

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK)

เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

The Development of Integrated Learning TPACK Model in Exponent of Seventh-Grade Students

วิภาวี ม่วงท่า*¹ อพันตรี พูลพุทธา²
Wipawee Muangtam*¹ Apantee Poonputta²

Wipawee28@gmail.com*

ส่งบทความ 27 ตุลาคม 2566 แก้ไข 28 กุมภาพันธ์ 2567 ตบรับ 2 มีนาคม 2567
Received: October, 27 2023 Revised: February, 28 2024 Accepted: March, 2 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนแฉ่งน้อยศึกษา อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น จำนวน 31 คน จำนวน 1 ห้อง ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรม สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละความก้าวหน้า และการทดสอบค่าที่ ผลการวิจัยพบว่า

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 78.54/73.55 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70
2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่า ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.15, S.D.=1.06)

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบบูรณาการ, TPACK โมเดล, เลขยกกำลัง

*ผู้ประพันธ์บทความ (corresponding author)

¹ นิสิตปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิจัยและพัฒนาศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Student in Master of Education Curriculum and Instruction Faculty of Education Mahasarakham University

² Associate Professor in Educational Research and Development Faculty of Education Mahasarakham University

Abstract

The objectives of the research were: 1) to develop the lesson plans for “Exponent” of Mathematics by using Integrated Learning TPACK Model on the efficiency of the process and the overall result (E_1/E_2) at the established criteria of 70/70; 2) to compare the students’ learning achievement in “Exponent” of seventh-grade students before and after by using Integrated Learning TPACK Model; 3) to study the students’ satisfaction with Integrated Learning TPACK Model. The research samples were thirty-one seventh-students of class 1 in the 2nd semester of the academic year 2022 at Waengnoi Suksa School in Khon Kaen Province. They were selected by cluster random sampling. The instruments used in this study were lesson plans, an achievement test, and a questionnaire on students’ satisfaction. The statistics used for analyzing the collected data were mean, standard deviation, gain score and t-test.

The research results showed that:

1. The average efficiency of teaching and learning for “Exponent” by using Integrated Learning TPACK Model with exercises was 78.54/73.55, which was in line with the criteria 70/70.
2. The mean score of the 1st grade students for “Exponent” by using Integrated Learning TPACK Model was significantly higher than that of before using the Problem-Based Learning Model.
3. The overall satisfaction of the students with the Integrated Learning TPACK Model for “Exponent” was at a high level ($\bar{x}=4.15$, S.D.=1.06).

Keyword: Integrated Learning, TPACK Model, Exponent.

.....

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความคิด ริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ ซึ่งตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ นั่นคือ การเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

การสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ผู้สอนต้องมีความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ประการหนึ่งคือ ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและปฏิบัติงานได้หลากหลาย โดยอาศัยความรู้ในด้านสารสนเทศ ความรู้เกี่ยวกับสื่อ และความรู้ด้านเทคโนโลยี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปฏิรูปเปลี่ยนแปลง

รูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสนับสนุนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ดังกล่าว (วิจารณ์ พานิช, 2555) เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านการศึกษา เทคโนโลยีเปิดโอกาสในการเรียนรู้มากมายให้แก่ผู้เรียน รวมทั้งสามารถเปลี่ยนวิธีการสอนและความเชื่อของ ครูที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน (Erdogan & Sahin, 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคศตวรรษที่ 21 ความท้าทายสำหรับการศึกษาในยุคนี้ คือการค้นหาและพัฒนาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่าต่อการเรียนการสอน การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมีผลอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพในการส่งต่อวิธีการสอนสำหรับเนื้อหาที่สำคัญ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงอำนวยความสะดวกในการสอนของครูและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพยังต้องอาศัยความสามารถของเทคโนโลยีในการรวบรวมจัดระเบียบ และประเมินผลข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันด้วยเหตุนี้ครูยุคใหม่จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ทักษะในการออกแบบบทเรียนที่เน้นการใช้เทคโนโลยี และจะต้องนำบทเรียนดังกล่าวไปใช้ให้ต่อบัณฑิตผู้ประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียนในหลักสูตร ดังนั้นการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการถ่ายทอดเนื้อหาด้วยวิธีการสอนที่เหมาะสม

แนวคิดของการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนนั้น ได้พัฒนามาจากกรอบแนวคิดทฤษฎีของ Shulman (1986) ที่กล่าวถึงความรู้ในการบูรณาการวิธีสอนกับเนื้อหาที่สอนของครู (Pedagogical Content Knowledge) หรือ PCK แต่เมื่อเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องและมีบทบาทกับการศึกษามากขึ้น Mishra and Koehler (2006) จึงพัฒนารอบแนวคิดทฤษฎีใหม่ที่เรียกว่าความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (Technological Pedagogical Content Knowledge หรือ TPACK) โดย Koehler & Mishra (2006) ได้นิยาม TPACK ว่าเป็นความรู้ของครูในการสอนผ่านเทคโนโลยี โดยบูรณาการความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี

(Technological knowledge) ความรู้ด้านศาสตร์การสอน (Pedagogical knowledge) และความรู้ด้านเนื้อหาที่สอน (Content knowledge) เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนโรงเรียนแวงน้อยศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น ในปีการศึกษา 2562 ปีการศึกษา 2563 และปีการศึกษา 2564 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่าปีการศึกษา 2562 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 15.59 ซึ่งต่ำกว่าระดับจังหวัด ระดับสังกัด สพฐ. และระดับประเทศ ที่มีคะแนนเฉลี่ย 23.61, 25.62 และ 25.41 ตามลำดับ ปีการศึกษา 2563 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 17.97 ซึ่งต่ำกว่าระดับจังหวัด ระดับสังกัด สพฐ. และระดับประเทศ ที่มีคะแนนเฉลี่ย 24.49, 26.33 และ 26.04 ตามลำดับ และปีการศึกษา 2564 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 15.32 ซึ่งต่ำกว่าระดับจังหวัด ระดับสังกัด สพฐ. และระดับประเทศ ที่มีคะแนนเฉลี่ย 20.37, 21.83 และ 21.28 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) ผู้วิจัยจึงได้ตระหนักและเห็นความสำคัญที่จะต้องเร่งพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ปัญหาของการเรียนการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์ร่วมกับคณะครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนแวงน้อยศึกษา พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บกพร่องในเนื้อหาเรื่องเลขยกกำลังมากที่สุดบกพร่องในเรื่องความหมายของเลขยกกำลังสมบัติต่าง ๆ ของเลขยกกำลัง และการนำความรู้เรื่องเลขยกกำลังไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เป็นการเลือกใช้สื่อนวัตกรรมทางเทคโนโลยี ให้มีความสอดคล้องเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้และเนื้อหา ทำให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ จนทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์ของนักเรียน และให้สอดคล้องกับเป้าหมายในการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวงน้อยศึกษา อำเภอน้อย จังหวัดขอนแก่น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 90 คน จาก 3 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนวงน้อยศึกษา อำเภอน้อย จำนวน 31 คน จำนวน 1 ห้อง ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง

ตัวแปรตาม คือ ผลฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

วิชาคณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระที่ 1 จำนวนพีชคณิต มาตรฐาน ค1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ มี 7 เนื้อหา ดังนี้

1. สมบัติของเลขยกกำลัง
2. รากที่ 2 และรากที่ 3 ของจำนวนจริง
3. รากที่ n ของจำนวนจริง
4. ค่าหลักของรากที่ n ของจำนวนจริง
5. สมบัติของรากที่ n ของจำนวนจริง
6. การหาผลบวก ผลต่าง และผลคูณของจำนวนที่อยู่ในรูปกรณฑ์
7. เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) หมายถึง การจัดการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์ ตามกรอบ TPACK MODEL โดยครูผู้สอนเลือกใช้สื่อนวัตกรรมทางเทคโนโลยี ให้มีความสอดคล้องกันกับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย และเนื้อหาเรื่อง เลขยกกำลัง โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นเตรียม หมายถึง กระบวนการที่ผู้สอนสร้างความสนใจของนักเรียน เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ สื่อ infographic หรือ YouTube หรือ Quizizz

1.2 ขั้นสอน หมายถึง กระบวนการที่ผู้สอนนำเสนอและถ่ายทอดความรู้ กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยใช้สื่อนวัตกรรมทางเทคโนโลยี Mentimeter ซึ่งเป็นเว็บที่นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในการเรียนผ่านทางโทรศัพท์มือถือ

1.3 ขั้นยกตัวอย่าง/ตรวจสอบ หมายถึง กระบวนการที่ผู้สอนยกตัวอย่างประกอบเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น หรือผู้สอนอาจจะพิสูจน์กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปที่ได้นำเสนอไปให้ผู้เรียนเห็นจริงและได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยใช้ Mentimeter ในการตอบคำถาม

1.4 ขั้นสรุป หมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้ด้วยตนเองอีกครั้งว่ากฎเกณฑ์หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปที่ครูอธิบายนั้นเป็นจริงทุกประการ ข้อสรุปที่ได้นับว่าเป็นความรู้ที่ถูกต้อง โดยการทำใบงาน

1.5 ขั้นนำไปใช้ หมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้ จากผู้สอนไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือใช้ในการสร้างข้อสรุปใหม่ได้อย่างสมเหตุสมผล

2. ประสิทธิภาพของกิจกรรม หมายถึง ระดับ ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามจุดมุ่งหมาย โดยการประเมินด้วย เกณฑ์ 70/70 เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดประสิทธิภาพของ กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอน เนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 โดยการพิจารณาจากกระบวนการเรียนรู้และผลการ เรียนรู้ ดังนี้

70 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจากการทำใบงานแต่ละแผน การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอน เนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง รายวิชา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

70 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณา การเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ของ นักเรียนในเรื่อง เลขยกกำลัง รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วัดโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียน ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถวัดโดยใช้ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ เทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 แผน

- แผนที่ 1 สมบัติของเลขยกกำลัง
- แผนที่ 2 สมบัติของเลขยกกำลัง (ต่อ)
- แผนที่ 3 รากที่ 2 และรากที่ 3 ของจำนวนจริง
- แผนที่ 4 รากที่ n ของจำนวนจริง

แผนที่ 5 ค่าหลักของรากที่ n ของจำนวนจริง
แผนที่ 6 สมบัติของรากที่ n ของจำนวนจริง
แผนที่ 7 สมบัติของรากที่ n ของจำนวนจริง (ต่อ)
แผนที่ 8 การหาผลบวก ผลต่าง และผลคูณของ จำนวนที่อยู่ในรูปกรณฑ์

แผนที่ 9 เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็น จำนวนตรรกยะ

แผนที่ 10 เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็น จำนวนตรรกยะ (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาแล้วว่า แผนการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.47)

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ ผลปรากฏว่ามีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27 ถึง 0.82 นำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ทั้งฉบับด้วยวิธีโลเวท (Lovett) ข้อสอบมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.96

3. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ ลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 10 ข้อ นำมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ตามวิธีของ ครอนบาค (Cronbach) ผลปรากฏว่า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.94

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ตามเกณฑ์ 70/70 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์)

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์ด้วย dependent sample t-test

3. วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (อพันธ์ พูลพุทธา. 2565)

- 4.50-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 3.50-4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

- 2.50-3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 1.50-2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย
- 1.00-1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ทางการเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง

2. ดำเนินจัดการเรียนรู้ เรื่อง เลขยกกำลัง โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวม 10 ชั่วโมง กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. เมื่อสิ้นสุดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ตามกำหนดแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง ซึ่งเป็นฉบับเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน

4. ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ปฐมนิเทศรายวิชาเพื่อสร้างข้อตกลงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง โดยแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ แจ้งบทบาทของครูและนักเรียน และวิธีการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน แล้วทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) โดยวัดจากการทำใบงาน และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) โดยวัดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทียบกับเกณฑ์ 70/70 ผลปรากฏดังตาราง

ตาราง 1 ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง

คะแนน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	ร้อยละของคะแนนเต็ม
คะแนนระหว่างเรียน (E_1)	230	180.65	22.26	78.54
คะแนนหลังเรียน (E_2)	30	22.06	4.46	73.55

ประสิทธิภาพ = 78.54/73.55

จากตาราง 1 พบว่า คะแนนที่ได้จากระหว่างเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 180.65 จากคะแนนเต็ม 230 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.54 ของคะแนนเต็ม และคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.06 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.55 ของคะแนนเต็ม ดังนั้นแผนการกิจกรรมการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพ 78.54/73.55 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยวัดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ผลปรากฏดังตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้

Score	Pretest		Posttest		Paired Differences		t-test	p
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
30	12.97	4.12	22.06	4.46	9.10	3.25	15.59	0.00*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่อง เลขยกกำลัง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวัดระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ ผลปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 3 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อที่	รายการ	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	4.00	1.10	มาก
2	นักเรียนได้ฝึกการใช้เทคโนโลยีในชั้นเรียน	4.26	0.96	มาก
3	กิจกรรมการเรียนการสอนสนุกสนาน	4.35	0.91	มาก
4	กิจกรรมการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ	4.39	1.12	มาก
5	กิจกรรมที่ครูให้ปฏิบัติทำให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียน	4.45	1.06	มาก
6	นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในระหว่างเรียน	4.35	0.88	มาก
7	กิจกรรมการเรียนทำให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออก	3.74	1.26	มาก
8	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดคำนวณด้วยตนเอง	3.94	1.00	มาก
9	การใช้เทคโนโลยีทำให้นักเรียน รู้ความสามารถของตนเอง	4.13	1.06	มาก
10	นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงาน	3.87	1.09	มาก
รวม		4.15	1.06	มาก

จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.15$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 กิจกรรมที่ครูให้ปฏิบัติ ทำให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียน ($\bar{x} = 4.45$) อันดับ 2 กิจกรรมการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ ($\bar{x} = 4.39$) และอันดับที่ 3 กิจกรรมการเรียนการสอนสนุกสนาน และนักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในระหว่างเรียน ($\bar{x} = 4.35$) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 78.54/73.55 หมายความว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินผลระหว่างเรียนจากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ทั้ง 10 แผน คิดเป็นร้อยละ 78.54 และได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 73.55 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จะเห็นได้ว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) สามารถพัฒนาความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ เพราะการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ตามรูปแบบ TPACK Model ไม่เพียงแต่เน้นประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการสอน แต่ยังคำนึงถึงคุณภาพของเนื้อหาสาระ และจุดประสงค์ โดยเลือกใช้วิธีการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักเรียน สอดคล้องกับ National Council of Teachers of Mathematics (2000) ที่กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทำให้เนื้อหาที่เป็นนามธรรม มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ช่วยจัดการกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ช่วยให้การคิดคำนวณถูกต้องแม่นยำ เป็นต้น ส่งผลให้รูปแบบการเรียนการสอนเปลี่ยนแปลงไปและเพิ่มขีดความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chaidam & Poonputta (2022) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ตามแนวคิด TPACK MODEL ผลปรากฏว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ตามแนวคิด TPACK MODEL เรื่อง การวัดน้ำหนักของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ 85.54/78.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุวรรณ แก้วศรีใส และสยาม จวงประโคน (2564) ทำการวิจัยเรื่อง กระบวนการจัดการเรียนรู้รายวิชาดนตรีตามกรอบ TPACK

MODEL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองตู อำเภอรวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้รายวิชาดนตรีตามกรอบ TPACK MODEL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.18/84.07

2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เรื่องเลขยกกำลัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถพัฒนาความรู้ของนักเรียน เรื่องเลขยกกำลัง รายวิชาคณิตศาสตร์ได้ เนื่องจากนักเรียนได้มีการใช้นวัตกรรมในการทำแบบฝึกหัดออนไลน์ ทำให้ทราบผลคะแนนได้ทันที จนทำให้ทราบข้อบกพร่องแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขของคความรู้อย่างตนเอง สอดคล้องกับแนวคิดของ Koehler and Mishra (2009) ที่กล่าวว่า การบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีวิธีการสอน และเนื้อหาสาระที่สอนเข้าด้วยกัน (TPACK) เป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีที่อาศัยความเข้าใจในการนำเสนอแนวคิดของเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การเกิดองค์ความรู้ของนักเรียนในชั้นเรียนได้ จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ลิลลา อุดุลยศาสตร์ และ อามีเนาะ มะมิง (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้แนวคิด TPACK และ SAMR Model เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อนและจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อนและจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้วของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 กิจกรรมที่ครูให้ปฏิบัติทำให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียน

อันดับ 2 กิจกรรมการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ และอันดับที่ 3 กิจกรรมการเรียนการสอนสนุกสนาน และนักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในระหว่างเรียนตามลำดับ ที่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากการนำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในยุคปัจจุบันนั้น ตรงกับกับความต้องการของนักเรียน ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในยุคศตวรรษที่ 21 กับผลการวิจัยของ พิระพัฒน์ แสงรุ่งและคณะ (2565) ทำการวิจัย เรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ กุลธิดา พลเยี่ยม และคณะ (2564) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

1.1 ควรเตรียมสภาพแวดล้อมหรือความพร้อมในการเรียนก่อนจัดการเรียนรู้ ทั้งตัวนักเรียน อุปกรณ์การเรียน internet โปรแกรมที่ใช้ในการสอน

1.2 ครูควรมีการกระตุ้นหรือมีการเสริมแรงให้กับนักเรียน โดยการชมเชยนักเรียนที่ส่งคนแรก การชมเชยนักเรียนที่ทำคะแนนผ่านเกณฑ์ และได้ผลคะแนนสูงสุด เพื่อให้นักเรียนเกิดแรงกระตุ้นในการเรียนรู้

1.3 การวัดและการประเมินผลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และใบงาน ครูควบคุมการทดสอบ กำกับติดตาม เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่แท้จริง เน้นย้ำเรื่องความซื่อสัตย์

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการพัฒนารูปแบบของแบบฝึกทักษะออนไลน์ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนทราบคะแนนของตนเองได้อย่างรวดเร็ว

2.2 ควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) กับนักเรียนในระดับชั้นที่แตกต่างออกไป หรือในบทเรียนอื่น ๆ ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลเที่ยงตรงและเชื่อถือได้สูง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. http://academic.obec.go.th/images/document/1559878925_d_1.pdf.
- กุลธิดา พลเยี่ยม มะลิวัลย์ ฤณาพรณ์ และนิภาพร ชุตินันต์. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสร้างสรรคเป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลมของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. 15(2), 125-147. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/rmuj/article/view/253427>
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อการเรียนการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*. 5(1), 7-20. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/28419>
- พีระพัฒน์ แสงรุ่ง, สุขแก้ว คำสอน และ อุเทน ปุ่มสันเทียะ. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารบัณฑิตวิจัย*. 13(2), 71-86. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/banditvijai/article/view/258015>
- ลิลลา อุดุลยศาสตร์ และอามีเนาะ มะมิง. (2562). การใช้แนวคิด TPACK และ SAMR Model เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อนและจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา*, (24-34).
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. มูลนิธิสดศรี.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2564). *สรุปรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ O-NET*. https://www.niets.or.th/th/content/view/11821?fbclid=IwAR2Wlyt8yJltRw2u6W0AZo718wYZxNmGEJnlmk1Wg2QLVHQ0_fc6lqOAl0
- สุวรรณา แก้วศรีใส และสยาม จวงประโคน. (2564). กระบวนการจัดการเรียนรู้รายวิชาดนตรี ตามกรอบ TPACK MODEL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองคู อำเภอรวยบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 40(1), 129-140. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/humsu-journal/article/view/241411>
- อพันธ์ พูลพุทธา. (2561). รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 13(37), 61-74. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/JSSRA/article/view/96080>
- Chaidam, O. & Poonputta, A. (2022). Learning Achievement Improvement of 1st Grade Students by Using Problem-Based Learning (PBL) on TPACK MODEL. *Journal of Education and Learning*, (11)2, 43-48. <https://ccsenet.org/journal/index.php/jel/article/view/0/46567>
- Koehler, M.J. & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*. 9(1), <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogical-content-knowledge>
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.
- Shulman, L.S. (1986). Paradigms and research programs for the study of teaching. In M.C. Wittrock.

.....