

แนวการบูรณาการ STEM Education เพื่อพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

INTEGRATION STEM EDUCATION FOR STUDENTS' COMPETENCIES IN THE 21st*

ดร.จิราภรณ์ ทัพชัย

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Dr.Jiraporn Tupai

Demonstration School Education KhonKaen University, Thailand

E-mail : Tjirap@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการ กระบวนการของ STEM Education กับเนื้อหาวิชาโดยผู้สอนวางแผนนำบริบทที่ใกล้ตัวผู้เรียนมาท้าทายผู้เรียน ในการหาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้ศาสตร์ความรู้จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ เป็นแนวทางที่ผู้เรียนได้ลงมือจริงในการแก้ปัญหา หรือหาแนวทางในการแก้ไข ซึ่งผู้เขียนขอเสนอแนวทางการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อการบูรณาการความรู้ The Engineering Design Process (EDP) โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6 ขั้นตอน วิศวกรรม (Engineering) มีขั้นตอนการบูรณาการกับกิจกรรมในขั้นตอนนี้ (1) ระบุสถานการณ์ปัญหา (Identify the problem) (2) การวิเคราะห์ 5 ต้นทุน (Analyzing five capitals) (3) การค้นหาแนวคิดและองค์ความรู้ (Explore information) (4) การวางแผนและพัฒนาโดยการแลกเปลี่ยนแนวคิด (Planning and development Knowledge to sharing) (5) การสร้างโมเดล วิธีแก้ปัญหา และ ทดสอบ ประเมินผล (Model solution testing and evaluating the solution) (6) การนำเสนอผลลัพธ์การสะท้อนคิดและปรับปรุง (Reflection and revise present the solution) โดยในกระบวนการออกแบบจะการประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้อง ในการแก้ปัญหาซึ่งจะเป็นแนวทางการบูรณาการความรู้ ให้ผู้เรียนนำไปใช้ได้จริงต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: กระบวนการ STEM; การพัฒนาสมรรถนะศตวรรษที่ 21

Abstract

The STEM education was process within classroom by planning. The learners could explore, initiate social contexts, challenge and generate student. The authors had to present a guideline to design a learning management process for integrating STEM knowledge using a 6-step engineering design process, including (1) Identify the problem (2) Analyzing five capitals (3) Exploring information (4) Planning and developing knowledge to sharing

* ได้รับบทความ: 15 กรกฎาคม 2564; แก้ไขบทความ: 12 สิงหาคม 2564; ตอรับตีพิมพ์: 31 สิงหาคม 2564

(5) Model solution testing and evaluating the solution (6) Presentation of results, reflection and revise present the solution. The design was processes to application of science and mathematics knowledge to other science related to problem-solving, which will guide the integration of knowledge for students to use in the future.

Keywords: The Engineering Design Process (EDP); 21st Century Competencies.

บทนำ

การศึกษาของไทยมีความพยายามที่จะหาแนวทางในการจัดการเรียนการสอนของผู้เรียนมีความสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนให้ผู้เรียนมีสมรรถนะ การมีความรู้ในวิชาหลักมี ความรู้รอบตัวอื่นๆด้วย มีทักษะชีวิตและทักษะอาชีพ การมีทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรมทักษะแห่งความร่วมมือ 4 ประการคือ การสื่อสาร (Communication) ความร่วมมือกัน (Collaboration) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) ซึ่งการสอน ผ่านกระบวนการ STEM Education เป็นกระบวนการที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้วางแผนในการแก้ปัญหา หรือการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนไปประยุกต์ใช้จริงในชั้นเรียนจะเป็นทักษะที่สำคัญต่อผู้เรียนซึ่งสามารถสร้างประสบการณ์และพัฒนาทักษะของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี โดยการเริ่มต้นที่จะให้ผู้เรียนเข้าใจบริบท สถานการณ์ เนื้อหา เพื่อหาวิธีการในการสร้างความรู้ในชั้นเรียน ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ในชั้นเรียนที่เป็นไปตามสภาพจริงของการจัดการเรียนการสอนโดยปกติ แนวทางในการจัดการชั้นเรียนเน้นการบูรณาการ Science Technology Engineering Mathematic (STEM) ผู้สอนต้องวางแผนการเริ่มต้นที่ความเข้าใจว่าผู้เรียนแต่ละคนมีบริบทและพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกัน ต้องเข้าใจธรรมชาติและสภาพที่แท้จริงของผู้เรียนเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำมาเป็นแนวทางการจัดการชั้นเรียน ในการสร้างความรู้และส่งเสริมทักษะ สมรรถนะจากการปฏิบัติจริง โดยการออกแบบวางแผนการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนนำเอาความรู้ไปสู่การแก้ปัญหา โดยวางแผนเป้าหมายในการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้ โดยการแนวทางให้ผู้เรียนสร้างประสบการณ์โดยใช้กระบวนการคิดของผู้เรียน ผ่านกิจกรรม The Engineering Design Process (EDP) ซึ่งการวิเคราะห์ความตรงของข้อมูลที่น่ามาอธิบายการเรียนรู้ของผู้เรียนตรวจสอบผ่านการออกแบบการแก้ปัญหา และ แนวทางการแก้ปัญหาของผู้เรียน (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2008), (Srikoom, Hanuscin & Faikhamta, 2017). (Bootchan , Tupsai , Yuenyong, 2016), (Asghar, Ellington, Rice, Johnson & Prime, 2012), (Bybee, 2010), Hallinger, P. & Lee, M. 2011.

จากความจำเป็นในการพัฒนาคนให้เข้ากับสังคมยุคใหม่นั้น ทำให้มีการสรุปออกมาว่าสมรรถนะที่สำคัญของมนุษย์ยุคใหม่ (Bybee & Fuchs, 2006), (Trilling & Fadel, 2009). (Wongwanich & Wiratchai, 2004), (ชวนิดา สุวานิช, 2017). นำเสนอสมรรถนะแห่งศตวรรษที่ 21 ประกอบไปด้วย ทักษะ 3 ประการ คือ

1. การมีความรู้ในวิชาหลัก ซึ่งมีความหมายครอบคลุมถึงความรู้รอบตัวอื่นๆด้วย
2. การมีทักษะชีวิตและทักษะอาชีพ
3. การมีทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรมใหม่ ที่เกี่ยวข้องกับทักษะแห่งความร่วมมือ 4 ประการ คือ การสื่อสาร (Communication) ความร่วมมือกัน (Collaboration) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking)

ดังนั้นครูจึงเป็นบุคคลที่สำคัญที่จะวางแผน และจัดการชั้นเรียนให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาสมรรถนะ โดยการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เตรียมความพร้อมศตวรรษที่ 21 (Seattha, Tupsai, Sranamkham, & Yuenyong, 2016), (Tupsai & Yuenyong, 2018), (Srikoom, Hanuscin & Faikhamta, 2017). โดยมีแนวทางของครูดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอน ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบความสามารถตนเอง แรงใจ (Passion) ในการเรียนรู้ตลอดชีวิต สร้างสภาพแวดล้อมที่ท้าทายและสนุกสนาน ผสมผสานการเรียนในห้องเรียนและนอกห้องเรียนอย่างสมดุล
2. ครูมีการสร้างเครือข่ายการพัฒนาตนเอง แลกเปลี่ยนประสบการณ์เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมมาพัฒนาชั้นเรียนของตัวเอง เพื่อหาแนวทางและวิธีการในการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน
3. ศึกษาหลักสูตร โครงสร้างหลักสูตรเพื่อวางแผน และแนวทางในการจัดกิจกรรมที่เน้นการเรียนรู้ที่กว้างขวางและเป็นองค์รวม มีอิสระในการกำหนดวิธีการเรียนการสอนเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการพัฒนาผู้เรียน
4. เปลี่ยนแนวทางในการประเมิน เน้นการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ (Formative Assessment) ที่เน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิด และ นำความรู้ไปวางแผนในการแก้ปัญหาซึ่งกระบวนการ STEM เป็นแนวทางที่สามารถมาใช้ในการวางแผนได้
5. เทคโนโลยีสารสนเทศ ICT เป็นปัจจัยส่งเสริมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเน้นที่เนื้อหาสาระ (Content) สอดคล้องกับพัฒนาการของแต่ละวัย และให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการไปสู่การแก้ปัญหาได้

ดังนั้น แนวทางในการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะโดยผ่านกิจกรรม สอดแทรก STEM จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สามารถส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้และเกิดทักษะ ให้ผู้เรียนมีสมรรถนะในการใช้ ในศตวรรษที่ 21 เกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และแก้ปัญหา (Critical thinking & Problem solving) ทักษะการสื่อสาร (Communicating) และทักษะการสร้างความร่วมมือ(collaboration) แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบ Science Technology Engineering and Mathematic จึงเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 ด้านมาประยุกต์เพื่อฝึกการแก้ปัญหาจริง ซึ่งจะเป็นกระบวนการให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการ วิเคราะห์ปัญหา อภิสิทธิ์ ธง ไชย (2016) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่บูรณาการวิทยาศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็น

ประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ (Bybee & Fuchs, 2006), (Trilling & Fadel, 2009). (Wongwanich & Wiratchai, 2004), (ชวนิดา สุวานิช, 2017).

กระบวนการ The Engineering Design Process (EDP)

EDP มีองค์ประกอบของความรู้ ที่พัฒนาได้สอดคล้องกับ ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิดโดยการ ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการได้แก่ (1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ (2) ช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ (3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4) ทำทลายความคิดของผู้เรียน และ (5) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง EDP คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน โดยวิเคราะห์สร้างความเข้าใจให้ง่ายและนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการชั้นเรียนได้ดังนี้ (Koehler, Binns, & Bloom, 2015), (Corlu, Capraro, & Capraro, 2014), (Carr, Bennett & Strobel, 2012), (Ejiwale, 2012)

- Science ผู้เรียนนำความรู้เกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์เป็นแกนกลาง ที่ผู้เรียนนำความรู้ไป ออกแบบในการบูรณาการแก้ปัญหา ซึ่ง สามารถนำความรู้เรื่องอื่นๆ มา ช่วยได้
- Technology เป็นแนวทางที่นำความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพื่อออกแบบแก้ปัญหาจากประเด็นที่สร้างจากความสนใจผู้เรียน เป็นเทคโนโลยีโดยผู้เรียนได้ออกแบบเพื่อสร้าง โมเดล หรือแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นเส้นทางในการสร้างนวัตกรรม
- Engineering ผู้เรียนเลือกและกำหนดแนวทางการออกแบบที่ผสม ผสานความรู้ และทักษะไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา จากผู้เรียน ซึ่งผู้เขียนนำเสนอกระบวนการ EDP
- Mathematics ผู้เรียนการวางแผน คำนวณ ประมาณการ เมื่อความแม่นยำ ในการวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหา

ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการให้โอกาสผู้เรียนคิดและ นำไปสู่การสืบเสาะที่เน้นบริบททางสังคมของผู้เรียน เพื่อให้สร้างความหมายการออกแบบการแก้ปัญหา และสร้างแรงบันดาลใจจากนวัตกรรม ซึ่งผู้เขียนได้ออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อการบูรณาการความรู้ STEM โดยใช้กระบวนการออกแบบ EDP (Seattha, Tupsai, Sranamkham, & Yuenyong, 2016), (Tupsai & Yuenyong, 2018), (Tupsai, Bunprom, Saysang, & Yuenyong, 2019) ได้แก่ การออกแบบ ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6 ขั้น มีแนวทางในการบูรณาการดังนี้

(1) ระบุสถานการณ์ปัญหา (Identify the problem) หมายถึง วิเคราะห์เนื้อหาวิชา และหาประเด็นที่น่าสนใจ ใกล้ตัวผู้เรียนมาท้าทายให้ผู้เรียนวิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางในการแก้ไข

(2) การวิเคราะห์ 5 ต้นทุน (Analyzing five capitals) หมายถึง การวิเคราะห์ปัจจัยที่จะช่วยในการแก้ปัญหาต้นทุน 5 ต้นทุน ได้แก่ ต้นทุนทางการเงิน ต้นทุนธรรมชาติ ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ต้นทุนทรัพยากรมนุษย์ และต้นทุนทางสังคม

(3) การค้นหาแนวคิดและองค์ความรู้ (Explore information) หมายถึง การให้ความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ มาอธิบายในการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ครูเติมความรู้ที่จำเป็น โดยเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาให้เหมาะสมแต่ละระดับ

(4) การวางแผนและพัฒนาโดยการแลกเปลี่ยนแนวคิด (Planning and development Knowledge to sharing) หมายถึง ขั้นตอนการออกแบบวางแผน ตั้งแต่ประเด็นปัญหา โดยใช้หลักวิชา ซึ่งผู้เรียนวิเคราะห์ต้นทุนในการแก้ปัญหาออกมา

(5) การสร้างโมเดล วิธีแก้ปัญหา และ ทดสอบ ประเมินผล (Model solution testing and evaluating the solution) หมายถึง การนำแบบที่วางแผนมาสู่การปฏิบัติจริง และทดสอบแนวคิดปรับเปลี่ยนตามผล แก้ไขจนเป็นไปตามที่กำหนดไว้

(6) การนำเสนอผลลัพธ์การสะท้อนคิดและปรับปรุง (Reflection and revise present the solution) หมายถึง การนำผลงานนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ หรือ ผู้เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงเป็นไปตามวัตถุประสงค์

จากขั้นตอนของ EDP ที่ผู้เขียนพัฒนาโดยปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับบริบทตนเองในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งสามารถที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกเป็นการร่วมมือกันทำงาน ในการวางแผน สร้างนวัตกรรมของตนเอง ร่วมกันออกแบบ โดยคำนึงถึงเป้าหมายที่จะทำ ประเด็นที่น่าสนใจวิเคราะห์จากความรู้ ที่มีมาแก้ปัญหาเพื่ออะไรร่วมมือกันในการหาวิธีการซึ่งสามารถวิเคราะห์การนำความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และอื่นๆ ในการหาวิธีการ ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ให้คุ้มทุน คุ้มค่า ให้ละเอียดที่สุดและแล้วนำมาแลกเปลี่ยนแนวคิดกับกลุ่มอื่นร่วมกันวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่ได้ เพื่อสรุปผล หรือ สะท้อนเพื่อกลับไปปรับปรุง ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้ (Seattha, Tupsai, Sranamkham, & Yuenyong, 2016), (Tupsai & Yuenyong, 2018), (Tupsai, Bunprom, Saysang, & Yuenyong, 2019)

ตัวอย่างการสอดแทรกแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อการบูรณาการ EDP ตาม 6 ขั้นตอน ดังนี้

ผู้เขียนนำเสนอการสอนฟิสิกส์ ที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เขียนบูรณาการ EDP เพื่อนำไปวางแผนกิจกรรมในชั้นเรียน ในบทไฟฟ้า เริ่มต้นด้วยการวางแผนโดยการใช้ประเด็น การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย ท้าทายผู้เรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาองค์ความรู้จากการ สืบเสาะ การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน โดยมีกรอบในการสอนที่เชื่อมโยงในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน ที่ส่งเสริมการสอนในชั้นเรียน ตามขั้นตอนดังนี้

1. ระบุสถานการณ์ปัญหา (Identify the problem)

ครูสร้างประเด็นเพื่อท้าทายผู้เรียน : เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาการใช้ไฟฟ้าของไทย มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการใช้การมากขึ้น จากประชากรที่สูงขึ้นและมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่ในประเทศทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่จำกัด เพื่อเป็นการสร้างแนวทางใหม่เพื่อเพิ่มทางเลือก ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำเพียงพอ และสามารถใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ที่สามารถช่วยทางด้านการเกษตร และ นำมาผลิตกระแสไฟฟ้ากลับมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกทาง

ผู้เรียนร่วมกันสะท้อนปัญหา คือ “เปลี่ยนแรงดันน้ำพลังงานสะอาด ไปสู่การผลิตกระแสไฟฟ้า ผู้เรียนมีแนวคิดอย่างไร”

เป็นการใช้ความรู้วางแผนออกแบบเปลี่ยนแรงดันน้ำพลังงานสะอาด ไปสู่การผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าที่มีปริมาณมากขึ้น จากประชากรที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ความต้องการไฟฟ้า มากขึ้นด้วย

2. การวิเคราะห์ 5 ต้นทุน (Analyzing five capitals)

เพื่อให้มีการวิเคราะห์แนวทางการได้ผลลัพธ์อย่างมีศักยภาพ การวิเคราะห์ต้นทุนจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ มีศักยภาพในเชิงเศรษฐศาสตร์ และในเชิงเทคโนโลยี จะต้องคำนึงถึงการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ และเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน ผู้เรียนจะได้วิเคราะห์ ต้นทุน 5 ต้นทุน ได้แก่ ต้นทุนทางการเงิน ต้นทุนธรรมชาติ ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ต้นทุนทรัพยากรมนุษย์ และต้นทุนทางสังคม

ต้นทุนทางการเงิน ให้ผู้เรียนได้ระดมความคิดว่าจะใช้งบประมาณ ในด้านใดบ้าง และแต่ละด้านใช้งบประมาณเท่าไร โดยให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับต้นทุนด้านอื่นๆ

ต้นทุนธรรมชาติ ให้ผู้เรียนได้ระดมความคิด ส่งผลกระทบผลดีต่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ หรือ มีผลเสียต่อระบบนิเวศ หรือไม่อย่างไร

ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ให้ผู้เรียนได้ระดมความคิด เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานสะอาด ควรจะมีลักษณะและคุณสมบัติอย่างไร ภายใต้เงื่อนไขต้นทุนทางการเงิน ผลิตภัณฑ์เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานสะอาด ควรจะมีลักษณะและคุณสมบัติอย่างไร เพื่อให้มนุษย์ใช้งานได้จริง และ เพื่อให้ไม่กระทบต่อต้นทุนทางธรรมชาติ

ต้นทุนทรัพยากรมนุษย์ ให้ผู้เรียนได้ระดมความคิด ว่ากลุ่มของตนมีความรู้และทักษะอะไรบ้างแล้ว และต้องการความรู้และทักษะอะไรเพิ่มเติมเพื่อการออกแบบ เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานสะอาด

ต้นทุนทางสังคม ให้ผู้เรียนได้ระดมความคิด ว่าจะต้องขอความร่วมมือกับใครบ้างเพื่อให้การสร้างเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานสะอาดได้สำเร็จ และจะต้องสื่อสารและนำเสนออย่างไรให้คนอื่นต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานสะอาด

3. การค้นหาแนวคิดและองค์ความรู้ (Explore information)

การเติมความรู้ วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ การเกิดไฟฟ้า การผลิตกระแสไฟฟ้า ผู้เรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้แรงน้ำในผลิตกระแสไฟฟ้าและ ความรู้ จาก Simulation Generator and Faraday's Electromagnetic Lab ซึ่งจะเห็นความสัมพันธ์ของการผลิตกระแสไฟฟ้า ระหว่างการ เปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า และ สนามแม่เหล็ก บนพื้นฐานการออกแบบสร้างกระแสไฟฟ้าจากพลังงานสะอาด

4. การวางแผนและพัฒนาโดยการแลกเปลี่ยนแนวคิด (Planning and development Knowledge to sharing

กิจกรรม การนำเสนอความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่จำเป็นสำหรับการสร้าง โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับ 5 ต้นทุน

เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ครูทำทนายผู้เรียนโดยมีประเด็นคำถาม: การผลิตกระแสไฟฟ้าใช้หลักการใด ?

แนวคำตอบของผู้เรียน :การผลิตกระแสไฟฟ้า อาศัยการทำงานของไดนาโม ที่เกิดจากการสร้างสนามแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ไดนาโม การทำงานเมื่อทำให้แกนของไดนาโมหมุนจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของไดนาโม

ครูทำทนายผู้เรียนโดยมีประเด็นคำถาม: วิธีการผลิตกระแสไฟฟ้า ในปัจจุบัน ทำอย่างไร

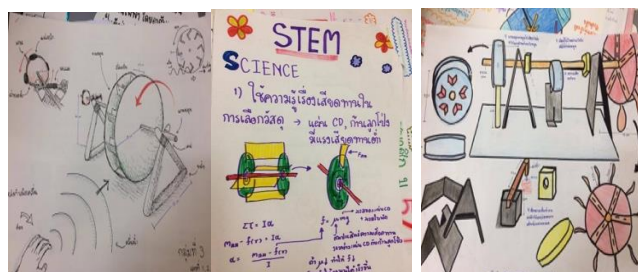
แนวคำตอบของผู้เรียน:1) เชื้อเพลิง ปล่อยน้ำให้มีแรงดันน้ำ ไปหมุนไดนาโม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า จะการเปลี่ยนแปลงของอิเล็กตรอน ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

2) พลังงานจาก ถ่านหิน น้ำมัน นำไปต้มน้ำเพื่อให้เกิดแรงดันของไอน้ำ ไปหมุนไดนาโม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า จะให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้

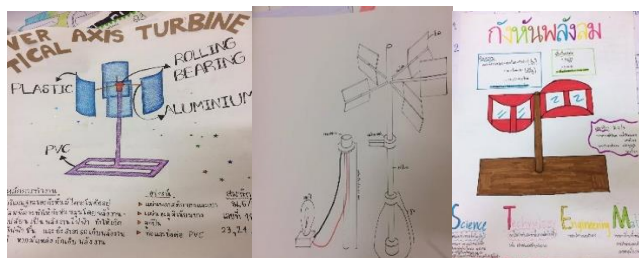
3) พลังงานจาก โซลาร์เซลล์ ใช้หลักการเซลล์สุริยะ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสง ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และยังมีการนำเซลล์สุริยะผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในชุมชนที่อยู่ห่างไกลบางแห่งอีกด้วย

ครูทำทนายผู้เรียนโดยมีประเด็นคำถาม:วิธีการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้กังหันทำอย่างไร

แนวคำตอบของผู้เรียน:การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำ ประกอบด้วย แรงดันของน้ำ กังหันน้ำ ไดนาโม โดยอาศัยแรงดันของน้ำ ไปหมุน กังหันน้ำ ไดนาโม เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ดังตัวอย่างการออกแบบการแก้ปัญหาของผู้เรียน ถึงแนวทางในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานสะอาด



ผู้เรียนออกแบบโดยใช้พลังงานจากพลังงานน้ำ



ผู้เรียนออกแบบโดยใช้พลังงานจากพลังงานลม

ภาพที่ 3 การออกแบบกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า

5. การสร้างโมเดล วิธีแก้ปัญหา และ ทดสอบ ประเมินผล (Model solution testing and evaluating the solution)

ผู้เรียนนำเสนอ ความสำเร็จเป็นระยะ เพื่อตรวจสอบ และแก้ไข ทดสอบ และประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ตัวอย่างการสร้างโมเดลของผู้เรียนและวิธีการทดสอบประเมินผลการทำงานตามแนวคิดของผู้เรียน



ภาพที่ 4 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้เรียนเขียนอนุทิน สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการนำเสนอชิ้นงานเพื่อการปรับปรุงชิ้นงานของตนต่อไป

6. การนำเสนอผลลัพธ์การสะท้อนคิดและปรับปรุง (Reflection and revise present the solution)

ผู้เรียนออกแบบการผลิตกระแสไฟฟ้า จากพลังงานลม และน้ำ โดยผู้เรียนออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างลม กับการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า และ สนามแม่เหล็ก เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า

ตัวอย่างการสะท้อนความคิดของผู้เรียนในการวางแผน และการลงมือทำสะท้อนว่าผู้เรียนได้เรียนรู้ในระหว่างที่ปฏิบัติจากทฤษฎีสู่การปฏิบัติจริง

กลุ่มที่ 1 “ผู้เรียนวางแผนกันจากปัญหา ว่าใช้พลังงานลมในการหมุน กังหัน และ ให้ปั่นไดนาโม ผลิตไฟฟ้า โดยการเริ่มมองหาวัดดูก่อนว่าเรามีอะไร ควรจะออกแบบแบบไหนเราก็เริ่มหาข้อมูล ว่าจะทำแบบไหน ทำอย่างไรถึงจะหมุนได้ และผู้เรียนจะหาข้อมูลต่อใน YouTube และก็ออกแบบ แล้วลงมือทำ ”

กลุ่มที่ 2 “กิจกรรมเริ่มจากการหาข้อมูลก่อน ว่าจะทำรูปแบบไหน ผู้เรียนเริ่มจากคลิปในชั้นเรียน แล้วมาออกแบบผู้เรียนทดลองทำมาแล้วสามแบบแต่ไม่สำเร็จ และนี่เป็นแบบที่ 4 ในการทดลองครั้งแรก มันไม่หมุนใช้ใบพัดตรง ผู้เรียนก็หาวิธีการโดยการเปลี่ยนใบพัด ครั้งที่ 2 ทำใบพัดเฉียง ”

กลุ่มที่ 3 ผู้เรียนออกแบบหลายแบบมาก ตอนแรกลองทำใบพัดแบบพัดลม มันหมุนน้อยมาก ก็เลยคิดหาวิธีใหม่ เพราะต้องทำให้หมุนมากๆ เมื่อเจอลม จะต้องหมุนได้สะดวก ซึ่งจากการทำกิจกรรม ในการสร้างเทคโนโลยีในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานสะอาด จากทรัพยากรที่อยู่ใกล้ตัว

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีแนวคิด ในการออกแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งแนวทางของแต่ละคนในการออกแบบ จะคำนึงถึง วัสดุและอุปกรณ์ที่ตนเองมี ในการสร้าง Model ของแต่ละกลุ่ม ผู้เรียน ได้มีการออกแบบและทดลองให้ Model ทำงานโดยการหมุนของลม ผู้เรียนต้องใช้การปรับเปลี่ยนหลายครั้ง เพราะ ตามแบบที่คิด กับการทำงานของ Model ไม่ทำงาน ในครั้งแรกซึ่งจะสะท้อนการแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกันจนผลงานออกมา ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการนำความรู้มาวางแผน ออกแบบ และสร้าง โมเดล จะเห็นทั้งล้มเหลว และสำเร็จ และความสำเร็จก็ไม่ได้ออกมาง่าย การปฏิบัติจึงเป็นการประเมินผลที่สำคัญ

ซึ่งพบว่าการจัดกิจกรรมสอดแทรกกิจกรรม ของ EDP เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน เน้นการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ (Formative Assessment) ที่ประเมินการใช้กระบวนการคิดในการออกแบบวางแผน และ นำความรู้ไปวางแผนในการแก้ปัญหาซึ่งกระบวนการ EDP เป็นการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนเรียนรู้จะประยุกต์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบ และปรับเปลี่ยน โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการออกแบบเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา

บทสรุป

แนวการบูรณาการ STEM Education เพื่อพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เป็นกระบวนการนำเสนอแนวความคิดที่นำเสนอออกมาเพื่อนำมาตัดสินใจในการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้ The Engineering Design Process (EDP) โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6 ขั้นตอน วิศวกรรม (Engineering) มีขั้นตอนการบูรณาการกับกิจกรรมในชั้นดังนี้

- 1) การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อจะบูรณาการ ทักษะกระบวนการ EDP
- 2) เตรียมสื่อ อุปกรณ์ เพื่อท้าทาย ผู้เรียนในกระบวนการออกแบบจะการประยุกต์ใช้ความรู้ วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป็นการจัดการเกี่ยวกับการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาให้ดี
- 3) ผู้เรียนจะเป็นผู้ลงใช้ทางเลือกจากการประเมินผลตามแนวความคิดของพวกเขาเองเน้นการลงมือปฏิบัติจริง ให้ผู้เรียนได้ใช้จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการท้าทายความคิดและท้าทายการทำงานร่วมของผู้เรียน

- 4) กระบวนการ STEM Education ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ไปเป็นความรู้เพื่อจะออกแบบว่าจะแก้ปัญหาอย่างไร โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการออกแบบเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา เป็นแนวทางที่จะพัฒนาสมรรถนะ
- 5) ผู้เรียนได้มีโอกาสเป็นนวัตกรรม สร้างนวัตกรรมในอนาคตที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหา โดยการให้โอกาสผู้เรียนจะเป็นผู้ประยุกต์ความรู้ผ่านการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือ วิธีการ เพื่อออกแบบการแก้ปัญหาในชีวิตตามที่ต้องการ

ซึ่งผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการนำความรู้ที่เรียนไปประยุกต์ต่อไป ในระดับมัธยมศึกษาผู้เรียนอาจจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้จริงเป็นเพียงการสร้างแนวคิดหรือโมเดล เพราะเนื่องจากขาดความรู้ที่ลุ่มลึกและมีทักษะที่อาจยังไม่เพียงพอ ซึ่งทักษะกระบวนการแก้ปัญหา เป็นการบูรณาการความรู้ที่ผู้เรียนได้รับโดยการฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และเมื่อมีความชำนาญแล้ว ทักษะเหล่านี้จะติดตัวผู้เรียนในการบูรณาการของศาสตร์ความรู้ต่างๆ ในการวางแผน และแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนต่อไป

ในกระบวนการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งเรียกว่า STEM มีแนวทางในการจัดกิจกรรมทั้งหมดมีเป้าหมายเพื่อการเสริมสร้างทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการศึกษารูปแบบการบูรณาการการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมศักยภาพของผู้เรียนในการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนต่อไปในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- ชวนิดา สุวานิช. (2017). STEM Education กับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักศึกษา วิชาชีพครูให้มีคุณลักษณะ ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*.15(1), 18-27.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2016). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษ ที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 31(3), 48-53.
- Asghar, A. , Ellington, R. , Rice, E. , Johnson, F. , & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2).
- Bootchan B., Tupsai J., Yuenyong C. (2016). Developing the STS Unit of Heat Transfer to Provide Students' Perception of the Relationship between Science Technology Engineering and Mathematics. Khon Kaen University, Thailand Proceeding of the 3rd International Conference on Language, Humanities and Innovation 2016.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education?. *Science*, 329(5995), 996-996.

- Bybee, R. W., & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. *Journal of Research in Science Teaching*. 43(4), 349-352.
- Koehler, C., Binns, I. C., & Bloom, M. A. (2015). The emergence of STEM.STEM road map: A framework for integrated STEM education, 13-22.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). *Introducing STEM education: implications for educating our teachers for the age of innovation*. *Egitim ve Bilim*, 39(171).
- Carr, R. L., Bennett, L. D., & Strobel, J. (2012). Engineering in the K-12 STEM Standards of the 50 US States: An Analysis of Presence and Extent. *Journal of Engineering Education*. 101(3), 539-564.
- Ejiwale, J. A. (2012). Facilitating teaching and learning across STEM fields. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(3), 87
- Hellinger, P. & Lee, M. (2011). A decade of education reform in Thailand: broken promise or impossible dream. *Cambridge Journal of Education Aquatic Insects*. 41(2), 139-158
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2008). *National science curriculum standards: The basic education curriculum B.E.2544*. Retrieved 2013, from kroo.ipst.ac.th/ipst/eng/curriculum/Science Curriculum.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Tupsai, J., Bunprom, S., Saysang, J., & Yuenyong, C. (2019). Students' Applying STEM Knowledge in Learning on the STS-STEM Education Wave Learning Unit. *Journal of Physics: Conference Series*. 1340(1), 012054. IOP Publishing.
- Tupsai, J., & Yuenyong, C. (2018, January). Investigating students' view on STEM in learning about electrical current through STS approach. *AIP Conference Proceedings*. 1923(1), 030054). AIP Publishing LLC.
- Seattha, P., Tupsai, J., Sranamkham, T., & Yuenyong, C. (2016). Students' view on STEM in learning about circular motion through STS approach. *AIP Conference Proceedings*. 1775(1), (030063). AIP Publishing LLC.
- Srikoom, W., Hanuscin, D. L., & Faikhamta, C. (2017). *Perceptions of in-service teachers toward teaching STEM in Thailand*. *Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 18(2), 1-23. Retrieved from <https://search.proquest.com/scholarly->

journals/perceptions-service-teachers-toward-teaching-stem/docview/2055193566/se-
2?accounted=27797

Wongwanich, S., & Wiratchai, N. (2004). *Evaluation of the Learning Reform In Accordance With the National Education Act 1999: Multiple Case Studies*. Paper for an academic meeting on research on learning reform, organised by the Office of the Education Council, Ministry of Education, July 19-20, 2004, 243-252.