

สะเต็มศึกษา STEM Education

สิรินภา กิจเกื้อกุล¹

Sirinapa Kijkuakul

บทคัดย่อ

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นจากการขาดแคลนแรงงานคุณภาพทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจึงเน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคน สามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การนำองค์ความรู้และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์มาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อาจมีข้อเรื่องใหม่ เพราะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์มีลักษณะคล้ายกับกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มาก เพียงแต่วิทยาศาสตร์ต้องการผลลัพธ์เป็นคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนวิศวกรรมศาสตร์ต้องการผลลัพธ์เป็นชิ้นงานสำหรับใช้แก้ปัญหา

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา/ วิทยาศาสตร์/ วิศวกรรมศาสตร์/ คณิตศาสตร์/ เทคโนโลยี

Abstract

STEM Education is integrated learning management that concerned four subjects including Science, Technology, Engineering and Mathematics. The conceptions of STEM Education are initiated when there is labor shortage of engineers and scientists in the United State. The STEM Education conceptions thus involve encouraging learners to apply engineering knowledge to construct creative products and promoting them to have authentic solution skills through engineering design process. Implementation of these conceptions into practices however is not a new conception of learning process in Science. The engineering design process is almost like the science problem solving process. The slightly difference between Science and Engineering is that the science problem solving process needs to have the learners' scientific explanation of phenomena, but the engineering design process needs to have the learners' solution product.

Key words: STEM Education/ Science/ Engineering/ Mathematics/ Technology

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ที่มาของสะเต็มศึกษา

การพัฒนาประเทศเพื่อให้อยู่ได้ในยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเป็นประเด็นที่ทำนายสำหรับผู้นำประเทศทั่วโลก สิ่งสำคัญที่นานาประเทศต่างมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนในประเทศ มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การมีความรู้และทักษะในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อาจยังไม่เพียงพอสำหรับประเทศที่กำลังขาดแคลนแรงงานคุณภาพดี หรือแรงงานที่สามารถนำความรู้ทั้งหลาย มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องใช้ต่างๆ สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต

ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียน ไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian, 2013) ดังนั้น รัฐบาลจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ว่า ต้องพัฒนาให้ ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council (NRC, 2012) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติ หันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหา/แนวคิด (concepts) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน

ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการบูรณาการทั้งการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน ซึ่ง เชมวดี พงศานนท์ (2557) อธิบายความหมายแต่ละส่วนไว้ดังนี้

- การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง สาระวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์
- การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี
- การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ
- การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนา หรือ การได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้ วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian (2013) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด การรู้เรื่องทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้ และ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหา อย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

Roberts (2013) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies)

ฉะนั้น Robert จึงมองว่า สะเต็มศึกษา อาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือ วิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

อย่างไรก็ตาม สำหรับศาสตราจารย์ Mitchell J. Nathan แห่ง University of Wisconsin, Madison มองว่า สะเต็มศึกษา ก็คือการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพียงแต่ในปัจจุบันได้มีการพยายามทำให้ ความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เคยผสมผสานอยู่ในวิทยาศาสตร์ มีความชัดเจนโดดเด่นมากยิ่งขึ้นนั่นเอง (รักษพล ธานนวงศ์, 2556)

เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของสะเต็มศึกษา เราอาจจำเป็นต้องวิเคราะห์ว่า วิศวกรรมศาสตร์ ที่บูรณาการอยู่ในสะเต็มศึกษา มีความเหมือนความต่างกับวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา

ความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน คงเป็นเรื่องที่คุ้นเคยสำหรับนักการศึกษา เพราะการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสามสาขาวิชา ได้ถูกกล่าวไว้ใน

ประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ แต่สำหรับการนำสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์เข้ามาบูรณาการกับวิทยาศาสตร์ อาจทำให้เกิดคำถามแก่นักการศึกษาและผู้สนใจว่า จะทำได้อย่างไร

องค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์

Koehler, Faracis, Giblin, Moss and Kazerounian (2013) ทำการวิเคราะห์หาลักษณะของวิศวกรรมศาสตร์จากหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ของแต่ละมลรัฐในประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อตรวจสอบว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ มีองค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์บรรจุอยู่หรือไม่ อย่างไร ผลการวิเคราะห์พบว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ มีส่วนขององค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์บรรจุอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์อยู่แล้ว ได้แก่ เรื่องกำลังและพลังงาน (Power and Energy) ข้อมูลและการสื่อสาร (Information and Communication) การลำเลียงขนส่ง (Transportation) อาหารและยารักษาโรค (Food and Medicine) และเรื่องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (Environmental) โครงสร้าง (Structural) การผลิต (Manufacturing) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การตัดสินใจ (Decision Making) กระบวนทัศน์ทางวิศวกรรม (Engineering Paradigm) เครื่องมือ (Tools) ระบบ (Systems) และ เศรษฐกิจสังคม (Socioeconomic) ซึ่งแต่ละเรื่องครอบคลุมองค์ความรู้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ที่บรรจุอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์

เรื่อง	องค์ความรู้
กำลังและพลังงาน	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจ การขยายพันธุ์ การใช้พลังงาน
ข้อมูลและการสื่อสาร	ระบบการติดต่อสื่อสารยุคปัจจุบัน ความเชื่อมโยง-ระหว่างหน้าที่ของฮาร์ดแวร์กับทฤษฎีตัวกลางการสื่อสาร และปฏิบัติการใช้อุปกรณ์ต่างๆ
การลำเลียงขนส่ง	ระบบพื้นฐานและระบบจักรกลเพื่อการขนส่ง เทคโนโลยีเพื่อการขนส่งสิ่งของ
อาหารและยารักษาโรค	อุปกรณ์ เทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการแพทย์ และการรักษาในมนุษย์
สิ่งแวดล้อม	แนวปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อม เช่น การออกแบบระบบ-บำบัดน้ำ การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
โครงสร้าง	หลักการออกแบบโครงสร้างทางกายภาพ เช่น การสร้างอาคาร สะพาน และโครงสร้างระดับไมโครและนาโนสเกล
การผลิต	การผลิตสินค้า การแปรรูปผลิตภัณฑ์ การเลือกใช้วัสดุ ชีวิตผลิตภัณฑ์ การขึ้นรูปโลหะ เทคโนโลยี การตัดเย็บ
การแก้ปัญหา	กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
การตัดสินใจ	การวิเคราะห์ขณะดำเนินการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
กระบวนทัศน์ทางวิศวกรรม	ผลที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจ (ผลที่เกิดจากการวิเคราะห์ขณะดำเนินการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์)
เครื่องมือ	เครื่องมือทางวิศวกรรม หรือ เทคโนโลยีที่ใช้เพื่อการพัฒนาสถานการณ์จำลอง แบบจำลองคอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ขั้นสูง อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ

เรื่อง	องค์ความรู้
ระบบ	องค์ประกอบที่จำเป็น ปฏิบัติการขององค์ประกอบ ปฏิบัติการระบบ การสะท้อนผล ปฏิบัติการขององค์ประกอบย่อย
เศรษฐกิจสังคม	ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ประโยชน์และโทษของเทคโนโลยีที่มีต่อเศรษฐกิจและสังคม

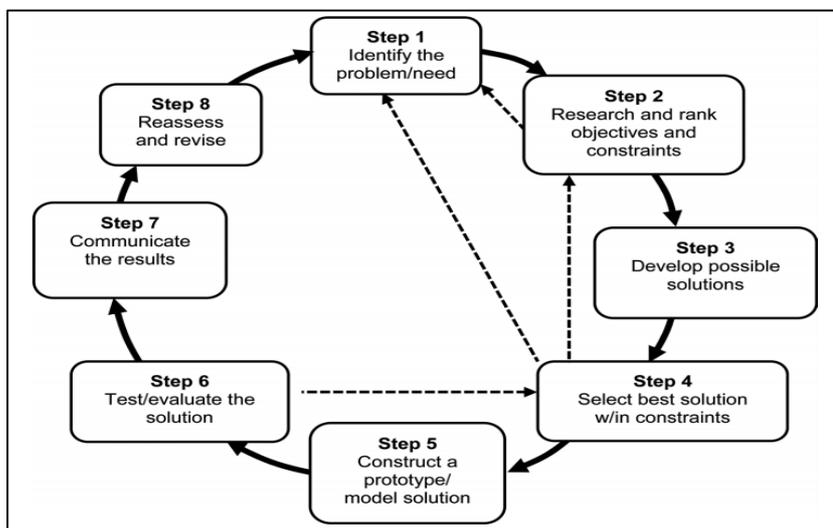
ฉะนั้น คำตอบในเบื้องต้นเกี่ยวกับการบูรณาการวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิทยาศาสตร์ คงไม่ใช่เรื่องใหม่สำหรับนักการศึกษาและครูวิทยาศาสตร์อีกต่อไป เพราะองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์อยู่เดิมแล้ว อย่างไรก็ตาม การบูรณาการวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิทยาศาสตร์อาจมีใช้เฉพาะด้านองค์ความรู้ แต่อาจมีการบูรณาการด้านกระบวนการเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ลงสู่วิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano (2014) ทำการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทั้งในส่วนของบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการออกแบบเชิง

วิศวกรรมศาสตร์ตั้งอยู่บนฐานของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 8 ขั้นนี้ เป็นองค์ความรู้ส่วนหนึ่งที่กล่าวไว้ในหลักสูตรของรัฐแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts) ที่ต้องการให้ครูนำไปประยุกต์ใช้เป็นโมเดลการจัดการเรียนรู้ (Instructional Model) ขั้นตอนดำเนินไปตามเข็มนาฬิกา หมุนขวาไปตามหัวลูกศรเส้นทึบ (→) อาจมีบางขั้นตอน ที่สามารถย้อนกลับได้ตามหัวลูกศรเส้นประ (···) ซึ่งรายละเอียดของการประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ แต่ละขั้นตอนสำหรับออกแบบบทเรียนสะเต็มศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ 2



ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (ที่มา: Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano, 2014 p. 5)

ตารางที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์สู่การออกแบบบทเรียนสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์	ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนสะเต็มศึกษา
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา/ความต้องการ	ระบุ หัวข้อ/องค์ความรู้ ที่สนใจ และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับผู้เรียน
ขั้นที่ 2 ศึกษาวิจัย จัดลำดับ เป้าหมายและข้อจำกัด	ศึกษาค้นคว้าหาเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์บริบทของการจัดการเรียนรู้ (เช่น ผู้เรียน โรงเรียน) จัดลำดับจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์	ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนสะเต็มศึกษา
	และวิเคราะห์ข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง
ขั้นที่ 3 หาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	หาแนวทางการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธี ที่เหมาะสมกับสภาพจริง
ขั้นที่ 4 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด	เลือกแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด เหมาะสมกับบริบท จุดประสงค์ และสภาพจริงของการจัดการเรียนรู้
ขั้นที่ 5 สร้างโมเดลหรือรูปแบบของการแก้ปัญหา	สร้างหน่วยการเรียนรู้
ขั้นที่ 6 ทดสอบ/ประเมินผลการใช้รูปแบบ	ทดสอบหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยนำไปใช้ในชั้นเรียนจริง
ขั้นที่ 7 นำเสนอ/สื่อสารผลการประเมิน	นำเสนอและอภิปรายผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ กับเพื่อน ผู้บริหาร และผู้สนใจ เพื่อรับการสะท้อนผลและคำแนะนำ
ขั้นที่ 8 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ปัญหา	ปรับปรุงแก้ไข หน่วยการเรียนรู้ ตามผลการประเมิน การสะท้อนผล และคำแนะนำ

เมื่อพิจารณา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ที่กล่าวมาแล้ว พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ มีลักษณะคล้ายคลึงกับกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Problem Solving) ที่เริ่มด้วยการกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปและประเมินผล (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556) ฉะนั้น อาจกล่าวได้ว่า การบูรณาการวิศวกรรมศาสตร์สู่วิทยาศาสตร์ อาจไม่ใช่เรื่องยากสำหรับครูวิทยาศาสตร์

เพื่อให้ครูวิทยาศาสตร์ สามารถมองเห็นแนวทางการนำวิศวกรรมศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดการ

เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ National Research Council (NRC, 2012) ได้อธิบายหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ความแตกต่างของสองศาสตร์เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการบูรณาการ ดังที่จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์กับปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์

National Research Council (NRC, 2012) ได้พยายามจำแนกความแตกต่างระหว่างปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาไว้ 8 เกณฑ์ แต่ละเกณฑ์ มีคำอธิบายเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแตกต่างระหว่างปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์กับปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	ปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์
เกณฑ์ที่ 1 การตั้งคำถามและการนิยามปัญหา (Asking Questions and Defining Problems)	
วิทยาศาสตร์ เริ่มต้นด้วยการตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น ทำไมท้องฟ้าเป็นสีฟ้า หรือ สาเหตุของมะเร็งคืออะไร จากนั้นจึงพยายามหาทฤษฎี มาอธิบาย ตอบคำถามเหล่านั้น ฉะนั้น เรื่องพื้นฐานที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องปฏิบัติก็คือ การตั้งคำถาม ที่สามารถหาคำตอบได้ กำหนดว่ามีข้อมูลอะไรบ้างที่รู้อยู่แล้ว และตรวจสอบว่า มีคำถามอะไรบ้างที่มีคำตอบอยู่แล้ว	วิศวกรรมศาสตร์ เริ่มต้นด้วย การมีปัญหาหรือความต้องการบางอย่างทางสังคมเกิดขึ้นแล้วต้องการการแก้ไข เช่น ปัญหาด้านเชื้อเพลิงและพลังงานทางเลือก ปัญหาด้านระบบการคมนาคมขนส่ง วิศวกร จะถามคำถามและ กำหนดนิยาม เพื่อบอกขอบเขตของปัญหา และวิเคราะห์เกณฑ์ที่บ่งชี้ความสำเร็จของการแก้ปัญหา รวมทั้งข้อจำกัดของการแก้ปัญหา
เกณฑ์ที่ 2 การสร้างและการใช้รูปแบบ (Developing and Using Models)	
วิทยาศาสตร์ มักจะสร้างรูปแบบหรือสถานการณ์จำลอง เพื่อช่วยในการสร้างคำอธิบายสำหรับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ รูปแบบจะช่วยให้เราจินตนาการถึงสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนหน้า และอาจใช้เพื่อทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นถัดไป รูปแบบอาจเขียนได้ในรูปประโยคต่อไปนี้ "ถ้า...ต่อมา...ดังนั้น..."	วิศวกรรมศาสตร์จะใช้รูปแบบ (model) หรือสถานการณ์จำลอง ในการวิเคราะห์ระบบ (ระบบการแก้ปัญหา) ที่มีอยู่เพื่อหาข้อบกพร่องหรือทดสอบความเป็นไปได้ของระบบ การทดสอบระบบจะใช้รูปแบบหลากหลายชนิด ทั้งนี้เพื่อให้มองเห็นจุดแข็งและข้อจำกัดของระบบที่ออกแบบไว้
เกณฑ์ที่ 3 การวางแผนและดำเนินการสำรวจ(Planning and Carrying Out Investigations)	
การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นในภาคสนาม หรือในห้องปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์ จะต้องวางแผนว่าจะสำรวจ	วิศวกร ดำเนินการสำรวจข้อมูลเพื่อให้ได้หลักเกณฑ์และวิธีการทดสอบสิ่งที่ออกแบบ (designs) ดังนั้น วิศวกร จึงต้องกำหนดตัว

ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	ปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์
อะไร บันทึบอะไร อะไรเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ/สังเกตนี้ จะใช้เพื่อการทดสอบทฤษฎีเดิม หรืออธิบายสิ่งที่ค้นพบใหม่	แปร ค่าที่ต้องการวัด และวิธีการเก็บข้อมูล เหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ การสำรวจนี้จะช่วยให้วิศวกรทราบถึงประสิทธิภาพ ความทนทาน และข้อจำกัดของสิ่งที่ออกแบบ
เกณฑ์ที่ 4 การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล (Analyzing and Interpreting Data)	
การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ จะได้ข้อมูลดิบที่ต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อตีความหมายข้อมูล นักวิทยาศาสตร์จะใช้เครื่องมือ เช่น ตาราง กราฟ รูปภาพ สถิติ มาช่วยในการวิเคราะห์และช่วยให้ทราบถึงข้อผิดพลาดบางอย่างที่อาจเกิดขึ้นจากการคำนวณ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ใช้เทคโนโลยีช่วยเก็บข้อมูล ทำให้ได้ข้อมูลจำนวนมาก ง่ายต่อการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้น	วิศวกร จะวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ เพื่อให้รู้ว่า สิ่งที่ออกแบบนั้นได้ผลตรงตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังนั้น วิศวกร จึงต้องใช้เครื่องมือเพื่อวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์
เกณฑ์ที่ 5 การใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ (Using Mathematics and Computational Thinking)	
คณิตศาสตร์ และการคิดคำนวณ เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้แสดงค่า ตัวแปรและความสัมพันธ์ เช่น การจำลองสถานการณ์ สถิติวิเคราะห์ การรับรู้ แสดงผลและประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์เชิงปริมาณ วิธีการทางคณิตศาสตร์และการคำนวณยังช่วยให้สามารถทำนายปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเทคนิคทางสถิติ จะช่วยแสดงนัยสำคัญของความสัมพันธ์นั้นๆ	การออกแบบทางวิศวกรรม ใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบ เช่น วิศวกรโครงสร้าง (Structural engineers) ทำการออกแบบโดยใช้คณิตศาสตร์คำนวณความเครียด (Stress) ของโครงสร้างที่รับได้ ผนวกกับความเหมาะสมของค่าใช้จ่ายที่จะเสียไป นอกจากนี้ วิศวกร มักสร้างแบบจำลองของสิ่งทีออกแบบ หรือชิ้นงานการออกแบบ เพื่อมองหาวิธีการพัฒนาต่อยอดหรือปรับปรุงในเบื้องต้นก่อน
เกณฑ์ที่ 6 การสร้างคำอธิบายและการออกแบบการแก้ปัญหา (Constructing Explanations and Designing Solutions)	
เป้าหมายของวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างทฤษฎีที่สามารถให้คำอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของโลกใบนี้ได้ ซึ่งทฤษฎีนั้น จะได้รับการยอมรับก็ต่อเมื่อสามารถอธิบายเกี่ยวกับโลกได้ดีกว่าทฤษฎีที่เคยมี ทั้งนี้ คำอธิบายที่สร้างขึ้น จะช่วยให้ทราบถึงระบบของโลกหรือสิ่งที่ศึกษา ต่อมา เมื่อพิจารณาถึงผู้เรียนในห้องเรียน เขาควรจำเป็นต้องสามารถ สร้างคำอธิบาย ปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ด้วยความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และหลักฐานที่มีอยู่ในยุคปัจจุบัน	กระบวนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ต้องอาศัยฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบของโลกวัสดุ (Models of Material World) สร้างชิ้นงานสำหรับใช้แก้ปัญหา ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา ต้องตั้งอยู่บนสมดุลระหว่างความสามารถในการแข่งขัน เทคโนโลยีที่มี ต้นทุน/ค่าใช้จ่าย ความปลอดภัย จรรยาบรรณ และระเบียบกฎหมาย ฉะนั้น จึงไม่มีวิธีการแก้ปัญหาใดเป็นวิธีที่ดีที่สุด วิศวกร จึงจำเป็นต้อง ออกแบบวิธีการ/ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ที่เหมาะสมกับบริบท/สถานการณ์ขณะนั้นให้ได้มากที่สุด
เกณฑ์ที่ 7 การสนับสนุนให้มีการโต้แย้งด้วยหลักฐาน (Engaging in Argument from Evidence)	
วิทยาศาสตร์ ใช้เหตุผลและการโต้แย้ง เพื่อวิเคราะห์หาจุดแข็งและจุดอ่อน ที่นำไปสู่การได้คำอธิบายที่ดีที่สุด โดยนักวิทยาศาสตร์ จะปกป้องตนเองจากข้อโต้แย้งต่างๆ ด้วยการนำเสนอหลักฐานที่ค้นพบ และตรวจสอบความเข้าใจของตนเองจากหลักฐานและข้อคิดเห็นของเพื่อนร่วมงาน/บุคคลอื่น ทั้งนี้ เพื่อช่วยกันเลือก คำอธิบาย ที่เหมาะสมกับสถานการณ์/ปรากฏการณ์นั้นๆมากที่สุด	วิศวกรรมศาสตร์ ใช้เหตุผลและข้อโต้แย้ง เพื่อช่วยให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด วิศวกร จึงร่วมมือกันตลอดกระบวนการออกแบบ มีการวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เปรียบเทียบความแตกต่าง หาหลักฐานจากการทดสอบ สร้างข้อโต้แย้งที่เป็นไปได้ ประเมินข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น และสุดท้าย นำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงสิ่งที่ออกแบบเพื่อให้สามารถแก้ปัญหานั้นได้ทันที
เกณฑ์ที่ 8 การเก็บรวบรวม การประเมิน และการสื่อสารข้อมูล (Obtaining, Evaluating, and Communication Information)	
วิทยาศาสตร์ พัฒนาได้ด้วยการสื่อสารและโน้มน้าวให้ผู้อื่นยอมรับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ การสื่อสารทำได้ด้วยการอธิบายปากเปล่า และ/หรือ เขียน โดยใช้ตาราง แผนผัง กราฟ สมการ และการอภิปรายร่วมกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ ยังต้องการความสามารถด้านการตีความหมายข้อความเชิงวิทยาศาสตร์ ที่พบเห็นได้จากเอกสาร อินเตอร์เน็ต การประชุม การบรรยาย ทั้งนี้ เพื่อการเชื่อมโยงข้อมูล และประเมินว่าข้อมูลที่นำเสนอ นั้นมีความถูกต้องเที่ยงตรงเพียงใด	วิศวกร จะไม่สามารถพัฒนาการออกแบบได้โดยปราศจากการสื่อสารและการโน้มน้าว วิศวกร จึงต้องสามารถแสดงความคิดเห็น อธิบายปากเปล่า เขียน ผ่านการใช้ตาราง กราฟ การวาดภาพ หรือแบบจำลอง และการอภิปรายร่วมกันระหว่างวิศวกร นอกจากนี้ วิศวกร ยังต้อง สามารถตีความหมายข้อความของเพื่อนร่วมงาน ประเมินผล และประยุกต์ใช้ข้อมูลได้ ในปัจจุบัน วิศวกรรม ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสื่อสารและประสานงานระหว่างวิศวกรด้วยกัน เช่นเดียวกับของวิทยาศาสตร์

กล่าวโดยสรุป ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์กับ วิศวกรรมศาสตร์มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ในส่วน ปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ มีส่วนที่คล้ายคลึงกัน เกณฑ์ที่ 1 ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จะเริ่มต้นด้วยการ ตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ตนเองสนใจ ขณะที่ ปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ จะเริ่มต้นด้วยการ กำหนดนิยามหรือขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วและ ต้องการการแก้ไข สำหรับเกณฑ์ที่ 6 ปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์ จะมุ่งสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้ตั้ง คำถามไว้ แต่ปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์ จะมุ่งคิด ออกแบบหาวิธีการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงาน (designs) เพื่อการแก้ปัญหาชิ้นนั้น

เอกสารอ้างอิง

- เจมวดิ พงสานนท์. (18-20 กรกฎาคม 2557). STEM EDUCATION. ใน *การประชุมนิเทศผู้รับทุนโครงการ สคคค. ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ประเภท Premium) ปีการศึกษา 2557* (หน้า 1-4). โรงแรมเอวัน เดอะรอยัล ครุส พัทยา จังหวัดชลบุรี: สสวท.
- รักษพล ชนานวงศ์. (2556). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง *STEM Education*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2556 จาก http://dpst-apply.ipst.ac.th/specialproject/images/IPST_Global/document/STEM_Workshop_Report.pdf.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2556). *เอกสารคำสอนรายวิชา 366316 การจัดการเรียนรู้ II*. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- Billiar, K., Hubelbank, J., Oliva, T., and Camesano, T. (2014). Teaching STEM by design. *Advance in Engineering Education*, 4(1), 1-21.
- Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., and Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy: a state by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*, 14(3), 5-12.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Retrieved December 26, 2013, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165
- Robert, A. (2013). STEM is here. Now what? *Technology and Engineering Teacher*, September, 22-27.