



องค์ความรู้

เรื่อง ครุสละเต็มศึกษา

โดย

อาจารย์นาวัน คงรักษา

อาจารย์ ดร.ครองศักดิ์ ภัคธนกนก

อาจารย์ ดร.โกเมศ กาบแก้ว

อาจารย์ ดร.เชาวฤทธิ์ พันธุ์ทอง

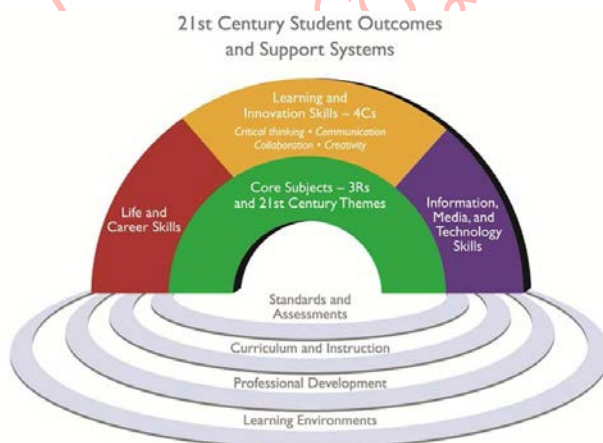
จัดทำโดย

ศูนย์สละเต็มศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า อัตรากำลังคนของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในช่วงศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มลดลง และนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง อีกทั้งผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อีกทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ดังกล่าวกับชีวิตประจำวันรวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ทั้งเป็นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เยาวชน และเตรียมพร้อมกำลังคนที่มีคุณภาพเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ นอกจากนี้ในระหว่างการเรียนรู้ดังกล่าว ผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ทักษะการทำงานเป็นทีม (collaboration skill) ทักษะการสื่อสาร (communication skill) และความคิดสร้างสรรค์ (creativity) ดังที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริงเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ เทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณา-
การการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดย
นักเรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ
เทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง
กับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กิจกรรม
สะเต็มศึกษาที่ดีมีลักษณะสำคัญ 5 ประการดังรูปที่ 2 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย
(1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการ
เรียนรู้ (2) มีการท้าทายนักเรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด (3) กิจกรรมกระตุ้น
การเรียนรู้แบบแอคทีฟ (active learning) ของนักเรียน (4) ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ และ (5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมี
ความเชื่อมโยงชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต



รูปที่ 2 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบ 4 วิชาของสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับวิชาการหรือวิทยาการที่เป็นหลัก 4
วิชาด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เมื่อ
เปรียบเทียบวิชาการทั้ง 4 กับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของประเทศไทย
พบว่า สะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ 3 กลุ่มสาระฯ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี



รูปที่ 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

ดังนั้น เมื่อครูหรือนักการศึกษาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาในชั้นเรียนจึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติของวิชาการทั้งสี่เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ใน 3 กลุ่มสาระฯ ที่กล่าวข้างต้นรวมถึงตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางซึ่งถูกกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับความสามารถในการรับรู้ของนักเรียนแต่ละระดับชั้น

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (math literate) และผู้รู้เทคโนโลยี (technology literate) ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพและหลักวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำเนินชีวิตเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาประกอบด้วย

- เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้
- เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี
- เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)
- เป้าหมายของการสอนวิศวกรรม คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในออกแบบและสร้างเทคโนโลยี โดยประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์

การกล่าวอ้างถึงการนำแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบูรณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่นๆ อีก 4 ศาสตร์นั้น นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ 3 ศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี สภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Research Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของ เทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายาม แก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้าง โมเดล
ออกแบบและลงมือ ทำการค้นคว้า วิจัย	ออกแบบและลงมือ ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งาน เทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับ ความแม่นยำ
ใช้คณิตฯ ช่วยในการ คำนวณ	ใช้คณิตฯ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของ ในการพัฒนาด้านวิทย์ฯ	ใช้ตัวเลขในการให้ ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	วิศวกรรม	พยายามหาวิธีการและใช้ โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยัน แนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยัน แนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี โดยพิจารณาถึง สังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถ วิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสาร แนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบ วิธี ในการเหตุผล

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 ทั้งวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ ทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิดซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติหรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ (1) ในขณะที่วิชาวิทยาศาสตร์พยายามตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหา ซึ่งเกิดจากความไม่พอใจและต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และ (2) ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์คือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และวิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า ลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม คือ การผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของนักเรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือ กระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) ทั้งนี้ มีหลายหน่วยงานหรือองค์กรได้นำเสนอองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมได้อย่างหลากหลาย เช่นเดียวกับสมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association : ITEEA) ได้ นำเสนอกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่

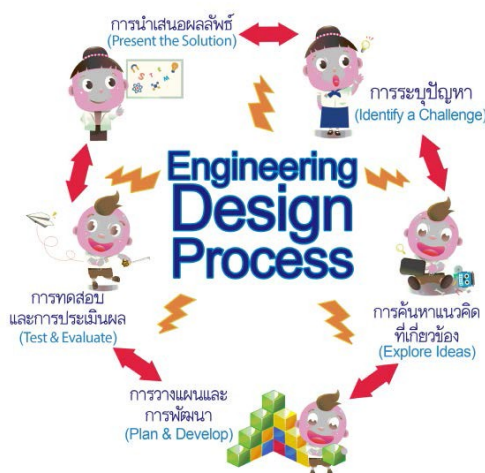
(1) การระบุปัญหา (Identify a challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่ เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหา ดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะบออาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อ ประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

(2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและ สามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง (2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาคควรพิจารณา แนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจัดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการ รวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี และจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่ เหมาะสมที่สุด

(3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบ และวางแผน การดำเนินงาน ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหอาจวาดแบบหรือสร้างเค้าโครงและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา ทั้งนี้ ในขั้นที่ 3 ของกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ (3.1) การออกแบบวิธีการแก้ ปัญหา โดยประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ โดยผู้แก้ปัญหา ต้องประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ ปัญหา และ (3.2) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยผู้แก้ปัญหาคต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการ ทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการ พัฒนา

(4) การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา ผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งใน กระบวนการแก้ปัญหา

(5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ



รูปที่ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ในการทำงานผู้เรียนไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงได้ดังรูปที่ 1 เพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลองพิจารณาตัวอย่างกระบวนการออกแบบห้องทำความเย็นดังนี้

ระบุปัญหา (Identify a challenge) ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว มีความจำเป็นต้องเก็บผักผลไม้ในที่ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อคงความสดใหม่ จึงเกิดคำถามขึ้นว่าทำอย่างไรจึงจะสร้างตู้หรือห้องที่คงอุณหภูมิให้ตู้อยู่เสมอแม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงก็ตาม

ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ได้อธิบายว่า (1) สารโดยทั่วไปมีการคลายความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว และมีการดูดความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ และ (2) สารในสถานะไอสามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความดันที่สูงขึ้น และเปลี่ยนกลับเป็นไอได้เมื่อลดความดันลง จึงได้แนวคิดว่าจะหาสารที่เปลี่ยนสถานะได้ง่ายและมีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนได้ดีมาทำให้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไภายในตู้ และเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลวภายนอกตู้ ก็จะเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิจากภายในตู้ออกไปนอกตู้ได้ ในที่นี้เทคโนโลยีด้านเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า (หรือมอเตอร์) สามารถนำมาประยุกต์เป็นเครื่องอัดแรงดันให้สารเปลี่ยนสภาพจากไอเป็นของเหลวได้

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดในการถ่ายเทพลังงานความร้อน ควรมีการนำเอาสารหลาย ๆ ชนิดมาทดลองเปรียบเทียบอัตราการดูดและคลายความร้อน และพลังงานที่ต้องใช้ในการทำให้สารนั้น ๆ เปลี่ยนสถานะไปมา

วางแผนและพัฒนา (Plan & develop) ออกแบบกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ต้นทุนต่ำแต่ได้สมรรถภาพที่ต้องการ โดยการเลือกสรรวัตถุดิบและชิ้นส่วนที่เหมาะสม คำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้รวมถึงขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ทำอุปกรณ์อัดแรงดันด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเหมาะสมกับขนาดของห้องที่ต้องการทำความเย็น

ทดสอบและประเมินผล (Test & evaluate) ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบที่กักเก็บสารทำความเย็นไว้ในระบบปิดโดยทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอภายในห้องที่ต้องการทำความเย็นและควบแน่นกลับเป็นของเหลวภายนอกห้อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการใช้งานก่อนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

นำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) นำกระบวนการออกแบบที่ได้นำเสนอต่อผู้ที่สนใจ หรือผู้ให้ทุนสนับสนุน เพื่อให้เกิดการผลิตในปริมาณมากและใช้งานในวงกว้างต่อไป

ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว กระบวนการทั้งหมดนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเป็นลำดับดังตัวอย่างเสมอไป การทดสอบและประเมินผลสามารถทำได้ในระหว่างการวางแผนและพัฒนาเช่นกัน หากผลลัพธ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุนหรือประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ก็อาจจำเป็นต้องย้อนกลับไปค้นหาแนวคิดอื่นขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาผนวกกับการเรียนรู้ในชั้นเรียน เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนนั้น ได้แบ่งขั้นตอนของการวางแผนและพัฒนาออกมาเป็นขั้นตอนแบบวิธีการแก้ปัญหาอีกหนึ่งขั้นตอน ตามกระบวนการย่อยของขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมขั้นที่ 3 ที่กล่าวไว้แล้วหน้าที่ 7 ทั้งนี้ เพื่อให้ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประมวลความรู้ต่างๆ ที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้เหล่านั้น เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะช่วงกลั่นกรองแนวคิดเบื้องต้นของนักเรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ครูได้ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงความสามารถในการประยุกต์ความรู้ดังกล่าวของนักเรียนได้ชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้นๆ ได้

การบูรณาการในสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงการ (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของ ผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ผู้สอนทั้งหลายอาจจะมี ความกังวลกับการนำ สะเต็มศึกษาเข้าสู่อการจัดการเรียนการสอนใน ชั้นเรียน เนื่องจากไม่ทราบว่าจะมี แนวปฏิบัติหรือวิธีการดำเนินการอย่างไรบ้าง ทั้งนี้การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาตามแนวทางของ สสวท. นั้น เน้นรูปแบบของการบูรณาการซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการความคิด รวบรวม กระบวนการจัดการเรียนรู้ และ ทักษะด้านต่างๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้ง เชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะช่วย ลดความ ซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่างๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาใน การจัดการเรียนการสอนได้ใช้แหล่งเรียนรู้ได้ หลากหลาย และผู้เรียนได้เรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจเพิ่มขึ้น

บูรณาการคืออะไร บูรณาการ (Integration) หมายถึงการนำศาสตร์สาขาวิชาต่างๆ ที่มีเนื้อหา สัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาจัดประสพการณ์การเรียนรู้ในลักษณะของการผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน

บูรณาการทำได้อย่างไร การบูรณาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการ เนื้อหา (Integration of subject areas) การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ (Integration of learning process) และการบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of learning outcome) เป็นต้น ซึ่งมี รายละเอียด ดังนี้

1. การบูรณาการเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาของสาระต่างๆ หรือระหว่างกลุ่มสาระมาสัมพันธ์เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน โดยอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นปัญหา แล้วนำเนื้อหา ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อหรือหัวข้อนั้นมาผสมผสานกันโดยใช้ทักษะต่างๆ เข้ามาเชื่อมโยงเพื่อให้ผู้เรียนได้ ความรู้ ทักษะ และเจตคติตามที่ต้องการ

2. การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้เป็นการนำรูปแบบและวิธีการต่างๆ ของการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอนมาผสมผสานเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน หรือการจัดให้ผู้เรียนได้สามารถ แสวงหาความรู้จากกระบวนการและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเนื้อหาอะไรบ้างและแต่ละ เนื้อหาจะสอนด้วยวิธีใด

3. การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นการบูรณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็น หลักโดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเป้าหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นก็นำเนื้อหาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์ เกี่ยวข้องกันกับประเด็นที่จะศึกษานั้นมาผสมผสานเชื่อมโยงกันโดยมีเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสม ของเนื้อหา หรือตามสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่ควรคำนึงจาก การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียนมีดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ให้มากที่สุด
2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่างๆ ให้หลากหลายเพื่อให้

ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน

3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตและสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

5. ปลุกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรม ที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

แนวทางการนำกิจกรรมสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

กิจกรรมสะเต็มที่ สสวท. พัฒนาขึ้นนี้เป็นตัวอย่างให้ผู้สอนได้เห็นแนวทาง โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการกำหนดประเด็นในการศึกษาแล้วพิจารณาเลือกตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ว่ามีตัวชี้วัดใดบ้างที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมแบบบูรณาการร่วมกันได้ ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากนั้นใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในการดำเนินกิจกรรม ทั้งนี้ผู้สอนสามารถใช้แนวทางดังกล่าวนี้ไปพัฒนางิจกรรมสะเต็มแบบบูรณาการได้ด้วยตนเอง ซึ่งการจัดกิจกรรมสะเต็มแบบบูรณาการอาจไม่จำเป็นต้องบูรณาการได้ครบทุกรายวิชาที่กล่าวมาแล้วก็ได้ แต่มีจุดเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะต่างๆ ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยทักษะที่สำคัญที่จะต้องกล่าวถึงได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วยทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหาทักษะการสื่อสาร เป็นต้น

การนำกิจกรรมสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่

1. จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มที่จะนำไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้นๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงการ เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก และมีข้อดีที่ทางผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบ และสร้างชิ้นงานของผู้เรียนได้

3. จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้ มักเป็นกิจกรรมสะเต็มที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาต่างๆ เช่น

ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลา และต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามการจัดกิจกรรมเพิ่มเติมแบบบูรณาการนี้มุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านการใช้ทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้า คิดค้น และแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา และต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการช่วยกันขับเคลื่อนให้การเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีก้าวไปข้างหน้าต่อไป

การวัดและประเมินผล

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ควบคู่กันกับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่จะได้ข้อมูลสารสนเทศที่แสดงถึงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน รวมทั้งได้ข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้ตามศักยภาพ การประเมินผลเป็นกลไกหนึ่งในการประกันคุณภาพการศึกษาทั้งภายในและภายนอก

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้ระบุถึงวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ไว้ว่า ให้สถานศึกษาจัดการประเมินผลผู้เรียน โดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในการบวนการเรียนการสอน ตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติดังกล่าวทำให้เห็นแนวทางการวัดผลและประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. การวัดผลและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้จะต้องดำเนินการควบคู่กันไปอย่างสอดคล้องและต่อเนื่อง
2. ในการจัดการเรียนรู้มุ่งพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินพัฒนาการของผู้เรียนจึงต้องประเมินให้ครอบคลุมทุกด้าน
3. เพื่อให้การประเมินครอบคลุมทุกด้านและได้ข้อมูลเพียงพอที่จะประเมินพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียนจะต้องใช้กระบวนการและวิธีการประเมินผลหลากหลายวิธีและต่อเนื่องทั้งการสังเกตพฤติกรรมการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม ฯลฯ

การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริง และที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียนและตัวผู้สอน ที่จะได้รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใดที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้

1. การประเมินจากสภาพจริง

การประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออกการกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลายๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลายๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลายๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง
3. เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิด ระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่างๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ
4. เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลายๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ส่งเสริมและวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความสนใจและความสามารถของแต่ละบุคคล
5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป
6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้
7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
2. ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
3. การสัมภาษณ์

4. บันทึกของผู้เรียน
5. การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
6. การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (practical assessment)
7. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment)
8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment)
9. การทดสอบ

2. การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment)

ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่างๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงานและการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง
2. การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงาน จะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครูและผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

3. การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษาแล้วปฏิบัติตามขั้นตอน ให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การทำเฮอริบาเรียม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น
4. การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา
5. การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังคงมีความจำเป็นเนื่องจากใช้วัดความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่างๆ ได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังต้องใช้ แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมด้าน

ความรู้ ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนตอบ และสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

แนวการประเมินตามสภาพจริง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการประเมินตามสภาพจริงให้ความสำคัญต่อการประเมินโดยใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบน้อยมาก แต่จะให้ความสำคัญต่อการแสดงออกที่แท้จริงของผู้เรียนขณะทำกิจกรรมงานหรือกิจกรรมที่กำหนดให้ผู้เรียนทำ ซึ่งมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงานและมีวิธีการหาคำตอบหลายแนวทาง คำตอบที่ได้อาจมีใช้แนวทางที่กำหนดไว้เสมอไป จึงทำให้การตรวจให้คะแนนไม่สามารถให้อย่างชัดเจนแน่นอน เหมือนการตรวจให้คะแนนแบบข้อสอบเลือกตอบ ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงจึงต้องมีการกำหนดแนวทางการให้คะแนนอย่างชัดเจน การกำหนดแนวทางอาจจัดทำโดยครู คณะครู หรือครูและผู้เรียนกำหนดร่วมกัน แนวทางการประเมินนั้นจะต้องมีมาตรฐานว่า ผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จ และระดับความสำเร็จอยู่ในระดับใด แนวทางการประเมินที่มีมาตรฐานนี้ เรียกว่า Rubric

การประเมินโดยอิง Rubric นี้โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

1. การประเมินเป็นภาพรวม (holistic score)
2. การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (analytic score)

การประเมินเป็นภาพรวม (holistic score)

การประเมินแบบนี้เป็นการประเมินภาพรวมของงาน จะไม่เก็บเป็นคะแนน แม้ว่าจะใช้การให้คะแนนในการประเมินก็ต้องให้ความหมายของภาพรวมให้ได้

กิจกรรม STEM

ฝึกปฏิบัติกิจกรรมส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา “กิจกรรมนั่งร้านจอมพลัง”

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมฝึกทักษะการแก้ปัญหา
2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมเข้าใจกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สื่อและอุปกรณ์

1. Power Point กิจกรรม นั่งร้านจอมพลัง
2. คลิปวิดีโอตัวอย่างการสอนกิจกรรม ครลม
3. ไม้จิ้มฟัน 100 ก้าน
4. ดินน้ำมันหลัก 150 กรัม 1 ก้อน

รูปแบบการทำกิจกรรม

ปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่ม ไม่เกินกลุ่มละ 5 คน

แนวทางการจัดกิจกรรม

1. แจ้งผู้เข้าร่วมให้ทราบถึงจุดประสงค์ของกิจกรรมนี้ แล้วเปิดวิดีโอตัวอย่างการสอนกิจกรรมครลม จากนั้นชี้แจงต่อว่ากิจกรรมที่จะได้ทำต่อไปนี้เป็นกิจกรรมที่ฝึกทักษะการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมนั่งร้าน

จอมพลัง เพื่อให้เข้าใจถึงการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการแก้ปัญหา โดยผู้เข้าอบรมยังสามารถนำกิจกรรมนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการฝึกทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน อีกทั้งยังส่งเสริมการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความแข็งแรงของโครงสร้างรูปทรงต่าง ๆ ในการสร้างโครงสร้างที่สามารถรับน้ำหนักวัตถุได้มากที่สุด

2. แบ่งผู้เข้าร่วมกิจกรรมออกเป็นกลุ่มๆ กลุ่มละ 5 คนแล้วเกริ่นนำกิจกรรมว่าเป็นตัวอย่างของการทำกิจกรรมง่ายๆ เพื่อฝึกทักษะการแก้ปัญหา โดยจะดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือระบุปัญหา ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง วางแผนและพัฒนาทดสอบ และประเมินผล นำเสนอผลลัพธ์

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

1.1 ตั้งคำถามว่านั่งร้านคืออะไร มีประโยชน์อย่างไร โดยยกตัวอย่างภาพนั่งร้านที่เห็นในชีวิตประจำวัน และร่วมอภิปรายกับผู้เข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า นั่งร้าน เป็นโครงสร้างชั่วคราวที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือซ่อมแซม เพื่อให้ช่างใช้เป็นฐานในการทำงานบนที่สูง ซึ่งนั่งร้านจะถูกถอดถอนออกภายหลังจากเสร็จการก่อสร้างหรือซ่อมแซมงาน

1.2 ยกตัวอย่างภาพการปฏิบัติงานบนที่สูงด้วยวิธีการที่ไม่ปลอดภัย และอภิปรายกับผู้เข้าอบรมถึงกฎหมายที่เกี่ยวกับงานก่อสร้าง ซึ่งกำหนดไว้ว่าการทำงานก่อสร้างซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 2.00 เมตรขึ้นไป นายจ้างต้องจัดให้นั่งร้านสำหรับงานก่อสร้างนั้น

1.3 กำหนดสถานการณ์ในการทำกิจกรรม คือ วิศวกรต้องออกแบบและทดลองนั่งร้านเพื่อให้ช่างใช้ในงานซ่อมแซมและทาสีอาคารเรียนรู้อ 3 ชั้น (15 เซนติเมตร) โดยนั่งร้านที่สร้างขึ้นจะต้องมี 3 ระดับ เพื่อให้ช่างทำงานในแต่ละชั้น และนั่งร้านจะต้องมีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักที่ชั้นบนสุดได้อย่างน้อย 300 กรัม (ดินน้ำมัน 2 ก้อน) โดยที่นั่งร้านไม่ยุบตัวลง

ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษารูปทรงและความแข็งแรงของรูปทรงต่าง ๆ โดยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์โดยใช้ไม้จิ้มฟันและดินน้ำมัน จากนั้นตั้งคำถาม ตามประเด็นดังต่อไปนี้ โครงสร้างนี้ใช้ไม้จิ้มฟันกี่ก้าน ใช้ดินน้ำมันกี่ก้อน มีทั้งหมดกี่ด้าน แต่ละด้านเป็นรูปอะไร โครงสร้างนี้เรียกว่ารูปทรงอะไร และโครงสร้างนี้มีความแข็งแรงหรือไม่ โดยการทดสอบใช้ฝ่ามือกดลงบนโครงสร้าง

2.2 ทำกิจกรรมเดียวกับข้อ 3 แต่เปลี่ยนให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมสร้างรูปทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยม และพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมตามลำดับ

2.3 เปรียบเทียบรูปทรงลูกบาศก์ รูปทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยม พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม ว่ารูปทรงใดมีความแข็งแรงมากที่สุดและรูปทรงใดแข็งแรงน้อยที่สุด เพราะเหตุใด ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า รูปทรงลูกบาศก์จะสามารถรับแรงในแนวตั้งได้ดี แต่จะไม่สามารถรับแรงที่อยู่แนวระดับได้ ในขณะที่รูปทรงพีระมิดจะสามารถรับแรงที่มากระทำทั้งแนวตั้งและแนวระดับได้ดี

2.4 ตั้งคำถามกับผู้เข้าอบรมต่อว่า หากต้องเสริมความแข็งแรงให้กับทรงลูกบาศก์จะมีวิธีการอย่างไร โดยให้ผู้เข้าอบรมได้ทดลองนำไม้จิ้มฟันมาเสริมกับโครงสร้างเดิมที่มีอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ แล้วร่วมกันอภิปรายถึงรูปแบบการเสริมโครงสร้างทรงลูกบาศก์ให้แข็งแรง

2.5 สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมว่า ในกิจกรรมนี้เป็นการเรียนรู้เรื่องรูปทรงต่าง ๆ และได้ทำการศึกษาว่ารูปทรงใดที่มีความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งจะนำไปสู่การใช้องค์ความรู้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 3 วางแผนและพัฒนา

3.1 ทบทวนสถานการณ์ในการทำกิจกรรมอีกครั้ง วิศวกรต้องการออกแบบและทดสอบนั่งร้านเพื่อให้ช่างใช้ในงานซ่อมแซมและทาสีอาคารเรียนสูง 3 ชั้น (15 เซนติเมตร) โยนั่งร้านที่สร้างขึ้นจะต้องมี 3 ระดับ เพื่อให้ช่างทำงานในแต่ละชั้น และนั่งร้านจะต้องมีความแข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักที่ชั้นบนสุดได้อย่างน้อย 300 กรัม (ดินน้ำมัน 2 ก้อน) โดยที่นั่งร้านไม่ยุบตัวลง โดยมีเงื่อนไขของการสร้างนั่งร้านว่านั่งร้านต้องไม่ยึดติดกับพื้น สามารถเคลื่อนย้ายได้ มีความสูงอย่างน้อย 15 ซม. มีอย่างน้อย 3 ระดับ (ไม่รวมชั้นล่าง) และรับน้ำหนักดินน้ำมันขนาด 150 กรัม ได้อย่างน้อย 2 ก้อน โยกำหนดให้แต่ละกลุ่มใช้ไม้จิ้มฟัน 100 ก้าน และดินน้ำมันหนัก 150 กรัม 1 ก้อน

3.2 แต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อหาวิธีการและรูปแบบของการสร้างนั่งร้านร่วมกันจากนั้นลงมือสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมินผล

แต่ละกลุ่มทดสอบความแข็งแรงของนั่งร้านว่าสามารถรับน้ำหนักดินน้ำมันขนาด 150 กรัมได้อย่างน้อย 2 ก้อนหรือไม่ โดยอาจจัดเป็นการแข่งขันและหาผู้ชนะที่สามารถสร้างนั่งร้านให้สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด

ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์

5.1 ให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอชิ้นงาน (หรือกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานให้รับน้ำหนักได้มากที่สุด) โดยหัวข้อในการนำเสนอ คือ แนวคิดในการสร้างนั่งร้าน รูปแบบของโครงสร้าง ความสำเร็จของชิ้นงานและแนวทางการปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

5.2 เชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาของกิจกรรมกับชีวิตจริง โดยยกตัวอย่างภาพอุบัติเหตุที่เกิดจากการสร้างนั่งร้านที่ไม่แข็งแรง ซึ่งสร้างความเสียหายให้แก่ชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์

5.3 สรุปและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกิจกรรมว่า กิจกรรมนี้เป็นตัวอย่างของการฝึกทักษะการแก้ปัญหา โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งในระหว่างการทำกิจกรรมนั้นจะได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และเปรียบเทียบเกี่ยวกับความแข็งแรงของรูปทรงต่าง ๆ มีการวางแผนการทำงาน มีการทำงานเป็นกลุ่ม มีการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมย่อยมาใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด มีการแก้ปัญหาโดยปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น และฝึกการนำเสนอชิ้นงาน ซึ่งทักษะต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

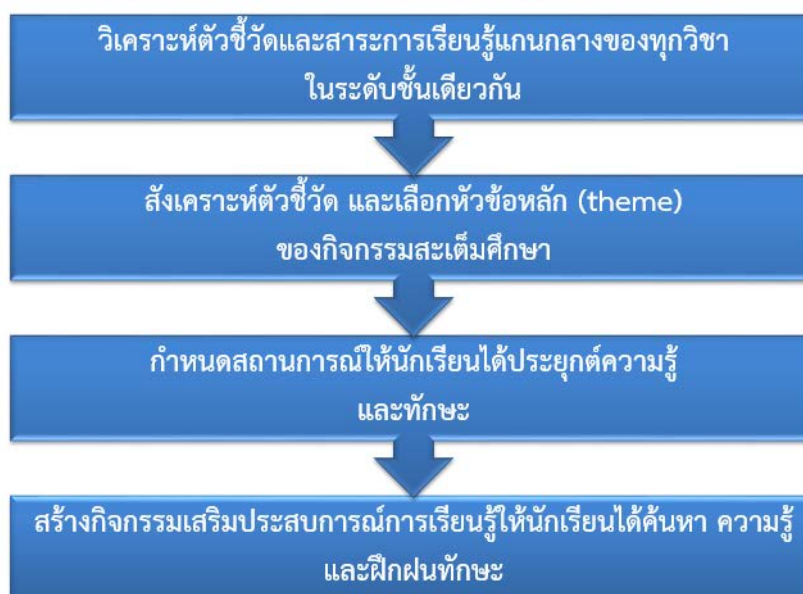
แนวทางการวัดและประเมินผล

รายการประเมิน	วิธีการประเมิน
การฝึกทักษะการแก้ปัญหา	สังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมกิจกรรมในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมว่ามีแนวทางในการสร้างชิ้นงานอย่างไร เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ตามสถานการณ์ที่กำหนด
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	- สังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าอบรมในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมว่ามีการวางแผนการทำงานก่อนลงมือสร้างชิ้นงานหรือไม่ และมีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานเมื่อพบว่าไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามเงื่อนไขอย่างไร - สังเกตพฤติกรรมจากการนำเสนอผลงาน และขั้นตอนในการทำงาน - สังเกตพฤติกรรมจากการสรุปและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน

ถอดองค์ความรู้เกี่ยวกับ STEM และกิจกรรมที่ทำ เพื่อได้ออกมาเป็นแนวทางของออกแบบการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

หลังจากศึกษาความรู้เกี่ยวกับ STEM และกิจกรรมแล้วได้ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อหาแนวทางที่จะให้ครูออกแบบกิจกรรม STEM ได้รูปแบบออกมาดังนี้

แนวทางการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา



องค์ประกอบและลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษา

1. มีการบูรณาการ S T E M
2. เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
3. มุ่งเน้นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21
4. มีการประเมินตามสภาพจริง

องค์ประกอบสำคัญของสถานการณ์สะเต็ม

1. มีการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา
2. คำสำคัญ เช่น ออกแบบ สร้าง พัฒนา
3. มีการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน
4. มีเงื่อนไขในการแก้ปัญหา
5. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

กิจกรรมการเรียนรู้

1. มีกิจกรรมสร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
3. ใช้เทคนิคหรือกลวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและความสามารถของผู้เรียน
4. มีใบบันทึกกิจกรรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียน

การวัดและประเมินผล

1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด
2. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
3. มีการประเมินตามสภาพจริง
4. มีเครื่องมือการประเมินที่สอดคล้องกับการประเมิน
5. มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการประเมิน

ตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้



การออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา

- ชื่อกิจกรรม
- ชั้น
- จำนวนชั่วโมง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- สถานการณ์ และเงื่อนไขในกิจกรรม
- กรอบแนวคิด
(วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม)
- กิจกรรมการเรียนรู้
- การวัดและประเมินผล

ชั้น ระยะเวลา.....ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

.....

สถานการณ์

.....

```

graph TD
    S[S: วิทยาศาสตร์] <--> C((ชื่อกิจกรรม))
    T[T: เทคโนโลยี] <--> C
    E[E: วิศวกรรมศาสตร์] <--> C
    M[M: คณิตศาสตร์] <--> C
  
```

กิจกรรมการเรียนรู้

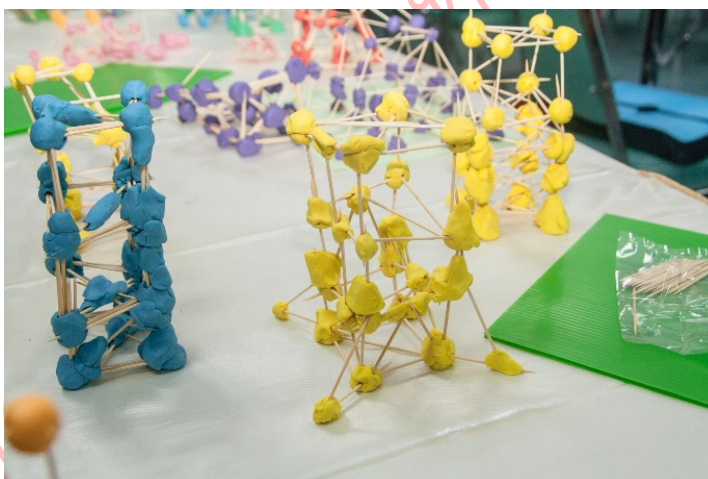
.....

การวัดประเมินผล

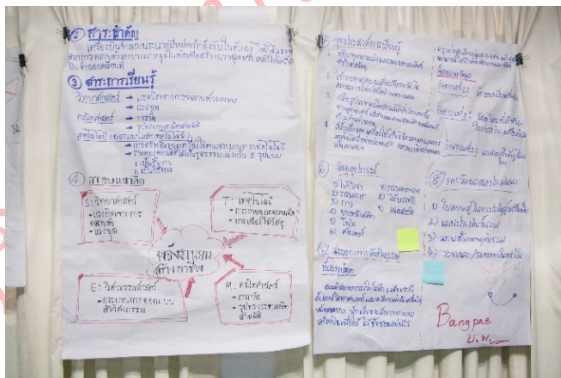
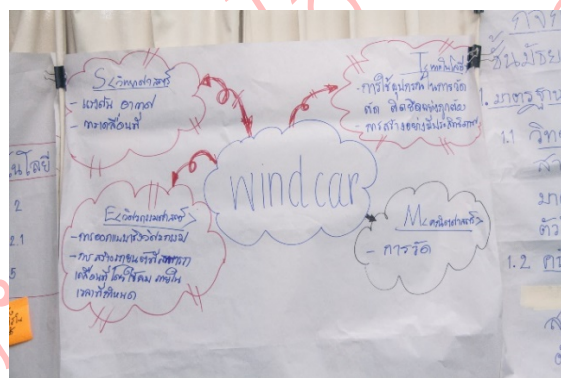
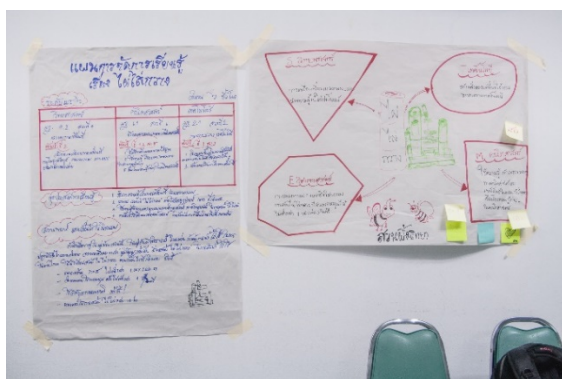
.....

การนำแนวทางการออกแบบกิจกรรมสะเต็มไปใช้เป็นรูปธรรม

โดยนำแนวทางไปใช้ในการจัดอบรมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการครูสะเต็มศึกษา ระหว่างวันที่ 2 - 3 กรกฎาคม 2559 ณ ห้องสุพจน์มิถิธวัลย์ ชั้น 2 อาคารอำนวยการ โดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพแสดงกิจกรรมนักร้านจอมพลัง



ภาพแสดงการออกแบบกิจกรรม ตามแนวทางการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา