



การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21
โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา
เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2*
Learning and Innovations Skills Development in 21th Century
Using STEM Learning Activity Package
Entitled “Separation of Matter” for Mathayomsuksa II Students

อนินดา รัชเวทย์^{1**} , ฐิชนิปกรณ์ สมแก้ว² , ปภาวี อูปธิ³
Anodar Ratchawet^{1**} , Thichineepakorn Somkeaw² , PaphaweeAupathi³

^{1,2,3}ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
เลขที่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

^{1,2,3}Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University
202 Chang Phueak Road, Chang Phueak Sub-district, Muang District, Chiang Mai 50300

บทคัดย่อ

จากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร 3) เพื่อศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนสันทรายหลวง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 2 จำนวน 1 ห้องละ 22 คน โดยได้จากการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย จากผลจากการวิจัยพบว่า 1) ชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ที่สร้างขึ้นนั้น มีค่าประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดสอบประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 77/76 สูงกว่าที่ตั้งไว้คือ 75/75 2) เมื่อใช้ชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 7 เป็นการให้ความรู้ทางด้านการแยกสาร (วิทยาศาสตร์) ส่วนการจัดกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง มาแยกสารกันเถอะ เป็นการประมวลความรู้ของนักเรียนโดยกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนทำการทดลองแยกสารโดยมีการออกแบบการทดลอง (วิศวกรรมศาสตร์)

* เรียบเรียงจากงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2

** ผู้เขียนหลัก (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ วิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่)
อีเมล: anodar@gmail.com

ให้นักเรียนตัดสินใจที่จะใช้อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแยกสาร ในราคาที่กำหนดโดยผู้วิจัย (คณิตศาสตร์) และการปรับปรุงนวัตกรรมที่นักเรียนสร้างขึ้น (เทคโนโลยี) พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคะแนนร้อยละ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 3) นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยประเมินพฤติกรรมออกเป็น 3 ด้านดังนี้ 1) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา 2) การสื่อสาร และการมีส่วนร่วม และ 3) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.62 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ชุดการเรียนการสอน สะเต็มศึกษา การแยกสาร

Abstract

The objectives of this research were 1) to study effectiveness of learning activity packages with entitled “Separation of matters”, and 2) to study the academic achievement of students, in science subject with entitled “Separation of matters”. 3) to study Learning and Innovations skills of students. 22 students, in 1 classroom, who were in Matthayomsuksa II in Sun-Sai Luang School, in the County Office of Education District 2 area, Chiang mai province was a sample group, in the 2015 academic year, with a group random sampling technique. The research findings found that 1) the learning activity packages which constructed had the effectiveness, evaluated by the experts and using with the target group, had value of 77.00/76.00 that higher than the preset (75/75). 2) After using the learning activity packages (8 lesson plans, 10 hours) found that, in the lesson plans no. 1 - 7 were the knowledge about separation of matter (Science). In lesson plan no. 8 with entitled “Let’s separation the matter” that the activity about comprehensive in all learnings. The researcher had determined the situation for students to design in separation the matter with experiment (Engineering process). In the same time, the students could make a decision making in choosing the apparatus with the price that specify already by the researcher (Mathematics). Finally, the improving processes for the students’ innovations (Technology). The academic achievement, of the students, had the development in the post-instruction score more than in the pre-instruction score 2% with .05 level of different statistical significant. 3) The learning and the innovation skills of students, by evaluating in 3 aspects, Critical thinking and problem solving skills, Communication and participation skills and creativity and innovation skills, was in the average value of 3.62 which in the high level.



Keywords

The Learning and the Innovation Skills, Learning Activity Packages,
STEM Education, Separation of Matter

บทนำ

การศึกษาของประเทศไทย ได้มีการพัฒนาหลักสูตรให้มีความก้าวหน้าอยู่เสมอโดยการพัฒนาหลักสูตรนั้น ต้องยึดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการเป็นหลัก สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเป้าหมายให้ผู้เรียนทุกคน นำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษาหาความรู้ และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบการคิดอย่างมีเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และมีจิตวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล โดยวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถบูรณาการร่วมกับวิชาอื่นๆ ได้ เช่นเดียวกับ รูปแบบการจัดการศึกษา ที่เรียกว่า รูปแบบ STEM ซึ่งย่อมาจาก Science, Technology, Engineering and Mathematics เป็นแนวทางการเรียนการสอนที่มีลักษณะของการบูรณาการเรียนการสอนทั้งสี่สาขาวิชาเข้าด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อให้ผู้เรียน นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ในชีวิตประจำวันโดยอาศัยการจัดการเรียนรู้ด้วยครูหลายสาขามาร่วมมือกัน วิชา Science เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติโดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ส่วน Technology เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง มาใช้ในการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นของมนุษย์ วิชาด้าน Engineering เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานนั้นๆ และวิชา Mathematics เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณ หรือ วิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณ เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับประเทศไทยนั้น กระทรวงศึกษาธิการได้เร่งผลักดันแนวทางการจัดการศึกษาระบบ “สะเต็มศึกษา” เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้แก่การศึกษาไทยและการศึกษาในประชาคมอาเซียน โดยเริ่มจากความร่วมมือในการประชุมเชิงปฏิบัติการของผู้บริหารสถานศึกษา ในภูมิภาคอาเซียน เพื่อสร้างวิสัยทัศน์การเป็นผู้นำทางวิชาการ ให้มีความรู้ความเข้าใจ และกลวิธีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อปรับเปลี่ยนการสอนของครูในโรงเรียนต่อไป การประชุมนี้ได้มาขยายผลในประเทศ โดยความร่วมมือของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับหลักสูตร การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยทาง สสวท. ได้จัดทำร่าง ยุทธศาสตร์ ปี พ.ศ. 2560-2569 โดยตั้งเป้าที่จะพัฒนาเด็กไทยให้มีความสามารถในระดับนานาชาติ ภายในปี พ.ศ. 2570 หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนทุกช่วงชั้นจะต้องเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งจะวัดผลจากการสอบโอเน็ต (O-NET) โดยเป้าหมายนี้จะใช้ระบบ “สะเต็มศึกษา”

เป็นกลยุทธ์หลักในการพัฒนา (ปัญญานันต์ วิเศษสมวงศ์, 2558)

จากการสำรวจผลการเรียนของเด็กนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จากผลค่าเฉลี่ยการสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) พบว่าในปีการศึกษา 2555 สถิติค่าเฉลี่ยผลคะแนนสอบ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของการสอบโอเน็ต (O-NET) มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าเฉลี่ย 33.10 คะแนน จากคะแนนสูงสุด 93.22 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 0.00 คะแนน จากผู้เข้าสอบ 391,524 คน นอกจากนี้ ทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน ประกาศผลโอเน็ต มัธยมศึกษา ปีที่ 6 คะแนนเฉลี่ยได้ต่ำกว่าเกณฑ์และมีการจัดลำดับเขตพื้นที่การศึกษาที่มีคะแนนโอเน็ตต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตพื้นที่การศึกษาใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และเขตพื้นที่การศึกษาในภาคเหนือ และในจังหวัดเชียงใหม่ เขต 6 เขต 2 และเขต 5 มีค่าเฉลี่ย 39.97, 39.93 และ 39.04 คะแนน ตามลำดับ แสดงว่าจังหวัดเชียงใหม่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556)

จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำรูปแบบการสอนแบบ STEM ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ มีแนวคิดมาจากหลายประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ออสเตรเลีย และเยอรมนี ที่พยายามพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยทำให้เกิดการบูรณาการของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยระบบสะเต็มศึกษาจะมุ่งส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม หรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การคิดแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (S) กระบวนการการแก้ไขปัญหา ปรับปรุงและพัฒนาสิ่งต่างๆ (T) การสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรม ต่างๆ โดยใช้วิทยาศาสตร์ (E) การนับจำนวน การจำแนก (M) เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนและนำไปสู่การแก้ไขปัญหาของนักเรียนที่ทำข้อสอบไม่ผ่านหรือการไม่เกิดความรู้ที่ยั่งยืนและไม่สามารถนำความรู้ที่มีอยู่มาใช้กับชีวิตประจำวันได้ โดยมีแนวคิดที่จะนำรูปแบบ การสอนแบบสะเต็มศึกษา มาประยุกต์ใช้ในเรื่อง การแยกสาร ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยจะนำชุดการสอน กิจกรรม แบบทดสอบ ไปใช้ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ประสิทธิภาพทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการเรียน โดยชุดการสอนดังกล่าว เพื่อที่จะทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความรู้ และนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา

3. เพื่อศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียน เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา

วิธีการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนั้น ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัย ใช้รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มมีการทดสอบ ก่อนและหลังเรียน (One-Group Pretest- Posttest Design) โดยมีการทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียน กลุ่มตัวอย่างด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการจัดการเรียนการสอนชุดการสอนตามแนวสะเต็ม ศึกษา เรื่อง การแยกสาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาทำการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) โดยทำการประเมินทักษะที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้และนวัตกรรมของ นักเรียนระหว่างดำเนินกิจกรรม และเก็บคะแนนจากการที่นักเรียนทำการทดลอง สังเกตจากการตอบคำถาม การให้ความสนใจ การตอบคำถามในใบงานและจากผลงานของนักเรียน หลังจากนั้นจึงทดสอบหลังเรียน แล้วให้นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา ดังนั้นจึงเป็นการศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการจัดการเรียนรู้ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 เรื่อง การแยกสาร โดยใช้แนวการสอนแบบสะเต็ม ซึ่งมีวิธีการวิจัยดังนี้

1. **ประชากรที่ใช้ในการวิจัย** ในครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนสันทรายหลวง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่ เขต 2 จำนวน 3 ห้อง จำนวนนักเรียน 109 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 1 ห้อง จำนวน นักเรียน 22 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ประกอบไปด้วย แผนการสอนทั้งหมด 8 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร โดยเป็นการถามความรู้โดยตรง และการประยุกต์ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการแยกสาร เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 35 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจ คุณภาพด้านความตรงต่อเนื้อหา (Validity) มีค่าเท่ากับ 0.97 เมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสันทรายหลวง ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน ได้ค่าระดับความยากง่าย (p) ซึ่งเป็นค่าความยากง่ายของข้อสอบรายข้อแบบอิงกลุ่มเมื่อเทียบเกณฑ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.59 มีค่าอำนาจ จำแนก (r) ซึ่งเป็นค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ แบบอิงเกณฑ์จากการคำนวณโดยใช้ B-index มีค่า อยู่ระหว่าง 0.23 – 0.50 นอกจากนี้ยังมีใบงาน 2 ชุด และแบบฝึกปฏิบัติการ

2.3 แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert Scale) โดยมีจำนวนทั้งหมด 8 ข้อ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้าน ความตรงต่อเนื้อหามีค่าเท่ากับ 1

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล การหาประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพ ของผลผลิต (E1/E2) โดยใช้ค่าร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน และร้อยละคะแนนหลังเรียน การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าทดสอบที แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test Dependent) รวมทั้งศึกษาระดับความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม การแยกสารของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. จากการศึกษาหาประสิทธิภาพของชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และประสิทธิภาพผลผลิต (E2) ของชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร

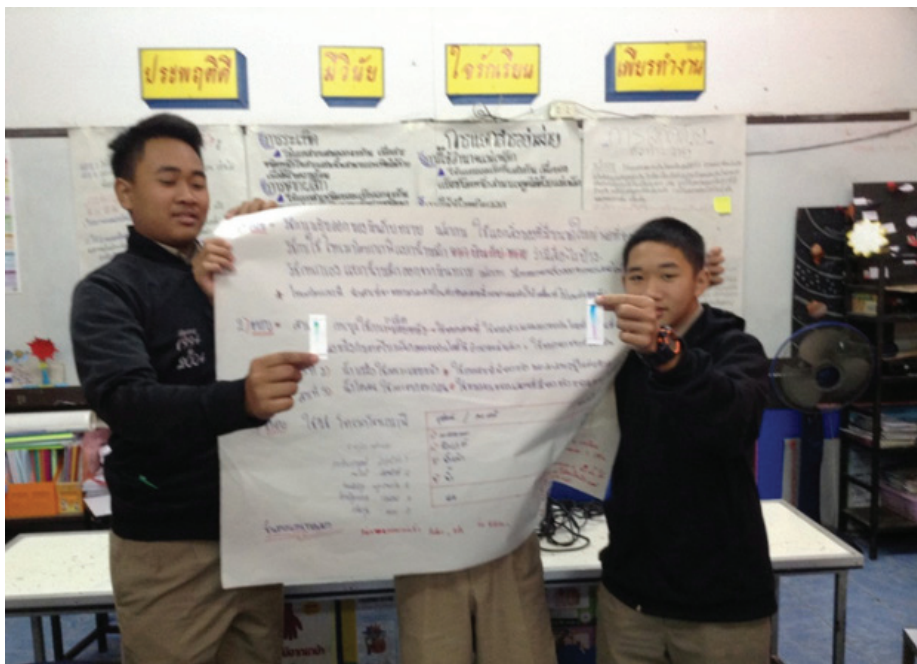
ผลคะแนน	ผลการเก็บคะแนนระหว่างเรียน				ผลการสอบเก็บ คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)
	ใบงาน (10 คะแนน)	การปฏิบัติของนักเรียน			
		พับกระดาษกรอง (5 คะแนน)	การทดลอง (5 คะแนน)	การนำเสนองาน (10 คะแนน)	
ผลรวม	163	89	94	163	730
ค่าเฉลี่ย	7.40	4.045	4.28	7.41	22.8
S.D.	0.51	0.78	0.46	0.74	4.81
ร้อยละ	77				76
	การหาประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลผลิต (E ₁ /E ₂) = 77/76				

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และประสิทธิภาพผลผลิต (E2) ของชุดการสอนดังกล่าว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสันทรายหลวง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ได้ผลคือ 77/76 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 75/75 ซึ่งผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง มาทดลองแยกสารกันเถอะ ที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนกำหนดสถานการณ์ว่า ครูมีเงินให้นักเรียน จำนวน 500 บาท (จากใบงานที่ 2) พร้อมให้นักเรียนทำการทดลองในเรื่องที่นักเรียนได้ตกลงกันภายในกลุ่ม โดยนักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม และให้นักเรียนทำการทดลองกลุ่มละ 1 การทดลองเท่านั้น ดังนั้น กลุ่มที่ 1 ทำเรื่อง การกรอง กลุ่มที่ 2 ทำเรื่อง การระเหิด กลุ่มที่ 3 ทำเรื่อง โครมาโทกราฟี และ กลุ่มที่ 4 ทำเรื่อง การแยกแ่งออกจากผงแม่เหล็ก ซึ่งจากใบงานที่ 2 นักเรียนในแต่ละกลุ่มต้องทราบหลักการในการแยกสารของกลุ่มตัวเองว่ามีหลักการอย่างไร (S) เงินจำนวน 500 บาทนั้นนักเรียนนำไปซื้อสารเคมีใดบ้าง และอุปกรณ์ใดบ้างที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแยกสาร และให้คำนวณ

ค่าใช้จ่ายที่นักเรียนใช้ไปในเงินจำนวน 500 บาท (M) เมื่อนักเรียนทราบถึง หลักการให้นักเรียนออกแบบ การทดลองว่า ในการทดลองของนักเรียนมีวิธีการทดลองอย่างไรในการแยกสารในแต่ละวิธีที่ผู้วิจัยกำหนด และนำเสนอวิธีที่เหมาะสมให้แก่กลุ่มอื่นได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะได้อย่างเหมาะสม จากที่นักเรียนทำการทดลองนั้นมีข้อผิดพลาดประการใด แล้วนักเรียนมีการแก้ไขอย่างไร (T) ซึ่งโดยรวม จะพบว่านักเรียนมีความรู้ด้านหลักการวิธีการทดลอง และวิธีการแก้ปัญหาเมื่อการทดลองของนักเรียนผิดพลาด รวมไปถึงวิธีการคำนวณเงินจากจำนวนเงิน 500 บาท ซึ่งรูปภาพระหว่างการจัดกิจกรรมแสดงได้ ดังภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1: แสดงภาพนักเรียนทำการทดลองเรื่องกรองสาร ภาพที่ 2: แสดงการทบทวนความรู้ก่อนทำการสอบ



ภาพที่ 3: แสดงการนำเสนอผลการทดลองของนักเรียน

2. จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา

2.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนได้รับการสอนด้วยชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร พบว่าผลคะแนนการจัดกิจกรรมก่อนเรียนและหลังเรียน โดยก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนและเมื่อจัดการเรียนการสอนครบทุกหัวข้อแล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนอีกครั้งโดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน จากการศึกษาคะแนนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 11.59 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 17.23 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลคะแนนก่อนและหลังเรียน โดยใช้ค่าสถิติ t-test จากการศึกษาคะแนนของนักเรียน โดยพบว่ามีการพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภายหลังได้รับการสอน กล่าวคือมีคะแนนสูงกว่าก่อนได้รับการสอน ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

แสดงผลคะแนนภาพรวมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

N=22

การทดสอบ	$\bar{x}$	S.D.	d	S.D. _d	t	Sig.(1-tailed)
ก่อนเรียน	11.59	4.12	5.64	2.11	12.56	0.0000
หลังเรียน	17.23	4.93				

2.2 ผลการศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ใช้วิธีการจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบ STEM ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

4.50 – 5.00	หมายถึง	มีทักษะมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง	มีทักษะมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	มีทักษะปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	มีทักษะน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	มีทักษะน้อยที่สุด

ตารางที่ 3

แสดงผลการสรุปการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียน

ทักษะที่ต้องการวัด	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D	ระดับการประเมิน
1. แบบประเมินการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา	3.41	2.12	มาก
2. แบบประเมินการสื่อสารและการมีส่วนร่วม	3.60	0.50	มาก
3. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	3.84	1.04	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.63	1.22	มาก

จากข้อมูลในตารางที่ 3 พบว่า ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.63 จัดอยู่ในระดับมาก โดยผลการประเมินเฉลี่ยในด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมมีค่าสูงที่สุด รองลงมาด้านการสื่อสารและการมีส่วนร่วมและการคิดวิพากษ์และการแก้ปัญหา ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. **ตอนที่ 1** การศึกษาหาประสิทธิภาพของชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

การศึกษหาประสิทธิภาพของชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา ที่ได้พัฒนาขึ้นในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่า IOC เท่ากับ 0.97 เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้ว ค่า IOC ที่ได้มากกว่า 0.5 (กรมวิชาการ, 2546, 65) แสดงว่า แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนนี้สามารถนำไปทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ได้ นอกจากนี้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีค่าอำนาจจำแนกข้อสอบรายข้อที่สามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ เนื่องจากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.50 (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2548) โดยมีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้ B-index ซึ่งถ้าหากค่า IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 แสดงว่า สามารถนำข้อสอบนี้ไปใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ ส่วนค่า B-index ที่น้อยกว่า 0.2 หมายถึง ไม่สามารถนำไปใช้ได้ ส่วนค่าความยากง่ายของข้อสอบรายข้อแบบอิงกลุ่มเมื่อเทียบกับเกณฑ์ มีค่า 0.20-0.59 หมายถึง ข้อสอบนั้นเป็นข้อสอบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ทุกข้อ และข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายที่มากกว่า 0.80 หมายถึง ข้อสอบชุดนี้มีความง่ายมาก ส่วนข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายที่มีค่าน้อยกว่า 0.2 จะถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากมากเกินไป จึงเป็นข้อสอบที่มีค่าควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง เมื่อเปรียบเทียบจากการคำนวณแล้วพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีความเหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ได้ทุกข้อ และมีประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษาที่ได้สร้างขึ้น ตามเกณฑ์ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการและผลลัพธ์ เท่ากับ 77/76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75 แสดงว่า การจัดกิจกรรม

การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับ 77 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์และมีประสิทธิภาพผลลัพธ์โดยเฉลี่ย (E2) เท่ากับ 76 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้งสองกรณี แสดงว่าการใช้ชุดกิจกรรมนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพทั้งกระบวนการและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน และข้อมูลดังกล่าวยืนยันว่าการสร้างชุดการสอนดังกล่าวสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2. ตอนที่ 2 ศึกษาผลการใช้ชุดการสอนกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสันทรายหลวง ได้ศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน 3 ประเด็นดังนี้

2.1 สรุปผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร สรุปได้ว่า นักเรียนสามารถนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา อย่างเป็นระบบ การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และคิดอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ผลคะแนนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนี้ พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 11.59 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 17.23 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของ ผลคะแนนก่อนและหลังเรียนจากค่าสถิติ t-test พบว่ามีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภายหลังได้รับการสอนมีคะแนนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวกว้างขวางขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Telley (2012) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอน STEM โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) และบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบโลก พบว่า ระดับผลการเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้น และมีระดับของการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้สูงขึ้น และงานวิจัยของ Becker & Park (2011) ได้ศึกษาการบูรณาการ STEM ลงสู่การศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์ กับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา พบว่า นักศึกษามีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เข้าใจถึงเหตุผลว่าทำไมต้องรู้สิ่งเหล่านั้นและส่งผลต่อการเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

2.2 การศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการสอนด้วยชุด การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร นักเรียนที่ได้รับการสอน มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.63 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก ถ้าพิจารณาในแต่ละด้านจะพบว่า ในด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.84 จัดอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะเรื่องความคิดสร้างสรรค์และการนำนวัตกรรมสู่การปฏิบัติ ทั้งนี้เป็นผลมาจากรูปแบบการในการดำเนินกิจกรรมได้เน้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่เรียนมาบูรณาการในการออกแบบนวัตกรรมใหม่เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งแต่ละกลุ่มออกแบบนวัตกรรมที่ต่างกันไปตามความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่ม และสามารถนำไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ นอกจากนี้ในส่วนของการสื่อสาร และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ก็มีคะแนนเฉลี่ยสูงรองลงมา ทั้งนี้เป็นผลมาจากการดำเนินกิจกรรม และจะให้นักเรียนทำงานในรูปแบบของการทำงานเป็นกลุ่ม จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการออกแบบนวัตกรรมและการนำเสนอความคิดในการออกแบบนวัตกรรมหน้าชั้นเรียนและร่วมกันตอบคำถามหน้าชั้นเรียนจึงจะทำให้



นักเรียนทำงานร่วมกันอย่างมีความสุข และสร้างสรรค์ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Ning (2013) ได้ศึกษาการเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผ่านการระดมสมอง โดยใช้โย-โย ซึ่งจากงานวิจัยของ Telley (2012) ที่กล่าวไว้ในตอนต้น ในส่วนของนักเรียนมีระดับของการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้สูงขึ้นเช่นกัน

จากทุกข้อที่กล่าวมาสอดคล้องกับการศึกษาในรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ขวัญทิศา ตั้งมัน, ปรางวลัย จำปาลี, อธิชาติ อุทัยบรรณ และวินัย ทองมาก (2555) ซึ่งได้ทำงานวิจัยเรื่องสะเต็มศึกษากับนักเรียนโรงเรียนภูมิพลวิทยา จังหวัดศรีสะเกษ เรื่องอุปกรณ์กำจัดวัชพืชอนุรักษ์น้ำ และ เกศินี อินตา, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และ อโนดาธิ์ รัชเวทย์ (2558) ได้ทำการศึกษาการสร้างและใช้ชุดกิจกรรม มหัศจรรย์ยางพารา โดยใช้ชุดการสอนแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแม่จันวิทยาคม จังหวัดเชียงราย จากการศึกษาทั้งสองงานวิจัย พบว่าผู้เรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบ ในการบูรณาการความรู้จากสิ่งที่ได้เรียน เพื่อนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดและมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (National Research Council, 2012) และพบว่านักเรียนมีประสิทธิภาพทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้รับการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา มาบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ ได้

สรุป

การวิจัยได้ชุดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพ 77/76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 75/75 และเมื่อนำชุดการสอนไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสันทรายหลวง จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกอย่างง่าย โดยผลการใช้ชุดการสอนพบว่ามีการพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 3.63 อยู่ในระดับมาก

สำหรับ ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ มีดังนี้

1. ชุดการสอนนี้สามารถกำหนดไว้ในหลักสูตรของโรงเรียนได้ เพื่อใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

2. หากในการทำวิจัยในครั้งต่อไป สามารถนำชุดการสอนอื่น มาปรับใช้ในแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักเรียนได้ในทุกระดับชั้นและทุกวิชาโดยนำมาบูรณาการกันเพื่อแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงได้ เป็นการสนองความต้องการนโยบายของชาติ รวมทั้งเป็นการยกระดับความคิด ความรู้ของผู้เรียน รวมถึงเป็นการสนับสนุนทักษะการเรียนรู้การสอนในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา ฯลฯ นอกจากนี้ ครูสามารถเลือกใช้กลวิธีการสอนต่างๆ มาสอดแทรกได้อีกมากมาย

3. สามารถนำวิธีวัดผลในด้านต่าง ๆ มาเพิ่มเติม เพื่อดูผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทั้งในระหว่างการจัดการเรียนการสอนหรือเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอนก็ได้

4. จากผลการศึกษาชุดการสอนดังกล่าว เป็นชุดการสอนที่เป็นแบบ Active Learning ที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้จากสถานการณ์จริง และสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เน้นการเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้โดยสามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขถึงการพัฒนาอย่างแท้จริง สนับสนุนให้นักเรียนแสดงความรู้ความสามารถออกมา และสามารถทำงานเป็นทีมได้ดีเยี่ยม ซึ่งสนับสนุนการเรียนรู้ในยุค Thailand 4.0 ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- เกศินี อินตา, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และ อนินดา รัชเวทย์. (2558). การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “มหัศจรรย์ยางพารา” โดยใช้แนวการสอนแบบ STEM กับการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. **วารสารครูพิบูล**. 2 (ฉบับพิเศษ 1), 132-141.
- กรมวิชาการ. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม**. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).
- ขวัญทิพา ตั้งมัน, ปรางวลัย จำปาดี, อภิชาติ อุณัยบรรณ และ วินัย ทองมาก. (2555). **งานวิจัยเรื่อง อุปกรณ์กำจัดวัชพืชอนุรักษ์ (The Equipment Eradicates the Weed)**. โรงเรียนภูมิพลวิทยา จังหวัดศรีสะเกษ โครงการยุวชนไทยรวมใจรักน้ำ ปี 2555.
- ปัญญานต์ย์ วิเศษสมวงศ์. (2558). **ส่วนอาเซียนสำนักการประชาสัมพันธ์ต่างประเทศจากบทความออนไลน์**. สืบค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2558, จาก <http://www.asean thai.net/special-news-detail.php?id=127>.
- ล้วน สายยศ และ อังคนา สายยศ. (2548). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2556). **คู่มือการจัดสอบ O-NET. สำหรับศูนย์สอบ 2556**. กรุงเทพฯ: สถาบันการทดสอบแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การแยกสาร ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2552**. กรุงเทพฯ: การพิมพ์ สกสศ ลาดพร้าว.
- Becker, H. K. & Park, K. (2011). Effects on integrative approached among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) subject on student' learning: A preliminary meta- analysis. **Journal of STEM Education**. 12(5), 23 – 37.
- Ning, F. (2013). Increasing high school students' Interest in STEM Education through collaborative brainstorming with yo-yos. **Journal of STEM Education**. 14(2), 8 – 14.
- Talley, T. (2012). **STEM strategies: project based learning in earth/space systems**. Retrieved December 13, 2013, from http://www.utmb.edu/tstem/articles/STEMStrategies_PBLand%20Earth_Space_Systems_Final.pdf.



PSRATI. (2556). **ทำไมต้องเป็นการเรียนรู้แบบ Stem Education**. สืบค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2558,
จาก <https://lekratiporn.wordpress.com/2013/08/04/stem-education/>.

National Research Council. (2012). **Education for Life and Work: Developing Transferable
Knowledge and Skills in the 21st Century**. Washington, DC: The National Academies Press.