

**การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา**
DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 6 STUDENTS' LEARNING AND INNOVATION SKILLS
IN THE PHYSICS SUBJECT ON THE TOPIC OF HYDRODYNAMICS IN STEM EDUCATION

ฉัตรดนัย สุวรรณรงค์* และ สิทธิพล อาจอินทร์

Chadanai Suwannarong* and Sitthipon Art-in

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Program in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

*Corresponding author: E-mail: Chadanai@hotmail.com

รับบทความ 5 กรกฎาคม 2562 แก้ไขบทความ 26 สิงหาคม 2562 ตอบรับบทความ 3 กันยายน 2562 เผยแพร่บทความ ตุลาคม 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนสอสงดาววิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา (STEM education) รวม 6 แผน 2) แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครู 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียน 4) แบบบันทึกการสะท้อนผลการเรียนรู้ 5) แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 6) แบบทดสอบท้ายวงจรร ปฏิบัติการ 7) แบบทดสอบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 8) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล วิเคราะห์ ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการ วิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ย เท่ากับ 80.30 จากคะแนนเต็ม 92 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.29 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 60.23 จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.04 และมี จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา, ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop Mathayomsuksa 6 students' learning and innovation skills and learning achievement in the Physics subject of Hydrodynamics in STEM Education, with the average scores of at least 80 percent of total score, and the total number of the students passing the criteria of 80 percent. The target group included 40 Mathayomsuksa 6 students of Songdaowittayakhom school under the Secondary Education Service Area Office 23 during the second semester of academic year 2018. The instruments for this research were: 1) six lesson plans of the Physics subject on the topic of Hydrodynamics in STEM Education, 2) a teaching behavior observation form 3) a students' learning behavior observation form, 4) Instruction records, 5) a learning and innovation skills' assessment form, 6) an end-of-spiral learning and innovation skills test, 7) a learning achievement test concerning the Physics subject on the topic of Hydrodynamics. Quantitative data was analyzed by descriptive statistics consisting of mean ($\bar{X}$), standard deviation (S.D.), and percentage (%). Qualitative data was analyzed by using content analysis.

The findings were as follows: 1) the students had average scores of learning and innovation skills for 80.30 of the total score 92 or 87.29 percent, with 35 students or 85.00 percent passing the criteria which were higher than the defined criteria; and 2) The students had average scores of learning achievement for 60.23 or 86.04 percent of the total score with 35 students or 87.50 percent passing the criteria which were higher than defined criteria.

Keywords: STEM Education, Learning and Innovation Skills

บทนำ

การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปจากเดิมมาก เนื่องจากโลกเข้าสู่ยุคแห่งการเป็นโลกาภิวัตน์ มีการเปลี่ยนแปลงในหลาย ๆ ด้าน เป็นสังคมที่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างรวดเร็วทั่วทุกมุมโลก มีการขยายตัวทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกิดการแข่งขันในด้านเศรษฐกิจที่สูงขึ้น สังคมจึงคาดหวังให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยให้ความสำคัญของการศึกษาที่มุ่งเน้นองค์ความรู้ ความคิด ความสามารถ ให้ผู้เรียนได้รู้จักการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ มีปฏิภาณในการแก้ปัญหา มีทักษะการใช้ชีวิตและประกอบอาชีพ มีทักษะการใช้เทคโนโลยีอย่างถูกต้องและคุ้มค่า ตลอดจนคุณธรรม จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม เป็นการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เปลี่ยนบทบาทครูผู้บรรยายมาเป็นครูผู้ร่วมกันออกแบบกิจกรรม (Teacher as designer) และเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านวิธีการต่าง ๆ โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีให้เข้าถึงความรู้ได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง จากนั้นนำความรู้ที่ได้มาอภิปรายแลกเปลี่ยนในห้องเรียน เรียกกระบวนการเรียนรู้แบบนี้ว่า Active learning เป็นกระบวนการที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student centered) (สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย, 2558, หน้า 1) ซึ่งหนึ่งในทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ทุกคนต้องเรียนรู้ตั้งแต่ชั้นอนุบาล ไปจนถึงมหาวิทยาลัย และตลอดชีวิต คือ ทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งได้แก่ (1) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and innovation) (2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving) (3) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and collaboration) (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 28 - 29) สอดคล้องกับสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนทั้ง 5 ประการ ที่ระบุในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้แก่ (1) ความสามารถในการสื่อสาร (2) ความสามารถในการคิด (3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 6 - 7) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนจะต้องจัดการเรียนรู้ โดยเลือกวิธีการสอนหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมนี้ เพื่อพัฒนาขีดความสามารถของผู้เรียนให้พร้อมสู่การเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 เรียนรู้ที่จะพัฒนานวัตกรรมและเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น

กระทรวงศึกษาธิการได้เร่งผลักดันแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ โดยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เน้นที่ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องของเนื้อหาสาระระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ให้ตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี ด้านเทคโนโลยี มีความเข้าใจ สามารถใช้จัดการและเข้าถึงเทคโนโลยีได้ ส่วนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์นำมาใช้เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการ ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต โดยเรียกการบูรณาการ 4 สาขาวิชานี้ว่า ระบบ “สะเต็มศึกษา (STEM education)” ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยงานหลักของประเทศไทยที่มีหน้าที่หลักในการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทย ได้ตั้งเป้าพัฒนาเด็กไทยให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นฐาน ให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และมองเห็นเส้นทางในการประกอบอาชีพในอนาคต พัฒนาให้มีความสามารถระดับนานาชาติภายในปี 2570 หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ของนักเรียนทุกช่วงชั้นจะต้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งจะวัดผลจากการสอบ O-NET โดยเป้าหมายนี้จะใช้ระบบ “สะเต็มศึกษา” เป็นกลยุทธ์หลักในการพัฒนา และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีความเหมาะสมในศตวรรษที่ 21 ในเรื่องของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยมีนวัตกรรมที่ช่วยสร้างนวัตกรรมใช้พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้ประเทศได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, หน้า 14) จากการรับการประเมินคุณภาพการศึกษาจากองค์กรภายนอกสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียนสองดาววิทยาคม เมื่อปี พ.ศ. 2558 โดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) พบว่า ด้านผู้เรียน มาตรฐานที่ 5 ผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตร โดยใช้คะแนนจากการทดสอบระดับชาติ O-NET ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการประเมินอยู่ในระดับปรับปรุง และจากรายงานผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2560 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เท่ากับ 2.45 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ ที่กลุ่มสาระการเรียนรู้กำหนดไว้ คือ 2.75 (โรงเรียนสองดาววิทยาคม, 2561, หน้า 65) ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ของครูยังมุ่งเน้นถ่ายทอดเนื้อหาวิชา ไม่เน้นกระบวนการคิด

การพิจารณาไตร่ตรอง การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และขาดการบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระที่เรียนกับการนำความรู้ไปใช้ใน ชีวิตประจำวันจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ที่ไม่ยั่งยืน ไม่สามารถนำความรู้กลับมาใช้ใหม่ได้ และกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นครู เป็นผู้หาความรู้มาให้ให้นักเรียนจดจำ ขาดการฝึกทักษะปฏิบัติ ทั้งที่เป็นทักษะวิทยาศาสตร์ และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่พบในกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์โรงเรียนสองดาววิทยาคมได้ และจากการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า สามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ในศตวรรษที่ 21 และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ (อาทิตยา พูนเรือง, 2559, หน้า 66; ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559, หน้า 59; กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559, หน้า 71)

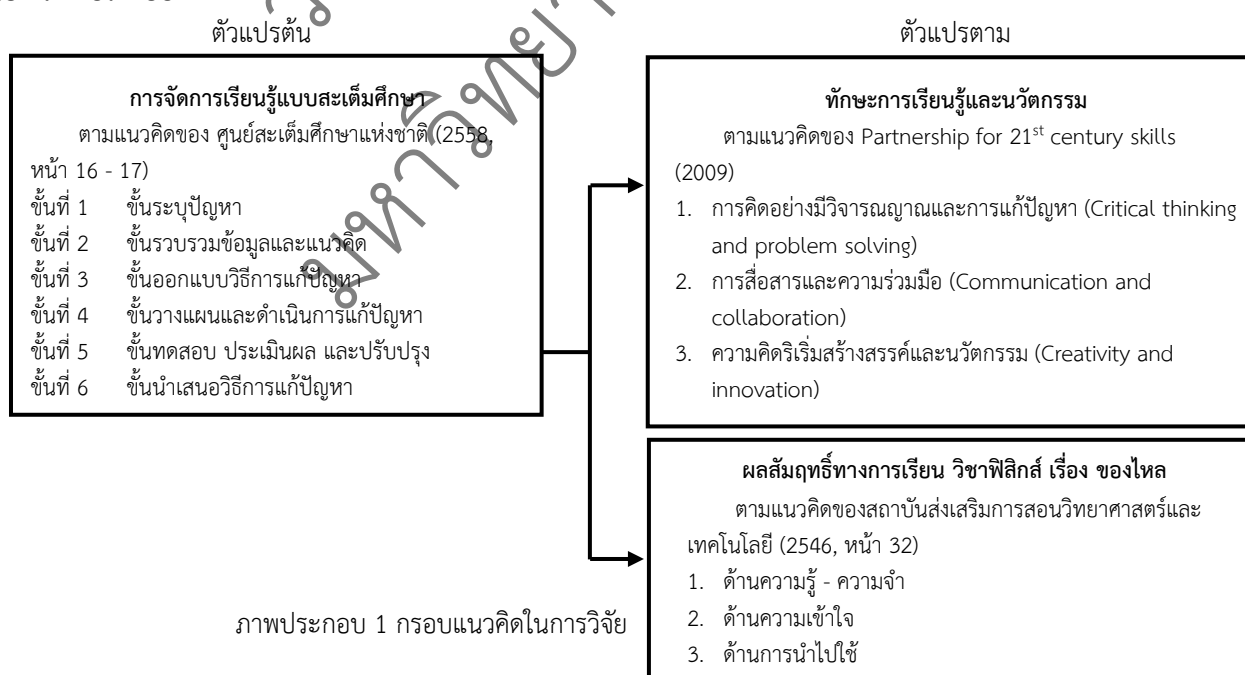
จากการวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้ และสภาพปัญหาทั้งด้านตัวครู ตัวนักเรียนและกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียน สองดาววิทยาคม ในฐานะครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงมีความสนใจที่จะนำ กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาใช้พัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสองดาววิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 เรื่อง ของไหล ให้สูงขึ้น เพื่อเป็นการ พัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ และเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก้าวเข้าสู่โลกในศตวรรษที่ 21 ด้วยความมั่นใจ มีทักษะที่จำเป็น ในการเรียนรู้และสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ให้นักเรียนมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่าน เกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

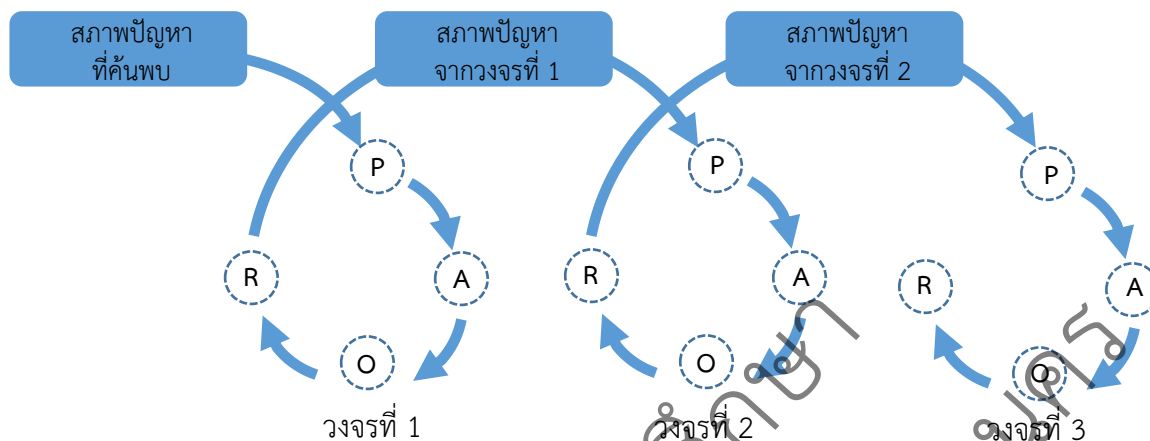
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบไปด้วย (1) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving) (2) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and collaboration) (3) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and innovation) รวมทั้งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีกรอบแนวคิดในการ วิจัยดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1999, p. 19) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนวิจัยเชิงปฏิบัติการ PAOR จากสภาพปัญหาที่ค้นพบ ประกอบด้วย 1) ขั้นการวางแผน (Plan) 2) ขั้นการปฏิบัติการ (Action) 3) ขั้นการสังเกตการณ์ (Observation) และ 4) ขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กระบวนการวิจัยโดยใช้วิธีเชิงปฏิบัติการ (Action research)

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/4 โรงเรียนสองดาววิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน โดยการใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย 2) เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย และ 3) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการปฏิบัติการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล รวมทั้งสิ้น 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ เช่น สารการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ ใบความรู้ ใบกิจกรรมสะเต็มศึกษา เป็นต้น ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) พบว่า มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม เท่ากับ 4.86 คือ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่

2.1 แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครู เป็นแบบสังเกตที่ผู้ช่วยวิจัยใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน (ผู้วิจัย) ที่เกิดขึ้นตามสภาพจริงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) พบว่า มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม เท่ากับ 4.87 คือ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นแบบสังเกตที่ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้นตามสภาพจริงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งรวมถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของตัวนักเรียนด้วย ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) พบว่า มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม เท่ากับ 4.87 คือ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

2.3 แบบบันทึกการสะท้อนผลการเรียนรู้ (After Action Review : AAR) เป็นแบบบันทึกที่ให้นักเรียนบันทึกผลการเรียนรู้หลังทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 5 คำถาม ได้แก่ 1) นักเรียนได้ความรู้ (K) อะไรจากการทำ

กิจกรรม 2) นักเรียนได้ทักษะอะไร (P) จากการทำกิจกรรม 3) นักเรียนได้คุณธรรม (A) อะไรจากการทำกิจกรรม 4) นักเรียนรู้สึกอย่างไรหลังจากการทำกิจกรรม 5) นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบบันทึกการสะท้อนผลการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) พบว่า มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม เท่ากับ 4.53 คือ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

2.4 แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบประเมินชนิดมาตราประมาณค่า 4 ระดับ (Rating scale) จำนวน 23 ข้อ ดำเนินการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จำนวน 7 ข้อ ประเมินจากการตรวจใบงานและใบกิจกรรม 2) ด้านการสื่อสารและความร่วมมือ จำนวน 8 ข้อ ประเมินจากการนำเสนอผลงานและการทำงานกลุ่ม 3) ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม จำนวน 8 ข้อ ประเมินจากผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นทั้งที่เป็นแนวคิดและชิ้นงานประดิษฐ์ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00

2.5 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ท้ายวงจรปฏิบัติการ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ โดยใช้เนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ในแต่ละวงจรมาดำเนินการสร้างข้อคำถามเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ และแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ทั้งหมด 3 ชุด ซึ่งจะดำเนินการทดสอบเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติการในแต่ละวงจรซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS พบว่า วงจรที่ 1 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.36 - 0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.37 - 0.61 ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) เท่ากับ 0.78 วงจรที่ 2 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.28 - 0.45 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.55 - 0.64 ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) เท่ากับ 0.90 และ วงจรที่ 3 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.32 - 0.60 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.54 - 0.76 ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) เท่ากับ 0.87

3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่

3.1 แบบทดสอบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ใช้ในการทดสอบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียน เพื่อประเมินประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย โดยใช้สถานการณ์ปัญหา จำนวน 1 ข้อ ให้นักเรียนพิจารณาแก้ไขตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยหลังจากที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามแบบทดสอบแล้ว ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยร่วมกันประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียน ตามเกณฑ์การประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินชนิดมาตราประมาณค่า 4 ระดับ (Rating scale) จำนวน 23 ข้อ ดำเนินการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียน ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00

3.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 10 ข้อ รวมทั้งหมด 30 ข้อ โดยมีขอบข่ายพฤติกรรมการวัด 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านการนำไปใช้ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS พบว่า มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.22 - 0.60 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.45 - 0.86 และมีค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) เท่ากับ 0.98

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการตามวงจรปฏิบัติการที่กำหนดไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีผู้ช่วยวิจัยช่วยสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมด้วย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอน ดังนี้

1. ปฐมนิเทศนักเรียน โดยให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล รวมทั้งข้อตกลง บทบาทหน้าที่ เป้าหมาย เกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ การวัด และประเมินผล

2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเริ่มปฏิบัติการระหว่างวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2561 - 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 6 แผน ใช้เวลา 24 ชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ

3. สะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร จากแบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้ของครู แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และแบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลการปฏิบัติที่ได้มาปรับปรุงการสอนในวงจรต่อไป

4. ทดสอบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียน หลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร เพื่อประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ แปรผล และสรุปผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยแยกวิเคราะห์ข้อมูลรายด้าน และวิเคราะห์รวมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (2) ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (3) ด้านการสื่อสารและความร่วมมือ นำคะแนนในแต่ละด้านมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าร้อยละ (%) แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ให้นักเรียนมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ท้ายวงจรปฏิบัติการ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยกรณำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครู แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน แบบบันทึกการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียน แบบบันทึกท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อหาข้อบกพร่อง ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข นำมาใช้ในการปรับปรุงพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในการดำเนินการครั้งต่อไปให้ดีขึ้น โดยนำเสนอในรูปแบบความเรียง ลักษณะการอธิบายความ ซึ่งนำไปสู่การอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ปรากฏผลดังตาราง 1 - 2

ตาราง 1 ผลการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ (%)	ผลการประเมิน (จำนวนนักเรียน = 40 คน)			
				ผ่าน		ไม่ผ่าน	
				(คน)	(%)	(คน)	(%)
ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	92	80.30	87.29	35	87.50	5	12.50

จากตาราง 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ย 80.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 92 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.29 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 80 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เมื่อพิจารณาคะแนนผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นรายด้าน ได้แก่ 1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2) ด้านการสื่อสารและความร่วมมือ 3) ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ปรากฏผลดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยจำแนกเป็นรายด้าน

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ (%)	ผลการประเมิน (จำนวนนักเรียน = 40 คน)			
				ผ่าน		ไม่ผ่าน	
				(คน)	(%)	(คน)	(%)
ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	28	24.78	88.48	32	80.00	8	20.00
ด้านการสื่อสารและความร่วมมือ	32	27.54	86.05	35	87.50	5	12.50
ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม	32	27.99	87.47	33	82.50	7	17.50

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 24.78 คะแนน จากคะแนนเต็ม 28 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.48 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 รองลงมา คือ ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีคะแนนเฉลี่ย 27.99 คะแนน จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.47 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 33 คน คิดเป็นร้อยละ 82.50 และด้านที่น้อยที่สุด คือ ด้านการสื่อสารและความร่วมมือ มีคะแนนเฉลี่ย 27.54 คะแนน จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.05 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ซึ่งคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกด้าน

2. ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ปรากฏผลดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

จำนวนนักเรียน	คะแนน		ร้อยละ (%)	ผลการทดสอบ			
	เต็ม	เฉลี่ย		ผ่าน		ไม่ผ่าน	
				(คน)	%	(คน)	%
40	70	60.23	86.04	35	87.50	5	12.50

จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ย 60.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.04 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 80 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ จำนวน 35 คน จากจำนวนทั้งหมด 40 คนคิดเป็นร้อยละ 87.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่นกัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. นักเรียนมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ย เท่ากับ 80.30 จากคะแนนเต็ม 92 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.29 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ เนื่องจาก นักเรียนได้รับการฝึกทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ตามกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีกระบวนการขั้นตอนที่ช่วยให้ นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี โดยสะเต็มศึกษา (STEM education) ยังเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 ให้เป็นผู้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดี และมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยี (พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556, หน้า 55) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเอง เกิดแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้และเพิ่มความเชื่อมั่นในการแก้ปัญหาของตนเองในสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ (Lantz, 2009, p. 8)

เมื่อพิจารณาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาสูงสุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 24.78 จากคะแนนเต็ม 28 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.48 ซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นทักษะสำคัญที่นักเรียนทุกคนต้องมี โดยทักษะนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนผ่านสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนแก้ไขนั้น เป็นเรื่องใกล้ตัวที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน เป็นสถานการณ์ที่ท้าทาย กระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนอยากเรียนรู้ มีความพยายามที่จะแก้ปัญหาให้สำเร็จ ประกอบกับสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยนำเสนอมีความชัดเจน ไม่ซับซ้อน ทำให้นักเรียนทำความเข้าใจและแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น ช่วยพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ซึ่งความสำเร็จของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) คือ การนำความรู้ ประสบการณ์ และทักษะที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มศึกษา ไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาชีพ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มขึ้น (Tseng et al, 2013, p. 98) นอกจากนั้นผู้วิจัยยังพบว่าทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านการสื่อสารและความร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 27.54 จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.05 ทั้งนี้เนื่องจากด้านนี้เป็นด้านที่ต้องใช้เวลานานในการสร้างชิ้นงาน และนำเสนอผลงานเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้มาก แต่เวลาในการนำเสนอผลงานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้มีอย่างจำกัด ผู้วิจัยจึงต้องเร่งให้นักเรียนทำกิจกรรมให้เสร็จตามเวลาที่กำหนด ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถนำเสนอผลงานได้ทั้งหมด และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันได้น้อย จึงทำให้ได้คะแนนเฉลี่ยในด้านนี้น้อยกว่าด้านอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ย 3.63 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมสูงสุด และมีคะแนนเฉลี่ยด้านการสื่อสารและความร่วมมือรองลงมา ทั้งนี้เป็นผลมาจากการให้นักเรียนทำงานในรูปแบบของการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการออกแบบนวัตกรรมและการนำเสนอความคิดในการออกแบบนวัตกรรมหน้าชั้นเรียนและร่วมตอบคำถามในชั้นเรียน จึงทำให้นักเรียนทำงานร่วมกันอย่างมีความสุข และสร้างสรรค์ (อินดาซ์ รัชเวทย์, 2560, หน้า 235)

2. นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล เฉลี่ยเท่ากับ 60.23 จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.04 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย ผ่านการพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญอย่างถูกต้องสมบูรณ์ ทำให้สามารถนำมาจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีรูปแบบการเรียนการสอนที่บูรณาการระหว่าง 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการวิชาทั้ง 4 มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ท้าทาย โดยการปรึกษา ออกแบบ และปฏิบัติงานจริง ร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียน เกิดแรงจูงใจที่อยากเรียน ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการแข่งขันทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างขึ้น ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นอยากสร้างผลงาน และอยากเอาชนะ จึงทำให้มีแรงจูงใจในการเรียน และสามารถเรียนรู้ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ (พลศักดิ์ แสงพรหมศรี, 2558, หน้า 402) นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงาน ทดแทน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559, หน้า 71) และยังสอดคล้องกับผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เอนไซม์ ใน 3 หัวข้อ (เอนไซม์ แอมิเลส เอนไซม์ โปรตีนเนส และกรดโฟลิก) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$) (อาทิตยา พูนเรือง, 2559, หน้า 66)

จากข้อมูลที่กำลังมาข้างหน้า เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ท้าทายความคิดและความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม ได้สื่อสารและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียน อยากที่จะเรียน ส่งผลให้มีพัฒนาการในการเรียนรู้ที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) จะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการทำงานกลุ่ม เพราะฉะนั้นในการแบ่งกลุ่มควรแบ่งให้แต่ละกลุ่มมีความสามารถเท่า ๆ กันทุกกลุ่ม และควรให้นักเรียนได้เปลี่ยนกลุ่มทุกครั้งในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีพัฒนาการในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และควรมีการสลับเปลี่ยนหน้าที่กันภายในกลุ่ม รวมทั้งผู้เสนอผลงานหน้าชั้นเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมความกล้าแสดงออก การแสดงความคิดเห็น และการมีส่วนร่วมกับสังคม

1.2 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้ที่นำมาใช้ควรชี้แนะแนวทาง และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด และควรให้เวลาในการทำกิจกรรมมากพอสมควร ไม่ควรรีบสรุปบทเรียนเร็วเกินไป เนื่องจากเป็นการปิดกั้นความคิดของนักเรียน ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกันมากขึ้นในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 การนำเสนอผลงาน และการอภิปรายของนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรเปิดโอกาส เปิดพื้นที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความสามารถอย่างอิสระ โดยครูเป็นผู้เสริมแรง ใช้คำถามที่กระตุ้นความคิดให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น มีการนำเสนอผลงานด้วยวิธีการที่หลากหลายและสร้างสรรค์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นทักษะที่จำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนนั้น สามารถจัดกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมให้กับนักเรียนได้ในทุก ๆ รายวิชาไม่ใช่เฉพาะวิชาในกลุ่มของวิทยาศาสตร์เพียงเท่านั้น ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ในรายวิชาอื่น ๆ ร่วมด้วย

2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับการสอนแบบอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการจัดการเรียนรู้

2.3 การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้วิจัยในครั้งนี้ยังอยู่ในวงแคบ เพราะโรงเรียนสองดาววิทยาคมเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดกลางที่ค่อนข้างเล็ก มีบริบทอยู่ในชนบท ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมระหว่างนักเรียนในเขตเมืองและชนบท เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education)

เอกสารอ้างอิง

- กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กายวิภาคศาสตร์ของพืช. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พรทิพย์ ศิริภทราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49 - 56.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 9(ฉบับพิเศษ), 401 - 418.

- โรงเรียนสโงดาววิทยาคม. (2561). รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา ประจำปีการศึกษา 2560 โรงเรียนสโงดาววิทยาคม. สกลนคร: ราชยานยนต์.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). *คู่มือหลักสูตรรอบบรมครูสะเต็มศึกษา*. เข้าถึงได้จาก <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf.pdf>. 9 เมษายน 2561.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *เอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย. (2558). *แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- อนันดา รัชเวทย์. (2560). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยใช้ชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยพายัพ* 11(3), 226 - 238.
- อาทิตย์ พูนเรือง. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1999). *The Action Research Planner*. (3rd ed). California: Midwest Publication.
- Lantz, H.B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. From <https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf>. April 9, 2018.
- Partnership for 21st Century Skills. (2009). *Framework for 21st Century Learning*. From http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resourceshttp://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf. April 9, 2018.
- Tseng, K. H., Chang, C-C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87 - 102.