

## ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

### The Importance of Engineering in Science Learning Management in the 21<sup>st</sup> Century

อภิสิทธิ์ ธงไชย

Apisit Tongchai

สาขาเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวคิดทางวิศวกรรมและความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางวิศวกรรมกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสำคัญของการผนวกแนวคิดเชิงวิศวกรรมกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 โดยอธิบายความหมายของวิศวกรรมสำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน การออกแบบเชิงวิศวกรรม ความสอดคล้องและความแตกต่างระหว่างแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (science and engineering practices) ซึ่งแนวปฏิบัติทั้งสองมีความคล้ายคลึงกัน แต่มีจุดเน้นต่างกันสองอย่างคือ วิทยาศาสตร์เริ่มด้วยการตั้งคำถาม ในขณะที่วิศวกรรมเริ่มด้วยการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ และวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายในขณะที่วิศวกรรมสร้างแนวทางแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัตินี้ยังคงความสำคัญของการสืบเสาะ (inquiry) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design) ซึ่งการผนวกแนวคิดของวิศวกรรมเข้าสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงเป็นการเรียนรู้เนื้อหา ทฤษฎี หรือฝึกทักษะปฏิบัติเท่านั้น แต่ยังสามารถนำความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากขึ้น รวมทั้งเป็นการฝึกทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษนี้

**คำสำคัญ:** การสอนวิทยาศาสตร์ การออกแบบเชิงวิศวกรรม

#### Abstract

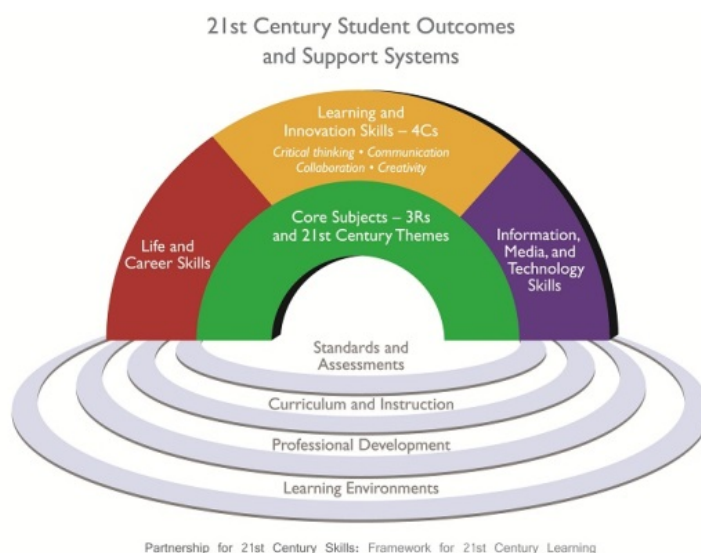
This article presents the concept of engineering and its relevance to science as well as the importance of integrating engineering into science learning management in the 21<sup>st</sup> Century. The meaning of engineering and engineering design used in basic education will be presented. Moreover, similarities and differences between science and engineering practices will also be pointed out. Both Science and Engineering practices are, in fact, very similar, however they have two different intents. First, science starts with asking a question while engineering starts with identifying a problem or need. Second, science develops explanation while engineering develops a solution. However, both practices still retain the importance of inquiry which is needed in solving a problem in order to construct artifacts or methods through engineering design. Integrating the concepts of engineering into science instruction can enhance science learning not only in content knowledge and practical skills, but also can enhance the application of science and how it is used in real life. More importantly, engineering design helps foster students' essential skills in today's world.

**Keywords:** Science Instruction, Engineering Design

บทนำ

สังคมโลกปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตอย่างมากและมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว การดำรงชีวิตหรือการทำงานมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนางานและการดำเนินชีวิตมากขึ้น หน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ต้องการบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีทักษะในการแก้ปัญหาเพื่อให้สามารถแข่งขันกับระบบเศรษฐกิจยุคใหม่ที่ไม่เพียงแต่แข่งขันกันภายในประเทศเท่านั้น แต่ยังต้องแข่งขันกับสังคมโลกที่มีอัตราการแข่งขันสูงขึ้นเนื่องด้วยความสามารถในการเข้าถึงสื่อต่างๆ ได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว ดังนั้น

การพัฒนาคนรุ่นใหม่เพื่อให้สามารถก้าวเข้าสู่โลกแห่งอนาคตนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นั้นหมายถึงการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับสังคมโลกอนาคตซึ่งไม่เพียงแต่มุ่งเน้นที่เนื้อหาแต่ยังต้องฝึกทักษะที่จำเป็นเพื่อการทำงานและดำรงชีวิตในโลกปัจจุบันและอนาคตดังกล่าวแนวคิดสำคัญเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของ Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learningหรือที่รู้จักกันในชื่อ 21<sup>st</sup> Century Learning Framework ซึ่งได้อธิบายถึงทักษะสำคัญที่ผู้เรียนในยุคนี้ต้องได้รับการพัฒนา ดังแผนภาพ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่มา: <http://www.p21.org/>

จากภาพจะเห็นได้ว่าทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่นอกเหนือจากวิชาหลักที่ผู้เรียนต้องมี ประกอบไปด้วย 3 ด้านหลักๆ ได้แก่ ทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศสื่อและเทคโนโลยี โดยการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันผู้สอนต้องคำนึงถึงการฝึกทักษะทั้งสามด้านนี้พร้อมกับการฝึกทักษะสำคัญอีก 3 อย่างที่เรียกว่า 3Rs ประกอบด้วย การอ่าน (Reading) การเขียน (writing) และการคิดคำนวณ (arithmetic)

วิทยาศาสตร์ถือเป็นหนึ่งในวิชาหลักของการศึกษาเพื่อการพัฒนาคนโดยเฉพาะในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานมีความสำคัญในการพัฒนาคนให้มีความรู้ ความเข้าใจ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล และสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้และวิทยาศาสตร์ยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ซึ่งในปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศใช้กรอบแนวคิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานฉบับใหม่ (K-12 Next Generation Science Standard: NGSS) โดยผนวกแนวคิดของ

วิศวกรรม (Engineering) เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในแนวคิดสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน (National Research Council, 2012)บทความนี้จะนำเสนอแนวความคิดหลักของวิศวกรรมและแนวทางในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสำคัญของการผนวกแนวคิดวิศวกรรมเพื่อการส่งเสริมความรู้และทักษะสำคัญของผู้เรียน

**วิศวกรรมตามแนวคิดกรอบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ NGSS**

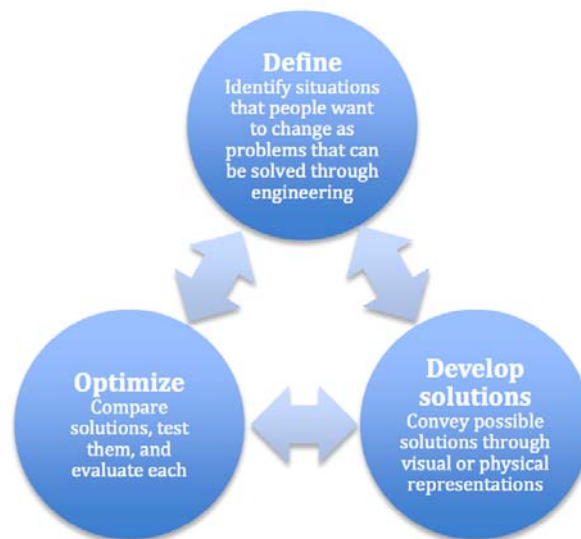
เอกสารกรอบแนวคิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำเสนอแนวคิดของวิศวกรรมซึ่งต้องผนวกเข้าไปในกระบวนการของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน โดยได้ให้หลักการสำคัญของวิศวกรรมว่าเป็นกระบวนการของการแก้ปัญหาหรือทำงาน โดยเรียกว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนหลักๆ 3 ส่วน (National Research Council, 2012) ได้แก่

1) การระบุปัญหารวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจกับ

ปัญหาหรือความต้องการให้มีความชัดเจนว่าคืออะไร มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้างที่เป็นกรอบเงื่อนไขของการแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างตรงประเด็นภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มี

2) พัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องมีการสำรวจหรือรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ หรืออาจดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการทดลองดูว่าปัจจัยอะไรบ้างที่จะมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาที่กำหนด แล้วดำเนินการสร้างทางเลือกของการแก้ปัญหาพร้อมทั้งวิเคราะห์ทางเลือกที่คิดว่าน่าจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

3) ดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือกภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดหลังจากที่ได้เลือกทางเลือกของการแก้ปัญหาข้างต้นแล้ว ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติเพื่อทดสอบและปรับปรุงแก้ไขวิธีการที่ได้ออกแบบมาว่าเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าแนวทางนั้นอาจจะยังไม่ดีพอ ทำให้ต้องย้อนกลับไปดูที่ทางเลือกอีกครั้ง หรืออาจต้องวิเคราะห์ปัญหาให้ละเอียดอีกครั้งก็เป็นได้



ภาพที่ 2 แนวคิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทาง NGSS  
ที่มา: National Research Council (2012)

จะเห็นว่าแนวคิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเป็นไปในลักษณะของกระบวนการทำงานแบบวงจรที่ย้อนกลับไปมาแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างแต่ละขั้นตอนการทำงาน (interactive cycle) และสิ่งสำคัญคือคำตอบที่ได้มีได้หลากหลายแนวทาง แต่ละแนวทางอาจมีจุดเด่นแตกต่างกันไปและระหว่างทางของการแก้ปัญหาจะมีการใช้ความรู้และทักษะที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การออกแบบ การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลอง การคำนวณ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นโดยรวมแล้วจะเห็นว่าคำว่า*วิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนี้จะหมายถึงกระบวนการของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรและข้อจำกัดต่างๆ (resources and constraints) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย และความคุ้มค่า (trade-offs) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution)* โดยกระบวนการแก้ปัญหานี้มีองค์ประกอบหลักๆ ได้แก่ การระบุปัญหาหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน การวางแผนเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา และการดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยกระบวนการแก้ปัญหานี้อาจมีขั้นตอนย่อยเพื่อการวิเคราะห์ให้ละเอียดและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น กระบวนการแก้ปัญหานี้มักเรียกว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ (model) ขึ้นกับความละเอียดของขั้นตอนการทำงานที่ต้องการนำเสนอ แต่โดยสรุปแล้วมีแนวคิดคล้ายกันคือการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างสร้างสรรค์ภายใต้ทรัพยากร (resources) และข้อจำกัด (constraints) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย ความคุ้มค่า (trade-offs) และคำตอบของการแก้ปัญหาอาจมีได้หลากหลายแนวทาง (Committee on Integrated STEM Education, 2014)

#### แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และแนวปฏิบัติทางวิศวกรรม

วิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยใช้การสืบเสาะ (inquiry) ในขณะที่วิศวกรรมเป็นการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ผลงานเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์โดยใช้การออกแบบเชิง

วิศวกรรม (engineering design) อย่างไรก็ตาม กระบวนการทำงานของทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรจะมีแนวปฏิบัติที่มีความสอดคล้องกัน โดยในกรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเชื่อมโยงกันรวมเป็นหนึ่งเดียวเรียกว่า science and engineering practices (National Research Council, 2012) ในที่นี้ขอแปลเป็นไทยว่าแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมซึ่งประกอบไปด้วย

1. ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์และกำหนดปัญหาทางวิศวกรรม (asking questions (for science) and defining problems (for engineering))
2. พัฒนาและใช้แบบจำลอง (developing and using models)
3. วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ (planning and carrying out investigations)
4. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล (analyzing and interpreting data)
5. ใช้คณิตศาสตร์และการคิดประมวลผลเชิงคอมพิวเตอร์ (using mathematics and computational thinking)
6. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม (constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering))
7. ร่วมสนใจในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่ได้ (engaging in argument from evidence)
8. รวบรวม ประเมิน และสื่อสารข้อมูล (obtaining, evaluating, and communicating information)

ทั้งนี้ ผู้สนใจสามารถศึกษารายละเอียดความหมายของแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเพิ่มเติมได้จากบทความของ สิริณา กิจเหนือกุล (2558) นิพนธ์ จันเลน (2557) หรือ Bybee (2011) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาแนวปฏิบัติทาง

วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจะเห็นได้ว่าทั้งสองอย่างนั้นมีความสอดคล้องกันมาก แต่มีจุดต่างอยู่ 2 ส่วนสำคัญคือ วิทยาศาสตร์เริ่มด้วยการตั้งคำถาม ในขณะที่วิศวกรรมเริ่มด้วยการกำหนดปัญหา และวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายในขณะที่วิศวกรรมสร้างแนวทางแก้ปัญหา และสิ่งหนึ่งที่สำคัญจากแนวปฏิบัตินี้คือการสืบเสาะ (Inquiry) ที่ไม่ได้ปรากฏเด่นชัดในมาตรฐานฉบับใหม่ อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาโดยละเอียดแล้วจะเห็นได้ว่าแนวปฏิบัติข้างต้นนั้นจริงๆ แล้วก็ยังคงเป็นไปตามแนวคิดของการสืบเสาะไม่ว่าจะเป็นการสำรวจตรวจสอบ การสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล การสร้างคำอธิบาย การโต้แย้ง การสืบค้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การผนวกแนวคิดของการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะทำให้

ให้ผู้เรียนได้กระบวนการของการแก้ปัญหาที่มีได้หลากหลายแนวทาง ประยุกต์ใช้ความรู้สู่การปฏิบัติ เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ ทฤษฎีสู่การสร้างสรรค่นวัตกรรม ซึ่งอาจสรุปเปรียบเทียบวิทยาศาสตร์กับวิศวกรรมได้ดังตารางที่ 1 และนอกจากนี้การผนวกแนวคิดทางวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยังช่วยฝึกทักษะสำคัญให้กับผู้เรียนในหลายด้าน เช่น การแก้ปัญหา(problem-solving) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ความคิดสร้างสรรค์(creativity) การคิดเชิงระบบ(systems thinking) เป็นต้นซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนเป็นทักษะสำคัญของการทำงานในปัจจุบันและอนาคต

ตารางที่ 1 สรุปเปรียบเทียบวิทยาศาสตร์ (Science) กับวิศวกรรม (Engineering)

ศาสตร์สาขา	เกี่ยวข้องกับ	จุดเน้นแนวปฏิบัติ	กระบวนการที่ใช้
วิทยาศาสตร์ (Science)	การศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ตั้งคำถาม/ข้อสงสัย</li> <li>สร้างคำอธิบาย</li> </ul>	การสืบเสาะ (Inquiry)
วิศวกรรม (Engineering)	การแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ	<ul style="list-style-type: none"> <li>กำหนดปัญหาหรือความต้องการ</li> <li>สร้างแนวทางแก้ปัญหา</li> </ul>	การออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design)

**ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีทั้งองค์ความรู้และทักษะ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้ดีหากครูออกแบบกิจกรรมและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมให้กับผู้เรียนโดยการผสมผสานทั้งด้านเนื้อหาและทักษะกับสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ได้อย่างลงตัว รวมถึงการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เห็นความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง (real life relevance) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literate person) ไม่เพียงแต่มุ่งเน้นที่การสอนเนื้อหาหรือทฤษฎี แต่จำเป็นต้องพัฒนาให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการฝึกทักษะที่จำเป็น มีการลงมือปฏิบัติผ่านการสืบเสาะรวมทั้งประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค่นวัตกรรมหรือวิธีการที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ซึ่งจะช่วย

ให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น และยังเป็นการฝึกทักษะสำคัญกับผู้เรียนในศตวรรษนี้

**เอกสารและสิ่งอ้างอิง**

นิพนธ์ จันเลน. 2557. INQUIRY กำลังจะหายไป?!. นิตยสาร สสวท. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(186), 6-9.

สะเต็มศึกษาประเทศไทย. 2559. กิจกรรมสะเต็ม. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.stemedthailand.org/> (25 พฤศจิกายน 2559)

สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2558. สะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION). วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2), 201-207.

ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ. 2559. คู่มือหลักสูตรอบรมครูส่งเสริมศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

#### References

Brunsel, E., 2012. Integrating Engineering and Science in Your Classroom. NSTA Press.

Bybee, R. 2011. Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding a framework for k–12 science education. **The Science Teacher**, 78(9), 34–40.

Chunlane, N. 2014. INQUIRY will gone?!?!Journal of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).**The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology** (IPST).42(182), 6-9. [in Thai]

Committee on Integrated STEM Education. 2014. STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. National Academies Press, Washington DC.

International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA). 2007. Standard for Technology literacy. Available online, <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852>. (Retrieved 24 November 2016).

Katehi, L., Pearson, G., Feder, M. A., & Committee on K-12 Engineering Education. 2009. Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. Washington, DC: National Academies Press.

Kitkuerkool, S. 2015. STEM EDUCATION. **Journal of Education. Naresuan University**, 17(2), 201-207. [in Thai]

National Research Council. 2012. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. National Academies Press, Washington DC.

**Partnership for 21st Century Skills**. (Online): <http://www.21stcenturyskills.org/> (Retrieved 25 November 2016).

Sneider, C. 2012. Core Ideas of Engineering and Technology: Understanding A Framework for K-12 Science Education. (Online): [http://static.nsta.org/files/sc1205\\_8.pdf](http://static.nsta.org/files/sc1205_8.pdf) (Retrieved 24 November 2016)

STEM Education Thailand. 2016. Manual of Training program in STEM Education. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). [in Thai]

STEM Education Thailand. 2016. STEM Activities. (Online). <http://www.stemedthailand.org/>, November 25, 2016. [in Thai]

Vasquez J. A., Comer M., Sneider C., 2010. STEM Lesson Essentias: Integrating Science Technology Engineering and Mathematics. Heinemann.