

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : การพัฒนานักศึกษาออกแบบ แผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้เชิงรุก

ACTION RESEARCH: STUDENT DEVELOPMENT FOR ACTIVITIES PLANNING DESIGN OF STEM EDUCATION WITH ACTIVE LEARNING

ชฎิภัคค์ เขมวิมุตติวงศ์¹

Chutipuk Kemwimoottiwong¹

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300¹

Chaing Mai Rajabhat University, Muang District, Ching Mai 50300¹

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนานักศึกษาให้สามารถออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้เชิงรุกใน 3 ด้าน คือ ด้านการมีส่วนร่วม ด้านการรู้คิด และด้านพฤติกรรม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาวิชาเอกคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่เรียนวิชา COM 4102 การจัดการเรียนรู้คอมพิวเตอร์สำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 34 คน เครื่องมือการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก แผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา แบบประเมินแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักศึกษา แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่มที่มีต่อบรรยากาศในชั้นเรียน กิจกรรมการพัฒนาด้านการรู้คิดของนักศึกษา และกิจกรรมการพัฒนาด้านพฤติกรรมของนักศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา นำเสนอผลการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยโดยวิธีการพรรณนา

ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการพัฒนานักศึกษาออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้เชิงรุก มีกระบวนการ ดังนี้ 1) การจัดบรรยากาศการเรียนรู้เชิงรุก โดยใช้รูปแบบกิจกรรมเป็นฐานและกลวิธีกระบวนการกลุ่ม ผู้สอนมีบทบาทในการอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ 2) พัฒนาด้านการรู้คิดของนักศึกษา ให้นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และรู้จักคิด วิเคราะห์ หาแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ 3) พัฒนาด้านพฤติกรรมของนักศึกษาในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาและการสร้างชุดกิจกรรม

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สะเต็มศึกษา ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ปัจจัยสนับสนุนการพัฒนานักศึกษาในครั้งนี้ คือ นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาและสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักศึกษาเกิดความรู้จากประสบการณ์ที่ได้รับ และอุปสรรคในการพัฒนานักศึกษา คือ ต้องใช้เวลาในการเรียนการสอนไม่น้อยกว่า 9 คาบ และสื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ยังอธิบายและยกตัวอย่างประกอบเกี่ยวกับ “การออกแบบเชิงวิศวกรรม” ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ทำให้นักศึกษาเกิดข้อคำถามว่า “การออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึงอะไร ของการบูรณาการ สะเต็มศึกษาในผังมโนทัศน์” ทั้งนี้ จากการพัฒนานักศึกษาในครั้งนี้ ส่งผลให้นักศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่มีความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและประหยัดงบประมาณ

คำสำคัญ : การวิจัยเชิงปฏิบัติการ, การพัฒนานักศึกษา, การออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา, การเรียนรู้เชิงรุก

ABSTRACT

This research aimed to develop students to design STEM education activities plan with three active learning activities which were collaboration, cognitive, and behavioral. The sample were 34 Computer Education major students of Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University, who had been taught in the subject of COM 4102 : Computer Learning Management for Basic Education in the 2nd semester of academic year 2016. Research instruments were active learning activities model, activity plan evaluation form of student activities, classroom behavior observation, “realization” training and development activity, behavioral development activity. It was qualitative research. The data was analyzed by content analysis, and presented its result and concluded by descriptive narration.

The result of research indicated that process of planning activities for STEM education with active learning were as follow: 1) active learning environment, occurred by activity-based learning and group process strategy, and teacher's role in facilitating learning management, 2) developed their realizations on STEM education and analytical thinking for solving problems according to the study, and 3) adjusted their behaviors to an activity plan design for STEM education and created full set of STEM education activities for the Career and Technology department in a primary and secondary school.

The finding of this study were that students carried out an activity by themselves, they also gained more knowledge from experience and faced with problems as well, for example, they spent more than 9 times in the class, and the learning medias on STEM education, which developed by The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) were not clear enough. They still confused that what was an engineering design in the integrated STEM education concept mapping? Based on this students development, as a result, students could plan activities for STEM education, which appropriate for the context of the school and budget.

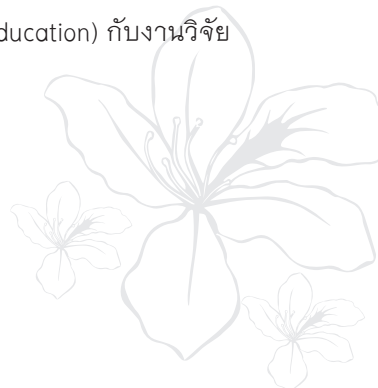
KEYWORDS : Action Research, Planning Activities, Active Learning, STEM Education, Student Development

บทนำ

คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึงองค์ความรู้วิชาการของศาสตร์ทั้งสี่ที่มีความเชื่อมโยงกัน ในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันสำหรับการดำเนินชีวิตและการทำงาน คำว่า STEM ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation : NSF) (Hanover Research, 2011, p.5 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2558) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่ 1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ 2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4

กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ 3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) ทำทลายความคิดของนักเรียน และ 5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สังกัดสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557) ได้นำเสนอบทความเผยแพร่ (Published Articles) เรื่องสะเต็มศึกษา (STEM Education) กับงานวิจัยสรุปได้ดังนี้



สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การเรียนการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาสาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นในวิธีการสอนของแต่ละวิชามาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงวิชา มาใช้ในการค้นคว้า การแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ 1) วิทยาศาสตร์ (Science : S) เป็นวิชาที่เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติ แยกเป็น ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ และวิชาอื่น ๆ หรือวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) และกิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) และกระบวนการอื่น ๆ 2) เทคโนโลยี (Technology : T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหา ปรับปรุง ออกแบบ พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราหรือเป็นกระบวนการ ออกแบบ หรือผลิตภัณฑ์ หรือ สิ่งก่อสร้างที่ช่วยทำให้การดำรงชีวิตของเรา สะดวกสบายมากขึ้น 3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการก่อสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ การออกแบบ กระบวนการ หรือการบริการ และการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งสาขาวิชา วิศวกรรมและสาขาวิชาเทคโนโลยีนั้น จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันผ่านทางกระบวนการ Engineering Design หรือ Design Process และ

4) คณิตศาสตร์ (Mathematics : M) เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) เช่น การเปรียบเทียบ การจำแนก การจัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่าง ใช้ในการคิดคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบเทคโนโลยี (Technology Design) และการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น (Higher-Level Math Thinking)

ประเทศไทยกำหนดยุทธศาสตร์ที่จะพัฒนาระบบการศึกษาในปัจจุบันให้เป็นระบบสะเต็มศึกษา สิ่งที่จะต้องพัฒนามี 4 ประเด็นหลัก คือ 1) การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน โดยถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินการความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กร (Corporate Social Responsibility : CSR) 2) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ทั้งในและนอกห้องเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษา 3) การพัฒนาครูและบุคลากรสะเต็มให้สามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไปสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และ 4) การปรับเปลี่ยนการประเมินในโรงเรียนและระดับชาติให้สอดคล้องกับสะเต็มศึกษา (สสวท., 2557)

ในรายวิชา COM 4102 การจัดการเรียนรู้คอมพิวเตอร์สำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นรายวิชาหนึ่งในหลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาวิชาเอกคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ที่เรียนในรายวิชานี้ให้มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา

ที่มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี และบริบทของโรงเรียนที่นักศึกษาจะไปสอนในอนาคต เนื่องจากโรงเรียนบางแห่งอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณในการจัดซื้อชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา อีกทั้งชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นอุปกรณ์การสอนสะเต็มศึกษาที่อาจไม่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนสอนอยู่ก็เป็นได้ ซึ่งหากครูสามารถออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ด้วยตนเอง โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องเรียน หรือเศษวัสดุเหลือใช้ที่ไม่ต้องใช้งบประมาณมากนัก ก็จะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีโอกาสการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้มากยิ่งขึ้น แม้ว่าโรงเรียนจะมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการจัดซื้อชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาก็ตาม

ดังนั้น ในส่วนหนึ่งของรายวิชาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนานักศึกษาออกแบบแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนหรือห้องเรียน ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งเป็นวิธีสอนรูปแบบหนึ่งที่มุ่งเน้นด้านการเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจ และการนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความตื่นตัว มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติหรือกระทำด้วยตนเอง (Active Learning) มากกว่าการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้รับฟังอย่างเดียว (Passive Learning) ความรู้ที่เกิดขึ้นจึงเป็นความรู้ที่ได้จาก

ประสบการณ์ของผู้เรียน (Sweeller, 2006) และใช้วิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & Mc Taggart (1988) คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (Planning) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observing) และการสะท้อนกลับ (Reflecting) เป็นการวิจัยที่จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และปรับปรุงแผนการปฏิบัติงาน (Re-planning) โดยดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้ บุญชม ศรีสะอาด (2553) ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเน้นการวิจัยเฉพาะที่ไม่ได้มุ่งการนำผลการวิจัยมาใช้ในการสรุปอ้างอิง หรือสรุปครอบคลุม กล่าวคือ ผู้วิจัยลงมือดำเนินการเพื่อการแก้ปัญหา หรือพัฒนาการปฏิบัติงานของตนเองไม่ได้มุ่งนำไปใช้ในที่อื่น ๆ และสรุปไว้ว่ากิจกรรมใดที่ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาโดยการคิดค้นวิธีการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหานั้น สามารถแก้ปัญหได้อย่างสมบูรณ์หรือแก้ได้เป็นระดับหนึ่งครูได้ความรู้ใหม่นั้นว่าเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนานักศึกษาให้สามารถออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้เชิงรุกใน 3 ด้าน คือ ด้านการมีส่วนร่วม ด้านการรู้คิด และด้านพฤติกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน โดยการจัดการเรียนรู้เชิงรุก และใช้รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การใช้กิจกรรมเป็นฐาน รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ และนำเสนอผลการวิจัยโดยการพรรณนา

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษา วิชาเอกคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่เรียนวิชา COM 4102 การจัดการเรียนรู้คอมพิวเตอร์สำหรับการ ศึกษาชั้นพื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 34 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

2.2 การออกแบบแผนกิจกรรม สะเต็มศึกษา เพื่อการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

2.3 ฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรม สะเต็มศึกษาตามแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่ได้ออกแบบไว้

3. ขอบเขตด้านแหล่งความรู้ สะเต็มศึกษา

หนังสือ เอกสาร และเว็บไซต์ ของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท. <http://www.stemedthailand.org/> และลิงค์เชื่อมโยงที่เกี่ยวข้อง

เครื่องมือในการวิจัย

1. รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก
2. แผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา
3. แบบประเมินแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักศึกษา
4. แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม ที่มีต่อบรรยากาศในชั้นเรียน
5. แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม ที่มีต่อกิจกรรมการพัฒนาความรู้คิดของนักศึกษา
6. แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่ม ที่มีต่อกิจกรรมการพัฒนาด้านพฤติกรรมของนักศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้สอนได้ ทำการศึกษา และเข้ารับการอบรมการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพด้านวิชาการตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ของตนเองและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง จัดดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ด้วยตนเอง โดยสังเกตพฤติกรรมกลุ่มในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา และสังเกตพฤติกรรมกลุ่มในการฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษารวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยที่สนับสนุนและปัจจัยที่เป็นอุปสรรคของการดำเนินงานตามขั้นตอนของการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (PAOR) (Kemmis & Mc Taggart, 1988) และการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนเชิงรุก ใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning) ดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยวางแผนการพัฒนานักศึกษาออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้เชิงรุก โดยใช้รูปแบบกิจกรรมเป็นฐานและกลวิธีกระบวนการกลุ่ม ผู้สอนมีบทบาทในการอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ คือ

1.1 เตรียมบรรยากาศในชั้นเรียนให้เอื้อต่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) โดยใช้กลวิธีของกระบวนการกลุ่ม (Group Processing) และจัดให้มีการประเมินผลโดยกลุ่มเพื่อน (Peer Assessment) เพื่อให้นักศึกษาเกิดความมั่นใจในตัวเองในการพัฒนาความคิด ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้ข้อชี้แนะ

1.2 เตรียมกิจกรรมการพัฒนาด้านการรู้คิดของนักศึกษา (Cognitive Activity) เพื่อให้นักศึกษาได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา โดยการกระตุ้นให้นักศึกษามีส่วนร่วมในชั้นเรียน ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอน เกิดการคิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำวันหรือบริบทร่วมกัน

1.3 เตรียมกิจกรรมการพัฒนาด้านพฤติกรรมของนักศึกษา (Behavioral Activity)

เพื่อให้นักศึกษาได้กำหนดแนวคิดและออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อการเรียนรู้การสอนในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักศึกษามีการคิดวิเคราะห์ หาวิธีการแก้ไขปัญหาที่พบตามสภาพจริงร่วมกัน โดยการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M) เชื่อมโยงความเข้าใจวิชาต่าง ๆ ทั้งสี่ศาสตร์เข้าด้วยกัน รวมถึงการยอมรับมติของกลุ่มในแนวทางและวิธีการแก้ไขปัญหาาร่วมกัน จากนั้นให้นักศึกษาร่วมกันฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ตามแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ได้ออกแบบไว้ ทำการประเมินผลจากพฤติกรรม ความเข้าใจ โดยไม่มีการสอบ การนำเสนอผลงานของกลุ่ม และประเมินผลโดยกลุ่มเพื่อน

2. การปฏิบัติการ (Action) เป็นการดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้ ดังนี้

2.1 ผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน และให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน เพื่อทำงานร่วมกัน แบ่งหน้าที่การทำงาน ปรึกษาหารือร่วมกัน ลงมติความคิดเห็น และลงมือปฏิบัติร่วมกันเพื่อความสำเร็จของกลุ่ม เนื่องจากกิจกรรมที่ทำ ไม่สามารถกระทำได้เพียงผู้เดียว

2.2 จัดกิจกรรมด้านการรู้คิด เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักศึกษามีความรู้ในเรื่องสะเต็มศึกษา โดยผู้สอนสรุปความคิดรวบยอด แนะนำวิธีการสืบค้นข้อมูล และวิธีการศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจากหนังสือ เอกสาร และแหล่งข้อมูลที่เป็นเว็บไซต์ของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นกระตุ้นให้นักศึกษา

แต่ละกลุ่มเกิดแนวคิด และวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันหรือบริบทท้องถิ่นของตนเอง และคิด วิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้เพื่อการแก้ไขปัญหาตามแนวทางของสะเต็มศึกษาร่วมกัน โดยผู้สอนทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นักศึกษาในแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

2.3 จัดกิจกรรมด้านพฤติกรรม โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ นักศึกษาแต่ละกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และยอมรับมติของกลุ่มในการเลือกปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวันหรือบริบทท้องถิ่นของตนเอง เพื่อใช้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อการเรียนรู้การสอนในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี จากนั้นให้นักศึกษาร่วมกันฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ได้ ออกแบบไว้ ทำการประเมินผลจากพฤติกรรมของกระบวนการกลุ่มที่ร่วมกันทำงาน ความเข้าใจในกระบวนการสะเต็มศึกษาโดยดูจากแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยไม่มีการสอบ และแต่ละกลุ่มการนำเสนอผลงานแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา และชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา จัดให้มีการประเมินผลงานโดยกลุ่มเพื่อน และเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้แสดงความคิดเห็นต่อการเรียนรู้เชิงรุกในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา

3. การสังเกตการณ์ (Observation)

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ เกี่ยวกับการเรียนรู้เชิงรุกที่ใช้รูปแบบการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้โดยกิจกรรมเป็นฐาน ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ และกระบวนการกลุ่ม และผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติงานของกลุ่มนักศึกษา คือ แผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา และชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา รวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยที่สนับสนุนและปัจจัยที่เป็นอุปสรรคของการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่เกิดขึ้นตามมา

4. การสะท้อนกลับ (Reflection)

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ ผู้วิจัยทำการวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานของกลุ่มนักศึกษาตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยที่สนับสนุนและปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวน และปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ตามแนวคิดพื้นฐานของ Marsick & Watkins (1997) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นระยะ ๆ ตามขั้นตอน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมโดยรวมก่อน แล้วจึงพิจารณาในรายละเอียดต่อไป และนำเสนอผลการวิจัยโดยการพรรณนา

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเชิงปฏิบัติการ : การพัฒนา
นักศึกษาออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา
โดยการเรียนรู้เชิงรุก ผลการวิจัยจากการ
สังเกตการณ์ ชั้นวางแผน และชั้นปฏิบัติการ
พบว่า

1. การจัดบรรยากาศการเรียนรู้เชิงรุก
ใช้รูปแบบกิจกรรมเป็นฐาน โดยกลวิธีของ
กระบวนการกลุ่มนั้น ส่งผลเอื้อให้นักศึกษา
ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน
มีการเคารพต่อมติของกลุ่ม และรู้จักการ
ทำงานร่วมกับผู้อื่น ยอมรับการวิพากษ์ผลงาน
จากกลุ่มเพื่อนนักศึกษา มีความมั่นใจในการ
แสดงความคิดเห็น เนื่องจากได้รับกำลังใจจาก
เพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักศึกษากล้าพูดและกล้า
แสดงออก ทั้งนี้บทบาทของผู้สอนนอกจาก
จะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการ
จัดการเรียนรู้ และคอยให้คำชี้แนะแล้ว บทบาท
ที่สำคัญของผู้สอนอีกอย่างหนึ่ง คือ ต้องกระตุ้น
ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่าง
ทั่วถึงในทุก ๆ กลุ่ม โดยใช้เทคนิคคำถามต่าง ๆ
ที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ สถานการณ์จริง ที่
ปรากฏในชีวิตประจำวันหรือบริบททั่วไป

2. การจัดกิจกรรมด้านการรู้คิด โดย
ผู้สอนมีบทบาทในการให้ความคิดรวบยอด
ที่เป็นความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และแนะนำ
แหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อการสืบค้นข้อมูล
เพิ่มเติมแก่นักศึกษานั้น ส่งผลให้นักศึกษา
ในแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้น มีความ
สนุก ในการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการทราบเพิ่ม
เติม เนื่องจากนักศึกษาได้มีโอกาสทราบข้อมูล
ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจากสื่อที่มีความ

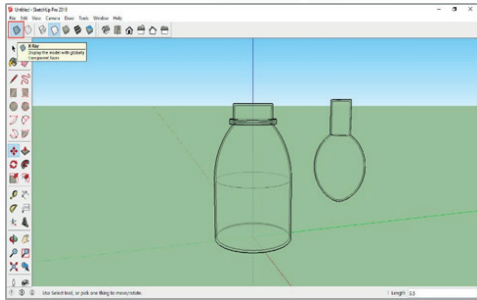
หลากหลายรูปแบบ เช่น วิดีทัศน์ บทเรียน
อิเล็กทรอนิกส์ ผลงานของบุคคลที่ประสบ
ความสำเร็จ หรือปัญหาและแนวคิดเกี่ยวกับ
วิธีการแก้ไขปัญหาของบุคคลต่าง ๆ เป็นต้น
รวมทั้งนักศึกษามีการเรียนรู้ร่วมกันกับสมาชิก
ในกลุ่ม แลกเปลี่ยนข้อมูลที่ค้นพบซึ่งกันและกัน

3. การจัดกิจกรรมด้านพฤติกรรม
เพื่อให้นักศึกษาได้ออกแบบแผนกิจกรรม
สะเต็มศึกษา ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ
และเทคโนโลยี และฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรม
กิจกรรมสะเต็มศึกษา ผู้สอนมีบทบาทกระตุ้นการ
เรียนรู้ของนักศึกษา ด้วยการตั้งประเด็นคำถาม
ที่เกี่ยวข้องกับการพบเห็นปัญหาในชีวิตประจำ
วันหรือบริบทท้องถิ่นว่า เราจะนำกระบวนการ
ของสะเต็มศึกษามาใช้แก้ไขปัญหาที่พบนั้นได้
อย่างไร เราจะออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็ม
ศึกษา เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้การแก้ปัญหานั้น
ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างไร

ทั้งนี้ นักศึกษาจะมีการปรึกษาหารือ
คิดวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่ม เกิดความคิด
สร้างสรรค์บนฐานความรู้ที่หลากหลาย ซึ่งนำ
ไปสู่การเรียนรู้ของนักศึกษาในการลงมติ เพื่อ
ที่จะเลือกหัวข้อปัญหาที่สมาชิกในกลุ่มมีความ
สนใจร่วมกัน และนำมาออกแบบแผนกิจกรรม
สะเต็มศึกษา

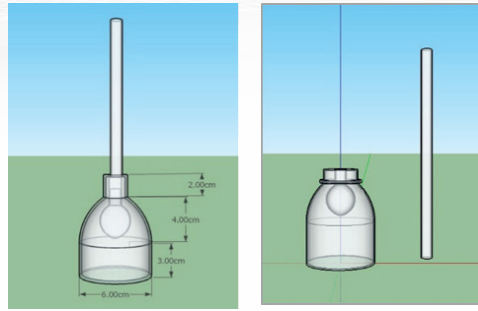
การออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็ม
ศึกษาในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและ
เทคโนโลยีนั้น ประกอบด้วยแผนกิจกรรม
สะเต็มศึกษาระดับประถมศึกษา นักศึกษา
ส่วนใหญ่เลือกใช้โปรแกรมวาดภาพ และระดับ
มัธยมศึกษา เลือกใช้โปรแกรม 3 มิติ เพื่อ
ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้อง

กับมาตรฐานตัวชี้วัดการเรียนรู้ของหลักสูตรสถานศึกษา ดังภาพที่ 1



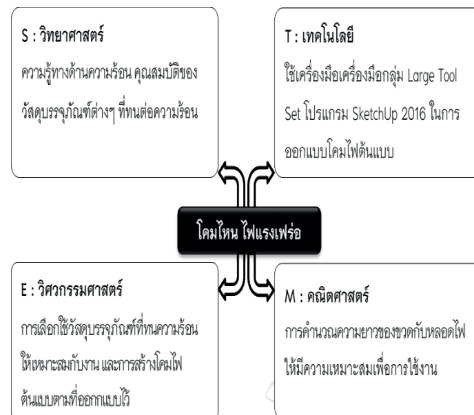
ภาพที่ 1 การออกแบบสิ่งประดิษฐ์โดยใช้โปรแกรม 3 มิติ

นักศึกษาส่วนใหญ่เลือกใช้วัสดุเหลือใช้หรือวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นทำให้เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาในรูปแบบของสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ โดยมีการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ หรือวิทยาศาสตร์ทั่วไป ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่จะช่วยในการแก้ปัญหาหรือทำให้การดำรงชีวิตสะดวกสบายมากขึ้น ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์เพื่อสร้างต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรมการออกแบบทางคอมพิวเตอร์ รวมถึงการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม และความรู้ด้านคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณขนาดของสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบโคมไฟต้นแบบจากขวดพลาสติก

ด้านผู้สอนมีบทบาทเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำในเรื่องการออกแบบกิจกรรม สะเต็มศึกษาให้แก่นักศึกษาในแต่ละกลุ่ม จากนั้นนักศึกษาในแต่ละกลุ่มได้มีโอกาสนำเสนอแนวคิดของตนเองโดยใช้ผังมโนทัศน์ ซึ่งส่งผลให้กลุ่มเพื่อนอื่น ๆ ได้เรียนรู้แนวคิดซึ่งกันและกัน และกลุ่มเพื่อนอาจได้แนวคิดเพิ่มเติมเพื่อการปรับเปลี่ยนหรือประยุกต์แนวคิดในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาในกลุ่มของตนเอง ให้มีความเหมาะสมและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผังมโนทัศน์การบูรณาการ STEM ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

จากนั้น นักศึกษาฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาตามที่ได้ออกแบบไว้ในแผนกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา ทั้งนี้ เพื่อเป็นการทดลองว่าสิ่งที่กลุ่มนักศึกษาได้ร่วมกันคิดออกแบบไว้นั้น สามารถนำไปใช้เป็นชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาให้กับนักเรียนได้จริงหรือไม่ควรมีการปรับปรุงในส่วนใดให้มีความเหมาะสมเป็นต้น ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การสร้างคอมไฟต์แบบจากขวดพลาสติก

เมื่อนักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาแล้ว นักศึกษาทุกกลุ่มจะได้มีโอกาสนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับกลุ่มเพื่อน และเปิดโอกาสให้กลุ่มเพื่อนซักถามข้อสงสัยได้ หรือให้กลุ่มเพื่อนให้ข้อเสนอแนะที่จะเกิดประโยชน์เพิ่มเติมได้ และมีการประเมินจากกลุ่มเพื่อน ซึ่งในกระบวนการนี้ พบว่านักศึกษามีความภาคภูมิใจในชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาที่ทุกคนในกลุ่มร่วมกันคิดและสร้างขึ้น ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 นักศึกษาสาธิตชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาระดับประถมศึกษา “รถขับเคลื่อนพลังงาน” จากวัสดุเหลือใช้

จากการพัฒนานักศึกษาเพื่อออกแบบแผนกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาโดยการเรียนรู้เชิงรุกครั้งนี้ ทำให้ได้คู่มือแผนกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาระดับประถมศึกษา 4 เรื่อง คือ 1) ธรรมชาติของพลังงาน 2) กระดาษรักษ์โลก 3) กระดาษจากวัสดุรีไซเคิล และ 4) รถขับเคลื่อนพลังงาน และระดับมัธยมศึกษา 4 เรื่อง คือ 1) เขียวเล็กๆ ในมุนน้อยๆ 2) เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ 3) โคมไฟไฟแรงเฟร่อ และ 4) My Light สว่างไสวด้วยมือฉัน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 คู่มือแผนกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา ระดับประถมศึกษา 4 เรื่อง และระดับมัธยมศึกษา 4 เรื่อง

เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ นักศึกษาได้แสดงความคิดเห็นต่อการเรียนรู้เชิงรุกในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิเคราะห์ได้ว่า จากกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ทำให้นักศึกษาได้เข้าใจวิธีการบูรณาการตามกระบวนการสะเต็มศึกษาในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เนื่องจากนักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในโรงเรียนต่อไปได้ในอนาคต และได้ฝึกปฏิบัติในการสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 7 ทำให้ทราบถึงอุปสรรค ปัญหา ในเรื่องต่างๆ เช่น เวลาที่จะต้องใช้ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สถานที่ในการจัดกิจกรรม การเตรียมวัสดุอุปกรณ์งบประมาณที่จะต้องใช้งบประมาณ 1 คน ต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนทั้งชั้นเรียน โดยไม่มีผู้ช่วยในการจัดเตรียมอุปกรณ์หรือช่วยดูแลนักเรียน ในครั้งนี้นักศึกษาได้ทำงานเป็นกลุ่มๆ ละ 4-6 คน ซึ่งนักศึกษาคิดว่าถ้านำไปใช้สอนจริงในโรงเรียนอาจต้องมีการปรับให้มีความเหมาะสมต่อระบบการจัดการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน และต้องมีสถานที่ที่เหมาะสมต่อการจัดกิจกรรมที่ต้องใช้นอกชั้นเรียนด้วย



ภาพที่ 7 ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา จากการออกแบบแผน กิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้เชิงรุก

จากการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้กิจกรรมเป็นฐานเพื่อพัฒนานักศึกษาออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาในครั้งนี้ พบปัจจัยที่สนับสนุนการเรียนรู้ คือ นักศึกษาได้ทำกิจกรรมในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้นักศึกษาสามารถใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ รวมทั้งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ตามที่มติดกลุ่มช่วยกันคิดสร้างสรรค์ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี แต่ทั้งนี้ก็มีอุปสรรคในส่วนของการฝึกปฏิบัติในการสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเนื่องจากนักศึกษาต้องใช้เวลานอกเวลาเรียนในการสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในชั้นเรียนจะต้องใช้เวลาประมาณ 9 คาบ ซึ่งเวลาในตารางเรียนเป็นเวลาที่ต่อเนื่องกัน จึงไม่สามารถดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่องกันได้

การสะท้อนกลับ

หากนำกระบวนการนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้กับนักเรียนในสถานการณ์จริง อาจมีอุปสรรคเกิดขึ้นในส่วนของ การปฏิบัติ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทั้งห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลและใช้โปรแกรมการออกแบบหรือโปรแกรมต่าง ๆ และพื้นที่นอกห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติตามแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในการเรียนการสอนจริงในโรงเรียนนักเรียนไม่สามารถทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องกันได้ เนื่องจากสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี นักเรียนได้เรียนเพียง 1 คาบต่อสัปดาห์ และอาจมีผลกระทบต่อเวลาของการเรียนรู้เนื้อหาหลักที่นักเรียนต้องเรียนตามหลักสูตรสถานศึกษา ดังนั้น ในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาในวงรอบต่อไป จึงจำเป็นต้องศึกษาบริบทการจัดการเรียนการสอนที่เป็นจริงในโรงเรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้กับนักเรียนในโรงเรียน และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะต้องคำนึงถึงเรื่องของการบริหารจัดการเวลา สถานที่ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ตลอดจนผลกระทบต่อเนื้อหาวิชาหลักที่นักเรียนต้องเรียนรู้ให้ครบตามเวลาที่กำหนดในหลักสูตรของสถานศึกษา หรือแม้กระทั่งแนวคิดในการนำสะเต็มศึกษาไปสอนในสาระเพิ่มเติม นั้น จะมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด รวมทั้งการที่ครู 1 คนไม่มีผู้ช่วยในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา จะสามารถดูแล

นักเรียนหรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างมีคุณภาพได้อย่างไร

อีกทั้ง มีข้อสังเกตจากการศึกษาคู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ (2558) มีกิจกรรมสะเต็มศึกษาอยู่ 3 กิจกรรม คือ สนุกกับบันจี้จัมป์ ภูเขาประคบน้ำร้อน และสัญญาณกันขโมย ซึ่งผังมโนทัศน์ของทั้งสามกิจกรรมนี้ ได้จัดให้มีการเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาสร้างชิ้นงานอยู่ในส่วนของเทคโนโลยี (T) ทั้งนี้ ในกิจกรรมภูเขาประคบน้ำร้อน มีแนวคิดที่ตรงกับแนวคิดของนักศึกษาในกระบวนการวิจัยครั้งนี้ คือ ได้จัดให้การวาดภาพร่างเพื่อออกแบบจำลองผลิตภัณฑ์ 3 มิติ อยู่ในส่วนของเทคโนโลยี (T) แต่ทั้งนี้ ในแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาของคู่มือเล่มนี้ ทั้งสามกิจกรรมได้มีการอธิบายความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) เพิ่มเติมว่าหมายถึงอะไร อย่างไร ในชุดกิจกรรมแต่ละชุด แต่ทั้งสามชุดแผนกิจกรรมไม่ปรากฏการอธิบายเพิ่มเติมว่าด้วยความรู้ด้านวิศวกรรม (T) รวมทั้งใน E : วิศวกรรมศาสตร์ของผังมโนทัศน์ทั้งสามแผนชุดกิจกรรมได้นำเสนอข้อความเดียวกัน คือ “การออกแบบเชิงวิศวกรรม” ซึ่งจากกระบวนการวิจัยในครั้งนี้ นักศึกษาได้สะท้อนว่า คู่มือกิจกรรมสะเต็มนี้ ควรมีการอธิบาย และการเขียนความคิดรวบยอดในส่วนของ การออกแบบเชิงวิศวกรรมให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ นักศึกษา ครู ที่จะนำคู่มือนี้ไปใช้สามารถตอบคำถามข้อสงสัยของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง และชัดเจนมากยิ่งขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : การพัฒนา
นักศึกษาออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา
โดยการเรียนรู้เชิงรุก สามารถสรุปและอภิปราย
ผลของกระบวนการพัฒนานักศึกษาในครั้งนี้ได้
ดังนี้

1. การเตรียมบรรยากาศในชั้นเรียน
โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ซึ่งนักศึกษาได้ทำงาน
ร่วมกัน แบ่งหน้าที่การทำงาน ปรึกษาหารือ
ร่วมกัน มีการลงมติความคิดเห็นของกลุ่ม
และมีการประเมินผลโดยกลุ่มเพื่อน สอดคล้อง
กับ Meyers & Jones (1993) ที่ได้กล่าวถึงกลวิธี
หนึ่งในการจัดการเรียนรู้เชิงรุกไว้ว่า คือ การ
แบ่งกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อการทำงานแบบร่วมแรง
ร่วมใจ การศึกษาจากกรณีศึกษา สถานการณ์
จำลอง การอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม
การแก้ปัญหาร่วมกัน และในการวิจัยครั้งนี้
ผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ให้ข้อ
ชี้แนะ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ
ทรงศรี ตุ่นทอง (2545) ที่ได้ทำการวิจัย เรื่อง
การพัฒนารูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้
ตามสภาพจริงของผู้เรียน และพบว่ากิจกรรม
และวิธีการปฏิบัติตามแนวทางของการเรียน
เชิงรุกจะบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่นั้น ผู้สอน
เป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญ คือ กิจกรรมที่จะพัฒนา
ผู้เรียนต้องเน้นการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง
ของผู้เรียน สร้างบรรยากาศของการมีส่วนร่วม
ฝึกการแก้ปัญหาการศึกษาด้วยตนเอง
จัดสภาพการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทั้งนี้ การจัด
การเรียนรู้เชิงรุกยังสอดคล้องกับการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของสถาบัน
วิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

(Hanover Research, 2011, p.5 อ้างถึง
ในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี (สสวท.), 2557) ที่กล่าวว่า
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น
ร่วมกัน ทำทหายความคิดของนักเรียน และเน้น
พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งผลจากการ
จัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน
ในครั้งนี้ พบว่า นักศึกษามีความกระตือรือร้น
สนุกกับการทำกิจกรรมที่ทำทหายความคิด
มีการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน จนกระทั่งสามารถ
สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่
สอดคล้องกับบริบทและชีวิตจริงได้สำเร็จ
มีการประเมินผลโดยกลุ่มเพื่อน ซึ่งเป็นกระบวนการ
แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความรู้ซึ่งกัน
และกันเป็นอย่างดี สอดคล้องกับ Sweeller
(2006) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เชิงรุกเป็นวิธี
การสอนรูปแบบหนึ่งที่มุ่งเน้นในด้านการเรียน
เพื่อสร้างความเข้าใจ และการนำความรู้ที่ได้มา
ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้ผู้เรียน
มีความตื่นตัว มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้
ผู้เรียนได้มีส่วนในการลงมือปฏิบัติหรือกระทำ
ด้วยตนเองมากกว่าการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็น
ผู้รับฟังอย่างเดียว ความรู้ที่เกิดขึ้นจึงเป็นความรู้
ที่ได้จากประสบการณ์ของผู้เรียน และในการ
วิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนานักศึกษาออกแบบ
แผนกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยการเรียนรู้
เชิงรุกในครั้งนี้ ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์
ของการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนเชิง
รุก เพื่อพัฒนานักศึกษาในด้านต่าง ๆ ตามที่
อุษณีย์ เทพวรชัย (2543) ได้กล่าวไว้ คือ
1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement)

2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และสรุปเหตุผล (Reasoning Thinking) 3) ความภาคภูมิใจในตนเอง (Self-Esteem) และ 4) ความสามารถในการติดต่อสื่อสารในทีม (Team Communication) ดังจะเห็นได้จากผลลัพธ์ของการสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่เกิดจากการคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และความภาคภูมิใจในผลงานที่กลุ่มของตนเองร่วมกันสร้างขึ้นนั่นเอง

2. การพัฒนาด้านการรู้คิดนักศึกษา เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และรู้จักการคิด วิเคราะห์ หาแนวทางแก้ไข ปัญหาต่าง ๆ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบการศึกษา ในปัจจุบันของประเทศไทยที่ได้กำหนดให้ สะเต็มศึกษาเป็นประเด็นหลักของการส่งเสริม การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษา การพัฒนาครูและบุคลากรสะเต็ม ให้สามารถ นำกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไปสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2557) ซึ่งในการพัฒนาด้านการรู้คิดของ นักศึกษาในครั้งนี้ นักศึกษาได้เรียนรู้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาใน ภาควิชา เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจของ ตนเองก่อนภาคปฏิบัติในการออกแบบแผน กิจกรรมสะเต็มศึกษา รวมทั้งเป็นการเตรียม ความพร้อมให้กับนักศึกษาได้มีโอกาสเรียนรู้ เรื่องสะเต็มศึกษา ก่อนออกฝึกประสบการณ์ วิชาชีพครูในโรงเรียนต่อไปด้วย สอดคล้องกับ ทิศนา ขัมมณี และคนอื่น ๆ (2544) ได้ทำการ

ศึกษาแบบพหุกรณี เพื่อศึกษาการพัฒนา กระบวนการเรียนรู้ของโรงเรียนที่ประสบ ความสำเร็จ พบว่าวิธีที่สำคัญประเด็นหนึ่ง คือ การส่งเสริมการเรียนรู้ของครูให้เกิดการคิด วิเคราะห์อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ นั้น จะช่วย ให้ครูมีความกระตือรือร้นและพัฒนาตนเอง ให้ดีขึ้นไปเรื่อย ๆ รวมทั้งหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ กำหนดความสามารถในการคิด เป็นสมรรถนะ ที่สำคัญสมรรถนะหนึ่งที่ผู้เรียนพึงเกิดขึ้น ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดอย่าง มีระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือ สารสนเทศเพื่อการตัดสินใจที่จำเป็น ต้อง เกี่ยวกับตนเองและกับสังคมอย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้นจาก กระบวนการพัฒนาด้านการรู้คิดในการวิจัย ครั้งนี้จึงสอดคล้องและเป็นไปตามจุดมุ่งหมาย ของหลักสูตรด้านสมรรถนะของผู้เรียนในการ คิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ การคิดอย่างมีระบบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการ จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาต่อไป

3. การพัฒนาด้านพฤติกรรมนักศึกษา เพื่อให้ นักศึกษาออกแบบแผนกิจกรรม สะเต็มศึกษา ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และเทคโนโลยี และฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรม สะเต็มศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการ เรียนรู้สะเต็มศึกษาในโรงเรียนต่อไปในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามที่สถาบันวิทยาศาสตร์ แห่ง ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กล่าวถึงการจัดการ

เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มในประเด็นที่ว่า เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ เพื่อช่วย นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชา ทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ โดย จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาก็เพื่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนรัก และเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน (Hanover Research, 2011, p.5 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2558) และจากการพัฒนาด้านพฤติกรรมของนักศึกษา ในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ในครั้งนี้ นักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งกันและกัน มีการใช้กระบวนการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษาเพื่อการแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน มีกระบวนการลงมติดตามการคิด วิเคราะห์ ร่วมกันในกลุ่ม มีการทำงานร่วมกัน แบ่งหน้าที่ การทำงาน มีการประเมินผลจากกลุ่มเพื่อน อีกทั้งสอดคล้องกับ จำรัส อินทลาภาพร มารุต พัฒนา วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด (2558) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับ ผู้เรียนระดับประถมศึกษา พบความสอดคล้อง ในประเด็นที่กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ผู้สอน ควรปฏิบัติดังนี้ คือ ควรศึกษาสาระสำคัญของ สาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะ ของการบูรณาการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้

ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัด กิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน จัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน เป็นกลุ่ม วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตาม สภาพจริง นอกจากนั้นการออกแบบแผน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ในครั้งนี้ ยังสอดคล้องกับ พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) ที่กล่าวไว้ในบทความวิชาการเรื่อง STEM Education กับการพัฒนาทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ไว้ว่า แนวโน้มการจัดการศึกษา จึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนรู้ในห้องเรียนและชีวิต จริง ทำให้การเรียนรู้มีความหมายต่อผู้เรียน ซึ่งผู้เรียน จะเห็นประโยชน์คุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้ซึ่งเป็นการเตรียมผู้เรียนในการเรียน ต่อไป ในชั้นสูงขึ้น เกิดการเพิ่มโอกาสการทำงานใน อนาคต การเพิ่มมูลค่าและการสร้างความ แข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้ ดังจะเห็นได้จากการพัฒนานักศึกษาคั้งนี้ นักศึกษาได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการ ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ เพื่อใช้วัสดุที่มีอยู่ใน ห้องถิ่นหรือวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นไปตามหลักการการ บูรณาการสะเต็มศึกษาด้านเทคโนโลยี (T) ที่สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2014) ที่ได้เผยแพร่บทความ (PUBLISHED ARTICLES) เรื่อง สะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) กับงานวิจัย ว่า เทคโนโลยี

(T) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญห
ปรับปรุง ออกแบบ พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือ
กระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความ
ต้องการของคนเรา หรือเป็นกระบวนการ การ
ออกแบบ หรือผลิตภัณฑ์ หรือสิ่งก่อสร้าง
ที่ช่วยทำให้การดำรงชีวิตของเราสะดวกสบาย
มากขึ้น

นอกจากนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้อา
จะมีมุมมองที่แตกต่างออกไป ในการแยกแยะ
ระหว่างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี
(T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์
(M) โดยในมุมมองของผู้วิจัยได้มีแนวคิดว
ความรู้ในแต่ละสาขานั้นมีความเชื่อมโยงและ
สัมพันธ์กันอยู่โดยไม่ได้แยกจากกันโดยสิ้นเชิง
ขึ้นอยู่สถานการณ์นั้น ๆ ว่าเราควรจะประยุกต์
ใช้ศาสตร์ใดใน STEM อาทิเช่น กระบวนการ
ออกแบบ สามารถเป็นไปได้ทั้งความรู้
ด้านวิศวกรรม และความรู้ด้านเทคโนโลยี
เนื่องจากหากเป็นการออกแบบโดยใช้
เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นโปรแกรม
ด้านการออกแบบภาพ 3 มิติ กระบวนการ
ออกแบบก็จะอยู่ในส่วนของความรู้ด้าน
เทคโนโลยี คือ การใช้เทคโนโลยี แต่หากให้
นักเรียนออกแบบโดยการเขียนบนกระดาษ
กระบวนการนี้ก็สามารถถูกจัดอยู่ในความรู้
ด้านวิศวกรรม ทั้งนี้หากผู้สอนมีความเข้าใจ
หรือเคยมีประสบการณ์ในการเห็นการใช้
โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ
สิ่งประดิษฐ์ สิ่งก่อสร้าง หรือนวัตกรรมต่าง ๆ
ก็จะทำให้เข้าใจในความเชื่อมโยงความรู
ในศาสตร์ทั้งสี่ได้อย่างชัดเจนมากขึ้น
ยกตัวอย่างเช่น การสร้างสะพานแขวน ซึ่ง

เป็นสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ วิศวกรย่อมทำการ
ออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์
เพื่อใช้โปรแกรมการออกแบบสะพานแขวน
ก่อนการก่อสร้างจริง คงมิได้ออกแบบโดยใช้
การวาดมือบนกระดาษ เป็นต้น หรือ ประเด็น
การเลือกใช้วัสดุในการสร้างต้นแบบของชุด
กิจกรรมสะเต็มศึกษา จะเห็นได้จากภาพที่ 3
ตัวอย่างผังมโนทัศน์การบูรณาการ STEM
ในสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
ซึ่งเป็นผลงานของนักศึกษาในครั้งนี้ นักศึกษา
มีแนวคิดในการนำการเลือกใช้วัสดุเหลือใช้
ที่เหมาะสมในการสร้างโดมไฟต้นแบบมาไว้
ที่ความรู้ด้านวิศวกรรม เนื่องจากนักศึกษา
ได้วิเคราะห์ว่า การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่
เหมาะสมควรเป็นการใช้ความรู้ด้านวิศวกรรม
เช่น การสร้างตึกวิศวกรต้องเป็นผู้กำหนดว่าจะ
เลือกใช้เหล็กเส้น ตะปู ปูนซีเมนต์ อะไร เท่าไร
อย่างไร เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. การเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้กิจกรรม
เป็นฐาน เพื่อการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็ม
ศึกษาในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการ
นำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบกิจกรรม
สะเต็มศึกษา ในสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ได้

2. ครูผู้สอนควรมีความคิดสร้างสรรค์
ในการออกแบบแผนกิจกรรมสะเต็มศึกษา
และสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อใช้
ในการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้ของตนเอง
ซึ่งจะทำให้ได้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มี
ความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียนและ

ประหยดงบประมาณ ครูสามารถจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมศึกษาให้กับนักเรียนได้แม้ว่าทางโรงเรียนจะไม่ได้มีการจัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อชุดอุปกรณ์เพิ่มเติมศึกษาก็ตาม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้ที่สนใจสามารถทำการวิจัยในประเด็นปัญหาที่ใกล้เคียงกับการวิจัยครั้งนี้ ด้วยการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้นจาก math.ipst.ac.th/wp-content/uploads/2015/PDF/Curriculum%202551.pdf
- จำรัส อินทลภาพร มารุต พัฒนาผล วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University. ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*. 8(1) (มกราคม-เมษายน 2558). 62-74. สืบค้นจาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/download/.../30066>
- ทรงศรี ตุ่นทอง. (2545). *การพัฒนารูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงของผู้เรียน*. (ปริญญาณิพนธ์การศึกษาดุสิตบัณฑิต, สาขาทดสอบและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร).
- ทิตนา แคมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านความคิด*. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเดอะมาสเตอร์ กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (STEM Education and 21st Century Skills Development). *วารสารนักบริหาร*, 33(2) (เมษายน-มิถุนายน 2556), 49-56. สืบค้นจาก <http://www.enjoy-science.org/th/resources/research-and-findings>
- กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2558). *คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพมหานคร: สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2014). *สะเต็มศึกษา ประเทศไทย*. สืบค้นจาก <http://www.stemedthailand.org/>
- สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557). *สะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) กับงานวิจัย*. สืบค้นจาก <http://globethailand.ipst.ac.th/?p=2366>

อุษณีย์ เทพวรชัย. (2543). *การเรียนรู้การสอนเชิงรุก*. นนทบุรี: มายด์ พับลิชชิ่ง จำกัด.

Kemmis, S & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer*. (3rd ed.). Victoria: Deakin University.

Marsick, V.J. & Watkins, K.E. (1997). *Case study research methods*. In R.A. Swanson, & E.F. Holton III (Eds.). *Human Resource Development Research Handbook; Linking Research and Practice*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers (p. 138–160).

Meyers, C. and Jones, T.B. (1993). *Promoting Active Learning: Strategies for the Collage Classroom*. San Francisco: Jossey-Bass.

Sweller, J. (2006). *The worked example effect and human cognition: Learning and Instruction*. New Jersey: Educational Technologies.

