอกเล่าและจดจำ เพียงเท่านั้นก็จะช่วยเสริมให้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความสนุก และบรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2557, หน้า4)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน
- 2.) เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา
- 3.) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ ให้สูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญ อย่างมีนัยสำคัญ

ขอบเขตของการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทับทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 61 คน แบ่งออกเป็น 2 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทับทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้อง โดยได้จากการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลาก เพื่อจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจำนวน 30 คน

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยใช้เวลาในการศึกษา 12 ชั่วโมง

1.เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีสาระการเรียนรู้อิงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ แผนที่1จักรวาลและอวกาศ แผนที่2ระบบสุริยะและดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ แผนที่3 เทหวัตถุในระบบสุริยะ แผนที่4ดาวฤกษ์ดาวเคราะห์ แผนที่5ดาวเคราะห์หินและดาวเคราะห์ก๊าซ และแผนที่6การเดินทางสู่อวกาศ

2.ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรจัดกระทำ คือ วิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม

3.สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC), ค่าเฉลี่ยของคะแนน (\bar{X}), ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), ค่าความยากง่าย (p), ค่าอำนาจจำแนก (r), One- sample T-test , T-test Dependent Sample, ค่าความเชื่อมั่น KR-21 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1.แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน เวลารวม 12 ชั่วโมง

แผนที่ 1จักรวาลและอวกาศ

แผนที่ 2ระบบสุริยะ และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

แผนที่ 3เทหวัตถุในระบบสุริยะ

แผนที่ 4 ดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์

แผนที่ 5ดาวเคราะห์หินดาวเคราะห์ก๊าซ

แผนที่ 6 การเดินทางสู่อวกาศ

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 35 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทับทอง เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น(Pre-experimental Research) One-Group Pretest-Posttest Design โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย ตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผลการวิเคราะห์เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย(\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.)

การทดสอบ	N	\bar{x}	S.D.	T	Sig
ก่อนเรียน	30	10.07	3.930	23.672	.000**
หลังเรียน	30	29.37	2.236		

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนทับทองหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยมีจุดประสงค์ทางการเรียนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดระดับความรู้ทางพุทธิพิสัย(Cognitive Domain) 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความรู้จำ (Knowledge) ระดับความเข้าใจ(Comprehension) และระดับการนำไปใช้ (Application)จำนวน 6 แผนได้แก่

1. จักรวาลและอวกาศ
2. ระบบสุริยะ และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ
3. เทหวัตถุในระบบสุริยะ
4. ดาวฤกษ์ และดาวเคราะห์
5. ดาวเคราะห์หินและดาวเคราะห์ก๊าซ
6. การเดินทางสู่อวกาศ

จากการตรวจสอบ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูล และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ได้ผลดังตารางดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางแสดงดัชนีความสอดคล้องในเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียน ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

แผนการสอน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	\bar{x}	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
จักรวาลและอวกาศ	4.60	3.75	4.00	12.35	4.11	สอดคล้องมาก
ระบบสุริยะและดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ	4.70	4.15	4.00	12.85	4.28	สอดคล้องมาก
เทหวัตถุในระบบสุริยะ	4.65	4.00	4.00	12.65	4.21	สอดคล้องมาก
ดาวฤกษ์ และดาวเคราะห์	4.70	3.80	4.00	12.50	4.16	สอดคล้องมาก
ดาวเคราะห์หิน ดาวเคราะห์ก๊าซ	4.65	4.10	4.00	12.75	4.25	สอดคล้องมาก
การเดินทางสู่อวกาศ	4.70	4.00	4.00	12.70	4.23	สอดคล้องมาก

3. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ ให้สูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งหวังให้ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 60 โดยผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 60

N	Df	K	\bar{x}	S.D.	μ	t
30	29	30	28.46	5.30	21	7.71*

*P < 0.05, t(29, 0.05) = 1.69

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์สูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

อภิปรายผลการศึกษา

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศ ด้วยวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องด้วยรูปแบบการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเน้นการลงมือปฏิบัติจริงดังที่มนตรี จุฬาววัฒนทล (2556: 16) ได้กล่าวไว้ว่าสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติและยังเป่าหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้ทดลองและปรับเปลี่ยนกระบวนการต่างๆ ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ และนำไปสู่คำตอบทางวิทยาศาสตร์ มากกว่าการบอกเล่าผ่านครูผู้สอนหรือท่องจำสูตรต่างๆ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผู้เรียนได้องค์ความรู้ ตลอดจนทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจากวารสารนักบริหาร STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 พ.ศ. 2556 นั้น พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ได้กล่าวไว้ว่า ทุกวันนี้เราเริ่มก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 สังคมเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่หยุดนิ่ง จึงเกิดจุดเริ่มต้นในการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างเชี่ยวชาญและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้เริ่มต้นมาจากการประชุมร่วมกันของบรรดานักวิชาการหลากหลายสาขาในสหรัฐอเมริกาภายใต้ความต้องการของรัฐบาลที่มุ่งพัฒนาคุณภาพประชากรในประเทศเพื่อยกระดับขีดความสามารถของประเทศ และศักยภาพในสังคม ที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีคุณภาพในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านต่างๆ อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้องค์ประกอบหลักในด้านต่างๆ ที่ควรเกิดขึ้นในผู้เรียนจากการจัดการศึกษาในศตวรรษ ที่ 21 ซึ่งหนึ่งตัวเลือกในการจัดการการศึกษาดังกล่าวก็คือการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่สามารถรองรับการจัดการการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นได้จากผลของการวิจัยนี้ข้างต้นที่สรุปได้ว่าภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในเนื้อหาตรงตามจุดประสงค์ที่วัดคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ของผู้เรียนผ่านระดับความรู้เชิงพฤติกรรม 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความรู้จำ (Knowledge) ระดับความเข้าใจ (Comprehension) และระดับการนำไปใช้ (Application) ได้เป็นอย่างดี และค่อนข้างชัดเจนโดยเฉพาะการแก้ไขปัญหาที่พบระหว่างทำกิจกรรมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Scott (2012) ที่ได้ศึกษาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ใน โรงเรียน

มัธยมของประเทศสหรัฐอเมริกาจำนวน 10 แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ที่มีผลต่อความพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียน สำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM โดยในหลายๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและ ดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลายๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผน และจากการศึกษาชี้ให้เห็น ว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่าเด็ก นักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วม และนอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้หากพวกเขาได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตจริง และค่อนข้างมีความรับผิดชอบมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนนั้นได้ทำกิจกรรมด้วยตนเองจึงสร้างบรรยากาศการเรียนรู้และเจตคติในเชิงบวกกับการเรียนรู้ทางด้านสาขาที่ได้รับการบูรณาการ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Tseng และคณะ (2013) ซึ่งพวกเขาได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงการ โดยมุ่งที่จะศึกษา เจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐานที่บูรณาการ STEM โดยพวกเขาได้ใช้เครื่องมือที่เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงการเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM ที่จะประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อ แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ ให้สูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์สูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ทั้งนี้เพราะอย่างที่กล่าวมาข้างต้นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาคือการให้ผู้เรียนได้ค้นหาคำตอบผ่านกระบวนการที่ตนเองคิดและสร้างขึ้น หรือทดสอบสมมติฐานในการทดลองด้วยตนเอง องค์ความรู้จึงเกิดจากความเข้าใจมากกว่าการจดจำ ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่เข้าใจไปแก้ไขหรือวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างแม่นยำสูง ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสนรินทร์ บือชา (2558 : 55-63) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 39 คน ซึ่งได้จากวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการ จับสลาก (Simple Random Sampling) โดยผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมงและภายหลังการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งจากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า เกินกว่าร้อยละครึ่ง (58.97) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูง

กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนต่างมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

1. การนำจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนนั้น ผู้สอนจะต้องมีคุณสมบัติในการเป็นผู้นำ หรือผู้แนะนำ มากกว่าการบอกกล่าวถึงจุดประสงค์ในการเรียน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้า สืบเสาะด้วยตนเอง

2. การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามีความสำคัญในเรื่องของการตั้งคำถามเป็นอย่างมาก กล่าวคือการสร้างคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะ นั้นจะต้องเป็นคำถามปลายเปิดทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและหาคำตอบอย่างมุ่งมั่นจนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3. การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ผู้สอนไม่จำเป็นต้องบูรณาการให้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา แต่ควรมุ่งเน้นให้นักเรียนได้มุ่งปฏิบัติและคิดวิเคราะห์ในขอบเขตของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทางด้านใดด้านหนึ่ง

4. การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ผู้สอนอาจจะต้องให้เวลาผู้เรียนได้ทำกิจกรรมเป็นสำคัญ และควรออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมช่วงเวลา โดยมุ่งเป็นการทำกิจกรรมเป็นหลัก

5. การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นการจัดการเรียนสอนที่มุ่งไปในเนื้อหาด้านดาราศาสตร์ และอวกาศในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นหากผู้ที่สนใจนำไปใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระของท่าน ผู้วิจัยมีความยินดีเป็นอย่างยิ่ง แต่หากไม่ตรงกับเนื้อหาสาระของท่าน ผู้สนใจอาจจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยอาศัยหลักการบางส่วนจากงานวิจัย เช่น ขั้นตอน การประเมิน ในการจัดกิจกรรม เป็นต้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาครั้งต่อไป

1. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ใช้สำหรับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และถูกใช้ในการปีการศึกษา 2559 ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี ทั้งนี้งานวิจัยนี้อาจจะปรับกิจกรรมให้มีเนื้อหาที่เหมาะสมกับกลุ่มทดลองกลุ่มเดิมในปีการศึกษา 2560 และ 2561 เพื่อติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

2. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทั้งนี้อาจประยุกต์ให้เหมาะสมกับเนื้อหาทางด้านอื่นเพื่อศึกษาตัวแปรทางด้านเนื้อหาหลายตัวแปรเช่น ด้านสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ด้านสารและสมบัติของสาร เป็นต้น

3. งานวิจัยชิ้นนี้อาจประยุกต์เพื่อให้เกิดการพัฒนาให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นไปกับในระดับชั้นอื่น เช่น ปฐมวัย มัธยมศึกษา เป็นต้น

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่21*. กรุงเทพมหานคร : ผู้แต่ง.
- เดิมศักดิ์ เศรษฐวัชรานิช. (2540). *วิทยาศาสตร์พัฒนาชีวิต*. กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- นัสนรินทร์บือชา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education)ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจ ต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาสน์.
- พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 52.
- มนตรี จุฬาววัฒนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือสะเต็ม. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 42(185), 16.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์*. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์บริษัทตา
- Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S. *Journal of STEM Education*, 13(5),30–39.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) Environment. *Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 87–102.