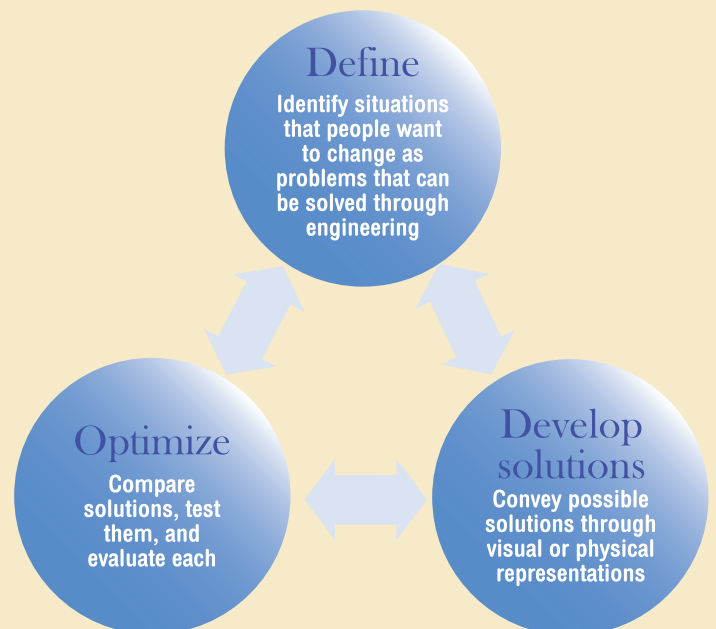


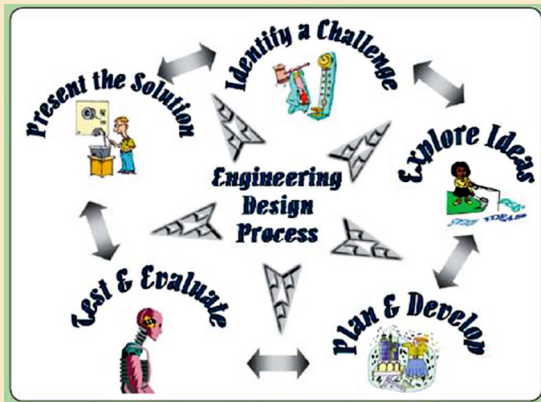
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาการศึกษาด้านสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะและสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 โดยได้กำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พร้อมกับได้ให้ความหมายของคำว่าสะเต็มศึกษาว่า “สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน” ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้มากมายโดยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น

สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (the National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (the American Association for the Advancement of Science; AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงาน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดของการแก้ปัญหา โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้ ดังแผนภาพ



แผนภาพ วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ Next Generation Science Standard, USA (ที่มา: <http://www.nextgenscience.org/>)

สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้เทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy) และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย ขั้นตอนการทำงานสำคัญ คือ การกำหนดปัญหา (Identifying the problem) สร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมอง และการดำเนินการวิจัย เพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ การเลือกแนวคิดที่เหมาะสม (Selecting a solution) การทดสอบ (Testing the solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง (Models) และต้นแบบ (Prototypes) เพื่อตรวจสอบแนวคิดการแก้ปัญหา การปฏิบัติงาน (Making the item) ด้วยการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหา การประเมินผล (Evaluating it) ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยชิ้นงานและประเมินว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ และการนำเสนอผล (Presenting the results) ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)



แผนภาพ วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ STEM ± Center for Teaching and Learning™ (ที่มา: <http://www.iteea.org/>)

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EIE) เพื่อวิจัยพัฒนาหลักสูตรขับเคลื่อนมาตรฐานและนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียนโดยบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือเด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา (Grades 1-5) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย ค้นหาปัญหา สร้างแนวคิดและเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด วางแผนลงมือปฏิบัติ และตรวจสอบ ดังแผนภาพ

นิตยสาร สสวท.

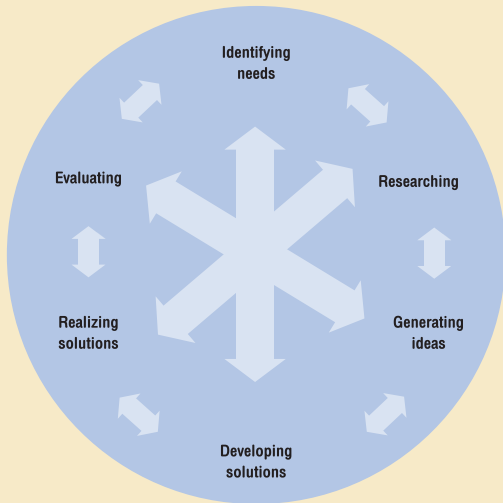


แผนภาพ วงจรกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ของ ITEEA, USA

นอกจากนี้ ศูนย์การเรียนรู้การสอนสะเต็ม ของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association's STEM±Center for Teaching and Learning™) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย กำหนดปัญหาหรือความต้องการ ค้นหาแนวคิด วางแผนและพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังแผนภาพ

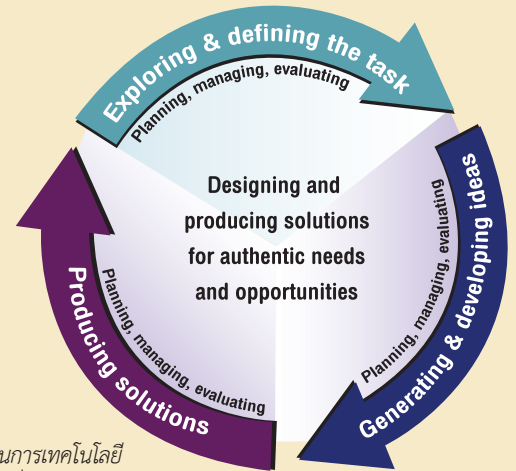
แผนภาพ วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ Engineering is Elementary, UK (ที่มา: <http://www.eie.org/>)





แผนภาพ วงจรกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ของ (National Curriculum, International GCSE and IB Diploma, UK. (ที่มา: <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-design-and-technology-programmes-of-study>)

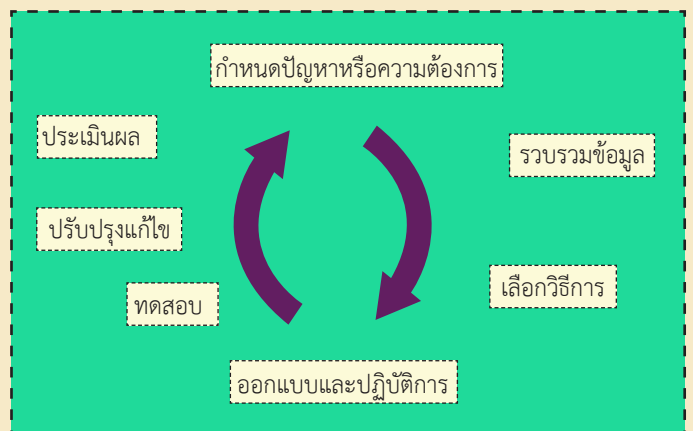
หน่วยงานการศึกษาและการฝึกอบรม ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย (NSW Department of education and training, Australia) ซึ่งรับผิดชอบจัดการศึกษาของรัฐ ได้เรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technology process) ประกอบด้วยการทำงาน 3 ระยะ คือ การสำรวจและกำหนดงาน การสร้างและพัฒนาแนวคิด การลงมือปฏิบัติ โดยในแต่ละระยะจะมีการวางแผนการจัดการและประเมินผลด้วยเสมอ ดังแผนภาพ



แผนภาพ วงจรกระบวนการเทคโนโลยี ของ NSW, Australia (ที่มา: http://www.curriculumsupport.education.nsw.gov.au/designproduce/tech_process.htm)

จากการนำเสนอกระบวนการทำงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะพบว่า มีรูปแบบและขั้นตอนการทำงานบางอย่างแตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายเดียวกันเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทรัพยากร (Resources) อย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด (Constraints) สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนหรือรายละเอียดคล้ายกัน ซึ่ง สสวท. โดยสาขาออกแบบและเทคโนโลยี ได้ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการทำงานดังกล่าว และสังเคราะห์กระบวนการทำงานที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยไว้ ตั้งแต่ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จนมาถึง หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ใน สารการออกแบบและเทคโนโลยีกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี และเรียกชื่อกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technological process) ซึ่งสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการได้โดยการทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตลอดขึ้นอยู่กับสถานการณ์ ดังแผนภาพ

แผนภาพ วงจรกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process) ของ สสวท. ประเทศไทย



รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

กระบวนการเทคโนโลยี	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
<p>ขั้นกำหนดปัญหาหรือความต้องการ</p> <p>เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหาหรือความต้องการหรือสถานการณ์ปัญหาหรือความต้องการอย่างละเอียดเพื่อกำหนดปัญหาหรือความต้องการที่ชัดเจนสามารถนำไปแก้ไขได้จริง อาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น ผังก้างปลา (Fish bone diagram) SWOT การใช้ชุดคำถาม 5W 1H</p>	<ul style="list-style-type: none"> กำหนดสถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทายเพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งสถานการณ์อาจเกิดจากสิ่งที่ประสบในชีวิตประจำวัน ชุมชนและสังคม สร้างความตระหนักเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ 	<ul style="list-style-type: none"> ทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทาย อย่างละเอียด กำหนดปัญหาหรือความต้องการที่ต้องการแก้ไข
<p>ขั้นรวบรวมข้อมูล</p> <p>เป็นขั้นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่หลากหลาย จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ด้วยวิธีการสังเกต สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการ โดยวิธีการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธี</p>	<ul style="list-style-type: none"> จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้ รวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่หลากหลายจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อย่างรอบด้าน ร่วมวิเคราะห์ทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการให้ได้มากกว่า 1 วิธี ร่วมสรุปองค์ความรู้และสารสนเทศที่จำเป็นสำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ 	<ul style="list-style-type: none"> วิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน กำหนดประเด็นในการรวบรวมข้อมูลที่กลุ่มให้ความสนใจ และสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล แล้วสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล สืบเสาะหาความรู้ ศึกษา หรือสืบค้นข้อมูลในประเด็นที่กลุ่มให้ความสนใจ วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปองค์ความรู้ สารสนเทศและสรุปวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งควรมีมากกว่า 1 วิธี นำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล และวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ
<p>ขั้นออกแบบและปฏิบัติการ</p> <p>เป็นขั้นออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการเป็นภาพร่าง 2 มิติ ภาพร่าง 3 มิติ ภาพฉาย ภาพ Quick sketch ผังงาน ซึ่งอาจใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ จากนั้นวางแผนและปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอนตามแนวทางที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ ผลงานที่ได้อาจเป็นชิ้นงานหรือวิธีการก็ได้</p>	<ul style="list-style-type: none"> จัดเตรียมวัสดุที่จำเป็นและอุปกรณ์ เครื่องมือในการปฏิบัติงาน ให้คำแนะนำและร่วมพิจารณาเลือกภาพร่างความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการมากที่สุด และสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้จริงตามข้อจำกัด ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่ กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ให้คำแนะนำและเน้นย้ำการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือให้ถูกต้องและปลอดภัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือผู้เรียนในการใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือบางอย่างที่มีความซับซ้อนและอันตรายในการปฏิบัติงาน 	<ul style="list-style-type: none"> ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการเป็นภาพร่างความคิดหรือผังงาน แล้วพัฒนาความคิดโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้ได้ความคิดที่หลากหลาย มีความแปลกใหม่ วิเคราะห์และเลือกภาพร่างความคิดที่เหมาะสมที่สุด นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ วางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือเหมาะสมกับประเภทของงาน ทำงานถูกต้องและปลอดภัย
<p>ขั้นทดสอบ</p> <p>เป็นขั้นตรวจสอบ ทดสอบ และบันทึกผลว่าชิ้นงานหรือวิธีการมีความสอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้หรือไม่ สามารถทำงานหรือใช้งานได้หรือไม่ และมีข้อบกพร่องอย่างไร หากผลการทดสอบพบว่า ชิ้นงานหรือวิธีการไม่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ ทำงานหรือใช้งานไม่ได้ หรือมีข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข จะต้องปฏิบัติงานในขั้นปรับปรุงแก้ไขต่อไป</p>	<ul style="list-style-type: none"> ให้คำแนะนำและร่วมตรวจสอบ ทดสอบชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข 	<ul style="list-style-type: none"> ตรวจ ทดสอบการทำงานของชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการตรวจ ทดสอบการทำงานของชิ้นงาน

กระบวนการเทคโนโลยี	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
<p>ขั้นปรับปรุงแก้ไข</p> <p>เป็นขั้นวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบเพื่อหาจุดที่ควรแก้ไขและแนวทางการปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนกระทั่งได้ชิ้นงานหรือวิธีการสอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ และสามารถทำงานหรือใช้งานได้ ถ้าหากพบว่าชิ้นงานหรือวิธีการไม่เป็นไปตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ ยังคงทำงานหรือใช้งานไม่ได้ควรกลับไปออกแบบและปฏิบัติการ หรือกลับไปรวบรวมข้อมูลและเลือกวิธีการที่เหมาะสมใหม่อีกครั้ง</p>	<ul style="list-style-type: none"> จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้สำหรับการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ให้คำแนะนำและร่วมวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบทดสอบการทำงานของชิ้นงาน รวมทั้งแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ให้คำแนะนำหากต้องย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การย้อนกลับไปรวบรวมข้อมูลอีกครั้ง หรือเลือกวิธีการใหม่ หรือออกแบบและปฏิบัติการอีกครั้ง 	<ul style="list-style-type: none"> วิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบ ทดสอบการทำงานของชิ้นงาน ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามที่ต้องการ
<p>ขั้นประเมินผล</p> <p>เป็นขั้นนำชิ้นงานหรือวิธีการไปแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ และประเมินผลว่าชิ้นงานหรือวิธีการสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่ หากการประเมินผลพบว่าชิ้นงานหรือวิธีการไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ ควรกลับไปพิจารณาวิธีการต่าง ๆ ตั้งแต่ขั้นรวบรวมข้อมูลและตัดสินใจเลือกวิธีการเพื่อเข้าสู่กระบวนการเทคโนโลยีใหม่อีกครั้งหนึ่งหรืออาจย้อนกลับไปยังขั้นออกแบบและปฏิบัติการเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการใหม่ ซึ่งการย้อนกลับไปปฏิบัติการในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการเทคโนโลยี ผู้ปฏิบัติงานสามารถย้อนกลับไปยังขั้นตอนใดขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่ประสบ</p>	<ul style="list-style-type: none"> อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนในการนำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือความต้องการ ร่วมสรุปองค์ความรู้จากการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาชิ้นงานในอนาคตและกรณีที่ชิ้นงานไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ 	<ul style="list-style-type: none"> นำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ และประเมินผลว่า ชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการภายใต้สถานการณ์เทคโนโลยีความท้าทาย ข้อจำกัดและทรัพยากรที่มีอยู่หรือไม่อย่างไร พร้อมทั้งบันทึกผลเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาชิ้นงานต่อไป นำเสนอผลงาน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้



บรรณานุกรม

International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA). (2007). Standard for Technology Literacy. Retrieved May 22, 2014, from http://www.iteea.org/TAA/Publications/TAA_Publications.html

Museum of Science, Boston. (2014). Engineering in Elementary. Retrieved May 23, 2014, from <http://www.eie.org/>

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Idea*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC : The National Academies Press.

NSW Department of Education and Communities. (2011). Designing and Producing K-12 : Technology process. Retrieved May 23, 2014, from http://www.curriculumsupport.education.nsw.gov.au/designproduce/tech_process.htm

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเสริมการเรียนรู้ การออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.