บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการวิจัย ดังนี้

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา
2. การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์
3. หลักการ/แนวทางจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
4. วิธีการ/ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
5. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ
6. รูปแบบ (model) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา

คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ถูกใช้ครั้งแรกโดยมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Foundation: NSF) ที่ใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งต่อมามีการใช้และให้ความหมายของคำนี้แตกต่างกันออกไป เช่น

Hanover Research (2011) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นขบวนการปฏิรูปในวงกว้างในสาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่พยายามปลูกฝังแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านและประชากรพลเมืองที่มีความรู้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของสหรัฐอเมริกาในเศรษฐกิจโลก

Vasquez, Comer, and Sneider (2013) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การเรียนการสอนแบบบูรณาการระดับสหวิทยาการ (Interdisciplinary Approach) ใน 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการเข้าสู่ชีวิตจริงและเชื่อมโยงกับประสบการณ์เรียนรู้เพื่อผู้เรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, 2014) ให้ความหมายว่า “องค์ความรู้ วิชาการของศาสตร์ทั้งสี่ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่างๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน”

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2559) กล่าวในรายงานเพื่อจัดทำข้อเสนอนโยบายการส่งเสริมการจัดการศึกษาด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทยว่าใช้สะเต็มในความหมายของ “องค์ความรู้ ทักษะที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตและการทำงานที่เกิดจากการบูรณาการศาสตร์ทั้งสี่เข้าด้วยกัน”

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การศึกษาที่นักเรียนได้ทักษะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

Breiner, Johnson, Harkness, and Koehler (2012) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการฉลาดรู้ทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

จากความหมายข้างต้น พบว่า นักวิชาการทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายสอดคล้องกัน คือ สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

2. การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้ง 4 ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science)	**วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)**	**เทคโนโลยี (Technology)**	**คณิตศาสตร์ (Mathematics)**
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัยทดลอง	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัยทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญการความแม่นยำ
ใช้คณิตฯ ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตฯ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนา	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล

วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา	ด้านวิทย์ฯ และวิศวกรรม	พยายามหาและใช้โครงการในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการเหตุผลซ้ำๆ

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

จากตารางที่ 2.1 แนวปฏิบัติ (practice) ทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวคือ ทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบและลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทั้งวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาตร์ต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ ทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิดซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติหรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ (1) ในขณะที่วิชาวิทยาศาสตร์พยายามตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหาซึ่งเกิดจากความไม่พอใจและต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และ (2) ผลลัพท์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์คือ วิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และวิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

3. หลักการ/แนวทางจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริง ควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ (สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, 2014) ได้แก่ (1) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ (2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ (3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4) ท้าทายความคิดของนักเรียน และ (5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

จากลักษณะเฉพาะของวิชา STEM อาจต้องใช้เทคนิคการสอนทางเลือกเพื่อการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพของแนวคิด STEM ตัวอย่างของเทคนิคการสอนทั่วไปที่ใช้ในโรงเรียนที่เน้นไปที่ STEM (Hanover Research, 2011) ได้แก่

(1) การเรียนการสอนที่นำโดยครูแบบดั้งเดิม (Traditional, teacher led instruction)

(2) การเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based learning)

(3) การเรียนรู้ในสถานที่ทำงานหรือห้องปฏิบัติการเป็นฐาน (Workplace or lab-based learning)

(4) การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้เป็นฐาน (Use of technology-supported learning tools)

สะเต็มศึกษา ประเทศไทย (2014) ได้เสนอแนวทางในการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน 3 แนวทาง ได้แก่

(1) จัดกิจกรรมสะเต็มสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน

(2) จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง

(3) จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่างๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย

4. วิธีการ/ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

นักวิชาการได้เสนอวิธีการ/ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ ได้แก่ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (Problem–Based Learning: PBL) การเรียนด้วยการสืบค้น (Inquiry–Based Learning) การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงาน (Project–Based Learning) และการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)

4.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน (National Research Council, 2012) ได้แก่

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

4.2 การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (Problem – Based Learning: PBL)

Samford University (2014) และ Barell (2007) ให้ความหมายว่า PBL เป็นกระบวนการสืบค้นเพื่อแก้ปัญหาสิ่งที่อยากรู้ สงสัย ไม่แน่ใจในเรื่องที่ซับซ้อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิต ใช้กลยุทธ์ในการสอนการแก้ปัญหาเป็นฐาน คือ KWHLAQ โดยมีองค์ประกอบคือ K หมายถึง Knowledge W คือ Want H คือ How L คือ Learn A คือ Apply และ Q คือ Question และกล่าวถึงกลยุทธ์ O – T – Q โดยมีองค์ประกอบ คือ O คือ Observe T คือ Think และ Q คือ Question

New England Board of Education (2014) ให้ความหมายของการเรียนด้วยฐานการแก้ปัญหาว่าหมายถึง 1) การแก้ปัญหาปลายเปิด ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การทำรายงาน การระดมความคิด และการทดสอบความคิด 2) เป็นการพัฒนาให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน 3) เป็นการพัฒนาความมั่นใจในการแก้ปัญหาของเด็กในโลก 4) เป็นการพัฒนาทักษะและความสนใจในการเรียนรู้ตลอดชีวิต 5) เป็นการพัฒนา ทักษะ การคิด วิเคราะห์ 6) เพิ่มความรู้สึกพอใจที่ได้ร่วมมือในการเรียนรู้กับผู้อื่น ซึ่ง Wood (2003) ได้กล่าวถึงกระบวนการสอนด้วย PBL ว่าประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ 1) ระบุและชี้แจงคำที่ใช้ในสถานการณ์ที่

นำเสนอ 2) กำหนดปัญหาหรือใช้ปัญหาที่มีอยู่เดิม 3) “ระดมสมอง” 4) ตรวจสอบขั้นตอนที่ 2 และ 3 5) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 6) ศึกษาเป็นรายบุคคล 7) นำที่ได้ศึกษามาเสนอกลุ่ม

การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา เนื่องจากผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากปัญหา ร่วมกันคิดและแก้ไขปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

4.3 การเรียนด้วยการสืบค้น (Inquiry–Based Learning)

ชนาธิป พรกุล (2557) ให้ความหมายของการสืบค้นว่า หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2557) กล่าวถึง องค์ประกอบที่สำคัญในการสืบค้น คือ ผู้สอนที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก กระตุ้น เสริมแรง ให้ข้อมูลย้อนกลับ แนะนำ และจัดระเบียบโดยใช้กระบวนการ ได้แก่ 1) วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นขั้นตอนในการหาความรู้ ได้แก่ การระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ทดลองและรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล 2) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process skills) เป็นการใช้ทักษะทางความคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นผสมผสานในการทดลอง 3) จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific mind) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้เด็กใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการหาความรู้ แก้ปัญหา มีเหตุผล เป็นต้น

4.4 การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาอย่างมีระบบระเบียบ ผู้เรียนจะได้ความรู้จากการคิดสืบสวนสอบสวน และได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาไปด้วยพร้อม ๆ กัน นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรียกว่า การจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry Cycle หรือ 5Es ได้แก่ การสร้างความสนใจ (Engage) การสำรวจและค้นหา (Explore) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) การขยายความรู้ (Elaborate) และ การประเมินผล (Evaluate)

4.5 การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงาน (Project–Based Learning)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างครอบคลุมทั้งความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ได้ฝึกทักษะทางสติปัญญา ทักษะการศึกษาด้วยตนเอง ทักษะการทำงานเป็นทีม และทักษะการสืบค้นแหล่งความรู้ ความรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับมาจากความสงสัยอยากรู้ของผู้เรียนเอง และความพยายามที่จะศึกษาหาคำตอบ โดยการประมวลความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร เพื่อที่จะนำไปวางแผนสำหรับการแก้ปัญหาก่อนการลงมือทำ แล้วจึงดำเนินการตามแผนที่กำหนด และเขียนรายงานผลสำเร็จที่ทำได้ พร้อมทั้งมีการนำเสนอหรือมีการจัดแสดงผลงานที่สื่อสารความรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจด้วย ซึ่ง

นักวิชาการและหน่วยงานทางวิชาการได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานไว้หลากหลาย ดังต่อไปนี้

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และประจวบจิตร คำจัตุรัส (2555) ได้เสนอขั้นตอนสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานดังนี้ (1) ศึกษาความหมายและประเภทของโครงงาน (2) สำรวจเรื่องที่จะทำโครงงาน (3) วิเคราะห์โครงงาน (4) ระบุปัญหา/เรื่องที่จะทำโครงงาน (5) ศึกษาเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับโครงงาน (6) ออกแบบการทดลอง/วางแผนการดำเนินการทำโครงงาน (7) เขียนเค้าโครงของโครงงาน (8) ลงมือทำโครงงาน (9) เขียนรายงานโครงงาน (10) เสนอผลงานและจัดแสดงผลงานโครงงาน (11) อภิปรายผลการเรียนรู้จากการทำโครงงาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2559) เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การเริ่มต้นโครงงาน ผู้เรียนศึกษาใบความรู้ สถานการณ์ตามที่ผู้สอนกำหนดให้ ขณะเดียวกันกับผู้สอนกำหนดให้ ขณะเดียวกันผู้สอนเร้าความสนใจโดยการตั้งคำถามตามเนื้อหาสาระที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนควรสังเกตและวิเคราะห์ความสนใจของผู้เรียน ต้องเร้าความสนใจในเนื้อหาสาระด้วยประเด็นที่ท้าทายจากการบอกเล่า การยกตัวอย่าง การค้นคว้าจากเอกสาร เมื่อผู้เรียนเกิดความสนใจมากพอก็จะนำไปสู่การกำหนดหัวข้อโครงงานด้วยการนำเรื่องเหล่านั้นมาอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้วางแผนและระดมความคิด อภิปรายจนกว่าจะได้ข้อสรุปของกลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการต่อไป ระยะที่ 2 ขั้นพัฒนาโครงงาน เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องร่วมกันกำหนดประเด็นหัวข้อ ตั้งสมมติฐาน และแสวงหาแนวทางการตรวจสอบสมมติฐานด้วยการลงมือปฏิบัติ กรณีที่ผลการตรวจสอบไม่เป็นไปตามสมมติฐานก็ควรให้ผู้เรียนได้ร่วมกันสรุปองค์ความรู้ และเร้าให้เกิดความสนใจในการค้นคว้าหาคำตอบในประเด็นใหม่ที่ใกล้เคียงกับสิ่งที่ค้นพบ ระยะที่ 3 ขั้นสรุป เป็นระยะที่ผู้เรียนต้องแสดงศักยภาพการสรุปและสื่อความหมาย การแบ่งปันประสบการณ์การทำงาน ความสำเร็จของการดำเนินการด้วยการนำเสนอ ไม่ว่าจะเป็นการเขียนรายงานและการนำเสนอผลงานด้วยวาจาต่อสาธารณะ ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้วางแผน และสรุปรายงานผลที่เกิดขึ้นจากการวางแผนร่วมกัน ผู้สอนนำการประเมินผลตามสภาพจริงมาใช้เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนเกิดการบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงไร

วิจารณ์ พาณิช (2555, น.71-75) นำเสนอขั้นการจัดการเรียนรู้ตามโมเดล จักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL ซึ่งแนวคิดนี้ มีความเชื่อว่า หากต้องการให้การเรียนรู้มีพลังและฝังในตัวผู้เรียนได้ ต้องเป็นการเรียนรู้ที่เรียนโดยการลงมือทำเป็นโครงการ (Project) ร่วมมือกันทำเป็นทีม และทำกับปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง ซึ่ง ส่วนของวงล้อ แต่ละชิ้น ได้แก่ Define, Plan, Do, Review และ Presentation โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) Define คือ ขั้นตอนการทำให้สมาชิกของทีมทำความชัดเจนร่วมกันว่า คำถาม ปัญหา ประเด็นความท้าทายของโครงการคืออะไร และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อะไร

2) Plan คือ การวางแผนการทำงานในโครงการ รวมทั้งเตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำโครงการ เตรียมคำถาม นักเรียนวางแผนงาน แบ่งหน้าที่กับผิดชอบ มีการประชุม การแลกเปลี่ยนข้อค้นพบ แลกเปลี่ยนคำถาม แลกเปลี่ยนวิธีการ

3) Do คือ การลงมือทำ นักเรียนจะได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหา การประสานงาน การทำงานร่วมกันเป็นทีม การจัดการความขัดแย้ง ทักษะในการทำงานภายใต้ทรัพยากรจำกัด ทักษะในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมทักษะในการทำงานในสภาพที่ทีมงานมีความแตกต่างหลากหลาย ทักษะการทำงานในสภาพกดดัน ทักษะในการบันทึกผลงาน ทักษะในการวิเคราะห์ผล และแลกเปลี่ยนข้อวิเคราะห์กับเพื่อนร่วมทีม เป็นต้น

4) Review คือ การที่ทีมนักเรียนจะทบทวนการเรียนรู้ว่า โครงการได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่ งานหรือกิจกรรม หรือพฤติกรรมแต่ละขั้นตอนได้ให้บทเรียนอะไรบ้าง กำหนดวิธีทำงานใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสม นำเหตุการณ์ที่ภาคภูมิใจ ประทับใจ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน

5) Presentation คือ การนำเสนอโครงการต่อชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการทบทวนขั้นตอนของงานและการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น แล้วเอามานำเสนอ โดยอาจเขียนเป็นรายงาน และนำเสนอเป็นการรายงานหน้าชั้น หรือจัดทำวีดิทัศน์นำเสนอ เป็นต้น

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่ปรับจากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน: จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนไทยของดุษฎี โยเหลา และคณะ (2557) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน ครูให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงงานก่อนการเรียนรู้

2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยอาจเป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว

3) ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือแบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติ

4) ขั้นแสวงหาความรู้ ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้

(1) นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงงาน ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ

(2) นักเรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรมโดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้น

(3) นักเรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงงานที่ตนปฏิบัติ

5) ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

6) ขั้นนำเสนอผลงาน ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้นักเรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นและนักเรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในการทำโครงงาน

4.6 การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)

Dotson, Alvarez, Tackett, Asturias, Leon, and Ramanujam (2020) ได้ออกแบบโมเดลที่ใช้กระบวนการคิดมาเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ นอกเหนือไปจากทักษะทางวิศวกรรมที่จำเป็นในการนำร่างแบบความคิดไปสู่ต้นแบบ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น ได้แก่ (1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Empathize) (2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เลือกข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา (Define) (3) นำแนวคิดมาสร้างรูปธรรม (Ideate) (4) สร้างผลิตภัณฑ์หรือต้นแบบ (Prototype) และ (5) ทดสอบแนวทางแก้ปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ (Test)

ในขั้น (1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Empathize) และขั้น (2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เลือกข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา (Define) นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงกับเพื่อนเพื่อทำความเข้าใจความต้องการของชุมชนท้องถิ่นและความท้าทายที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน โมเดลสามารถใช้ประโยชน์จากความรู้เฉพาะของนักเรียนของชุมชนท้องถิ่นเพื่อให้พวกเขามีส่วนร่วมในกิจกรรม STEM (เรียนร่วม) ในขั้นตอนที่ (3) นำแนวคิดมาสร้างรูปธรรม (Ideate) และ (4) สร้างผลิตภัณฑ์หรือต้นแบบ (Prototype) นักเรียนทำงานเป็นทีมเพื่อระดมความคิดแก้ปัญหาและใช้ข้อเสนอแนะทบทวนการออกแบบของพวกเขา จากนั้นนักเรียนนำเสนอผลงานการออกแบบอธิบายข้อจำกัดของทรัพยากรและรับข้อเสนอแนะจากเพื่อนร่วมงาน หลังจากการนำเสนอนี้โดยทั่วไปจะมีการถามตอบและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

5. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

1) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในสหรัฐอเมริกา

National Research Council (2012) ได้เสนอการปฏิบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ประกอบด้วย

(1) การถามคำถาม (สำหรับวิทยาศาสตร์) และการกำหนดปัญหา (สำหรับวิศวกรรมศาสตร์)

(2) การพัฒนาและการใช้แบบจำลอง

(3) การวางแผนและดำเนินการสืบสวนสอบสวน

(4) การวิเคราะห์และตีความข้อมูล

(5) ใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ

(6) การสร้างคำอธิบาย (สำหรับวิทยาศาสตร์) และการออกแบบการแก้ปัญหา (สำหรับวิศวกรรมศาสตร์)

(7) การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐาน

(8) การรับประเมินและสื่อสารข้อมูล

2) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในประเทศไทย

สะเต็มศึกษา ประเทศไทย (2014) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่าเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

(1) ระบุปัญหา (Problem Identification)

(2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

(3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

(4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

(5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design

(6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

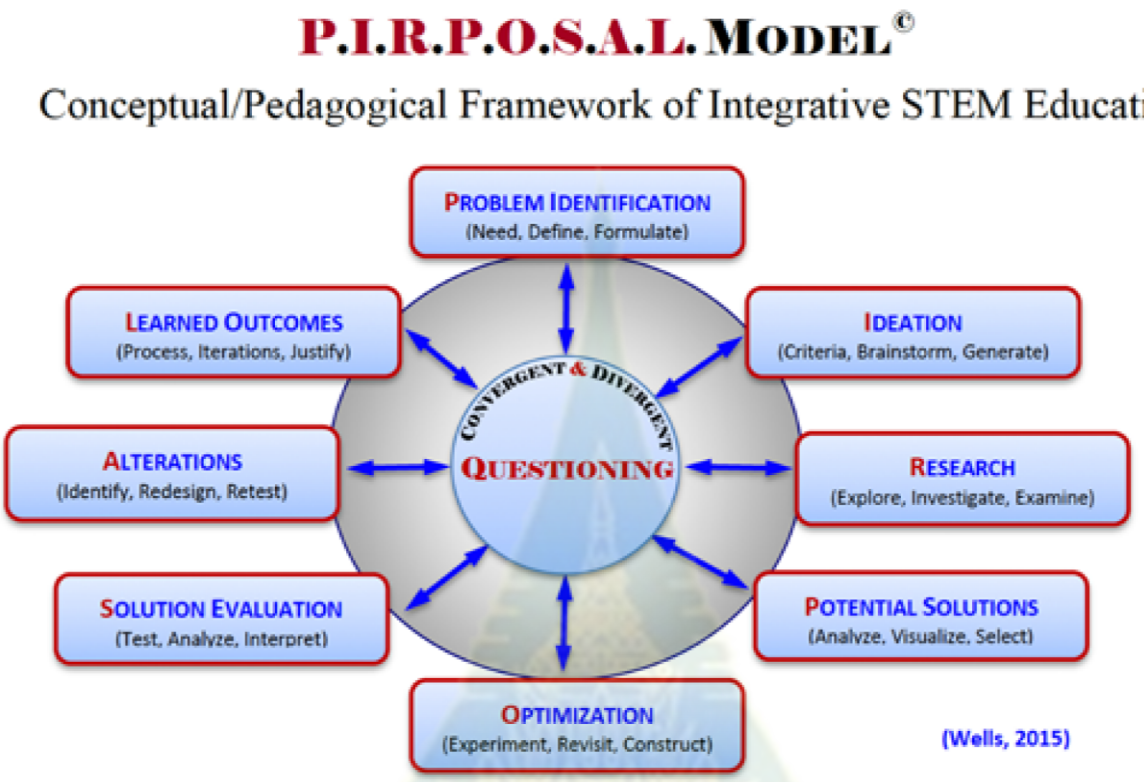
6. รูปแบบ (model) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Hallström and Schönborn (2019) กล่าวว่า รูปแบบหรือโมเดลสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการส่งเสริมการบูรณาการและสะเต็มศึกษาที่แท้จริงและการรู้สะเต็ม รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถเชื่อมต่อช่องว่างระหว่างสาขาวิชาในสะเต็มศึกษาผ่านการปฏิบัติที่แท้จริง รูปแบบควรเป็นวิธีการส่งเสริมการรู้สะเต็ม และการถ่ายทอดความรู้และทักษะระหว่างบริบททั้งในและนอกของสาขาวิชาสะเต็ม และรูปแบบการจัดการศึกษาสามารถใช้เป็นเส้นทางที่มีความหมายไปสู่สะเต็มศึกษาที่แท้จริง ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและรวบรวมรูปแบบ (model) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากนักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

6.1 PIRPOSAL Model of Integrative STEM Education (Wells, 2016)

John G. Wells (2016) ได้เสนอ PIRPOSAL model ซึ่งประกอบด้วย 8 ระยะ มีเป้าหมายให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการทำความเข้าใจภายใต้ “ความต้องการรู้” โดยบริบทที่กำหนดมีความท้าทายในการออกแบบและแก้ปัญหาด้านวิศวกรรม การตั้งคำถามเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดระยะที่นักเรียนจะเข้าร่วมตลอดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ละระยะสะท้อนให้เห็นถึงการมุ่งเน้นของนักออกแบบในการ

มีส่วนร่วมของนักเรียนจากคำถามเฉพาะที่นักออกแบบนักเรียนถามตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ ณ จุดที่กำหนดกระบวนการออกแบบ



ภาพที่ 2.1 PIRPOSAL Model of Integrative STEM Education (Wells, 2016)

พิทธพนธ์ พิทักษ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ดวงเดือน พินสุวรรณ์, และ มนัส บุญประกอบ (2562) ได้พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ ดังนี้ (1) หลักการของรูปแบบการสอน (2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ได้แก่ (3.1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาโดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E (Physics-Technology-Physics and Mathematics-Engineering) (3.2) ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน และ (4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน

สุนทร ภูรีปรีชาเลิศ, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2563) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิด

สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ โดยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนมี 5 ขั้นตอนหลัก คือ PCAE-RF Model คือ (3.1) ระบุประเด็นปัญหา (Problem Identification) (3.2) สร้างสรรค์ผลงาน (Creation) (3.3) ประเมินผลผลิตภาพ (Assessment) (3.4) การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit – Reflective Approach) (3.5) การติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุง (Follow up) (4) การวัดและการประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอน

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Breiner, Johnson, Harkness, and Koehler (2012) ได้ศึกษาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่เป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยซินซินเนติ (University of Cincinnati) โดยการถามคำถามปลายเปิด 2 คำถาม ได้แก่ 1) สะเต็มคืออะไร และ 2) สะเต็มมีอิทธิพลหรือส่งผลกระทบต่อชีวิตคุณอย่างไร ผลการวิจัยปรากฏว่า แม้ว่า 72% ของอาจารย์ตอบคำถามเกี่ยวข้องกับแนวคิดสำคัญของสะเต็มศึกษา แต่พบว่า คำตอบไม่สอดคล้องต้องกัน คำตอบส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสาขาวิชาของผู้ตอบ และสำหรับอาจารย์ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจะมีคำตอบที่เป็นกลางหรือเป็นบวกเกี่ยวกับอิทธิพลหรือส่งผลกระทบที่มี ขณะที่อาจารย์ที่ไม่ใช่สมาชิกที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจะมีความรู้สึกที่เป็นลบกับสะเต็ม

Srikoom, Faikhamta, and Hanuscin (2018) ได้ทำกรณีศึกษาขนาดเล็กโดยมีผู้เข้าร่วม 6 คน เพื่อทำความเข้าใจลักษณะเด่นของการสอน STEM และความแตกต่างในห้องเรียนในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง เพื่อระบุมิติที่สำคัญ 4 มิติ ของการปฏิบัติการสอนที่มีประสิทธิภาพซึ่งแยกแยะและแสดงถึงความสามารถของครูในการสอน STEM แบบบูรณาการ โดย มิติที่ 1 บทบาทและการสอนของครู มิติที่ 2 บริบทการเรียนรู้ STEM มิติที่ 3 การมีส่วนร่วมของนักเรียนในกระบวนการออกแบบ มิติที่ 4 การเชื่อมต่อกับเนื้อหา

ชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝายคำตา (2560) ได้ทำการศึกษาเพื่อสำรวจมุมมองเกี่ยวกับการสอนสะเต็มศึกษาของนิสิตครูวิทยาศาสตร จำนวน 24 คน ซึ่งกำลังศึกษาในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต ชั้นปที่ 4 สาขาวิทยาศาสตร โดยใชแบบสอบถามแบบปลายเปด ครอบคลุมประเด็นเกี่ยวกับความรูความเขาใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ความสำคัญในการสอนสะเต็มศึกษา การออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา บทบาทของ ครูและบทบาทของผูเรียน หลักการวิธีสอน สื่อ วัสดุและแหลงการเรียนรู ตลอดจนการวัดและประเมินผล วิเคราะหข้อมูลโดยใชกระบวนทัศนการตีความ ผลการวิจัยพบวา นิสิตครูวิทยาศาสตรเขาใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาบาง สวนเกือบทุกประเด็น อีกทั้งมีความเขาใจศาสตร ทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษา (วิทยาศาสตร เทคโนโลยี คณิตศาสตร และวิศวกรรมศาสตร) ยังไมชัดเจน นิสิตครูวิทยาศาสตรสวนใหญมี มุมมองในการจัดการเรียนรูสะเต็มศึกษาโดยการใชกิจกรรมการใชโครงงานเปนฐาน

พลศักดิ์ แสงพรมศรี ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ ดังนั้น ควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม ศึกษาต่อไป

Thananuwong (2015) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ของเล่นวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการสังเกตชั้นเรียน แบบสอบถามและการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์และมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน ระดับดีมาก ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์จากการออกแบบและประดิษฐ์ของเล่น นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เนื่องจากของเล่นเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตของทุกวัย การออกแบบ การประดิษฐ์และการซ่อมแซมของเล่นด้วยตนเองสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อของเล่นและฝึกทักษะพื้นฐานในการซ่อมบ้าน สิ่งของเครื่องใช้ในครัวเรือนได้

Wilhelm (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ดวงจันทร์ มีการบูรณาการเทคโนโลยี เช่น โปรแกรม Stellarium โปรแกรม GSP การใช้ Blog เป็นต้น ครูจะมีบทบาทในการกลั่นกรองภาระงานเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามลาดับขั้น นักเรียนจะทางานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ผลการศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสาคัญ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ และเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Anwari, Yamada, Unno, Saito, Suwarma, Mutakinati, et al. (2015) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า เพื่อพัฒนาเมตาคอกนิชัน (Metacognition) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบเมตาคอกนิชันโดยใช้แบบทดสอบ Metacognitive Activities Inventory (MCAI) ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในระดับที่ลึก นอกจากนี้ยังฝึกทักษะการคิดและแก้ปัญหา นำข้อผิดพลาดจากการออกแบบมาปรับปรุงเพื่อให้ผลงานบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามประสบการณ์และความรู้เดิมมีส่วนสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อครูจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Hiong and Osman (2015) ได้พัฒนารูปแบบการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหรือ BTEM (Biology, Technology, Engineering and Mathematics) โดยใช้ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ 5E โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน เพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียน พบว่า สามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า BTEM มีความสอดคล้องกับ STEM กล่าวคือ เน้นให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงระหว่างความรู้ในห้องเรียนและความรู้นอกห้องเรียนเพื่อแก้ปัญหาที่ได้รับ นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกันมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันส่งผลให้สามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นสาหรับศตวรรษที่ 21 ได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือเทคนิคการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีการสอดแทรกกระบวนการสืบเสาะในขั้นตอนการสอน โดยสถานการณ์ปัญหาจะเชื่อมโยงกับชีวิตของนักเรียน ผลการจัดการเรียนการสอนส่งผลให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้