Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*

Developing 5E Instructional Model Blended Engineering Design via STEM Education Approach for Enhances Critical Thinking Skills of Grade 8 Students.

พิเชฐ ศรีสังข์งาม (Pichet Srisangngam)**
พินิจ ขำวงษ์ (Pinit Khumwong)***
จรรยา ดาสา (Chanyah Dahsah)****

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม หรือรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO และผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชา การออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 54 คนที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การ์ดวันพ่อ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องกฎของโอห์มและแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ของขวัญวันวาเลนไทน์ที่เป็นการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2) อนุทินของนักเรียน และ 3) แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ ระยะแรกเป็นการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และใบงานด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO ที่มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ

---

* บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

This research article is to fulfillment the requirements for the Doctor of Education Degree in Science Education at Faculty of Science, Srinakharinwirot University

** นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 086-6141581 e-mail address: psgripa@gmail.com

Doctoral student, Doctor of Education Degree in Science Education, Srinakharinwirot University. E-mail: psgripa@gmail.com Mobile: 086-6141581

*** อาจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Lecturer Dr., Faculty of Science, Srinakharinwirot University, pinitkw@gmail.com, 086-1665016

**** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Asst. Prof. Dr., Faculty of Science, Srinakharinwirot University, dahsahc@gmail.com, 081-4848922

นักเรียน ระยะที่ 2 เป็นการนำแผนการจัดการเรียนรู้และใบงานไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ศึกษา ระยะที่ 3 เป็นการประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มที่ศึกษาหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ:วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น สะเต็มศึกษา การออกแบบทางวิศวกรรม นักเรียนชั้นมัธยาศึกษาปีที่ 2

Abstract

This research aimed to develop 5E Instructional Model Blended Engineering Design called 5E2DO Learning Model and to investigate the effects on students'critical thinking skills in Design and Technology Class.The research samples were 54 Grade 8 students who were selected purposively. They were studying in Semester 2, Academic Year 2017 in a secondary school in Pranakorn Si Ayuttaya.The research samples were purposive sampling. The research instruments were (1) two lesson plans in the topic of Father's Day Card (Ohm's Law) and Valentine's Day Gift (Basic electronic devices) that using 5E2DO learning model; (2) The students'journals; and (3) Critical thinking test. The research was divided into three phases. The first phase focused on construction of 5E2DO lesson plans and worksheets that aims for developing students' critical thinking skills. The second phase was implementation the lesson plans and worksheets with the subjects under study. The third phase was evaluation of the effectiveness of learning activities on develop students'critical thinking skill. The data were analyzed in term of percentage, mean, standard deviation, t-test, and content analysis. The research results from measuring by critical thinking test shown that mean scores of the critical thinking ability after were higher than before implementation at the statistically significant 0.05 level.

Keywords: 5E Inquiry Model, Engineering Design, STEM Education, Secondary school students.

บทนำ

แม้ว่าโลกยุคปัจจุบันจะมีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก ส่งผลให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยจำนวนมากได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว แต่นักเรียนที่ขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะไม่สามารถระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ประเมินข้อโต้แย้ง สรุป และตัดสินใจบนพื้นฐานข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างเหมาะสม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตในโลกปัจจุบัน ผู้สอนจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้บอกความรู้โดยการบรรยายเป็นโค้ชหรือพี่เลี้ยงที่ช่วยชี้แนะ และเอื้ออำนวยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (จำรัส และคณะ, 2558ก) แต่สิ่งที่ผู้วิจัยพบในการสอนรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี คือ แม้นักเรียนมีผลการเรียนในระดับปานกลางถึงดีมาก โดยนักเรียนสามารถใช้แนวคิดและทักษะกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมบนพื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อออกแบบและสร้างชิ้นงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ เช่น โคมไฟฟ้าจากไดโอดเปล่งแสง การออกแบบและสร้างแบบจำลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ การพัฒนาระบบตรวจจับการเกิดอัคคีภัย เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้เป็นไปตามวัตถุประสงค์รายวิชา แต่อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนและใบกิจกรรมของนักเรียนพบว่าความสามารถของนักเรียนในการคิดอย่างมีวิจารณญาณยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจมากนัก เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ในใบกิจกรรม โดยการเขียนสิ่งที่ได้ทำหรือปฏิบัติในห้องเรียนมากกว่าการวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหา ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และไม่ค่อยจะมีข้อโต้แย้งหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับข้อมูลที่ตนเองหรือเพื่อน ๆ สืบเสาะมาใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรม นักเรียนจำนวนหนึ่งยังแก้ปัญหาทางวิศวกรรมโดยการลองผิดลองถูก ซึ่งพบมากในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในประเทศไทย (สุธีระ, 2559) จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนได้วิเคราะห์การสอนของตนเองและพบว่า การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่เป็นการฝึกปฏิบัติและใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น ตัวต้านทาน ไดโอดเปล่งแสง มัลติมิเตอร์ เป็นต้น แต่ไม่ได้เน้นกิจกรรมกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณมากเท่าที่ควร

แม้ว่าเป้าหมายของวิชาการออกแบบและเทคโนโลยีจะไม่ได้เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยตรง แต่ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญที่นักเรียนต้องได้รับการพัฒนา เพราะทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะพื้นฐานของทักษะการคิดทั้งปวง (ปณิตา, 2559) ทักษะการคิดนี้จะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแสวงหาความรู้ การอนุมานสรุปข้อความรู้สำคัญ การสรุปข้อความรู้นั้นเป็นกรณีทั่วไป โดยมีการอ้างอิงหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับหลักตรรกวิทยา เพื่อใช้เหตุผลและข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการตัดสินใจอย่างรอบคอบ มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ โดยผ่านการพิจารณาและประเมินข้อมูลข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง หลักฐาน และความคิดเห็นอย่างรอบด้าน รวมทั้งการพิจารณากลั่นกรองคุณหรือโทษ และคุณค่าที่แท้จริงของเรื่องที่คิด ซึ่งการคิดแบบนี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับบุคคลเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นปัญหาที่จำเป็นต้องตัดสินใจเลือกกระทำสิ่งใด สิ่งหนึ่งอย่างถูกต้องและเหมาะสม (ทิศนา แขมมณี, 2554, Hillgard. 1962) นั่นคือทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะช่วยให้นักเรียนสามารถดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่เต็มไปด้วยข้อมูลจำนวนมากมายมหาศาลได้อย่างเท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Science Technology Engineering and Mathematic Education) หรือสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มมากขึ้นได้ (สนธิ, 2557, Oonsim and Chanprasert, 2017) เพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มุ่งให้นักเรียนมีความเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆ ในมิติที่ลึกซึ้งและเชื่อมโยง เข้าใจว่าสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวทำงานหรือทำหน้าที่อย่างไร เกี่ยวข้องเชื่อมโยงถึงกันอย่างไร ทำให้การตัดสินใจด้านต่าง ๆ ดีขึ้น เช่น ด้านสุขภาพ การใช้พลังงาน คุณภาพสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากร เป็นต้น นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังช่วยสร้างรากฐานไปสู่ทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 คือ ความสามารถในการปรับตัว ความสามารถในการสื่อสารอย่างซับซ้อน ทักษะด้านสังคม การจัดการตนเอง การคิดเชิงระบบ และการแก้ปัญหาที่ไม่พบบ่อย (Bybee., 2010) ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่จะทำให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของโลกที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังช่วยให้เกิดความเข้าใจในศาสตร์ทั้งสี่ คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และการเน้นให้มีการเรียนรู้เนื้อหาวิชาวิศวกรรมศาสตร์มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม นอกจากจะส่งเสริมให้มีการเรียนรู้เนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ มีความน่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแล้ว นักเรียนยังได้ฝึกฝนทักษะการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงอีกด้วย (James and Margaret, 2012) จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ และเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับสะเต็มศึกษากับหน่วยงานต่าง ๆ ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรมนี้ขึ้น และนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ซึ่งผลจากการศึกษาในประเด็นดังกล่าวจะนำไปสู่แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 เทคโนโลยี มาตรฐาน ว 4.1 ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่ง ณ ปัจจุบันนี้ยังมีความคลุมเครืออยู่มากต่อไป

จุดประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี

3. เพื่อศึกษาหาแนวปฏิบัติที่ดีในการนำรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบ-เสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรมไปใช้จัดการเรียนรู้ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี

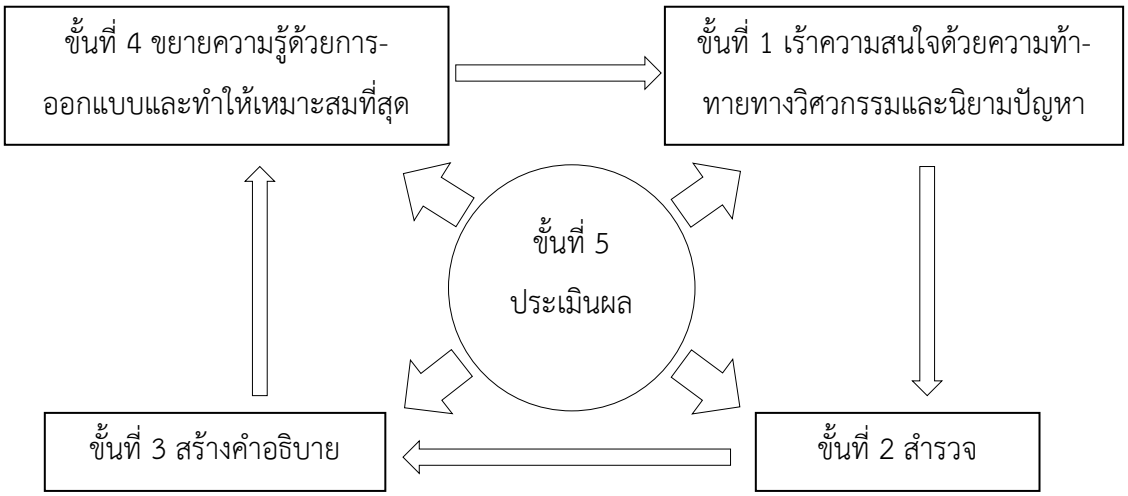
Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

วิธีวิจัย

1. ประชากรในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 54 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม โดยการเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือวิจัย คือ

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้นี้ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการผสาน 5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่พัฒนาขึ้นโดยสภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council, 1996) กับแนวคิดหลักของการออกแบบทางวิศวกรรม (2DO) ที่เสนอโดยสภาวิจัยแห่งชาติเช่นเดียวกัน (National Research Council, 2013) โดยแนวคิดหลักของการออกแบบทางวิศวกรรมประกอบด้วย การนิยามและการลดข้อจำกัดของปัญหาทางวิศวกรรม การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม และการทำให้วิธีการแก้ปัญหามีความเหมาะสมมากที่สุด การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้มุ่งหมายให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และรู้เทคโนโลยี โดยการสืบเสาะด้วยตนเอง และนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรมบนฐานความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการรู้เทคโนโลยี เพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือวิธีการสำหรับแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือเพื่อสนองความต้องการ โดยผู้สอนจะทำหน้าที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทายนักเรียน ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และประเมินผลเพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับกับนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 รูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม

จากภาพ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม มีดังนี้

ขั้นที่1 ขั้นเร้าความสนใจด้วยความท้าทายทางวิศวกรรมและนิยามปัญหา(Engages by engineering challenge and Define problems.) เป็นขั้นตอนการเร้าความสนใจของนักเรียนด้วยความท้าทายทางวิศวกรรม และสำรวจ ตรวจสอบ ทบทวนมโนทัศน์ ความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความท้าทายทางวิศวกรรมนั้น เพื่อให้นักเรียนนิยามปัญหา ระบุเกณฑ์ และข้อจำกัดของสถานการณ์ที่เป็นความท้าทายทางวิศวกรรม และตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาให้ได้ตามเกณฑ์ภายใต้ข้อจำกัดนั้น

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore) เมื่อได้ระบุเกณฑ์และข้อจำกัด รวมทั้งตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอแล้ว ขั้นต่อไปคือ การวางแผนเพื่อกำหนดแนวทางในการสืบเสาะ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศต่าง ๆ วิธีการสำรวจตรวจสอบทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างคำอธิบาย (Explain) เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายและลงข้อสรุป การวาดรูป การเขียนแบบ การสร้างตาราง การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น การค้นพบเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ไม่ว่าผลที่ได้จะเป็นอย่างไรก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ ผู้สอนจึงต้องคอยช่วยเหลือให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน แจ่มแจ้ง และแสดงให้เห็นโดยการสร้างคำอธิบายที่อิงสาระวิชา และการลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ด้วยการออกแบบและทำให้เหมาะสมที่สุด (Elaborate by Designs and Optimize) เป็นขั้นการออกแบบทางวิศวกรรมบนฐานความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการรู้เทคโนโลยีให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ความเหมาะสมที่สุด โดยการตัดเงื่อนไขที่มีผลกระทบด้านลบน้อย ๆ ออก เพื่อคงประโยชน์สูงสุดที่จะได้รับไว้ เมื่อได้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดแล้วจึงทำการออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา ทดสอบและทำการปรับปรุงชิ้นงานหรือกระบวนการใหม่ จนกว่าจะได้ชิ้นงานหรือกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดกับเกณฑ์และข้อจำกัด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้จะมีการดำเนินการในทุก ๆ ขั้น เพื่อเป็นการประเมินผลการ-เรียนรู้ของนักเรียนในสภาพจริง

รูปแบบการเรียนรู้นี้ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ จำนวน 2 ท่าน โดยผลการประเมินจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

2.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบแบบสถานการณ์ แบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.2.1 ศึกษาทฤษฎี นิยาม เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากนั้นนำมาเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการที่เกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน คือ

2.2.1.1 การนิยามปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหา บอกเกณฑ์และข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาที่ประสบหรือกำหนดมาให้ได้

2.2.1.2 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างครบถ้วนและรอบด้าน

2.2.1.3 การประเมินข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถในการประเมินคำกล่าวอ้างที่มีเหตุผลสนับสนุน และคุณภาพของหลักฐานที่นำมาสนับสนุนคำกล่าวอ้างที่มีเหตุผลสนับสนุนนั้น

2.2.1.4 การสรุป หมายถึง ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่รวบรวมขึ้นจากข้อมูลที่หลากหลาย การไม่ด่วนสรุปเกินกว่าหลักฐาน

2.2.2 สร้างแบบทดสอบตามนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยเป็นแบบทดสอบแบบสถานการณ์ 4 ตัวเลือก รวม 30 ข้อ

2.2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอให้ประธานกรรมการและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้องของสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือก แล้วนำมาแก้ไขให้ถูกต้อง

2.2.4 นำแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงความถูกต้อง และความเหมาะสมสอดคล้องของสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือกกับนิยามปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

2.2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาจำนวน 199 คน แล้วนำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน

2.2.6 นำผลคะแนนที่จากการตรวจแบบทดสอบมาหาคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพไว้ ได้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจาณญาณ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยาก 0.21 – 0.49 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 0.76

2.2.7 นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพแล้วมาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้กับกลุ่มที่ศึกษาต่อไป

2.3 อนุทินและผลงานของนักเรียน อนุทินเป็นการเขียนสะท้อนคิดสิ่งที่นักเรียนแต่ละคนได้เรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์ โดยมุ่งเน้นในประเด็นการระบุปัญหา การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การโต้แย้งเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ การสรุป ส่วนผลงานของนักเรียนเป็นการ์ดวันพ่อและกล่องของขวัญวันวาเลนไทน์ ซึ่งได้มาจากการออกแบบทางวิศวกรรมบนพื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการรู้เทคโนโลยี

3. การวิเคราะห์ข้อมูล รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO วิเคราะห์โดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เนื้อหา สำหรับแนวปฏิบัติแนวปฏิบัติที่ดีในการนำรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 5E2DO ไปใช้จัดการเรียนรู้ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาในอนุทินของนักเรียน

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม มีผลการประเมินดังนี้

1.1 ผลการประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ย ตั้งแต่ 4.60 – 5.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 ที่กำหนด นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยด้านวัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ บทบาทนักเรียนและครูในขั้นสำรวจบทบาทของครูและนักเรียนในขั้นขยายความรู้ ออกแบบทางวิศวกรรม และทำให้เหมาะสมที่สุด การนำไปใช้จัดการเรียนรู้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 ส่วนบทบาทของครูและนักเรียนในขั้นการสร้างความสนใจด้วยความท้าทายทางวิศวกรรมและนิยามปัญหา การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6

1.2 ผลการประเมินด้านความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.8 – 1.0 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 ที่กำหนดไว้ นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน โดยด้านบทบาทของครูและนักเรียนในขั้นการขยายความรู้ ออกแบบทางวิศวกรรมและทำให้เหมาะสมที่สุด การวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้จริง มีค่าความสอดคล้อง 0.8 ส่วนด้านอื่น ๆ มีค่าความสอดคล้อง 1.0

2. ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี จากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 30 ข้อ ก่อนทำกิจกรรมการเรียนรู้และหลังทำกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตาราง 1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนนทดสอบ	จำนวนนักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	d.f.	t	p
ก่อนเรียน	54	18.00	7.02	53	7.310**	0.000
หลังเรียน	54	21.00	2.02			

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

จากตาราง 1 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม สูงกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สำหรับการวิเคราะห์เนื้อหาในใบงานคนละ 6 ใบงานและอนุทินรายสัปดาห์ของผู้เรียนคนละ 6 ฉบับ โดยผู้วิจัยอ่านข้อความในใบงานและอนุทินที่เป็นการสะท้อนสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนแต่ละสัปดาห์ ผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรมช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากผู้เรียนต้องทำการระบุปัญหาทางวิศวกรรม ถามคำถามทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สืบค้นและจัดหาเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินข้อโต้แย้ง และสรุปอย่างสมเหตุผล เช่น ในสถานการณ์การ์ดวันพ่อ ซึ่งมีสถานการณ์ ดังนี้

“เนื่องจากวันที่ 5 ธันวาคมของทุกปีโรงเรียนจะจัดงานวันพ่อ โดยในปีนี้โรงเรียนจะจัดประกวดการ์ดวันพ่อด้วย ผู้เรียนจึงคิดจะทำการ์ดวันพ่อที่มีการประดับด้วยไดโอดเปล่งแสงให้สวยงามมากขึ้น โดยการควบคุมความสว่างของไดโอดเปล่งแสงให้ได้ตามที่ต้องการมากที่สุด คือ สว่างมาก (กระแสไฟฟ้าใกล้เคียงค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด) สว่างปานกลาง (กระแสไฟฟ้าประมาณร้อยละ 50 ของค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด) สว่างน้อย (กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าร้อยละ 10 ของค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด) และใช้งบประมาณไม่เกิน 300 บาท”

จากสถานการณ์นี้ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหา เกณฑ์ และข้อจำกัดของสถานการณ์ ถามคำถามทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สืบค้นและร่วมกันอภิปรายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์การ์ดวันพ่อ รวมทั้งการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ดังเช่นที่ผู้เรียนคนหนึ่งเขียนในอนุทินว่า

“...เราระบุปัญหา เกณฑ์ และข้อจำกัดได้ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการ โดยการจะแก้ปัญหาได้เราก็ต้องมีความรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และต้องรู้การใช้เทคโนโลยีด้วย โดยสถานการณ์การ์ดวันพ่อปัญหาคือควบคุมความสว่างไดโอดเปล่งแสงอย่างไร เกณฑ์ กระแสไฟฟ้ามาก ปานกลาง น้อย ข้อจำกัดงบประมาณไม่เกิน 300 บาท เสร็จภายในวันที่ 5 ธ.ค. โดยเราต้องรู้มีความรู้เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต้านทานไฟฟ้า บวก ลบเป็น และต้องใช้ตัวต้านทาน (ควบคุมความสว่าง) ไดโอดเปล่งแสงได้... การวัดค่าความต้านทาน โดยค่าที่ได้จากแถบสีและวัดจะมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 5% โดยความรู้นี้จะนำไปประยุกต์ใช้ คือ เรารู้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและกระแสไฟฟ้า เราก็จะรู้ว่าต้องใช้ค่าความต้านทานเท่าไหร่...” (ใบอนุทิน JDT04S01)

จากข้อมูลในอนุทิน JDT04S01 จะเห็นว่าผู้เรียนมีการระบุปัญหา คือ การควบคุมความสว่างไดโอดเปล่งแสง เกณฑ์ คือ ไดโอดเปล่งแสงต้องสว่างไม่เท่ากัน ได้แก่ สว่างมาก สว่างปานกลาง และสว่างน้อย โดยมีข้อจำกัด คือ งบประมาณไม่เกิน 300 บาทและเวลาที่ใช้ต้องไม่เกินวันที่ 5 ธันวาคม ผู้เรียนมีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มีการโต้แย้งเกี่ยวกับค่าความต้านทานที่ได้จากการอ่านรหัสสีและค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดด้วยมัลติมิเตอร์ และมีการสรุปว่าจะออกแบบวงจรขับไดโอดเปล่งแสงโดยใช้ค่าความต้านทานควบคุมกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ความสว่างของไดโอดเปล่งแสงเป็นไปตามเกณฑ์

ส่วนข้อมูลจากอนุทินของผู้เรียนอีกคนหนึ่งเป็นดังนี้

"...การระบุปัญหา เกณฑ์ และข้อจำกัดในสถานการณ์การ์ดวันพ่อ ปัญหา ควบคุมความสว่างของไดโอดเปล่งแสงอย่างไร เกณฑ์ สว่างมาก สว่างปานกลาง สว่างน้อย ข้อจำกัด งบประมาณไม่เกิน 300 บาท...ขั้นรวบรวมข้อมูลว่าค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต้านทานไฟฟ้าสัมพันธ์กันอย่างไร ในใบกิจกรรมนี้หาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเซลล์ไฟฟ้ากับค่าความต่างศักย์ ซึ่งข้อมูลที่ได้มา คือ จำนวนเซลล์ไฟฟ้าแปรผันตรงค่าความต่างศักย์ โดยเราจะนำความรู้นี้ไปควบคุมกระแส ซึ่งกระแสจะควบคุมความสว่าง...ขั้นแก้ปัญหา ออกแบบ ว่าจะต่อวงจรยังไงดี รูปแบบการ์ดยังไงดี และลองทำตามแผน (ดำเนินการแก้ปัญหา) ถ้ายังมีข้อผิดพลาด ต่อไปก็เป็นขั้นออกแบบให้ดีกว่าเดิมและทำตามที่ออกแบบอีกครั้ง และจะได้ผลงานออกมาคือ การ์ดวันพ่อ..." (อนุทิน JDT04S02)

จากอนุทิน JDT04S02 จะเห็นว่าผู้เรียนมีการระบุปัญหา เกณฑ์และข้อจำกัด ผู้เรียนมีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มีการโต้แย้งเกี่ยวกับการออกแบบ และมีการสรุปว่าจะออกแบบวงจรขับไดโอดเปล่งแสงโดยใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าควบคุมกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ความสว่างของไดโอดเปล่งแสงเป็นไปตามเกณฑ์ เช่นเดียวกับผู้เรียนคนแรก แตกต่างกันที่ผู้เรียนคนที่สองเลือกการออกแบบวงจรขับไดโอดเปล่งแสง โดยใช้เซลล์แห้งเป็นตัวควบคุมความสว่างของไดโอดเปล่งแสง

สถานการณ์ที่ 2 เป็นสถานการณ์กล่องของขวัญวันวาเลนไทน์ ซึ่งมีสถานการณ์ ดังนี้

"ช่วงเทศกาลวันวาเลนไทน์ของทุก ๆ ปี นักเรียนจะทำของขวัญวันวาเลนไทน์ให้คุณพ่อ คุณแม่ และญาติ ๆ เพื่อเป็นการแสดงความกตัญญูกตเวที ซึ่งในปีนี้นักเรียนได้เรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นักเรียนจึงอยากจะควบคุมไดโอดเปล่งแสงที่ประดับอยู่ในกล่องของขวัญให้เปิด-ปิดอัตโนมัติ เพื่อเป็นการเซอร์ไพรซ์ผู้รับของขวัญ ถ้าแสงสว่างมากให้ไดโอดเปล่งแสงเปิด ถ้าแสงสว่างน้อยให้ไดโอดเปล่งแสงปิด และใช้งบประมาณไม่เกิน 300 บาท"

จากสถานการณ์นี้ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหา เกณฑ์ และข้อจำกัดของสถานการณ์ ถามคำถามทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สืบค้นและร่วมกันอภิปรายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ รวมทั้งการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ดังเช่นที่ผู้เรียนคนหนึ่งเขียนว่า

"...ปัญหาจะควบคุมไดโอดเปล่งแสงให้เปิด-ปิดอัตโนมัติได้อย่างไร เกณฑ์ ถ้าแสงสว่างมากให้ไดโอดเปล่งแสงเปิด ถ้าแสงสว่างน้อยให้ไดโอดเปล่งแสงปิด ข้อจำกัดงบประมาณไม่เกิน 300 บาท ภายในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลักการทำงานของตัวต้านทานแปรค่าตามแสง หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ Note 1. ค่าความเข้มแสงกับค่าความต้านทานของตัวต้านทานแปรค่าตามแสงมีความสัมพันธ์กันอย่างไร 2. ค่ากระแสเบส (I_B) กับค่ากระแส คอลเลกเตอร์ (I_C) มีความสัมพันธ์กันอย่างไร ความรู้คณิตศาสตร์ การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า และการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า การรู้เทคโนโลยี ความรู้ ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า การทำงานของ LDR เมื่อเวลาแสงตกกระทบก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ทำให้เกิดโฮลกับ e- การที่มีโฮลมากก็เท่ากับความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่งความเข้มของแสงตกกระทบมากเท่าไหร่ ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ดังนั้นเมื่อ LDR ถูกแสงตกกระทบจะทำให้ตัว LDR มีความต้านทานลดลง แต่เมื่อไม่มีแสงจะมีความต้านทานมากขึ้น การทำงานของทรานซิสเตอร์เปรียบเทียบได้กับวาล์วควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้าที่ขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์อยู่คู่หนึ่ง เนื่องจากพลังงานที่ถูกควบคุมจะสูงกว่าพลังงานที่ใช้ในการควบคุม ค่ากระแสเบสน้อย ๆ ควบคุมกระแสคอลเล็กเตอร์ที่สูง ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนไปตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ โดยจะแปรผกผันกัน จะเห็นว่าเมื่อมีแสงตกกระทบที่ตัว LDR กระแสที่ไหลผ่านตัว LDR สูง..." (ใบอนุทิน JDT07S01)

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

"สถานการณ์ของขวัญวันวาเลนไทน์ จะต้องมีการนำความรู้วิชาจากหลายแขนงเพื่อแก้ปัญหาได้แก่ คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิทยาศาสตร์ (Science) และเทคโนโลยี (Technology) ความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา คือ การคิดคำนวณค่าทางกระแสไฟฟ้า ความรู้วิทยาศาสตร์ที่จำเป็น คือ หลักการทำงานของตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (LDR) หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ และกฎของโอห์ม ความรู้ทางเทคโนโลยีที่ต้องใช้ คือ การใช้มัลติมิเตอร์ในการวัดค่าทางไฟฟ้า จากการทดลองต่อวงจร (โดยใช้ LDR ต่อ) เข้ากับ LED พบว่า เมื่อลดปริมาณแสงที่ตกกระทบตัวต้านทานแปรค่าตามแสงลงจะทำให้ LED สว่างน้อยลง และจากกฎของโอห์ม เมื่อเรารู้ว่าหากกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ความสว่างของ LED ก็จะเพิ่มตามด้วย แสดงว่า การลดปริมาณแสงที่กระทบตัวต้านทานจะทำให้มีความต้านทานมากขึ้น และหากเพิ่มปริมาณแสงที่กระทบตัวต้านทาน (แปรค่าตามแสง) ก็จะทำให้มีความต้านทานลดลง ส่วนหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์จะสามารถเปรียบได้กับวาล์วควบคุมไฟฟ้าที่ขาเข้า เมื่อปรับกระแสไฟฟ้า ส่วนขาออกจะมี 3 ขั้วเพื่อเชื่อมกับวงจร ทรานซิสเตอร์ 1 ตัวจะมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าของอีกขั้วหนึ่งเปลี่ยน เนื่องจากพลังงานที่ถูกควบคุมมากกว่าพลังงานที่ใช้ควบคุม..." (ใบอนุทิน JDT07S02)

จากใบอนุทินจะเห็นว่า ผู้เรียนมีการระบุปัญหา ถามคำถามทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สืบค้นและร่วมกันอภิปรายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ได้ดีขึ้น ผู้เรียนตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการรู้เทคโนโลยีนอกจากนี้ผู้เรียนยังเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมมากขึ้น

3. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตชั้นเรียน ข้อมูลในใบงานและอนุทินของนักเรียนพบว่าแนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้มีดังต่อไปนี้

3.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การอำนวยความสะดวกจากผู้สอน เพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่าสิ่งที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น และอำนวยความสะดวกจากครูผู้สอน นักเรียนจะได้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากนักเรียนต้องแสวงหาความรู้ อนุมานสรุปข้อความรู้สำคัญ สรุปข้อความรู้นั้นเป็นกรณีทั่วไป โดยการอ้างอิงหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล พิจารณาและประเมินข้อมูล ข้อเท็จจริง ข้อโต้แย้ง หลักฐาน และความคิดเห็นอย่างรอบด้าน รวมทั้งพิจารณากลั่นกรองคุณหรือโทษ และคุณค่าที่แท้จริงของเรื่องนั้น ๆ เพื่อใช้เหตุผล หลักฐาน และข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำลังเผชิญด้วยวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (Optimize solution)

3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม ต้องใช้สถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมที่ท้าทาย เพราะการที่ผู้สอนสร้างหรือให้นักเรียนได้มีโอกาสเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมที่ท้าทายจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ อภิปราย ซักถาม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ

3.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม ต้องมุ่งเน้นกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระบุปัญหา รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินข้อโต้แย้ง สรุปและตัดสินใจด้วยข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการ์ดวันพ่อดังกล่าวแล้วและกิจกรรมกล่องของขวัญวันวาเลนไทน์ ซึ่งมีสถานการณ์ ดังนี้

3.4 การเขียนอนุทินการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี กำหนดให้นักเรียนได้เขียนอนุทินสะท้อนความคิดทุกสัปดาห์เป็นส่วนหนึ่งและส่วนสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้ในแต่ละคาบเรียน เพื่อเป็นการทบทวนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ ครูผู้สอนตรวจและให้ข้อมูลป้อนกลับกับนักเรียนทุกครั้งและนำบางอนุทินไปเป็นกรณีศึกษาให้กับนักเรียนด้วย

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิชาการออกแบบและเทคโนโลยีที่ผ่านมาที่พบว่าความสามารถของนักเรียนในการคิดอย่างมีวิจารณญาณยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ เมื่อให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ลงในใบกิจกรรม นักเรียนส่วนใหญ่จะเขียนสิ่งที่ได้ทำหรือปฏิบัติในห้องเรียนมากกว่าการวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหา ความน่าเชื่อถือของข้อมูล และมักจะไม่มีข้อโต้แย้งหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับข้อมูลที่ตนเองหรือเพื่อน ๆ สืบเสาะมาใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรม ทั้งนี้สาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าวอาจจะเกิดจากผู้วิจัยในฐานะผู้สอนไม่ได้เน้นกิจกรรมกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณมากนัก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยต้องการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้ ซึ่งผลจากการวิจัยทำให้ทราบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผสานการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Oonsim และ Chanprasert (2017) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและเปิดโอกาสให้ให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณในสิ่งที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้นและครูผู้สอน เน้นการสะท้อนคิดทุกคาบเรียน โดยการอภิปรายและการเขียนอนุทินรายสัปดาห์ ผู้สอนควรให้กำลังใจสนับสนุนช่วยเหลือนักเรียนในขณะที่พวกเขากำลังเผชิญกับปัญหา ควรพยายามปรับเปลี่ยนทัศนคติ มุมมองของนักเรียนที่มีต่อปัญหาเหล่านั้นให้เป็นความท้าทาย และรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน สนับสนุนช่วยเหลืออำนวยความสะดวกให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมและคำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน สอดคล้องกับผลการวิจัยของมารุต พัฒผล (2560) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการรู้คิดต้องกระตุ้นผู้เรียนด้วยความรัก เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักในความรู้ และนำสู่การปฏิบัตินอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการสื่อสาร ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นต้น

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

สอดคล้องกับหลักเกณฑ์สะเต็ม (STEM guiding principles) ที่เน้นทักษะศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับแรงงานในอนาคต เพราะโลกอนาคตไม่ได้ต้องการพลเมืองที่มีความสามารถในการจดจำความรู้ได้มาก แต่ต้องการพลเมืองที่มีความสามารถในการเข้าถึงสารสนเทศและใช้สารสนเทศเหล่านั้นแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สื่อสารแนวคิดและมโนทัศน์อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานเป็นทีมและร่วมมือกัน มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และการสื่อสาร (Vasquez, Sneider, and Comer, 2013, Bybee, 2010) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของจำรัสและคณะ (2558ก, 2558ข) ที่พบว่าสะเต็มศึกษามีความสำคัญกับนักเรียน เพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ผู้สอนควรท้าทายนักเรียนด้วยสถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมที่เหมาะสม เพื่อท้าทายและเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำความรู้และทักษะเหล่านั้นมาใช้ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาด้วยด้วยตนเอง และให้นักเรียนเรียนรู้แบบร่วมมือ อภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน และเขียนอนุทินรายสัปดาห์ เพื่อสะท้อนคิดสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้

2. การวิจัยครั้งต่อไปควรพิจารณาศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้กับวิชาอื่นหรือจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้นี้โดยครูผู้สอนที่ไม่ได้มีพื้นฐานการศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยอาจใช้ผลการวิจัยนี้เป็นกรอบแนวคิด ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่จะนำไปสู่แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 เทคโนโลยี มาตรฐาน ว 4.1 ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ให้มีความชัดเจนมากขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558ก). **“การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา”.** วารสารวิชาการ Verdian E-Journal, Silpakorn University, 8,1 (มกราคม-เมษายน): 62-74.

_____ . (2558ข). **”การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูระดับประถมศึกษา”.** วารสารวิชาการ Verdian E-Journal, Silpakorn University, 8,2 (พฤษภาคม-สิงหาคม), 8(2): 714-736.

ปณิตา วรรณพิรุณ. (2561). **การจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.** เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน เข้าถึงได้จาก https://www.youtube.com/watch?v=nQwFTvHJG0Y

มารุต พัฒผล. (2560). **“รูปแบบการพัฒนาครูด้านการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการรู้คิดและความสุขในการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับประถมศึกษา”.** วารสารวิชาการ Verdian E-Journal, Silpakorn University, 7,3 (กันยายน-ธันวาคม): 682-699.

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. (2561). สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน เข้าถึงได้จากhttp://academic.obec.go.th/newsdetail.php?id=48

ทิศนา แขมมณี. (2554). **รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธิ พลชัยยา. (2557). **สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง.** นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 42(189), 7-10

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2559). **สะเต็มศึกษา:ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย.** หน่วยจัดการกลางโครงการเพาะพันธุ์ปัญญา. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา จำกัด, 6-9

ภาษาต่างประเทศ

Bybee, R. (2010). **Advancing STEM Education: A 2020 Vision.** Technology and Engineering Teacher, 70(1), 30-35.

Hilgard, E. R. (1962). **Introduction to Psychology.** Third Edition. New York : Marcourt, Brace&World Inc.,

National Research Council. (1996). **National science education standards.** Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council. (2013). **Next Generation Science Standards: For States, By States.** Washington, DC: The National Academies Press.

Oonsim, W. and Chanprasert, K. (2017). **Developing Critical Thinking Skills of Grade 11 Students by STEM Education: A Focus on Electrostatic in Physics.** Rangsit Journal of Educational Studies, 4(1), 54-59

Pellegrino J.W. and Hilton M.L. (2012). **Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century.** National Academy Press

Vasquez, J.A., Sneider, C. and Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials, Grades 3-8 Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics.** Portmouth, NH. Heinemann., 16-20