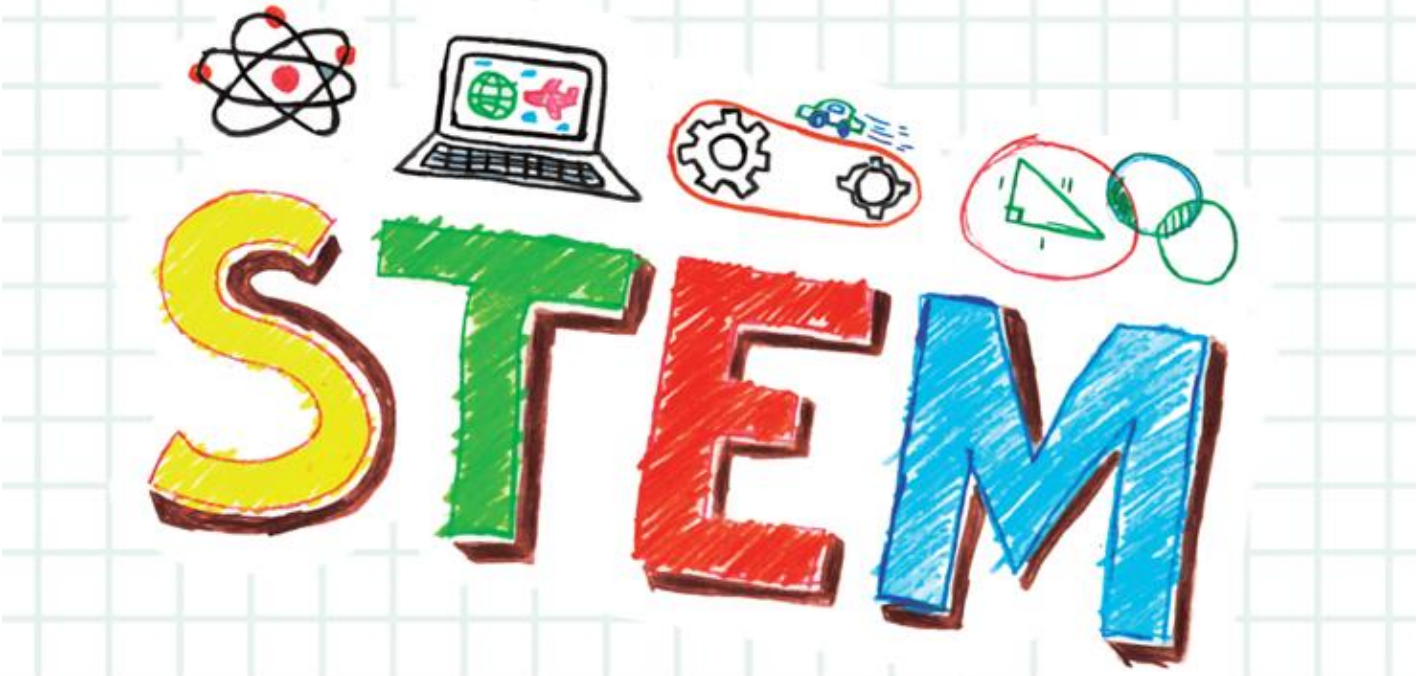
การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา



ยนสิษ สิทธิสมบูรณ์

คณะศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ISBN : 978-616-565-962-8

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์

ผู้เขียน : รศ.ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์
พิมพ์ครั้งที่ 1 : มิถุนายน พ.ศ. 2562 จำนวน 300 เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 2 : กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 จำนวน 1,500 เล่ม
อำนวยการ : รศ.ดร.ธีรยุทธ พึ่งเพียร
ฝ่ายผลิต : นายชยวัศ พึ่งเทียร, นายอรัญ จรเจริญ, นายอุกฤษ อรัณนะนาคม
นางประภา ศรีสุทธพันธิพร
รูปเล่ม : นายณัฐพงษ์ ทองมาก, นายธวัชชัย ศรีสุทธิพันธิพร
นางสาวชไมพร จันพิศ

จัดทำโดย รศ.ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์
พิมพ์ที่ โรงพิมพ์มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย เลขที่ 79 หมู่ 1 ตำบลลำไทร
อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13170
โทร. 035-248-000 ต่อ 8555-56 **โทรสาร.** 035-248-000 ต่อ 8545
E-Mail : mcupress8558@gmail.com

คำนำ

หนังสือการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ และแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยกำหนดเนื้อหาตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา แบบฝึกปฏิบัติการการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการฝึกปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมได้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หลักสูตรการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฉบับนี้ คงจะเป็นประโยชน์ต่อครู อาจารย์ นักการศึกษา และผู้ที่ผู้สนใจไม่มากก็น้อย

มนสิช สิทธิสมบูรณ์

สารบัญ

เนื้อหา **หน้า**

หน่วยที 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา **1**

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา 1

1.2 องค์ประกอบ 4 วิชาของสะเต็มศึกษา 2

1.3 การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ 3

1.4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 4

1.5 การบูรณาการในสะเต็มศึกษา 7

1.6 แนวทางการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ 8

1.7 การวัดและประเมินผล 9

หน่วยที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษา 13

กิจกรรมที่ 1: การออกแบบผังมโนทัศน์เพื่อบูรณาการทักษะกระบวนการ..... 14

กิจกรรมที่ 2: การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามชั้นปีของผู้เรียน..... 15

กิจกรรมที่ 3: การวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด..... 17

กิจกรรมที่ 4: การจัดทำโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสู่ห้องเรียน 19

กิจกรรมที่ 5: การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสู่ห้องเรียน..... 21

กิจกรรมที่ 6: การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา..... 28

หน่วยที่ 3 ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา 33

3.1 กรณีตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง เรือน้อย ลอยน้ำ..... 33

3.2 กรณีตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การสื่อสารอย่างง่าย..... 44

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา **หน้า**

3.3 กรณีตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
เรื่อง การใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างประหยัด..... 51
3.4 กรณีตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
เรื่อง เครื่องดักแมลงสาบ..... 58
3.5 กรณีตัวอย่างตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
เรื่อง รถของเล่นไฟฟ้า..... 65
3.6 กรณีตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
เรื่อง เรือใบกับสายลม..... 75

หน่วยที่ 4 การฝึกปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 89
4.1 ฝึกปฏิบัติกิจกรรม 1 รถโบราณ..... 89
4.2 ฝึกปฏิบัติกิจกรรม 2 เล่นล้อวงกลม..... 95

เอกสารอ้างอิง 107

ภาคผนวก ก หลักสูตรการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สำหรับครูประถมศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 109
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้หลักสูตรการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สำหรับครูประถมศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 113

หน่วยที่ 1 ความเบื้องต้นเกี่ยวกับรู้สะเต็มศึกษา

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา พบว่าอัตรากำลังของบุคลกรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ วิศวกรรมศาสตร์ในช่วงศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มลดลง และนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง อีกทั้งผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อีกทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ดังกล่าวกับชีวิตประจำวัน รวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต

เพื่อสร้างแรงบันดาลใจ และช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ทั้งเป็นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อนสร้างอาชีพให้แก่เยาวชน และเตรียมพร้อมกำลังคนที่มีคุณภาพเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ นอกจากนี้ในระหว่างการเรียนรู้ดังกล่าว ผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) ทักษะการทำงานเป็นทีม (collaboration skill) ทักษะการสื่อสาร (communication sill) และความคิดสร้างสรรค์ (creativity) ดังที่แสดงในภาพที่ 1

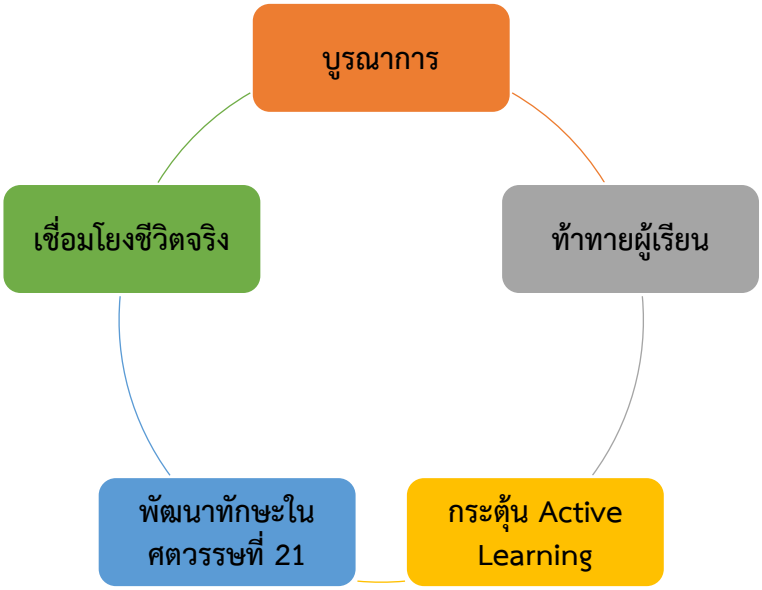
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ดังภาพที่ 2 ได้แก่

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้
2. มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด
3. มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบเอกทีฟ (active learning) ของผู้เรียน
4. ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้
5. สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต



ภาพที่ 2 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

1.2 องค์ประกอบ 4 วิชาของสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับวิชาการหรือวิทยาการที่เป็นหลัก 4 วิชา ด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ วิศวกรรมศาสตร์ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบวิชาการทั้ง 4 กับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของประเทศไทย พบว่า สะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ 3 ลุ่มสาระ ได้แก่ กลุ่มสาระ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

ดังนั้น เมื่อครูหรือนักการศึกษาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติของวิชาที่ 4 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ใน 3 กลุ่มสาระที่กล่าวมาข้างต้น รวมถึงตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางซึ่งถูกกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับความสามารถในการรับรู้ของนักเรียนแต่ละระดับชั้น

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้น มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์(Science literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์(math literate) และผู้รู้เทคโนโลยี(technology literate) ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาประกอบด้วย

- เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา (หลัก กฎ และ ทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และ โลกอวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างหลักสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้
- เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผลและการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี
- เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)
- เป้าหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีโดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

1.3 การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

การกล่าวอ้างถึงการนำแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบูรณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่น ๆ อีก 4 ศาสตร์นั้น นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ ศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council : NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการเหตุผล

ที่มา: Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics, p.38.

จากตารางที่ 1 แนวปฏิบัติ(practice) ทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวคือ ทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบและลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทั้งวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ ทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิดซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติหรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ 1.ในขณะที่วิชาวิทยาศาสตร์พยายามตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหาซึ่งเกิดจากความไม่พอใจและต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และ 2.ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ คือการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์คือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และ วิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

1.4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า ลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียนกล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NR, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอนได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์(Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีดำเนินการ ดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเข้าแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง 2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้นโดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไปคือการนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือ ผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจ เลือก และใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยอย่างชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและการประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

ภาพที่ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ในการทำงานไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขึ้นตอนได้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงได้ดังภาพที่ 4 เพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ลองพิจารณาตัวอย่างกระบวนการออกแบบห้องทำความเย็นดังนี้

ระบุปัญหา (Problem Identification)ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว มีความจำเป็นต้องเก็บผักผลไม้ ในที่ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อคงความสดใหม่ จึงเกิดคำถามขึ้นว่าทำอย่างไรจึงจะสร้างตู้หรือห้องที่คงอุณหภูมิให้ต่ำอยู่เสมอ แม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงก็ตาม

รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) การค้นพบทาง วิทยาศาสตร์ได้อธิบายว่า 1) สสารโดยทั่วไปมีการคลายความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว และมีการ ดูดความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ และ 2) สสารในสถานะไอสามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้ เมื่อ ได้รับความดันที่สูงขึ้น และเปลี่ยนกลับมาเป็นไอได้เมื่อลดความดันลง จึงได้แนวคิดว่าหากนำสารที่เปลี่ยนสถานะได้ง่ายและมีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนได้ดีมาทำให้เปลี่ยนสภานะจากของเหลวเป็นไอภายในตู้ และเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลวภายในตู้ ก็จะเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิจากภายในตูออกไปนอกตู้ได้ ในที่นี้เทคโนโลยีด้านเครื่องจักรกลทาไฟฟ้า (หรือมอเตอร์) สามารถนำมาประยุกต์เป็นเครื่องอัดแรงดันให้สารเปลี่ยนสภาพจากไอเป็นของเหลวได้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดในการถ่ายเทพลังงานความร้อน ควรมีการนำเอาสารหลายๆ ชนิดมาทดลองเปรียบเทียบอัตราการดูดและคลายความร้อน และพลังงานที่ต้องใช้ในการทำให้สารนั้น ๆ เปลี่ยนสถานะไปมา

ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากที่ได้ศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กับการสร้างตู้หรือห้องที่คงอุณหภูมิให้ต่ำเสมอแล้ว ขั้นต่อไป ผู้แก้ปัญหาต้องออกแบบกระบวนการสร้างผลผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ต้นทุนต่ำแต่ได้ประสิทธิภาพที่ต้องการโดยการเลือกสรรวัตถุดิบและชิ้นส่วนที่เหมาะสม คำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้รวมถึงคำนวณขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ทำอุปกรณ์อัดแรงดันด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเหมาะสมกับขนาดของห้องที่ต้องการทำความเย็น

วางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครง ปริมาณสาร และขนาดองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ต้องใช้สร้างผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว ผู้แก้ปัญหาลงมือพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยในการสร้างผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน

ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบที่กักเก็บสารทำความเย็นไว้ในระบบปิด โดยทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอภายในห้องที่ต้องการทำคามเย็นและควบแน่นกลับเป็นของเหลวภายนอกห้อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการใช้งานก่อนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

นำเสนอวิธการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นำกระบวนการออกแบบที่ได้นำเสนอต่อผู้ที่สนใจหรือผู้ให้ทุนสนับสนุน เพื่อให้เกิดการผลิตในปริมาณมากและใช้ในวงกว้างต่อไป

ตามที่ได้กล่าวไปแล้วระบวนการทั้งหมดนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเป็นลำดับดังตัวอย่างเสมอไป การทดสอบและประเมินผลสามารถทำได้ในระหว่างการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาเช่นกัน หากผลลัพธ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุนหรือประสิทธิภาพของอุปกรณ์ อาจจำเป็นต้องย้อนกลับไปค้นหาแนวคิดอื่นขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

1.5 การบูรณาการในสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based)หรือการทำโรงงาน (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี้ จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่21ที่ผู้เรียนพึงมีนอกจากนนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ผู้สอนทั้งหลายอาจจะมีความกังวลกับการนำสะเต็มศึกษาเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เนื่องจากไม่ทราบว่าจะมีแนวปฏิบัติหรือวิธีการดำเนินการอย่างไรบ้าง ทั้งนี้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามแนวทางของ สสวท. นั้นเน้นรูปแบบของการบูรณาการซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนแบบองค์รวม โดยมีการ บูรณาการความคิดรวบยอด กระบวนการจัดการเรียนรู้ และทักษะด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้ไปสู้การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณา