

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา:

กลยุทธ์การสร้างนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21

Learning Management Through STEAM-Based Project-Based

Learning: Strategies For Creating 21st Century Innovators

อรุณรัชช์ ศาสตรสกุล¹

Arunrat Satsagul

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสิงห์บุรี

Singburi Primary Educational Service Area Office

* Corresponding author E-mail: arunrat@singprimary.go.th

วันที่รับบทความ	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข	วันที่ตอบรับบทความ
(Received)	(Revised)	(Accepted)
9 กุมภาพันธ์ 2569	9 มีนาคม 2569	16 มีนาคม 2569

บทคัดย่อ

บทความวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อยกระดับสมรรถนะผู้เรียนในในศตวรรษที่ 21 จากสภาพปัญหาผลการประเมินระดับนานาชาติ (PISA) วิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยที่มีแนวโน้มลดลง และความต้องการกำลังคนที่มีทักษะการคิดขั้นสูง บทความนี้จึงเสนอการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานในการขับเคลื่อน ซึ่งการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานี้เน้นการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกลไกสำคัญในการให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหาจาก

¹ ศึกษาพิเศษชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสิงห์บุรี

สถานการณ์จริง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทำงานของสมองที่สร้างความหมายจากประสบการณ์ และการเรียนรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยผู้เขียนนำเสนอการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอนดังนี้ 1.ระบุปัญหา (Identify) 2. สำรวจค้นหา (Explore) 3.วางแผนและออกแบบ (Plan and Develop) 4.ลงมือปฏิบัติ (Implementation) 5.ทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) และ 6.นำเสนอผลลัพธ์ (Present)

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา ; การเรียนรู้แบบโครงงาน ; ทักษะในศตวรรษที่ 21 ; การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ; การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

Abstract

This article aims to present a STEAM-based project-based learning (PBL) approach designed to enhance student competencies in the 21st century. Driven by the decline in Thai students' PISA scores in Science and Mathematics, alongside the growing demand for a workforce with high-order thinking skills, this paper proposes the integration of Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics through a project-based framework. Central to this approach is the use of the Engineering Design Process (EDP), which serves as a key mechanism enabling students to engage in authentic problem-solving. This methodology aligns with neuroeducational principles—where the brain constructs meaning through experience—and social constructivism, which emphasizes learning through social interaction. The author proposes a 6-step STEAM-based project-based learning model as follows: 1. Identify 2. Explore 3. Plan and Develop 4. Implementation 5. Test and Evaluate and 6. Present

Keywords : STEAM Education ; Project- Based Learning ; 21st Century Competencies ; Active Learning ; Constructivism

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน สภาพสังคมโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากการก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการสื่อสารที่ไร้พรมแดน ความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อทิศทางการพัฒนาประเทศ ซึ่งต้องอาศัยการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นรากฐานสำคัญ สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่มุ่งเน้นการพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับความต้องการของตลาดงานและการพัฒนาประเทศในอนาคต อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญของการศึกษาไทยในปัจจุบันคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีแนวโน้มลดลง ดังจะเห็นได้จากผลการประเมินระดับนานาชาติ (PISA) ที่พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD อย่างต่อเนื่อง ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนขาดแรงบันดาลใจและทักษะในการเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Office of the Education Council, 2018b)

การจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลจึงไม่อาจหยุดอยู่กับการถ่ายทอดความรู้แบบดั้งเดิม แต่ต้องมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตและการสร้างนวัตกรรม ครูในฐานะบุคคลสำคัญจึงต้องปรับเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เพียงฝ่ายเดียว ไปสู่การเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ที่ช่วยชี้แนะและออกแบบกิจกรรมที่ตักศักยภาพของผู้เรียนออกมาให้ได้มากที่สุด เพื่อพัฒนาให้คนไทยมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Office of the Education Council, 2008; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นนโยบายที่รัฐบาลให้ความสำคัญเพื่อใช้เป็นพลังในการสร้างความมั่นคงของชาติ โดยเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S), เทคโนโลยี (Technology: T), วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และ

คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เพื่อนำไปสู่การคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นผู้มีความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกลไกขับเคลื่อนหลัก (Office of the National Economic and Social Development Council, 2017; Regional Education Office 1, 2016; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012)

สำหรับการพัฒนาไปสู่สะเต็มศึกษา (STEAM Education) นั้น เป็นการขยายขอบเขตโดยผนวกศิลปะ (Arts: A) เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ เพื่อเติมเต็มช่องว่างระหว่างวิชาการสายเทคนิคและมนุษยศาสตร์ ศิลปะในที่นี้ไม่ได้จำกัดเพียงทัศนศิลป์ แต่รวมถึงการสื่อสาร การออกแบบเชิงสุนทรียภาพ และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะช่วยให้ผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความเป็นมนุษย์และตอบโจทย์การใช้งานจริงได้ดียิ่งขึ้น การบูรณาการแบบข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นี้ช่วยให้ผู้เรียนไม่แยกส่วนความรู้ออกจากกัน แต่สามารถนำจุดเด่นของแต่ละศาสตร์มาผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาพร้อมกันได้ (Dejarnette, 2012 ; Breiner and others, 2012 ; Wayne, 2012)

การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning: PBL) ถือเป็นฐานที่เหมาะสมที่สุดในการขับเคลื่อนแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากธรรมชาติของโครงงานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะ ค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับหลักการสอนที่ให้ความสำคัญกับการทำงานของสมองและการสร้างความหมายจากประสบการณ์จริง (Laoriandee, 2012; Uamcharoen, 2016; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014a) เมื่อนำการเรียนรู้แบบโครงงาน มาใช้ในบริบทของสะเต็มศึกษา ผู้เรียนจะได้รับโจทย์หรือสถานการณ์ที่ท้าทาย ซึ่งต้องอาศัยการระดมสมองและการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานยังสอดคล้องกับอิทธิพลทางสังคมต่อการเรียนรู้ โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) แลกเปลี่ยนความคิด และเผชิญกับสถานการณ์จำลองที่เหมือนชีวิตจริง (Uamcharoen, 2016) กระบวนการนี้ไม่

เพียงแค่พัฒนาผลผลิตในเชิงเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังช่วยสร้างแรงจูงใจภายในและความภาคภูมิใจในตนเองเมื่อสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมที่จับต้องได้จริง การเรียนรู้แบบโครงการตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงเป็นยุทธศาสตร์สำคัญที่เปลี่ยนห้องเรียนให้เป็นพื้นที่แห่งการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่เตรียมความพร้อมให้เยาวชนก้าวสู่การเป็นนวัตกรรมในอนาคต (Office of the Education Council, 2018a)

เนื้อหา

ผู้เขียนได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทำให้ทราบว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียนรู้จักการคิดวิเคราะห์อย่างถ่องแท้ เรียนรู้จากประสบการณ์ มีความมุ่งมั่นที่จะแก้ปัญหา รู้จักการทำงานเป็นทีม และทำงานด้วยความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งนำไปสู่การเป็นนักประดิษฐ์ นักสร้างสรรค์นวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (Office of the Education Council, 2018a) ที่มุ่งส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของตนเองมุ่งพัฒนาให้เรียนรู้แบบองค์รวม โดยการเรียนรู้ประสบการณ์จริง และมาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561 ระบุว่าผู้เรียนเป็นผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม เป็นผู้มีทักษะทางปัญญา ทักษะศตวรรษที่ 21 ความฉลาดดิจิทัล (Digital Intelligence) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะข้ามวัฒนธรรม สมรรถนะการบูรณาการข้ามศาสตร์ และมีคุณลักษณะของความเป็นผู้ประกอบการ เพื่อร่วมสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยีหรือสังคม เพิ่มโอกาสและมูลค่าให้กับตนเอง และสังคม ผู้เขียนได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาดังนี้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism Theory)

หลักการจัดการเรียนรู้การสร้างความรู้ (Constructivist Teaching and Learning) ตาม เป็นปรัชญาที่พูดถึงความจริงเกี่ยวกับการสร้างความรู้ของบุคคล โดยบุคคลสร้างความรู้ขึ้นมาจากความพยายามที่จะตอบสนองและทำความเข้าใจกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์

ต่างๆ ที่เขาพบความรู้นี้จะถูกสะสมไว้ในใจจนกลายเป็นความเชื่อหรือความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

Laoriandee (2012) ได้เสนอหลักการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับสมอง การทำงานของสมอง และความรู้ของผู้เรียน ซึ่งเป็นแบบแผนที่ครูนำมาพิจารณาในการดำเนินการสอน ดังนี้

1) สมอง เปรียบเสมือนผู้ดำเนินการ หรือผู้จัดการ ซึ่งจะจัดการกับข้อมูลแต่ละประเภทแตกต่างกัน เช่น ข้อมูลพัฒนาความคิด อารมณ์ และความรู้ด้านภาษา ซึ่งหมายความว่า การจัดการเรียนการสอน จะต้องพัฒนาการเรียนหลาย ๆ วิธี เช่นกัน

2) การเรียนรู้จะต้องใช้อยวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงไม่ควรเน้นเฉพาะการพัฒนาด้านสติปัญญาเพียงอย่างเดียว

3) การแสวงหาความหมายต่าง ๆ เป็นเรื่องเกิดขึ้นภายในแต่ละบุคคล การสอนที่มีประสิทธิภาพควรให้ความสำคัญกับตัวบุคคลแต่ละคนด้วย ซึ่งนั่นก็คือความเข้าใจของผู้เรียนแต่ละคนนั้น จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่บุคคลนั้นมีหรือได้รับ

4) การแสวงหาความหมายจะเกิดขึ้นจากการสร้างรูปแบบ ซึ่งหมายถึงการสอนที่มีประสิทธิภาพ จะเชื่อมโยงแนวคิด และข้อมูลย่อย ๆ กับความคิดรวบยอดและเรื่องใหม่ที่เราเรียน

5) สมองอารมณ์มีความสำคัญต่อการสร้างแบบแผนของการทำความเข้าใจ นั่นคือการเรียนรู้มีอิทธิพลมาจากสมองอารมณ์ ความรู้สึก และเจตคติ

6) สมองจัดการกับความรู้ใหม่ และการสอนในเวลาเดียวกันบุคคลจะมีปัญหาในการเรียน ถ้าการสอนที่เหมาะสมถูกละเลย

7) การเรียนรู้จะเกี่ยวข้องกับการเข้าใจ ใส่ใจ และการรับรู้ นั่นคือ สภาพแวดล้อมในการเรียน วัฒนธรรม และบรรยากาศมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้

8) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ตั้งใจ และไม่ตั้งใจ ผลคือผู้เรียนต้องการเวลาในการจัดการกับสิ่งที่เขาเรียน และวิธีเรียนรู้ได้อย่างไร

9) มนุษย์มีวิธีจดจำ อยู่ 2 วิธี คือ ระบบความจำ ที่เกี่ยวข้องกับช่องว่างกับเวลา และระบบของการเรียนเพื่อจดจำ นั่นก็คือการสอนที่เผชิญกับการท่องจำ จะไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ให้เกิดประสบการณ์ และความเข้าใจที่ลึกซึ้งคงทน

10) มนุษย์เข้าใจ และจำได้ดีเมื่อทักษะนั้นปรากฏอยู่ตามธรรมชาติ และรวมทั้งที่เชื่อมโยงกับเวลา การเรียนรู้จากประสบการณ์เป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

11) การเรียนรู้พัฒนาได้ด้วยความท้าทาย และไม่เป็นการบังคับให้เรียน การจัดการเรียนรู้จึงควรสร้างความท้าทาย แต่ไม่ทำให้เกิดความกลัว

12) สมองแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะตัว การสอนจึงควรหลากหลายเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกวิธีที่เหมาะสมกับตนเองมากที่สุด

Uamcharoen (2016) หลักการจัดการเรียนรู้การสร้างความรู้ สรุปได้ดังนี้

1) ธรรมชาติของกระบวนการเรียนรู้มีอยู่หลากหลายรูปแบบ การสร้างองค์ความรู้พร้อมกลยุทธ์และทักษะการเรียนรู้ ทางความคิด และการสร้างนิสัยการเรียนรู้ การเรียนในหัวข้อที่ซับซ้อนในโรงเรียน นั้นจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดก็ต่อเมื่อ การเรียนนั้นเป็นกระบวนการสร้างความหมาย ให้กับข้อมูลและประสบการณ์

2) เป้าหมายของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนที่ประสบความสำเร็จด้วยการสนับสนุน และการแนะแนวทางด้านการสอน สามารถสร้างความหมายที่เป็นตัวแทนเชื่อมโยงความรู้ โดยครูสามารถช่วยนักเรียนในการตั้งเป้าหมายระยะสั้นและระยะยาวที่มีความหมายและที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

3) การสร้างความรู้ผู้เรียนที่ประสบความสำเร็จสามารถเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับความรู้ที่มีอยู่ นักเรียนแต่ละคนจึงต้องจัดระเบียบข้อมูลในแบบของตนเอง ครูสามารถช่วยนักเรียนสร้างความเข้าใจถึงความรู้และทักษะที่สำคัญร่วมกันได้

4) การคิดเชิงกลยุทธ์ผู้เรียนที่ประสบความสำเร็จใช้การคิดเชิงกลยุทธ์ในแนวทางการเรียนรู้การใช้เหตุผล การแก้ไขปัญหา และการสร้างแนวคิด โดยใช้กลยุทธ์ที่หลากหลายและขยายประสบการณ์ในเชิงกลยุทธ์โดยการสะท้อนความคิดและการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ที่ใช้การสังเกตผู้อื่น และการเรียนในชั้นเรียน

5) การพิจารณาเรื่องการคิดกลยุทธ์ในระดับที่สูงขึ้น เพื่อเข้าใจและควบคุมการทำงานของจิต จะช่วยให้การคิดวิเคราะห์ และการคิดเชิงสร้างสรรค์พัฒนางานเป็นความชำนาญได้

6) บริบทการเรียนรู้การเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ วัฒนธรรม เทคโนโลยี และวิธีการเรียนการสอนครูมีบทบาทสำคัญในเชิงปฏิสัมพันธ์ต่อผู้เรียนและสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้

7) อิทธิพลจากแรงบันดาลใจและอารมณ์ในการเรียนรู้การได้รับข้อมูลอย่างกว้างขวางและลึกซึ้งซึ่งพร้อมกับการเรียนรู้ และการจดจำนั้น

8) แรงจูงใจภายในการเรียนรู้แรงจูงใจภายในความคิดสร้างสรรค์ ความคิดในระดับที่สูงขึ้น จะถูกกระตุ้นโดยงานที่ได้รับมอบหมาย

9) ผลของแรงจูงใจที่มีต่อความพยายามการได้มาซึ่งองค์ความรู้ และทักษะที่ซับซ้อนต้องใช้ความพยายามเพิ่มเติม ความสม่ำเสมอและการฝึกฝนของผู้เรียน (ภายใต้คำแนะนำและการเสนอแนะ)

10) อิทธิพลในเชิงพัฒนาการต่อการเรียนรู้บุคคลจะสามารถพัฒนาทางร่างกาย ปัญญา อารมณ์และสังคม ซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม

11) อิทธิพลทางสังคมต่อการเรียนรู้การเรียนรู้นั้นได้รับอิทธิพลมาจาก การปฏิสัมพันธ์ในสังคมและการสื่อสารกับผู้อื่น การเรียนรู้ของนักเรียนจะดีขึ้นหากนักเรียนได้มีโอกาสที่จะปฏิสัมพันธ์และร่วมมือกับผู้อื่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมายสถานการณ์การเรียนที่หลากหลายจะกระตุ้นให้เกิดความคิด

12) ความแตกต่างของแต่ละบุคคลในการเรียนรู้บุคคลแต่ละคนมีความสามารถที่แตกต่างกันความแตกต่างนี้เกิดจากสภาพแวดล้อม และพันธุกรรม

13) การเรียนรู้และความหลากหลายการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดก็เมื่อมีการพิจารณาถึงความแตกต่างทางภาษาวัฒนธรรมและพฤติกรรมทางสังคมของนักเรียน แม้ว่าหลักการเบื้องต้นของการเรียนรู้ แรงจูงใจ และการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพสามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ได้กับนักเรียนทุกคน

14) การประเมินผลทั้งผู้เรียนและกระบวนการเรียนรู้ จะให้ข้อมูลที่สำคัญ สามารถนำไปพัฒนาไปสู่เป้าหมาย

สรุปการจัดการเรียนรู้การสร้างความรู้ คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต้องให้ความสำคัญกับ การทำงานของสมองและธรรมชาติของผู้เรียน โดยมองว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างความหมายส่วนบุคคลที่เชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่ผ่านการลงมือทำจริง ครูควรออกแบบกิจกรรมที่มีความท้าทายในบรรยากาศที่ปลอดภัยและเอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ควบคู่ไปกับการใช้แรงจูงใจภายในและความคิดเชิงกลยุทธ์เพื่อพัฒนาทักษะระดับสูง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ทั้งในด้านพันธุกรรม วัฒนธรรม และอารมณ์ โดยใช้การประเมินผลอย่างต่อเนื่องตามสภาพจริง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างยั่งยืน

ความหมายของสะเต็มศึกษา

ในสังคมโลกในขณะนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วยความก้าวหน้าเทคโนโลยี การสื่อสารก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่มีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากศาลอยู่ในแหล่งต่าง ๆ รวมถึงการที่ต้องแข่งขันกันเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจการค้าทำให้ทุกประเทศต้องเร่งพัฒนาประชากรของตนให้มีคุณภาพสูงขึ้นเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและแข่งขันในตลาดแรงงาน แนวคิดสะเต็มศึกษาพัฒนามาจากสะเต็มศึกษา โดยเริ่มจากประเทศสหรัฐอเมริกา ย่อมาจาก 4 หลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ส่วนคำว่า "STEAM" ย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลป์ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ต่อมา ยักแมน (Yakman & Lee, 2012) ใช้คำว่า "STEAM" เป็นคำที่ใช้สำหรับเหตุการณ์ นโยบาย โปรแกรมหรือการปฏิบัติเกี่ยวกับวิชาในชีวิตประจำวันในวิชาใดวิชาหนึ่งหรือหลายวิชา เป็นการเตรียมผู้เรียนเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับวิทยาลัยและเตรียมพร้อมสำหรับการทำงาน คำว่า "STEAM" จะเกี่ยวข้องกับวิชาต่าง ๆ ดังนี้ (Kim & Chae, 2016; Sooraksa et al., 2016; Yakman, 2008; Siriphatrachai, 2013; Pho-ngern, 2017; Kraiwan & Lehmongkol, 2017)

1. วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง การศึกษาโลกของธรรมชาติซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตและวัดได้ วิชาวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ถูกใช้โดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจโลกของธรรมชาติที่มนุษย์อาศัยอยู่ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้ 3 กลุ่ม ได้แก่

1) วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) 2) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life Science) และ 3) วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ (Earth and Space Science)

2. เทคโนโลยี (Technology and Technology Integration) หมายถึง นวัตกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นและมีอยู่ทุกแห่ง เทคโนโลยีถูกนำมาใช้เพื่อตอบสนองความจำเป็นและความต้องการของมนุษย์ นอกจากนี้มนุษย์ยังใช้เทคโนโลยีเพื่อทำให้ชีวิตมนุษย์ดีขึ้น

3. วิศวกรรม (Engineering) หมายถึง กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยอาศัยทักษะกระบวนการได้ความรู้ (Profession of acquiring) และประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจสังคม และการปฏิบัติ เพื่อออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ วิศวกรรมเป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับแก้ปัญหา ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการศึกษา ประสบการณ์และการปฏิบัติ ประหยัด และเป็นประโยชน์ต่อมนุษยชาติ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมประกอบด้วยขั้นตอน 6 ขั้นตอนได้แก่ 1) ระบุปัญหาหรือความต้องการ 2) วิเคราะห์ปัญหา 3) เลือกวิธีแก้ปัญหา 4) สร้างต้นแบบ 5) ทดสอบและประเมินผล และ 6) นำเสนอ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014b)

4. ศิลป์ (Arts) หมายถึง ผลแห่งพลังความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ที่แสดงออกมาในรูปลักษณะต่าง ๆ ให้ปรากฏซึ่งสุนทรียภาพ ความประทับใจ หรือ ความสะเทือนอารมณ์ การสื่อสาร การสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทศนคติตามอัจฉริยภาพ พุทธิปัญญา รสนิยมและทักษะของแต่ละคน เช่น ทศนศิลป์ ดนตรี การเคลื่อนไหวร่างกาย นาฏศิลป์ การแสดง ภาษาวรรณกรรม

5. คณิตศาสตร์ (Math) หมายถึง วิทยาศาสตร์ของรูปแบบ ความสัมพันธ์ของรูปแบบการดำเนินการแก้ปัญหาการมีเหตุผลและ หลักฐานทฤษฎีและภาษาที่มีแบบแผนที่แน่นอนสำหรับเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในชั้นเรียนมีหลายวิธี แต่ไม่มีข้อมูลยืนยันว่ามีวิธีสอน หรือกิจกรรมใดที่ดีที่สุด ที่เหมาะสมกับทุกสถานการณ์ ดังนั้นครูจึงเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน เนื้อหาวิชา ตลอดจนอุปกรณ์การสอนที่มีอยู่ วิธีสอนที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสม ในบทความนี้ผู้เขียนขอเสนอหลักการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ที่เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงที่เหมาะสมกับทุกสาระวิชา (Office of the Education Council, 2007) เป็นวิธีจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ ตอบสนองกับความสามารถของผู้เรียนหลายด้าน เช่น ความสามารถด้านภาษา คณิตศาสตร์ ดนตรี สังคม ความเข้าใจตนเอง ในการแก้ปัญหา นั่น ซึ่งสอดคล้องกับ Watthananon (2018) ว่าการผสมผสานศิลปะเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้เป็นผลให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดและประยุกต์ใช้การคิดเชิงแนวคิดด้วยความคิดสร้างสรรค์หรือจินตนาการมากขึ้น โดยจินตนาการเป็นสิ่งสำคัญของการเรียนรู้ที่กระตุ้นการคิดของผู้เรียน และสื่อสารความคิดในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหว ซึ่งเหมาะกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียน

หลักการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

Pho-ngern (2017) ได้นำเสนอแนวทางการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ศิลปะสร้างสรรค์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็น ซึ่งสามารถสังเคราะห์หลักการสำคัญได้ 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. การบูรณาการ (Integration) มุ่งเน้นการเชื่อมโยงและสอดประสานทั้งด้านองค์ความรู้ เนื้อหา กระบวนการสืบเสาะ และการปลูกฝังเจตคติผ่านแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างเป็นระบบ

2. ความหลากหลาย (Variety) การจัดกิจกรรมที่เน้นการสร้างประสบการณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่กว้างขวางและสามารถนำทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ความลุ่มลึก (Depth) การส่งเสริมให้ผู้เรียนลงลึกในองค์ความรู้เฉพาะทางที่จำเป็นและสอดคล้องกับความสนใจ ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญในการต่อยอดสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมขั้นสูง

4. ความเป็นพลวัต (Dynamic) การออกแบบกิจกรรมที่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบตัว ทั้งในด้านนวัตกรรมเทคโนโลยี บริบททางเศรษฐกิจ และสังคม ทั้งระดับประเทศและระดับสากล

นอกจากนี้ องค์ประกอบสำคัญที่ไม่สามารถละเลยได้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ คือการประยุกต์ใช้ แนวคิดทฤษฎีศิลปศึกษา (Discipline-Based Art Education: DBAE) ซึ่งประกอบด้วย 4 แกนหลัก เพื่อเป็นกรอบในการกำหนดขอบข่ายการเรียนการสอน ทั้งนี้ แนวคิดดังกล่าวไม่ได้จำกัดเฉพาะศาสตร์ด้านทัศนศิลป์ ดนตรี หรือนาฏศิลป์เท่านั้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงศาสตร์ทางด้านภาษา มนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้กับการเรียนรู้แบบองค์รวม

Jacobs (2010) การพัฒนาอนาคตของเด็กนักเรียนที่จะยั่งยืน สำหรับประชากรในอนาคตที่จะใช้การเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นเครื่องมือในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความเป็นผู้นำ และสามารถที่จะเชื่อมโยงการเรียนรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยที่นักเรียนสามารถทำได้ ดังนี้

1) การพัฒนา (Develop) การพัฒนาทักษะชีวิต และการทำงานเพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่มุ่งเน้นความประณีตสวยงาม โดยใช้วิธีการบูรณาการเพื่อสร้างความตระหนักถึงความรู้สึกและคุณค่าของศาสตร์ความรู้นั้น ๆ

2) การค้นหา (Explorer) การสำรวจตรวจสอบภายใต้กฎเกณฑ์ความถูกต้อง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของคนในสังคมผ่านการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ร่วมกัน

3) การค้นพบ (Discovery) รากฐานสำคัญของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางสังคมผ่านกระบวนการให้และรับข้อมูลอย่างอิสระเพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์และการตอบสนองต่อบริบททางสังคม

4) การสืบเสาะ (Investigate) การเสาะแสวงหาแนวทางและกระบวนการคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสังคม สิ่งแวดล้อม และระบบเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

5) ข้อมูลสารสนเทศ (Documents) เครื่องมือสำคัญในการติดต่อสื่อสารและการส่งต่อความรู้ ที่ใช้สำหรับอธิบายความหมายและสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน

6) การค้นคว้าวิจัย (Research) กฎเกณฑ์สำคัญในการพัฒนาโลกเพื่อคุณภาพชีวิตและอนาคตที่ดี โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นพลังสำคัญในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและพัฒนากระบวนการคิดเชิงบวก

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานมีกระบวนการหรือขั้นตอน ในการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ตายตัว เน้นที่การนำกระบวนการในการทำโครงงาน (Project) มาใช้เป็นแนวทางหรือขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานตามความสนใจของตนเอง วางแผนในการทำโครงงาน และลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ โดยการสืบเสาะหาความรู้จนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชน โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำแก่ผู้เรียน (Khammani, 2015; Promkhatkaew, 2014; Dechakupt et al., 2013; Laoriandee, 2012)

Laoriandee (2012) อธิบายกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงาน ดังนี้

1) ครูให้ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาระไว้สาระหนึ่งที่เหมาะสมที่จะให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าและทำโครงงาน

2) ให้นักเรียนเลือกเรื่องที่สนใจจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจัดนักเรียนที่สนใจเรื่องเดียวกันเข้ากลุ่มเดียวกัน

3) นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดมอบหมายหน้าที่ตามความรับผิดชอบวางแผนร่วมกันกำหนดการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูล

- 4) แต่ละกลุ่มเก็บรวบรวมข้อมูลสรุปเตรียมเสนอทั้งชั้นเรียน
- 5) อภิปรายโครงงานของแต่ละกลุ่มทั้งชั้น
- 6) ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปหลักการทั่วไป
- 7) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการประเมินชิ้นงานหรือโครงงาน

องค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมีดังนี้

(Promkhatkaew, 2014)

1) การมุ่งเน้นเนื้อหาสาระสำคัญ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อถ่ายทอดเนื้อหาและแนวคิดหลักที่สำคัญตามมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละสาขาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในแก่นของความรู้นั้น ๆ

2) การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งเน้นการฝึกฝนทักษะการคิดวิพากษ์ (Critical Thinking) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การสร้างความร่วมมือ (Collaboration) และการสื่อสาร (Communication) ผ่านการแสวงหาคำตอบจากคำถามนำ (Driving Question) ที่ท้าทาย ผ่านการเรียนรู้เชิงรุก โดยผู้เรียนต้องเปลี่ยนบทบาทจากการท่องจำข้อมูล สู่การลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้ทักษะการคิดขั้นสูงในการสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณภาพ ใช้กระบวนการทำงานร่วมกัน สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย สามารถวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อสื่อสารผ่านรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ

3) ต้องใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการในการเรียนรู้และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ผู้เรียนถามคำถามค้นหาคำตอบและข้อสรุป ซึ่งทำให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ในเชิงความคิดหรือการได้ชิ้นงาน

4) เป็นการเรียนรู้ที่ดำเนินการภายใต้คำถามนำ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดและเป็นตัวกำหนดขอบเขตประเด็น ข้อโต้แย้ง ความท้าทายหรือปัญหาที่สำคัญ เพื่อทำให้งานและการเรียนรู้ของผู้เรียนมีจุดมุ่งหมาย

5) สร้างความตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องมีความรู้เนื้อหาและทักษะที่จำเป็นในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบโครงงานนั้นจะเริ่มต้นด้วยการเห็นผลผลิตหรือการนำเสนอผลงานปลายทาง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความ

จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจข้อมูลและแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการทำโครงการให้ได้ผลผลิตหรือผลงานตามเป้าหมายที่ต้องการ

6) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและเลือกผู้เรียนจะได้เรียนรู้ที่จะทำงานด้วยตนเองและแสดงความรับผิดชอบเมื่อตนเองเลือกศึกษาสิ่งที่สนใจการที่ผู้เรียนได้มีโอกาสเลือกสิ่งที่ต้องการศึกษาและแสดงออกถึงสิ่งที่ได้ เรียนรู้ด้วยตนเองเป็นการเพิ่มการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียน

7) มีกระบวนการทบทวนและสะท้อนกลับ ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่จะให้และรับการเสนอแนะและความคิดเห็นเพื่อพัฒนาคุณภาพของผลงานที่มีคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทบทวนความคิด ถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ว่ามีอะไรบ้างและมีกระบวนการเรียนรู้อย่างไร และ

8) ผู้ชมสาธารณะเข้ามามีส่วนร่วม ผู้เรียนนำเสนองานที่ได้ศึกษาให้แก่ผู้อื่น ซึ่งกระบวนการนี้เป็นการส่งเสริมกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามทำงานออกมาอย่างมีคุณภาพและทำโครงการให้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

ซึ่งสอดคล้องกับ Khammani (2015) การใช้โครงงานหรือโครงการสอนตั้งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อและหลักการดังต่อไปนี้

1) โครงการหรือโครงงานเป็นกิจกรรมที่เชื่อมโยงอยู่กับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงสัมพันธ์กับความเป็นจริงสามารถนำไปใช้ประยุกต์ได้กับชีวิตจริง

2) การให้ผู้เรียนทำโครงงานหรือโครงการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สู่กระบวนการสืบสอบ (Process of Inquiry) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนต้องใช้ทักษะการคิดขั้นสูงที่ซับซ้อนขึ้นจึงเป็นช่องทางในการพัฒนากระบวนการทางสติปัญญาของผู้เรียน

3) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงการเป็นหลักช่วยให้ผู้เรียนได้ผลิตงานที่มีรูปธรรม ผลผลิตที่ได้แสดงถึงความรู้ความคิดของผู้เรียนและนำมาอภิปรายแลกเปลี่ยนและวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างชัดเจน 4) การแสดงผลงานต่อสาธารณชนสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และทำงานแก่ผู้เรียนต่อไปได้ และ

5) การให้ผู้เรียนทำโครงการหรือโครงการนอกจากจะเพิ่มทักษะกระบวนการแล้วยังสามารถช่วยดัดศักยภาพต่างๆของผู้เรียนออกมาใช้ประโยชน์ได้ด้วย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) มุ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา การสร้างความร่วมมืออย่างมีส่วนร่วม และการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์เพื่อผลิตผลงานที่มีคุณภาพ โดยปรับเปลี่ยนบทบาทผู้เรียนจากการเป็นผู้รับข้อมูลผ่านการท่องจำ สู่การเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริง (Active Learning) ที่ต้องประยุกต์ใช้ทักษะการคิดขั้นสูงและการทำงานเป็นทีม

นอกจากนี้ กระบวนการดังกล่าวยังส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการเปิดรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างและการถ่ายทอดแนวคิดของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเป็นระบบ ตลอดจนมีความสามารถในการสืบค้นและคัดกรองข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อนำมาเรียบเรียงหรืออธิบายผ่านวิธีการที่สร้างสรรค์และชัดเจน ซึ่งความรู้ที่เกิดขึ้นจะมีความเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการดังนี้

Dechakupt et al. (2013) การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐาน มีขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ทักษะการคิดต่าง ๆ มาประกอบมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา สังเกต แยกแยะ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สื่อสารและกำหนดปัญหาเพื่อหาคำตอบ

2. ออกแบบการรวบรวมข้อมูล ตั้งสมมุติฐาน คิดเชิงเหตุผล การระบุ ตัวแปร การวางแผน การสร้างเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูล

3. ปฏิบัติการรวบรวมข้อมูล การสังเกต การสอบถาม การสัมภาษณ์ การใช้เครื่องมือ การบันทึกผล

4. วิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูล สังเกต แยกแยะ การจำแนกประเภท สื่อความหมายข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ

5.สรุปผล การแปลงผลข้อมูล การอุปนัย การนิรนัย การสรุปผลจากข้อมูล

Office of the Education Council (2007) มีรายละเอียดขั้นตอน
การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานดังนี้

1. ขั้นนำเสนอ หมายถึงขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้กำหนดสถานการณ์
เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่กำหนดในแผนจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

2. ขั้นวางแผน หมายถึงขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผนโดยระดมความคิดอภิปราย สรุป
หรือข้อสรุปของกลุ่มเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ

3. ขั้นปฏิบัติ หมายถึงขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมสรุปรายงานที่เกิดขึ้นจากการ
วางแผน

4. ขั้นประเมินผล หมายถึงขั้นวัดและประเมินผลตามสภาพจริงโดยให้บรรลุ
จุดประสงค์การเรียนรู้ไว้ในแผนจัดการเรียนรู้โดยมีผู้สอนผู้เรียนและเพื่อนร่วมกันประเมิน

Khammani (2015) ได้เสนอตัวบ่งชี้ของการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ดังนี้

1. ผู้สอนและผู้เรียนมีการอภิปรายปัญหาต่างๆ ร่วมกัน ผู้เรียนมีการเลือกปัญหาที่
ตนสนใจจะทำโครงงาน

2. การสร้างความเข้าใจและกำหนดเป้าหมาย ซึ่งผู้สอนต้องดำเนินการชี้แจงและทำ
ความเข้าใจกับผู้เรียนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์หลักของการทำโครงงาน ผลลัพธ์ที่คาดหวัง

3. การสืบค้นและแสวงหาความรู้ โดยผู้เรียนร่วมกันศึกษาและสืบค้นข้อมูลในหัวข้อ
ที่สนใจจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและน่าเชื่อถือ เพื่อสร้างฐานข้อมูลและองค์ความรู้ที่
เพียงพอต่อการดำเนินโครงการ

4. การวางแผนการดำเนินงานเชิงระบบ โดยผู้เรียนร่วมกันจัดทำแผนการ
ดำเนินงานโครงงานอย่างเป็นระบบ

5. การนำเสนอเค้าโครงและการอนุมัติโครงการ ดำเนินการจัดทำเค้าโครงโครงงาน
อย่างเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อนำเสนอต่อผู้สอน

6. การลงมือปฏิบัติและการอำนวยความสะดวก ผู้เรียนลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้จนเกิดเป็นชิ้นงานหรือผลผลิตที่เป็นรูปธรรม โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และเสริมสร้างแรงจูงใจ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถก้าวข้ามอุปสรรคในการทำงานได้

7. การจัดแสดงและวิพากษ์ผลงาน โดยผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันนำเสนอผลผลิตที่ได้สู่สาธารณะภายในชั้นเรียน เพื่อจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การวิพากษ์เชิงสร้างสรรค์ (Constructive Criticism) และการสะท้อนคิดร่วมกันเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและคุณภาพของผลงาน

8. ผู้เรียนนำเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงพัฒนาผลงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์เพื่อประมวลองค์ความรู้ที่ได้รับจากการทำโครงการ

9. ผู้เรียนนำผลงานที่ผ่านการปรับปรุงแล้วออกจัดแสดงหรือเผยแพร่สู่ภายนอกห้องเรียน เพื่อเป็นการสื่อสารองค์ความรู้และสร้างความภาคภูมิใจในความสำเร็จสู่สังคมในวงกว้าง

10. ผู้สอนมีการจัดให้ผู้เรียนนำผลงาน ประสพการณ์ และข้อมูลทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทำโครงการ

11. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลทั้งทางด้านผลผลิต คือ ชิ้นงานจากการทำโครงการ และเนื้อหาความรู้ กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น

Suttirat (2015) ได้เสนอขั้นตอนการสอนแบบโครงการมีดังนี้

1. ชี้นำเสนอเป็นขั้นที่ครูเสนอเหตุการณ์หรือสถานการณ์ให้นักเรียนเกิดความสนใจ และต้องการที่จะวางแผนโครงการในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

2. ชี้นำกำหนดความมุ่งหมายเป็นขั้นที่นักเรียนทำการเลือกปัญหาและตั้งจุดมุ่งหมายในการศึกษาซึ่งถ้าทำงานเป็นกลุ่มจะทำการเลือกประธาน รองประธาน และเลขานุการของกลุ่ม

3. ชี้นำวางแผนเป็นขั้นที่นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันวางแผนดำเนินการอย่างไรจึงจะสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้

4. ขั้นตอนการดำเนินงานเป็นขั้นตอนที่ดำเนินการตามโครงการที่วางแผนไว้

5. ขึ้นประเมินผลเป็นขั้นที่ให้นักเรียนเป็นผู้ประเมินว่าโครงการนี้บรรลุจุดมุ่งหมายหรือไม่ในการทำโครงการนี้

6. ขึ้นติดตามผลเป็นขั้นติดตามผลของโครงการพัฒนาต่อไปให้ดียิ่งขึ้นขั้นตอนการสอนแบบโครงการ

Chanintornphoom (2020) ได้เสนอขั้นตอนการสอนแบบโครงการ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหาเป็นการเสนอเหตุการณ์หรือสถานการณ์ให้นักเรียนเกิดความสนใจและต้องการมีการวางแผนโครงการในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

2) ขั้นศึกษาหาความรู้ การคิดเชิงเหตุผล ร่วมกันศึกษาหาความรู้ในเรื่องที่ทำจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย

3) ขั้นวางแผน เป็นการวางแผนดำเนินการอย่างไร จึงจะสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้

4) ขั้นตอนการดำเนินงาน การดำเนินงานตามแผนงานที่ได้กำหนดจนสามารถผลิตชิ้นงานออกมา

5) ขึ้นประเมินผล การวัดและประเมินผลตามสภาพจริงโดยให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้ในแผนจัดการเรียนรู้โดยมีผู้สอนผู้เรียนและเพื่อนร่วมกันประเมิน

6) ขึ้นนำผลงานออกแสดงต่อสาธารณชนการนำผลงานของผู้เรียนออกมาแสดงชี้แจงและร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์ผลงานแลกเปลี่ยนกัน

ผู้เขียนขอเสนอ ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการ แม้จะมีรูปแบบที่หลากหลายตามแนวคิดของนักวิชาการแต่ละท่าน สามารถสรุป ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	Laoriandee (2012)	OEC (2007)	Khammani (2015)	Suttirat (2015)	Chanintornphoom (2020)	ความถี่
1. ระบุปัญหา/กำหนดปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	5
2. สำรวจค้นหา/ศึกษาข้อมูล	✓		✓		✓	3
3. วางแผนการดำเนินงาน	✓	✓	✓	✓	✓	5
4. ลงมือปฏิบัติ/ดำเนินงานตามแผน	✓	✓	✓	✓	✓	5
5. ประเมินผล/วัดผล	✓	✓	✓	✓	✓	5
6. นำเสนอ			✓		✓	2
7. สรุปผลการเรียนรู้	✓		✓			2
8. จัดแสดงผลงาน			✓		✓	2
9. ติดตามผลงาน			✓	✓		2
10. นำเสนอเค้าโครง			✓			1
11. กำหนดความมุ่งหมาย				✓		1

จากตารางสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานที่สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้ 1. ระบุปัญหา (Identify) 2. สำรวจค้นหา (Explore) 3. วางแผนและออกแบบ (Plan and Develop) 4. ลงมือปฏิบัติ

(Implementation) 5. ทดสอบ และประเมินผล (Test and Evaluate) และ 6. นำเสนอผลลัพธ์ (Present)

องค์ความรู้ใหม่

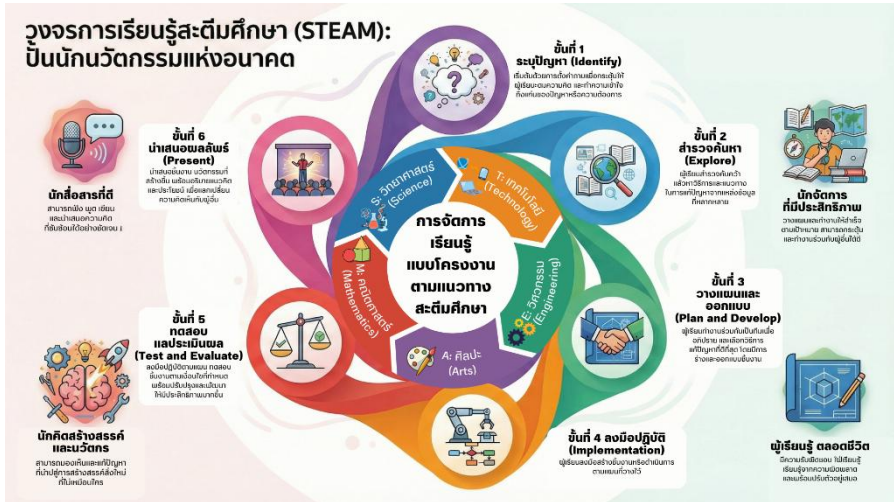
ผู้เขียนขอแนะนำองค์ความรู้ใหม่ ที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารจากนักวิชาการเกี่ยวกับ “การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 5 ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S), เทคโนโลยี (T), วิศวกรรมศาสตร์ (E), ศิลปะ (A) และคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือทำ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงาน	กลไกการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา
1. ระบุปัญหา (Identify) ในขั้นแรก ครูจะนำเสนอสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถาม, ผู้เรียนต้องระดมสมองเพื่อสรุปประเด็นปัญหา สาเหตุของปัญหา และกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ไขปัญหา ให้ชัดเจนภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด	วิทยาศาสตร์ (S) ใช้ทักษะการสังเกตเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ที่ครูผู้สอนนำเสนอ คณิตศาสตร์ (M) ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติจากสถานการณ์ และระบุเงื่อนไขเชิงตัวเลข เช่น งบประมาณ ระยะเวลา ขนาด เป็นต้น ศิลปะ (A) พิจารณาปัญหาเชิงมนุษยศาสตร์ และทางวัฒนธรรม
2. สำรวจค้นหา (Explore) ผู้เรียนจะใช้ทักษะการสำรวจและสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้เน้นการ	วิทยาศาสตร์ (S) ใช้ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงาน	กลไกการบูรณาการตามแนวทาง สะเต็มศึกษา
เชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับความรู้เดิม (Constructivism) และศึกษาถึงวิธีการหรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสร้างแนวทางในการแก้ปัญหา	เทคโนโลยี (T) ใช้การสืบค้นข้อมูลผ่านเทคโนโลยี และคัดกรองความน่าเชื่อถือของข้อมูลเพื่อนำมาแก้ปัญหา
3. วางแผนและออกแบบ (Plan and Develop) ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่ออภิปรายและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด โดยมีการร่างโครงการและออกแบบชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ทางศิลปะ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) เพื่อสร้างต้นแบบที่มีความสวยงาม สุนทรีย์ภาพ และมีประสิทธิภาพ	วิศวกรรม (E) ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อร่างแบบ และวางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหาและการทำงานอย่างเป็นระบบ ศิลปะ (A) ประยุกต์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และทฤษฎีทางศิลปะในการออกแบบชิ้นงาน รวมถึงคิดนอกกรอบเพื่อหาแนวทางแก้ไขใหม่ คณิตศาสตร์ (M) ใช้การคำนวณ สัดส่วน และทรัพยากรที่จำเป็น
4. ลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือสร้างชิ้นงานหรือดำเนินการตามแผนที่วางไว้จนเกิดเป็นผลผลิตที่เป็นรูปธรรม ระหว่างการปฏิบัติงาน ผู้เรียนจะได้พัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และการใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยี	เทคโนโลยี (T) การใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ในการทำงาน วิศวกรรม (E) ใช้การแก้ปัญหา การทำงานอย่างเป็นระบบ และบริหารทรัพยากร
5. ทดสอบ และประเมินผล (Test and Evaluate) เมื่อได้ชิ้นงาน	คณิตศาสตร์ (M) ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ เก็บข้อมูลวิเคราะห์ผลลัพธ์

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงาน	กลไกการบูรณาการตามแนวทาง สะเต็มศึกษา
หรือต้นแบบแล้ว ผู้เรียนต้องนำไปทดสอบตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่ตั้งไว้ เพื่อประเมินว่าสามารถแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ หากพบข้อบกพร่องต้องมีการสะท้อนคิดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ผลงานมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น	วิศวกรรม (E) เมื่อเกิดปัญหาหลังการทดสอบ จะใช้การปรับปรุงผลงาน ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
6. นำเสนอผลลัพธ์ (Present) ขั้นสุดท้ายคือการนำเสนอผลงานและกระบวนการทำงานต่อสาธารณชน เพื่อสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ รับฟังข้อเสนอแนะ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น ซึ่งจะช่วยสร้างแรงจูงใจและทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จของตนเอง	ศิลปะ (A) การออกแบบการนำเสนอ การเล่าเรื่องเพื่อสื่อสาร และใช้ทัศนศิลป์ในการแสดงผลงาน เทคโนโลยี (T) การใช้สื่อมัลติมีเดีย หรือแพลตฟอร์มดิจิทัล



ภาพที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

บทสรุป

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้เชิงบูรณาการที่ตอบสนองต่อความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติมากกว่าการท่องจำ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ระบุปัญหา 2. สำรวจค้นหา 3. วางแผนและ 4. ลงมือปฏิบัติ 5. ทดสอบ และประเมินผล และ 6. นำเสนอผลลัพธ์ กระบวนการนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดขั้นสูง การตั้งคำถาม และการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบเท่านั้น แต่ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นนักนวัตกรรมที่สามารถสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและนำทักษะมาปรับใช้กับการประกอบอาชีพในเศรษฐกิจยุคใหม่ได้อย่างเหมาะสม ในส่วนของการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาครูนั้น การขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาต้องอาศัยความร่วมมือเชิงนโยบายอย่างเป็นระบบเพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ครูผู้สอนจำเป็นต้องปรับบทบาทจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำข้อค้นพบที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ผลที่คาดหวังสูงสุดคือการสร้างประชากรที่มีทั้งความรู้

ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่เข้มแข็ง ควบคู่ไปกับความฉลาดทางอารมณ์และรสนิยมทางศิลปะ ซึ่งจะกลายเป็นรากฐานสำคัญในการเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของประเทศในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา ผู้เขียนมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ระดับครูผู้สอน ครูควรปรับบทบาทจากผู้สอนเป็น "ผู้อำนวยความสะดวก" (Facilitator) โดยเน้นกระบวนการที่กระตุ้นการคิด การตั้งคำถามปลายเปิดที่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือปัญหาในชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากหาคำตอบผ่านกระบวนการสืบเสาะ
2. ระดับโรงเรียน สถานศึกษาควรสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรม โดยจัดเวลาเรียนแบบต่อเนื่อง 2-3 ชั่วโมงติดต่อกัน เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาเพียงพอสำหรับขั้นตอนการสร้างต้นแบบและการทดสอบประเมินผลและส่งเสริมการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ระหว่างครูต่างสาขาวิชา เพื่อร่วมกันออกแบบแผนการสอนบูรณาการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างลึกซึ้ง
3. ระดับนโยบาย หน่วยงานต้นสังกัดควรจัดโปรแกรมอบรมเชิงปฏิบัติการที่เน้นการเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานในโลกศตวรรษที่ 21 โดยให้ครูได้ฝึกใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างลึกซึ้ง

เอกสารอ้างอิง

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Chanintornphoom, E. (2020). Development of an instructional model based on STEAM concept to promote technological innovation skills for secondary school students [Doctoral dissertation, Silpakorn University].

- Dechakupt, P., Yindeesuk, P., & Meesri, R. (2013). Teaching thinking with projects: Integrated teaching in the 21st century (3rd ed.). Chulalongkorn University Press.
- Dejarnette, N. K. (2012). America's children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering, and math) initiatives. *Education*, 133, 77–84.
- Jacobs, H. H. (2010). Curriculum 21: Essential education for a changing world. ASCD.
- Khammani, T. (2015). Science of teaching: Knowledge for effective learning process management (19th ed.). Chulalongkorn University Press.
- Kim, H., & Chae, D. H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925–1936.
- Kraiwan, H., & Lehmongkol, P. (2017). The implementation of STEAM education learning experience on creative problem-solving ability of preschool children. *Kasetsart Educational Review*, 32(1), 123–133.
- Laoriandee, W. (2012). Thinking skills instructional models and strategies (9th ed.). Faculty of Education, Silpakorn University.
- Office of the Education Council. (2007). Problem-based learning management. Agricultural Cooperative Federation of Thailand.
- Office of the Education Council. (2008). Educational development framework during the 10th National Economic and Social Development Plan (2007–2011) consistent with the Education Plan.
- Office of the Education Council. (2018a). National education standards B.E. 2561.

- Office of the Education Council. (2018b). The state of Thai education 2016/2017: Guidelines for Thai education reform to Thailand 4.0 era.
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2017). The 12th National Economic and Social Development Plan (2017–2021).
- Pho-ngern, V. (2017). STEAM, art for STEM education: Developing perception, ability and inspiration for children. *Journal of Education*, 45(1), 320–334.
- Promkhatkaew, T. (2014). Introduction to project-based learning (PBL). *IPST Magazine*, 188, 14–17.
- Regional Education Office 1. (2016). Report on the follow-up and evaluation of performance according to the policies and strategies of the Ministry of Education (STEM education learning management of schools in the area of responsibility).
- Siriphatrachai, P. (2013). STEM education and 21st century skills development. *Executive Journal*, 33(2), 49–56.
- Sooraksa, P., Sakornthanant, S., Jansti, A., & Klomkarn, K. (2016). Tree Robot: An innovation for STEAM education. *IEEE International Conference on Real-Time Computing and Robotics*, 338–341.
- Suttirat, C. (2015). 80 innovations in student-centered learning management (6th ed.). P. Balance Design and Printing.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012). Evaluation of science learning. Se-Education.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014a). Introduction to STEM. Ministry of Education.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014b). STEM education network manual. National STEM Education Center.

- Uamcharoen, S. (2016). Curriculum and instruction: Design, development, innovation and technology.
- Watthananon, J. (2018). A framework of learning achievement by STEAM education for system analysis and design in case study RMUTT. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 23(2), 1–8.
- Wayne, C. (2012). What is S.T.E.M. and why do I need to know? <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1>
- Yakman, G. (2008). STΣ@M education: An overview of creating a model of integrative education. *Pupils Attitudes Towards Technology 2008 Annual Proceedings*.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086.