

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานและแบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 คุณภาพผู้เรียน

1.3 ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน

2.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน

2.2 ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน

2.3 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

3.2 ลักษณะของสะเต็มศึกษา

3.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

3.4 ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.5 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

4.2 ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.2 แนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- 5.2 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 5.3 คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 6.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 6.2 งานวิจัยในประเทศ

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการ (2560 : 1) กล่าวว่า การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานจะต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนของชาติให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากล สอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 และโลกในศตวรรษที่ 21 กระทรวงศึกษาธิการ โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยนำข้อมูลจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 มาใช้เป็นกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรให้มีความเหมาะสมชัดเจนยิ่งขึ้น ในระยะสั้นเห็นควรปรับปรุงหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม กรอบในการปรับปรุงคือ ให้มีองค์ความรู้ที่เป็นสากลเทียบเท่านานาชาติ ปรับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดให้มีความชัดเจนลดความซ้ำซ้อน สอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ และระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ ตลอดจนเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้าด้วยกันซึ่งมีรายละเอียดของการปรับปรุงหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังนี้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

สาระที่ 4 ชีววิทยา

สาระที่ 5 เคมี

สาระที่ 6 ฟิสิกส์

สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

สาระที่ 8 เทคโนโลยี

สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะมีทั้งหมด 4 สาระ ดังนี้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมาย ของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์กันของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบ โลก กระบวนการเปลี่ยนแปลง ภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลง ลมฟ้าอากาศ และภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณ ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม

คุณภาพผู้เรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2560 : 8) กล่าวว่า เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนมีคุณภาพ ดังนี้

1. เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิตความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมและตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศและการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2. เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสมบัติทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม

3. เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ โมเมนตัมของแรงแรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านพลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4. เข้าใจสมบัติของคลื่นและลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์

5. เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรมการขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ และความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

6. เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อนการพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นน้ำตื้นดิน กระบวนการเกิดดินแหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติ และธรณีพิบัติภัย

7. เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต

สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

8. นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

9. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐาน หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

10. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุปและสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

11. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ทำให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่นและยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

12. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษา หาคำความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

13. แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพ

ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตัวชี้วัด ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติ ของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยมีตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังตาราง 1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 1 วิเคราะห์ตัวชี้วัดตามสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
<p>ม.1/1 : วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และคำนวณ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ และเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$</p>	<p>- เมื่อสสารได้รับหรือสูญเสียความร้อน อาจทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ เปลี่ยนสถานะ หรือเปลี่ยนรูปร่าง</p> <p>- ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ขึ้นกับมวล ความร้อนจำเพาะ และอุณหภูมิเปลี่ยนไป</p> <p>- ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะขึ้นกับมวลและความร้อนแฝงจำเพาะ โดยขณะที่สสารเปลี่ยนสถานะอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง</p>
<p>ม.1/2 : ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสสาร</p>	<p>- ความร้อนทำให้สสารขยายตัวหรือหดตัวได้ เนื่องจากเมื่อสสารได้รับความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัว และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน แต่เมื่อสสารคายความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลงทำให้เกิดการหดตัว</p>
<p>ม.1/3 : สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน</p>	<p>- ความรู้เรื่องการหดและขยายตัวของสสาร เนื่องจากความร้อนนำไปใช้ประโยชน์ได้ในด้านต่าง ๆ เช่น การสร้างถนน การสร้างรางรถไฟ การทำเทอร์มอมิเตอร์</p>
<p>ม.1/4 : ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการหด และขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะ วิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน</p>	<p>- ความร้อนถ่ายโอนจากสสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจนกระทั่งอุณหภูมิ ของสสารทั้งสองเท่ากัน สภาพที่สสารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันเรียกว่าสมดุลความร้อน</p>
<p>ม.1/5 : วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อน และคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอน ระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อน โดยใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$</p>	<p>- ความร้อนถ่ายโอนจากสสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจนกระทั่งอุณหภูมิ ของสสารทั้งสองเท่ากัน สภาพที่สสารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันเรียกว่าสมดุลความร้อน</p>

ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
<p>ม.1/6 : สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อน โดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน</p>	<p>- เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนจากสสารที่มีอุณหภูมิต่างกันจนเกิดสมดุลความร้อน ความร้อนที่เพิ่มขึ้นของสสารหนึ่งจะเท่ากับ ความร้อนที่ลดลงของอีกสสารหนึ่งซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน</p> <p>- การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดยที่ตัวกลางเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง</p>
<p>ม.1/7 : ออกแบบ เลือกใช้ และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ การถ่ายโอนความร้อน</p>	<p>- ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนสามารถไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเลือกใช้วัสดุเพื่อนำมาทำภาชนะบรรจุอาหารเพื่อเก็บความร้อนหรือการออกแบบระบบ ระบายความร้อนในอาคาร</p>

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน ซึ่งได้รับแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism) (ที สนา 1 แคม มณี . 2551 : 96 - 98) ในการอธิบายความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project - based Learning : PBL) นั้นมีผู้กล่าวถึงไว้หลายคน ดังนี้

กรมวิชาการ (2544 : 34 - 38) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน เป็นฐาน หมายถึง กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ โดยมีครูคอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษาแก่นักเรียนอย่างใกล้ชิดตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน และการนำเสนอผลงาน โดยทั่ว ๆ ไป การทำโครงงานสามารถทำได้ทุกระดับการศึกษา ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงงานอาจเป็นโครงงานเล็ก ๆ ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเป็น โครงงานใหญ่ที่มีความยาก และซับซ้อนขึ้นก็ได้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2553 : 84) ได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ศึกษาค้นคว้ากิจกรรม และลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถของตนเอง ซึ่งอาศัย กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่น ๆ ที่เป็นระบบ ไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ในเรื่องนั้น ๆ ภายใต้คำแนะนำปรึกษา และความช่วยเหลือจากครู หรือผู้ที่เชี่ยวชาญเริ่มตั้งแต่ การเลือกเรื่องหรือหัวข้อที่จะศึกษา การวางแผน การดำเนินงานตามขั้นตอนที่กำหนดตลอดจน การนำเสนอผลงาน ซึ่งในการจัดทำโครงงานนั้นสามารถทำได้ทุกระดับชั้น อาจเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่ม จะกระทำในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2555 : 47) กล่าวถึง การจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับ โครงการ โรงเรียนเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ ซึ่งการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานจะมีความแตกต่างกับ โครงงาน (Project) โดยทั่วไปตรงที่ การเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานจะนำหลักการที่สำคัญของโครงงานมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้าง การเรียนรู้และคุณลักษณะของนักเรียน โดยจะเน้นเพิ่มเติมในเรื่องของกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะที่ชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งยังเอาหลักการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน ในรายวิชาปกติโดยมีค่าเท่ากับรูปแบบการเรียนรู้วิธีหนึ่งการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานจะมองว่า โครงงานเป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (Learning Tools) ส่วน โครงงานเป็น การศึกษาเพื่อค้นพบข้อมูลความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ รวมทั้งวิธีการใหม่ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา นักเรียน และครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อนแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการ เรียนรู้แบบ โครงงานที่มุ่งเน้นให้เกิดการสร้างความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่และวิธีการใหม่ ซึ่งให้ ความสำคัญที่ผลของสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน วิธีการที่ใช้เป็นขั้นตอนดำเนินการทำโครงงาน

คุษฎี โยเฮลา และคณะ (2557 : 19 - 20) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน เป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้น เพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือ ปฏิบัติ การฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงาน เป็นกลุ่ม ที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงการและได้ผลการจัด กิจกรรมเป็นผลงานแบบรูปธรรม มีลักษณะที่สำคัญ คือ นักเรียนกำหนดการเรียนรู้ของตนเอง เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สิ่งแวดล้อมจริง มีฐานจากการวิจัย หรือองค์ความรู้ที่เคยมีใช้แหล่งข้อมูล หลายแหล่ง ผังตรงด้วยความรู้และทักษะบางอย่าง (Embedded with Knowledge and Skills) ใช้เวลามากพอในการสร้างผลงานมีผลผลิต

ชมรมปฏิรูปการศึกษาไทย (2558 : 10 - 18) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน เป็นฐานเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ในแบบ โครงงาน เป็นแนวทางการเรียนรู้ ตามแนวปรัชญา กลุ่มประสบการณ์นิยม (Experimentalism) ซึ่งมีจอห์น ดิวอี้ เป็นผู้ริเริ่มและผลักดันในการจัด การเรียนรู้ โดยเน้นที่การเรียนรู้จากการกระทำจริง (Learning by Doing) โดยปรัชญาการศึกษา ในแนวทางนี้จะเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง การได้รับประสบการณ์จริงจะทำให้ การเรียนรู้คงอยู่กับผู้เรียนตลอดไป

มอร์สัน (Moursund. 1999 : 1) ได้ให้คำจำกัดความของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานไว้ว่าลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน มีการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งครูเป็นผู้ชี้แนะ ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวก

ยูเมนเฟลด์ (Blumenfeld and et al. 1991 : 3; อ้างถึงใน จันทนา สอนलगอง. 2551 : 9) ได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานว่า เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ ที่มุ่งไปที่การมีส่วนร่วมของนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้ติดตามหาคำตอบในประเด็นปัญหา ด้วยการอภิปรายแนวคิดและทำนาย ออกแบบ การศึกษาค้นคว้า อภิปรายข้อมูลแลกเปลี่ยน ความคิดและสรุปผลนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ

จากคำกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน เป็นฐาน ได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้แก่ นักเรียน ผ่านประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน รู้จักการวางแผน การทำงาน ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สื่อสารและทำงานร่วมกันกับผู้อื่น ตลอดจนประเมินผลงาน และการทำงานของตนเองได้

ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2556 : 12) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. ประเด็นปัญหา ประเด็นปัญหาที่นำมาจัดการเรียนรู้ แบบ โครงงาน ควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ สงสัย ต้องการหา คำตอบ
2. แนวทางในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ การหาคำตอบควรเป็นการศึกษาด้วยตนเอง อย่างมีระบบ มีวิธีการศึกษาหลายวิธี ซึ่งครอบคลุมถึงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น โดยศึกษาจาก แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีครูเป็นที่ปรึกษาตลอดกระบวนการทำงาน
3. การสรุปลงค์ความรู้ ข้อค้นพบการสรุปลงค์ความรู้ข้อค้นพบควรเป็นการสรุปความรู้ ที่สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตจริงได้ กระตุ้นให้นักเรียนต้องการศึกษาคำตอบอย่าง และสามารถ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น ได้

นอกจากนี้ นฤมล ยุตาคม (2543 : 35 - 46) ยังเสนอ ลักษณะของการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน ไว้ว่า ควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นงานที่พัฒนาจากงานเดิม
2. บูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ และทักษะต่าง ๆ เข้าด้วยกัน
3. ใช้ทักษะการทำงานร่วมมือกันเป็นกลุ่ม การแก้ปัญหา การต่อรอง และทักษะระหว่าง บุคคลอื่น ๆ
4. ให้นักเรียนทำงานเป็นอิสระ
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้ความรู้ความสามารถในสถานการณ์ใหม่และแตกต่างกัน ออกภายนอกห้องเรียน
6. ให้นักเรียนเลือกเรื่องที่ทำโครงงาน
7. ให้นักเรียนได้รับความรู้ และข้อมูลที่มีความสำคัญกับตัวเอง
8. ทำให้ได้ผลงานที่ชัดเจน
9. จัดให้มีการประเมินตามสภาพจริง โดยตนเอง เพื่อน และผู้สอน

กัชเดียด (Guzdial. 1998 : 47 - 71; อ่างถึงใน ทิศนา เขมมณี. 2551 : 139 - 140) กล่าวว่า ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน มีตัวบ่งชี้ ดังต่อไปนี้

1. ครูและนักเรียนมีการอภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกัน นักเรียนมีการเลือกปัญหาที่ตน สนใจที่จะจัดทำเป็น โครงงาน
2. ครูมีการชี้แจง หรือทำความเข้าใจกับนักเรียน ถึงวัตถุประสงค์ในการทำโครงงาน ความคาดหวังต่อการทำโครงงาน วิธีการและกระบวนการในการดำเนินการรวมทั้งบทบาท ของนักเรียนและครู

3. นักเรียนมีการร่วมกันศึกษาหาความรู้ ในเรื่องที่จะทำจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย
 4. นักเรียนมีการร่วมกันวางแผนการจัดทำโครงการ ซึ่งมีประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของประเด็นปัญหาที่จะจัดทำเป็นโครงการ วัตถุประสงค์ กระบวนการ หรือขั้นตอนในการดำเนินงาน แหล่งทรัพยากรและวัสดุต่าง ๆ ที่ต้องการ บทบาทหน้าที่ของบุคคลที่ร่วมโครงการ เครื่องมือ เวลา และค่าใช้จ่ายที่ต้องการ ความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินงาน โครงการ การประเมินผลโครงการ และอภิปรายผลการเรียนรู้ ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำ และให้ความรู้ที่จำเป็นต่อการทำโครงการตามความจำเป็น
 5. นักเรียนมีการเขียนโครงการและนำเสนอครู ซึ่งครูอาจให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ ตามความจำเป็น ไม่มากเกินไป และไม่น้อยเกินไป ครูมีการให้ความเห็นชอบในการทำโครงการและช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ
 6. นักเรียนมีการดำเนินงานตามแผนงานที่ได้กำหนด จนกระทั่งสามารถผลิตชิ้นงานออกมาได้ ครูสอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ติดตามการทำงานของนักเรียน ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตามความจำเป็น และให้แรงเสริมตามสมควร
 7. ครูและนักเรียนมีการนำผลงานของผู้เรียนออกมาแสดงชี้แจงและร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน แลกเปลี่ยนกัน
 8. นักเรียนมีการปรับปรุงผลงานและเขียนรายงาน
 9. นักเรียนมีการนำผลงานออกแสดงต่อสาธารณชน (อาจจัดในชั้นเรียน ในโรงเรียน ในชุมชน ฯลฯ) และเก็บข้อมูล
 10. ครูมีการจัดให้ผู้เรียนนำผลงาน ประสพการณ์ และข้อมูลมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทำโครงการ
 11. ครูมีการวัดและประเมินผล ทั้งทางด้านผลผลิต คือ ชิ้นงานจากการทำโครงการ และเนื้อหาความรู้ที่ได้เรียนรู้ กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ที่ได้พัฒนาและเจตคติที่เกิดขึ้น
- จากลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานดังนี้ ประเด็นปัญหาน่าสนใจ ทำทาบแปลกใหม่ ใช้ทักษะต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ค้นหา ประสพการณ์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และจากการทำงานร่วมกับผู้อื่น การทำงานให้ได้ผลงานหรือองค์ความรู้ ที่ตนเองสนใจมีความสำคัญกับตนเอง

ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานได้มีผู้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550 : 4 - 5) ซึ่งได้นำเสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอ หมายถึง ขั้นที่ครูให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้ กำหนดสถานการณ์ ศึกษา สถานการณ์ เล่นเกม ดูรูปภาพ หรือผู้สอนใช้เทคนิคการตั้งคำถามเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่กำหนด ในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน เช่น สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรและสาระการเรียนรู้ ที่เป็นขั้นตอนของโครงงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 วางแผน หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผน โดยการระดมความคิด อภิปราย หรือข้อสรุปของกลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติ หมายถึง ขั้นที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม เขียนสรุปรายงานผลที่เกิดขึ้น จากการวางแผนร่วมกัน

ขั้นที่ 4 ประเมินผล หมายถึง ขั้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยให้บรรลจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีครู นักเรียนและเพื่อนร่วมกัน ประเมิน เพื่อหาคำตอบของสิ่งที่ต้องการค้นหา

ถัดมา ภูเกียรติ (2552 : 28) กล่าวว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ครูจะต้องเป็นพี่เลี้ยงให้คำแนะนำช่วยเหลือและฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการปูพื้นฐานก่อนประกอบไปด้วยขั้นตอน 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การหาหัวข้อและการเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงงาน หัวข้อเรื่องต้องเป็นหัวข้อที่นักเรียนสนใจจริงๆ ในระยะแรกจึงไม่ควรกำหนดเป็นรายวิชาแต่เป็นเรื่องอะไรก็ได้ที่นักเรียนสนใจอยากค้นคว้าหาคำตอบ ครูจะต้องพิจารณาข้อมูลต่างๆ ประกอบเสียก่อนว่ามีข้อมูล ตลอดจนแหล่งเรียนรู้เพียงพอหรือไม่ในการทำโครงงานนั้น

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงงาน นักเรียนต้องคิดวางแผนล่วงหน้าว่าจะทำอะไร ช่วงเวลาใด จากการเขียนเค้าโครงการทำโครงงานเสนอครู โดยทั่วไปจะเป็นการตอบคำถามว่า จะทำอะไร ทำไมต้องทำ ใครบ้างเป็นผู้กระทำ กระทำเมื่อใด ทำที่ไหน และจะอย่างไร ดังนั้น รายละเอียดในเค้าโครงการทำโครงงานจะเป็นเค้าโครงของสิ่งที่คาดหวังว่าจะต้องปฏิบัติ กำหนดวิธีการทำงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์และรายละเอียดในการทำงานที่จะช่วยให้การปฏิบัติลุล่วงไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ เป็นการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ที่ได้รับการเห็นชอบจากผู้สอน

ขั้นที่ 4 การบันทึกผลการปฏิบัติงาน เมื่อได้ข้อมูลจากการบันทึกแล้วนักเรียนจะต้องแปลผลและสรุปผลการทดลองพร้อมทั้งอภิปรายผลของการศึกษาค้นคว้า หากไม่ตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้จะต้องบอกข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงาน เป็นการเสนอผลจากการศึกษาค้นคว้าในรูปแบบของรายงาน เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบและเข้าใจถึงแนวคิด วิธีการศึกษาค้นคว้าและสิ่งที่ทาการศึกษาว่ามีผลเป็นอย่างไรด้วยการใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน สั้น ตรงไปตรงมา และครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

ขั้นที่ 6 การนำเสนอโครงการ หลังจากที่ได้ศึกษาและหาวิธีการในการแก้ปัญหาได้ผลออกมาแล้วจะต้องนำความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้รับทราบในรูปแบบของรายงานหรือเอกสารหรือรายงานปากเปล่าด้วยสื่อเพาเวอร์พอยต์ (Power Point) หรือนิทรรศการ เป็นต้น

ขั้นที่ 7 การประเมินผลโครงการ ควรประเมินให้ครบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเตรียมการดำเนินงาน ด้านการดำเนินงาน และด้านผลของโครงการ

วิจารณ์ พาณิช (2555 : 71 - 75) ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามโมเดลจอร์จยันแห่งการเรียนรู้แบบ PBL 5 ขั้นตอนดังนี้

1. Define คือ ขั้นตอนการทำให้สมาชิกของทีมงาน รวมทั้งครูด้วยมีความชัดเจนร่วมกันว่าคำถาม ปัญหา ประเด็น ความท้าทายของโครงการคืออะไร และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อะไร

2. Plan คือ การวางแผนการทำงานในโครงการ ครูก็ต้องวางแผน กำหนดทางหนีทีไล่ในการทำหน้าที่โค้ช รวมทั้งเตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำโครงการของนักเรียนและที่สำคัญ เตรียมคำถามไว้ถามทีมงานเพื่อกระตุ้นให้คิดถึงประเด็นสำคัญบางประเด็นที่นักเรียนมองข้าม โดยถือหลักว่า ครูต้องไม่เข้าไปช่วยเหลือจนทีมงานขาดโอกาสคิดเองแก้ปัญหาเอง นักเรียนที่เป็นทีมงานก็ต้องวางแผนงานของตน แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบ การประชุมพบปะระหว่างทีมงาน การแลกเปลี่ยนข้อค้นพบแลกเปลี่ยนคำถาม แลกเปลี่ยนวิธีการ ยิ่งทำความเข้าใจร่วมกันไว้ชัดเจนเพียงใด งานในขั้น Do ก็จะสะดวกเลื่อนไหลดีเพียงนั้น

3. Do คือ การลงมือทำ มักจะพบปัญหาที่ไม่คาดคิดเสมอ นักเรียนจึงจะได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหา การประสานงาน การทำงานร่วมกันเป็นทีม การจัดการความขัดแย้ง ทักษะในการทำงานภายใต้ทรัพยากรจำกัด ทักษะในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมทักษะในการทำงานในสภาพที่ทีมงานมีความแตกต่างหลากหลาย ทักษะการทำงานในสภาพกดดัน ทักษะในการบันทึกผลงาน ทักษะในการวิเคราะห์ผล และแลกเปลี่ยนข้อวิเคราะห์กับเพื่อนร่วมทีม เป็นต้น

4. Review คือ การที่ทีมนักเรียนจะทบทวนการเรียนรู้ที่ไม่ใช่แค่ทบทวนว่า โครงการงาน ได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่ แต่จะต้องเน้นทบทวนว่างานหรือกิจกรรม หรือพฤติกรรมแต่ละ ขั้นตอนได้ให้บทเรียนอะไรบ้าง เอาทั้งขั้นตอนที่เป็นความสำเร็จและความล้มเหลวมาทำความเข้าใจ และกำหนดวิธีทำงานใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสมรวมทั้งเอาเหตุการณ์ระทึกใจ หรือเหตุการณ์ที่ภาคภูมิใจ ประทับใจ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ขั้นตอนนี้เป็นการเรียนรู้แบบทบทวนไตร่ตรอง (Reflection) หรือในภาษา KM เรียกว่า AAR (After Action Review)

5. Presentation คือ การนำเสนอโครงการต่อชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ทำให้การเรียนรู้ทักษะ อีกชุดหนึ่ง ต่อเนื่องกับขั้นตอน Review เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการทบทวนขั้นตอนของงานและการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเข้มข้น แล้วเอามานำเสนอในรูปแบบที่เร้าใจ ให้อารมณ์และให้ความรู้ (ปัญญา) ทีมงานของนักเรียนอาจสร้างนวัตกรรมในการนำเสนอก็ได้ โดยอาจเขียนเป็นรายงาน และนำเสนอเป็นการรายงานหน้าชั้น มีเพาเวอร์พอยท์ (PowerPoint) ประกอบ หรือจัดทำวีดิทัศน์ นำเสนอ หรือนำเสนอเป็นละคร เป็นต้น

คุณฉวี โยเหลา และคณะ (2557 : 20 - 23) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นฐานซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจากการศึกษาโรงเรียนในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน ครูให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงการก่อนการเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงการมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นนักเรียนจึงมีความจำเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงการไว้เป็นพื้นฐาน เพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำงาน โครงการจริง ในขั้นแสวงหาความรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจ ใคร่รู้ ถึงความสนุกสนานในการทำโครงการ หรือกิจกรรมร่วมกัน โดยกิจกรรมนั้นอาจเป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรม ที่นักเรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว ทั้งนี้ในการกระตุ้นของครูจะต้องเปิดโอกาสให้ นักเรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่เกี่ยวข้องกับชุมชน ที่นักเรียนอาศัยอยู่หรือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ ใช้กระบวนการ กลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือ แบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อ สิ่งที่ต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้น ๆ เรียบร้อยแล้ว

ขั้น 4 ขั้นแสวงหาความรู้ ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้ นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการ ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจนักเรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้นนักเรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงการที่ตนปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้นักเรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้น และนักเรียนอื่น ๆ ในโรงเรียน ได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในการทำโครงการ

ไพฑูรย์ นันตะสุคนธ์ และวัลลภา อยู่ทอง (2557 : 55 - 59) กล่าวว่าขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน ครูให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงการก่อนการเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงการมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นนักเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงการไว้เป็นพื้นฐาน เพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำงาน โครงการจริงในขั้นแสวงหาความรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจ ใฝ่รู้ ถึงความสนุกสนานในการทำโครงการหรือกิจกรรมร่วมกัน โดยกิจกรรมนั้นอาจเป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว ทั้งนี้ในการกระตุ้นของครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ของครูที่เกี่ยวข้องกับชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่หรือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือ แบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อสิ่งที่ตนเองต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้น ๆ เรียบร้อยแล้ว

ขั้นที่ 4 ขั้นแสวงหาความรู้ ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้ นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการ ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ หรือตามหัวข้อที่ตกลงร่วมกันกับครู นักเรียนปฏิบัติหน้าที่ของตน ตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกัน

ปฏิบัติกิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้น นักเรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงการที่ตนปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงานและประเมินผล ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้

จากรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานที่กล่าวมาข้างต้นนั้น มีรูปแบบการจัดเป็นขั้นตอนโดยนักการศึกษาหลายท่าน ได้มีการแบ่งจำนวนขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความคล้ายคลึงกันสามารถสรุปและนำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน เป็นขั้นตอนที่ครูให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงการก่อนการเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนนี้จะไม่ตรงกับขั้นตอนใดในรูปแบบอื่น ๆ แต่ผู้วิจัยคิดว่าควรจะมีเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ในการทำงานผลงาน

ขั้นที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจ ใคร่รู้ ซึ่งมีขั้นตอนที่ตรงกับขั้นตอนการวางแผน การนำเสนอ การหาหัวข้อ ในรูปแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนที่ตรงกับขั้นตอนการเริ่มต้นโครงการ การวางแผน ในรูปแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

ขั้น 4 ขั้นแสวงหาความรู้ ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรมดังนี้ นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการ ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ ซึ่งมีขั้นตอนที่ตรงกับขั้นตอนดำเนินโครงการ การปฏิบัติ ลงมือทำ การบันทึก การเขียนรายงาน ในรูปแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนที่ตรงกับขั้นตอนสรุปและอภิปราย ในรูปแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงานและประเมินผล ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้และประเมินผลตามสภาพจริง โดยให้บรรลุดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนหน่วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีผู้สอน นักเรียน และเพื่อนร่วมชั้นประเมินซึ่งมีขั้นตอนที่ตรงกับขั้นตอนสรุปและอภิปราย ขั้นประเมิน ขั้นนำเสนอ และประเมินโครงการ ในรูปแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายแตกต่างกัน ดังนี้

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556 : 16) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรเพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะ การหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556 : 49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็น การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

ศานิกานต์ เสนิงวงศ์ (2556 : 30 - 31) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557 : 27 - 28) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษาว่าเป็นรูปแบบการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์, คณิตศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558 : 201 - 207) ได้นำเสนอความหมายของสะเต็มศึกษาว่าเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นการส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

จากความหมายของสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหา ในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิต

ลักษณะของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวทางและลักษณะดังต่อไปนี้
พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556 : 50) กล่าวไว้ว่า สะเต็มศึกษามีลักษณะดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์ สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยนักศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry - based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem - based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัยเพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วย การคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่า แม้แต่นักเรียนอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรกคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking)

ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่าน้อยกว่าเล็กกว่าใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher - level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project - based Learning, Problem - based Learning, Design - based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงาน

3. เป็นการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญานักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด นักเรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

3.3 ด้านคุณลักษณะนักเรียน มีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556 : 10) ได้กล่าวถึงลักษณะของการจัดประสบการณ์แบบสะเต็มศึกษามีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ

2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ

3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

4. ทำทลายความคิดของนักเรียน

5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

อภิสิทธิ์ ชงไชย (2556 : 35 - 37) กล่าวว่า การวางแผนการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบ STEM Education มีลักษณะดังนี้

1. กำหนดเนื้อหาการเรียนรู้ โดยมีการวางแผนร่วมกันระหว่างครู และนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

2. วางแผนการจัดกิจกรรม โดยมีการบูรณาการดังนี้

S - เกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ สามารถใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry Based Science Teaching) กิจกรรมแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem - based Activities)

T - เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยี

E - เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ

M - เป็นกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ อาทิ การจำแนก จัดกลุ่ม จัดแบบรูป บอกรูปร่าง และคุณสมบัติ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง Stem Education นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริง และมองว่าเป็นสิ่งใกล้ตัวมีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม และให้นักเรียนฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ รวมถึงฝึกการนำเสนอผลงานที่นักเรียนได้จัดทำช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงจุดมุ่งหมาย เหตุผลและกระบวนการในการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557 : อ้างถึงใน นิตยา ภูผาบาง. 2559 : 18) กล่าวว่า ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration)

การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ครูแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลักที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน มีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะ อย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกันครูต้องทำงานร่วมกันพิจารณาตัวชี้วัดที่ตรงกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองโดยเชื่อมโยงกับวิชาอื่น

การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนจากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง

โดยนักเรียนนำความรู้และทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้าง ๆ ให้ และให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีแก้ปัญหาเอง

จากคำกล่าวข้างต้นสามารถสรุปลักษณะของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้ดังนี้คือ

1. เป็นการสอนที่บูรณาการระหว่างกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยสามารถจัดให้นักเรียนได้ตั้งแต่วิทยาลัยจนถึงระดับมหาวิทยาลัย

2. สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนในศตวรรษที่ 21

3. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

4. ปัญหาหรือสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้ต้องมีท้าทายความคิดนักเรียนเหมาะสมกับวัยและเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย

5. มีระดับของการบูรณาการ ได้ 4 ระดับ คือ บูรณาการภายในวิชา บูรณาการแบบพหุวิทยาการ บูรณาการแบบสหวิทยาการ บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้เป็นการบูรณาการแบบภายในวิชา เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่าง ๆ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557 : 6 - 10) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จาร์ส อินทลาภาพร และคณะ (2558 : 64) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem - based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project - based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนด

เรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงการร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น และลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน และนำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

โอเนิล และคณะ (O'Neil and et al. 2012 : 36 - 40) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เผชิญปัญหาและแก้ปัญหาจากสภาพจริง ครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem - based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา

2. การจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน (Project - based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำโครงการที่ตนเองสนใจวางแผนและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน นำเสนอผลงาน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับ

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ โดยครูมีบทบาทดังนี้

3.1 จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

3.2 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ ความสามารถ กระบวนการคิดและแก้ปัญหาของนักเรียนนี้โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3.3 จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ

จากการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาข้างต้นสรุปว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้สามแนวทาง คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem - based Learning) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน (Project - based Learning) สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ เลือกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานมาใช้ เนื่องจากแนวทางใกล้เคียงกัน

นักเรียนสามารถเลือกทำชิ้นงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษามีลักษณะสำคัญ ดังนี้

คูธิระ ประเสริฐสรรพ (2558 : 8) กล่าวว่า iva การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานนั้น ใช้คำว่า Project Approach มีลักษณะเป็นการดำเนิน โครงงานอย่างเป็นระบบ มีการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหา กำหนดเวลาแล้วเสร็จและสามารถประเมินได้

แซงก์ และคณะ (Tseng and et al. 2013 : 100) กล่าวว่า การรวมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานกับสะเต็มศึกษา มีลักษณะสำคัญคือสามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในโลกจริงและในชีวิตประจำวันได้ รวมทั้งช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ของทั้ง 4 วิชาในสะเต็มศึกษามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้จริงและสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาบทความและงานวิจัยพบว่า มีนักการศึกษาและนักวิจัยทางการศึกษาได้เสนอขั้นตอนเพื่อใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของศูนย์วัฒนธรรมนโยบาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2560 : 4 - 5) เสนอขั้นตอนการเรียนรู้จัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนต่อไปนี้

1. เปิดโลกแนวคิด (Exploring the Idea) ขั้นนี้ต้องการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเกี่ยวกับโจทย์หรือประเด็นที่สนใจโดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ที่อยู่รอบตัวนักเรียนตามด้วยวิธีการที่เหมาะสมทั้งรายบุคคลและกลุ่ม ทั้งนี้ข้อมูลต่างๆ อาจมีลักษณะกว้าง ๆ หรือให้ความสัมพันธ์กับสาขาวิชาชีพของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนได้ใช้การคิดของตนเองอย่างเต็มที่

2. ค้นหาความเป็นไปได้ (Reviwing the Possibilities) ขั้นนี้มุ่งหวังให้นักเรียนศึกษาและค้นคว้าข้อมูล หรือสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี, กฎ, เกณฑ์ และหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาหรือวิชาชีพที่นักเรียนกำลังศึกษาอยู่เพื่อนำมาสนับสนุนประเด็นจากโจทย์หรือประเด็นที่ตนสนใจในขั้นที่ 1 โดยอาศัยกระบวนการสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายในทีมหรือการแลกเปลี่ยนเรียนรู้บนพื้นฐานของความหลากหลายในสมมติฐาน และมุ่งหวังให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระต่างๆ ด้วยตนเองหรือด้วยกระบวนการทำงานเป็นทีมจากการปฏิบัติงานร่วมกัน ได้ภายใต้การกำกับดูแลอย่างใกล้ชิด

3. เลือกเรื่องที่โดนใจ (Selecting the Topic...That Click) ขั้นนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะการตัดสินใจ ผ่านการเลือกเรื่องหรือประเด็นที่จะนำมาเป็น โครงการงานทั้งเชิงบุคคลและทีม โดยอาศัยความคิดเชิงระบบ, ความคิดเชิง ตรรกะ, ความคิดในการใช้หรือให้เหตุผลที่สอดคล้องกับกฎเกณฑ์, ทฤษฎี, หลักการ และเกณฑ์ความเหมาะสมที่เกี่ยวข้องมาประกอบการพิจารณา ประเด็นหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่ทีมนักเรียน ได้ให้ความสนใจและสืบค้นมาในขั้นที่ 2

4. สร้างและทดสอบ (Producing and Testing) ขั้นสร้างและทดสอบนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถสร้างหรือกำหนดกรอบแนวคิด, แผนและกลยุทธ์ในการดำเนินงาน, บทบาทของสมาชิกในทีม, วัสดุ, อุปกรณ์, เครื่องมือ และ กิจกรรมต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกี่ยวข้อง พร้อมทั้งวิธีการทดสอบ เพื่อนำไปปฏิบัติหรือสร้างและทดสอบตามข้อเสนอ โครงการงานจากขั้นที่ 3 ให้สำเร็จ โดยอาศัยทักษะการทำงานเชิงช่างหรือทักษะเฉพาะทางผ่านกระบวนการทำงานและเรียนรู้เป็นทีม

5. นำเสนอและ โฆษณา (Presenting and Getting Buy - in) ขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนออกแบบวิธีการ นำเสนอที่ดึงดูดและน่าสนใจ โดยเลือกใช้สื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม และนำเสนอให้ผู้รับฟังและ/หรือผู้เกี่ยวข้องจากภาคประกอบการหรือผู้เกี่ยวข้องเกิดความสนใจ, เห็นถึงและยอมรับในความสามารถ, คุณค่าในแนวคิด, กระบวนการทำงานทั้งบุคคลและทีม และผลงานต่าง ๆ ที่นักเรียน ได้เรียนรู้และสร้างสรรค์ขึ้นมา อีกทั้งยังฝึกฝนให้นักเรียนยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างและข้อวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแนวคิด กระบวนการทำงาน และผลงานที่กล่าวข้างต้น

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ของ โรเบิร์ต และคณะ (Robert and et al. 2013 : 22 - 27) ซึ่งได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกสาระการเรียนรู้หลัก (Select Central Standards) เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรระดับศึกษา

2. เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการคิดเชื่อมโยงว่า สาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง

3. เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (Support Central Standards with Supplemental Standards) เลือกเนื้อหาหลักในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยงกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ในขั้นที่ 3 นี้ ครูจะต้องเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เชื่อว่าจะมี สาระการเรียนรู้รองเรื่องใดช่วยสนับสนุน

4. จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด (Instruct STEM Standards) ครูวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมดแล้วนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้

5. สนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ครูจัดกิจกรรมกลุ่มให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

6. แก้ไข/ปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ผู้สอนจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบ

7. ประเมินชิ้นงานการออกแบบ (Evaluate the Designs) หลังการปรับปรุงแก้ไขผลงานในขั้นที่ 6 ครูและนักเรียน ดำเนินการตรวจให้คะแนนชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

8. นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) ในขั้นนี้ครูจัดเตรียมสถานที่ หรือผู้แสดงผลงาน ให้นักเรียนนำผลงานแสดงต่อบุคคลทั่วไป

จากรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า มีขั้นตอนโดยสรุปคือ กระตุ้นความสนใจของนักเรียน การให้นักเรียนเลือกปัญหาสนใจ การร่วมกลุ่มทำงานเพื่อการแก้ปัญหาโดยวิธีการหลากหลาย และสร้างชิ้นงานนำเสนอ ทดสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ที่นักเรียนสร้างขึ้น และนำเสนอผลงานที่แก้ไขแล้ว ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ของโรเบิร์ต และคณะ (Robert and et al. 2013 : 22 - 27) ซึ่งมี 8 ขั้นตอน และมีความแตกต่างจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานทั่วไปคือ มีกระบวนการออกแบบชิ้นงานแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบและนำเสนอผลการออกแบบ แก้ไขชิ้นงานและประเมินชิ้นงาน สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ แนวทางสะเต็มศึกษา และขั้นตอนสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนตามปกติได้

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

คณารักษ์ โชติจันทิก (2548 : 9) ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความสามารถในการคิดได้กว้างไกลหลายแง่มุม ทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้และการแก้ปัญหาได้

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 61) สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นลักษณะความคิดเอกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม คิดได้กว้างไกล ซึ่งนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงการคิดค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จ ความคิดเอกนัย ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดละเอียดละออ

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีความคล้ายคลึงกันในแง่ของจุดประสงค์ในการคิดที่ต้องการให้เกิดความคิดที่ใหม่และเป็นประโยชน์ ซึ่งความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ มีดังนี้

ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 538) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาคิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง ดัดแปลงปรุงแต่งผสมผสานเป็นความคิดแปลกใหม่และมีคุณค่า ซึ่งประกอบด้วย ความคิด 3 ลักษณะ คือ

1. ความคิดคล่อง (Fluency) คือ ความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักวิทยาศาสตร์ในการตอบสนองต่อปัญหาหรือเหตุการณ์ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาจำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักการวิทยาศาสตร์มาปรับสภาพความคิด โดยการนำความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์มาจัดเป็นหมวดหมู่โดยใช้หลักเกณฑ์ที่หลากหลายมากที่สุด
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) คือ ความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักการวิทยาศาสตร์คิดตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือปัญหาโดยเป็นความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดของคนอื่นไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่เป็นความคิดที่คนอื่นคาดไม่ถึง

พิทซ์ และเซอร์ด (Piltz and Surd. 1968 : 6 - 8) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะเน้นที่ความคิดริเริ่ม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่และยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย

โมราวีดิก (Moravcdik. 1981 : 221 - 227; อ้างถึงใน ไพรินทร์ คำคำ. 2550 : 60 - 61) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นการคิดค้นหาความรู้ใหม่ ๆ อันเป็นการตอบสนองความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์ 2 ประการ คือ 1) สามารถเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี 2) ตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ ซึ่งพยายามที่จะรู้และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวได้

แมนเดน และคณะ (Madden and et al. 2013 : 541 - 546; อ้างถึงใน สมรัก อินทวิมลศรี. 2560 : 23) อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดแบบเอกนัย ซึ่งเป็นความคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งการหาทางแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความเป็นไปได้ มีองค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) ศึกษาได้จากจำนวนของคำตอบหรือการโต้ตอบของปัญหา
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ศึกษาได้จากจำนวนของประเภทหรือจำนวนของหมวดหมู่ของคำตอบหรือการตอบสนองที่แตกต่างกัน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) ศึกษาได้จากการตอบสนองหรือคำตอบที่มีความโดดเด่นเฉพาะตัว

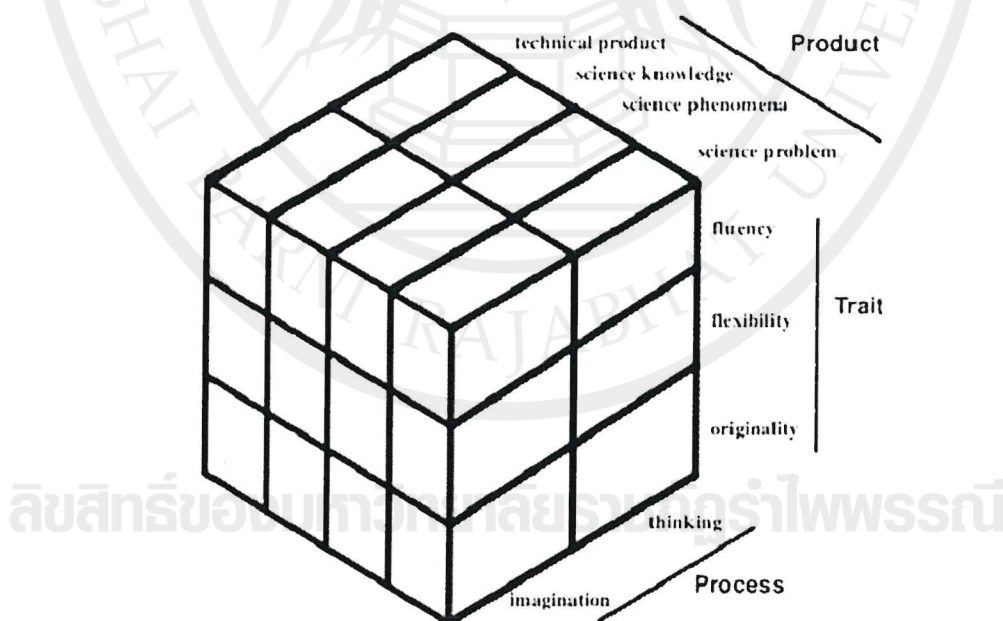
อayas และแซก (Ayas and Sak. 2014 : 195 - 205; อ้างถึงใน สมรค์ อินทวิมลศรี. 2560 : 23) ให้นิยามว่า ความสามารถในการคิดอย่างรวดเร็วหลากหลายแนวทาง มีความใหม่ เป็นประโยชน์ และใช้ความรู้วิทยาศาสตร์นำไปสู่การแก้ปัญหา การออกแบบหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง มีความสามารถในการคิดคำตอบสอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหา รวมถึงการตั้งสมมติฐานและการค้นพบปัญหา การแก้ปัญหา ได้จำนวนมาก ในเวลาที่จำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง มีความสามารถในการคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่หรือมีหลายแนวทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง มีความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหาซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ฮู และอเดย์ (Hu and Adey. 2002 : 391 - 392) ได้อธิบายโครงสร้าง The Scientific Structure Creativity Model (SSCM) โดยจากการวิเคราะห์เป็น 3 มิติ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 The Scientific Structure Creativity Model (SSCM)

จากภาพประกอบ 2 แสดงให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบที่ปรากฏมิติที่ 1 คุณลักษณะ คือ ความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม มิติที่ 2 กระบวนการคิดและจินตนาการ มิติที่ 3 ผลผลิตที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคทักษะในการผลิต ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏการณ์ที่แปลกใหม่ทางวิทยาศาสตร์ และปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สรุปโดยภาพรวมว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะทางปัญญาอย่างหนึ่งหรือความสามารถในการผลิตชิ้นงานหรือผลงาน ที่มีลักษณะเฉพาะและมีความแตกต่างจากที่มีอยู่เดิมโดยผลงานหรือชิ้นงานนั้นมีคุณค่าต่อบุคคลและต่อสังคมออกแบบด้วยการใช้ความคิดที่เฉพาะเจาะจงโดยใช้ข้อมูลที่ได้รับซึ่งจำกัดความโดยละเอียดของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มิได้หลายสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปเนื่องจากรวมถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์ การตั้งปัญหาหรือคำถามที่สร้างสรรค์ การหาแนวทางการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์และทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถชนิดหนึ่ง โครงสร้างของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เองไม่รวมถึงปัจจัยที่ไม่ใช่ทางปัญญา แม้ว่าปัจจัยที่ไม่ใช่ทางปัญญาอาจมีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ต้องขึ้นอยู่กับความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์
4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นการรวมกันของโครงสร้างแบบคงที่และโครงสร้างการพัฒนา
5. ความคิดสร้างสรรค์และปัญญาวิเคราะห์เป็นสองปัจจัยที่แตกต่างกันของฟังก์ชันเดียวที่มาจากความสามารถทางจิต

จากความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถสรุปความหมายได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะทางความคิดหรือความสามารถในการผลิตชิ้นงานหรือผลงาน ที่มีลักษณะเฉพาะและมีความแตกต่างจากที่มีอยู่เดิมที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค ทักษะในการผลิต ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏการณ์ที่แปลกใหม่ทางวิทยาศาสตร์ และปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีแนวทางการคิดการหาทางแก้ปัญหาที่หลากหลายเรียกว่า ความคิดยืดหยุ่น ความสามารถในการคิดอย่างรวดเร็วที่เรียกว่า คิดคล่อง และมีความใหม่ ที่เรียกว่าความคิดริเริ่ม ซึ่งเป็นประโยชน์และใช้ความรู้วิทยาศาสตร์นำไปสู่การแก้ปัญหา โดยมีกระบวนการคิดและจินตนาการ

แนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่า มีแนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ทอแรนซ์ (Torrances. 1988 : 355 - 370; อ้างถึงใน โสพล มีเจริญ . 2548 : 50 - 52) ศาสตราจารย์ ดร. อี พอล ทอแรนซ์ แห่งมหาวิทยาลัยจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งมีหลายรูปแบบทั้งแบบสำรวจ แบบทดสอบ สำหรับแบบทดสอบได้พัฒนาขึ้นภายในขอบเขตและเนื้อหาการศึกษาที่เน้นเฉพาะประสบการณ์ในห้องเรียน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์มีดังนี้

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively with Pictures) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข
2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively with Words) มี 2 แบบ คือ แบบ ก แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบ ข
3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking Creatively with Sounds and Words : Sounds and Images)
4. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและเคลื่อนไหว (Thinking Creatively in Action and Movement)

สำหรับในงานวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อเท่านั้น เพราะผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบด้วยแนวคิดย่อย 7 แนวคิด ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ตั้งคำถาม (Ask Question) ให้นักเรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุด เพื่อให้รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นมากที่สุด และคำถามนั้นต้องไม่เป็นคำถามที่สามารถตอบได้เพียงการดูรูปเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากความคิด

แนวคิดที่ 2 เดาหาสาเหตุ (Guess Causes) ให้นักเรียนเขียนสาเหตุให้มากที่สุดเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่แสดงในภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับแนวคิดที่ 1)

แนวคิดที่ 3 เดาผลที่เกิดขึ้นตามมา (Guess Effects) ให้นักเรียนเขียนผลที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากเหตุการณ์ในรูปภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับแนวคิดที่ 1)

แนวคิดที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product Improvement) จากรูปสเก็ตต์หรือของที่หาได้ทั่วไป ซึ่งเป็นภาพที่มีความสวยงามและน่าสนใจเป็นของเล่นที่นักเรียน ๆ ชอบให้นักเรียนเขียนรายการปรับปรุงของที่ดัดแปลงใหม่ให้ได้ดีที่สุด

แนวคิดที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ (Unusual Uses) ให้นักเรียนเขียนรายชื่อสิ่งที่น่าสนใจ และแปลกที่ใช้ประโยชน์ ในหัวข้อที่กำหนดให้ได้มาก

แนวคิดที่ 6 ให้นักเรียนคิดคำถามเกี่ยวกับ เช่น “เรื่องแสงและการมองเห็น” ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้นักเรียนพยายามคิดถึงคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่กำหนดไว้ในแง่ที่ไม่มีใครคิดถึง

แนวคิดที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุ โดยสร้างสถานการณ์ขึ้นมาสถานการณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้แต่ให้นักเรียนสมมติว่ามันจะเกิดขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น สมมติว่าก้อนเมฆมีเชือกผูกและปลายตรึงกับพื้นดิน อะไรจะเกิดขึ้น

นิวตัน (Newton. 2010 : 105 - 108) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีแนวทางวัดประเมินผล โดยสถานการณ์ที่เอื้อต่อการจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ที่แบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. สร้างสรรค์ในการสร้างสมมติฐาน (Creativity in the Hypothesis Space) การสร้างความเข้าใจและการสร้างคำอธิบาย
2. สร้างสรรค์ในการตรวจสอบหรือทดลอง (Creativity on the Experimental Space) การวางแผนเพื่อตรวจสอบหรือทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน
3. สร้างสรรค์ในการประยุกต์ (Creativity in the Application Space) การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา

อayas และแซก (Ayas and Sak. 2013 : 316 - 329) ได้เสนอแนวทางวัดประเมินผล ความคิดสร้างสรรค์ไว้ในเครื่องมือวัดประเมินผลชื่อ Creative Scientific Ability Test (C-SAT) โดยทดสอบกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งแบ่งการวัดออกเป็น 3 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน และการประเมินหลักฐาน แต่ละกระบวนการแบ่งองค์ประกอบการวัดได้ 2 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น โดยมีตัวอย่างและเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ข้อคำถามของเครื่องมือเป็นคำถามปลายเปิดทั้งหมด
2. เครื่องมือวัดแบ่งชุดคำถามเป็นทั้งหมด 5 ชุด ตัวอย่างชุดคำถาม 2 ชุด ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยา ได้แก่ คำถามการทดลองของแมลงวัน และคำถามของโซ้อาหาร

2.1 คำถามการทดลองเกี่ยวกับแมลงวัน (Fly Experiment) ใช้วัดองค์ประกอบความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น จากการสร้างสมมติฐานในเนื้อหาชีววิทยา โดยให้รูปภาพเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองเกี่ยวกับแมลงวันและให้นักเรียนสร้างสมมติฐานมาให้ได้มากที่สุดที่นักวิจัยสามารถนำสมมติฐานมาทดสอบได้

2.2 คำถามของโซ่อาหาร (Food Chain) ใช้วัดองค์ประกอบความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น จากการประเมินหลักฐานในเนื้อหาเรื่องระบบนิเวศ โดยให้รูปภาพโซ่อาหารและกราฟเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโซ่อาหารนั้น ๆ และให้นักเรียนคิดหาสาเหตุที่ทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

หยาง และคณะ (Yang and et al. 2016 : 16 - 23) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประเภทอัตนัย ประกอบด้วย ข้อคำถามปลายเปิด 7 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามที่ประเมินความคิดสร้างสรรค์แบบเอกนัย (Divergent Creativity) โดยมีตัวอย่างข้อถามดังนี้ “สมมติว่าไม่มีดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร” เกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์เดียวกับฮู และอะเดย์ (Hu and Adey. 2002 : 389 - 403) ซึ่งวัดได้ทั้งความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ได้ในข้อเดียวกัน

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

ทอเรนซ์ (Torrance. 1992 : 10 - 14) เชื่อว่า ความคิดคล่อง (Fluency), ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility), และความคิดริเริ่ม (Original Thinking) คือคุณลักษณะพิเศษสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ โดยได้อธิบายเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของความคิดริเริ่มที่สามารถสร้างขึ้นได้ ให้คะแนนจากจำนวนคำตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับข้อคำถามและคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน ภายในเวลาที่กำหนด โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน โดยที่เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- | | |
|--|------------------------------|
| 1.1 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 10 คำตอบขึ้นไป | ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก |
| 1.2 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 7 - 9 คำตอบ | ได้ 3 คะแนน ระดับดี |
| 1.3 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 4 - 6 คำตอบ | ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ |
| 1.4 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 1 - 3 คำตอบ | ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง |

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับเปลี่ยนทิศทางเพื่อไม่ให้ยึดติดกับวิธีการเดิม ๆ หลังจากรู้ว่าวิธีการนั้น ๆ ไม่มีประสิทธิภาพ ให้คะแนนจากจำนวนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 2.1 จำนวนกลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป | ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก |
| 2.2 จำนวนกลุ่มคำตอบ 4 - 5 กลุ่ม | ได้ 3 คะแนน ระดับดี |
| 2.3 จำนวนกลุ่มคำตอบ 2 - 3 กลุ่ม | ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ |
| 2.4 จำนวนกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม | ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง |

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การตีความในเชิงสถิติ กล่าวคือ ความคิดที่ไม่เหมือนใครซึ่งเกิดขึ้นเป็นบางโอกาสเท่านั้นในสัดส่วนประชากร จึงจะถือว่าเป็นความคิดริเริ่ม

ให้คะแนนจากการพิจารณาคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีความแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั้งห้อง

- 3.1 คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
 3.2 คำตอบที่มีผู้ตอบ 2 - 3 คน ได้ 3 คะแนน ระดับดี
 3.3 คำตอบที่มีผู้ตอบ 4 - 6 คน ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
 3.4 คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

ฮู และอเดย์ (Hu and Adey, 2002 : 389 - 403) ได้สร้างเกณฑ์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับ โมเดล โครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วัด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มด้วยแบบวัดประเภทเขียนตอบ ประกอบด้วย คำถาม 7 ข้อ ภายในเวลา 60 นาที โดยแต่ละข้อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้หลากหลาย ประกอบด้วย ข้อที่ 1 - 4 วัดได้ทั้ง 3 องค์ประกอบในข้อเดียว และข้อที่ 5 - 7 วัดได้ในองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม โดยข้อที่ 5 ใช้คำถามที่เน้นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 6 ใช้คำถามที่ทดสอบความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ และข้อที่ 7 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของฮูและอเดย์

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อที่ 1 - 4 วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม	คะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันของ องค์ประกอบทั้ง 3 โดยแต่ละองค์ประกอบคิด คะแนนได้ดังนี้
ข้อ 1. จงเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด	1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำ และมีความเป็นไปได้
ข้อ 2. ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลก และไปที่ดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด	2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือ แนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมี ความเป็นไปได้
ข้อ 3. จงคิดวิธีที่ทำให้จักรยานธรรมดาๆ คันหนึ่งมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น	3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของ คำตอบออกมาเป็นร้อยละ ดังนี้

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
และมีความสวยงามมากขึ้น จงเขียนให้ได้มากที่สุด	3.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน
ข้อ 4. สมมติว่าไม่มีแรงดึงดูดของโลก นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด	3.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่าง ร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน
	3.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน
ข้อที่ 5 ใช้คำถามที่เน้นการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม	คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็น ค่าร้อยละ ดังนี้
ข้อ 5 จงหาวิธีแบ่งสี่เหลี่ยม 1 รูปออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน จงวาดรูปลงในกระดาษคำตอบให้ได้มากที่สุด	1. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 3 คะแนน
	2. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมดคิดเป็น 2 คะแนน
ข้อที่ 6 ใช้คำถามที่วัดความสามารถในการ ทดลองเชิงสร้างสรรค์ Creative Experimental Ability) วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม	3. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมดคิดเป็น 1 คะแนน คะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการ รวมกันขององค์ประกอบทั้ง 2 โดยแต่ละ องค์ประกอบคิดคะแนนได้ดังนี้
ข้อ 6. มีกระดาษเช็ดหน้าอยู่ 2 แบบ นักเรียน จะตรวจสอบได้อย่างไรบ้าง ว่ากระดาษ เช็ดหน้าแบบใดดีกว่ากัน จงเขียนวิธีการให้ มากที่สุด พร้อมระบุเครื่องมือหลักการ และขั้นตอนการตรวจสอบ	3.1 ความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเต็ม 9 คะแนน จากคำตอบ 1 วิธีการที่ถูกต้อง คิดจากคะแนน เครื่องมือ 3 คะแนน คะแนนหลักการ 3 คะแนน และคะแนนขั้นตอน 3 คะแนน

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
	3.2 ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบของวิธีการออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้
	3.2.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 4 คะแนน
	3.2.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมดคิดเป็น 2 คะแนน
	3.2.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน
ข้อที่ 7 ทดสอบความสารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม	ให้นับจำนวนหน้าที่ของเครื่องแต่ละส่วนที่ไม่ซ้ำและให้คะแนนหน้าที่ละ 3 คะแนน
ข้อ 7. จงออกแบบเครื่องบรรจุแอปเปิ้ล 1 เครื่อง โดยวาดรูปพร้อมระบุชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของเครื่อง	

ที่มา : (Hu and Adey. 2002 : 389 - 403)

จากการศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่ามีแนวทางการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน คือ การวัดความคิดคล่อง การวัดความคิดยืดหยุ่น และการวัดความคิดริเริ่ม ส่วนที่แตกต่างกันคือ ข้อคำถามสามารถวัดและประเมินผลได้มากกว่า 1 องค์ประกอบในข้อคำถามเดียวกัน หรือประเมินแต่ละองค์ประกอบในแต่ละข้อคำถาม จากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยได้เลือกสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ ทอเรนซ์ ลักษณะข้อคำถามวัดความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่มเช่นเดียวกัน เกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์การให้คะแนนของทอเรนซ์ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนของความคิดริเริ่มที่สามารถสร้างขึ้นได้ ให้คะแนนจากจำนวนคำตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับข้อคำถามและคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน ภายในเวลาที่กำหนด โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน โดยที่เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1.1 ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 5 คำตอบขึ้นไป ภายในเวลาที่กำหนด เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ประกอบ ชัดเจน สมบูรณ์

1.2 ได้ 3 คะแนน ระดับดี จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 3 - 4 คำตอบ ภายในเวลาที่กำหนด เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนในบางประเด็น แต่ไม่สมบูรณ์

1.3 ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 2 คำตอบ ภายในเวลาที่กำหนด เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนในบางประเด็น แต่ไม่สมบูรณ์

1.4 ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 1 คำตอบ ภายในเวลาที่กำหนด เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนในบางประเด็น แต่ไม่สมบูรณ์

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับเปลี่ยนทิศทาง เพื่อไม่ให้ยึดติดกับวิธีการเดิม ๆ หลังจากรู้ว่าวิธีการนั้น ๆ ไม่มีประสิทธิภาพ ให้คะแนนจากจำนวนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน

2.1 ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก จำนวนกลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป เขียนรายละเอียด ชัดเจน มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิดประโยชน์ เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ ประกอบ ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับคนอื่น

2.2 ได้ 3 คะแนน ระดับดี จำนวนกลุ่มคำตอบ 4 - 5 กลุ่ม มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิดประโยชน์ โดยเกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ประกอบ ความคิดแปลกใหม่

2.3 ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ จำนวนกลุ่มคำตอบ 2 - 3 กลุ่ม มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิดประโยชน์ เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรัชญาการทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ประกอบ แต่ซ้ำกับคนอื่น

2.4 ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง จำนวนกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ไม่มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิดประโยชน์ ไม่มีเกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการ

ความรู้ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ประกอบ ไม่มีความคิดแปลกใหม่ซ้ำกับคนอื่น

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การตีความในเชิงสถิติ กล่าวคือ ความคิดที่ไม่เหมือนใครซึ่งเกิดขึ้นเป็นบางโอกาสเท่านั้นในสัดส่วนประชากร จึงจะถือว่าเป็นความคิดริเริ่ม ให้คะแนนจากการพิจารณาคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีความแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั้งห้อง

3.1 ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน มีรายละเอียดเกี่ยวข้องกับมีการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสม ชัดเจน มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น และแปลกใหม่

3.2 ได้ 3 คะแนน ระดับดี คำตอบที่มีผู้ตอบ 2 - 3 คน มีรายละเอียดเกี่ยวข้องกับมีการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นแต่ไม่แปลกใหม่

3.3 ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ คำตอบที่มีผู้ตอบ 4 - 6 คน มีรายละเอียดเกี่ยวข้องกับมีการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ มีแนวความคิดคล้ายกับแนวความคิดของผู้อื่นบ้าง แต่ไม่แปลกใหม่

3.4 ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป มีรายละเอียดโดยไม่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทักษะการผลิต การอธิบายหลักการความรู้ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ มีแนวความคิดคล้ายกับแนวความคิดของผู้อื่นบ้าง แต่ไม่แปลกใหม่

ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบจำนวนข้อคำถาม 12 ข้อ เพื่อให้คำถามแต่ละข้อใช้ในการวัดลักษณะความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่ม ได้ชัดเจน ข้อที่ 1 - 4 วัดความคิดคล่อง ข้อ 5 - 8 วัดความคิดยืดหยุ่น และข้อ 9 - 12 วัดความคิดริเริ่ม ดังภาคผนวก ก

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 295) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

ศิริชัย กาญจนวสี (2552 : 166) ได้นิยามว่า ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) เป็นผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา แบบทดสอบจึงเป็นแบบสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูได้จัดขึ้นเพื่อการเรียนรู้นั้น สิ่งที่มีจุดประสงค์เป็นสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งอาจเป็นความรู้หรือทักษะบางอย่าง อันบ่งบอกถึงสถานภาพของการเรียนรู้ที่ผ่านมา หรือสภาพการเรียนรู้ที่บุคคลนั้นได้รับจุดมุ่งหมายด้านพุทธิพิสัยของ Bloom

พินดา เอี่ยมบุญ (2553 : 29) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้ ความสามารถ ในการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้ว และวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ฮันเซน และพอส์ทเลนเวท (Husen and Postlethwaite. 1985 : 35; อ้างถึงใน พินดา เอี่ยมบุญ. 2553 : 29) ให้ความเห็นว่า ผลสัมฤทธิ์เป็นคำที่มีความหมายกว้างขวาง ซึ่งพอจะประมวลได้ว่าเป็นผลสะท้อน ของความรอบรู้และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดระหว่างที่ความรู้และทักษะกำลังพัฒนา

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าว สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ในงานวิจัยครั้งนี้ หมายถึง คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทางด้านความรู้ด้านวิชาการตามหลักการบลูม (Bloom. 1956 : 201) มีลำดับชั้น 6 ชั้น ซึ่งสามารถอธิบายดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุนได้ บอกชื่อได้ของข้อมูลหรือข้อสนเทศ
2. ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง มีความเข้าใจในการแปลความหมาย และสามารถอธิบายได้ เช่น สรุป อ้างอิง
3. การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง
4. วิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแวกคิดหลักที่ซับซ้อน ออกเป็นส่วน ๆ ให้เข้าใจง่าย เช่น เปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ การจัดการ
5. ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิเคราะห์ ตัดสินใจเลือก
6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผนผลิต

คอปเฟอร์ (Klopfer. 1971 : 574 - 580; อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์. 2542 : 295 - 304) ได้กล่าวถึง การประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ประทุม อัทธู (2547 : 3) กล่าวว่า การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ให้ครอบคลุมทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ หรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ - ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง หลักการ และทฤษฎี
2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบ หรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม
3. ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการคิด และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดทางสมอง

จากการศึกษาการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ทางด้านความรู้ด้านวิชาการพบว่า มีการวัดโดยทั่วไปที่คล้ายคลึงกันของนักวิชาการหลายท่านคือ การวัด ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ ในงานวิจัยครั้งนี้จัดทำแบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทางด้านความรู้ด้านวิชาการตามหลักการบลูม (Bloom. 1956 : 201) จำแนกการวัดผลสัมฤทธิ์ 6 ระดับ ที่ปรับปรุงใหม่ ได้แก่ 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมินค่า และ 6) คิดสร้างสรรค์

คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จำนง พรายแย้มแข (2531 : 29 - 30) และพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2538 : 41 - 45) ได้สรุปว่าแบบทดสอบ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรประกอบด้วยลักษณะสำคัญต่อไปนี้

1. มีความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถทำหน้าที่วัดสิ่งที่เขาต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ตรงตามจุดมุ่งหมาย สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและครอบคลุมพฤติกรรม

ตรงตามที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในเนื้อหาแต่ละหน่วยได้อย่างครบถ้วน

2. มีความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถให้ผลคงที่ไม่ว่าจะนำไปสอบวัดกี่ครั้งก็ตาม

3. ความเป็นปรนัย (Objectivity) คือ มีคุณสมบัติ 3 ประการ ต่อไปนี้

3.1 คำถามมีความชัดเจนเข้าใจตรงกัน

3.2 ต้องตรวจให้คะแนนตรงกัน คือ มีมาตรฐานการให้คะแนนชัดเจน ทำให้ผู้ตรวจไม่ว่าใครก็ตามตรวจให้คะแนนตรงกัน

3.3 การแปลความหมายแบบตรงกัน กล่าวคือ คะแนนที่ได้บอกสถานภาพของผู้สอบได้ตรงกัน

3.4 มีความลึก (Searching) หมายถึง คำถามจะไม่ถามแต่เพียงความรู้ความจำตามตำราหรือถามที่ครูสอน แต่ต้องให้นักเรียนนำความรู้ไปวิเคราะห์ วิจัย และใช้ในสถานการณ์จริง ๆ

3.5 มีความยุติธรรม (Fairness) หมายถึง ข้อคำถามของข้อสอบนั้น จะต้องไม่มีช่องทางแนะให้นักเรียนฉลาดใช้ไหวพริบในการเอาได้ถูก และไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนเกียจคร้านตอบได้ นั่นคือ ข้อสอบต้องครอบคลุมทั้งเนื้อหาวิชา และสมรรถภาพสมอง

3.6 มีลักษณะกระตุ้นเป็นแบบอย่างที่ดี (Exemplary) หมายถึง ข้อสอบต้องประกอบด้วยคำถามที่จะสร้างเป็นแบบอย่างที่ดีให้แก่ นักเรียน ไม่ควรถามสิ่งที่เป็นตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมไม่ควรปฏิบัติ

3.7 มีอำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ข้อสอบนั้นสามารถแยกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนออกจากกันได้จริง

3.8 มีความยาก (Difficulty) พอเหมาะ คือ ข้อสอบนั้นจะต้องไม่ยากเกินไปและง่ายเกินไป ผลการทดสอบโดยเฉลี่ยควรเท่ากับหรือสูงกว่า 50 ของคะแนนเต็มเล็กน้อย

3.9 มีลักษณะเฉพาะเจาะจง (Definite) คือ ตั้งคำถามและคำตอบที่มุ่งถามเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างชัดเจน ไม่กำกวม ไม่ถามแบบครอบคลุม

3.10 มีประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ สามารถให้คะแนนเที่ยงตรง และเชื่อถือได้มากที่สุดภายในเวลาที่สอบน้อยที่สุด ใช้แรงงาน และเงินทุนน้อยที่สุดด้วย

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องวัดให้ครอบคลุมพฤติกรรมทุก ๆ ด้าน ทั้ง ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ซึ่งการวัดแบ่งตามจุดมุ่งหมายและเนื้อหาวิชาได้ 2 ลักษณะ คือ วัดการปฏิบัติและวัดด้านเนื้อหา

ชวาล แพร์ตกุล (2540 : 123 - 136) กล่าวถึง แบบทดสอบที่ดีไว้ 10 ประการ คือ

1. ต้องเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณสมบัติที่จะทำให้ผู้ใช้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ เป็นแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูง และเป็นแบบทดสอบที่สามารถทำหน้าที่วัดสิ่งที่เราต้องการวัด ได้อย่างถูกต้อง

2. ต้องยุติธรรม (Fair) คือ โจทย์คำถามทั้งหลายไม่มีช่องทางแนะนำให้นักเรียนเดา คำตอบได้ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนเกียจคร้านทำข้อสอบได้ดี

3. ต้องถามลึก (Searching) คือ วัดความลึกซึ่งของวิทยาการตามแนวตั้งมากกว่า ที่จะวัดตามแนวกว้างว่ารู้มากเท่าไร

4. ต้องช่วยเป็นเยี่ยงอย่าง (Exemplary) คือ คำถามมีลักษณะท้าทาย ชักชวนให้คิด นักเรียนสอบแล้วมีความอยากรู้อะไรให้กว้างขึ้น

5. ต้องจำเพาะเจาะจง (Definite) คือ เมื่อนักเรียนอ่านคำถามแล้วต้องเข้าใจแจ่มชัดว่า ครุถามถึงอะไร หรือให้คิดอะไร ไม่ตามคลุมเครือ

6. ต้องเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง คุณสมบัติ 3 ประการ คือ

6.1 แจ่มชัดในความหมายของคำถาม

6.2 แจ่มชัดในวิธีตรวจหรือมาตรฐานการให้คะแนน

6.3 แจ่มชัดในการแปลความหมายของคะแนน

7. ต้องมีประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ สามารถให้คะแนนที่เที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุด ภายในเวลา แรงงานและเงินที่น้อยที่สุด

8. ต้องยากพอเหมาะ (Difficulty)

9. ต้องมีอำนาจจำแนก (Discrimination) คือ สามารถแยกนักเรียนออกเป็นประเภท ๆ ได้ทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดจนถึงเก่งสุด

10. ต้องเชื่อถือได้ (Reliability) คือ ข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่แน่นอน ไม่แปรผัน

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2555 : 228) กล่าวไว้คุณภาพของเครื่องมือวิจัย พิจารณาได้จาก คุณลักษณะดังนี้

1. ความตรง (Validity)

2. ความเที่ยง (Reliability)

3. ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination)

4. ความเป็นปรนัย (Objectivity)

5. ความไว (Sensitivity)

6. ความเป็นมิติเดียว (Uni dimensionality)

7. ความง่ายในการใช้ (Simplicity)

จากลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต้องวัดผลได้ถูกต้องตรงกับจุดมุ่งหมายมีความเที่ยงตรงในการใช้คำถามชัดเจนครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ สามารถแยกแยะความสามารถของนักเรียนได้ และมีความยากง่ายพอเหมาะ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choices) มี 4 ตัวเลือก การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือดำเนินการได้ 2 ลักษณะ คือ การตรวจสอบก่อนนำไปใช้ทดลอง (Try Out) และการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นหลังจากการนำไปทดลองใช้ ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยจะตรวจสอบคุณภาพในเรื่องต่อไปนี้

1. ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
2. ความเที่ยง (Validity)
3. ความเชื่อมั่น (Reliability)
4. อำนาจจำแนก (Discriminant)
5. ความยาก (Difficulty)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

แคทลีน (Catherine. 2012 : 30 - 39) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์แบบสะเต็มศึกษากับโรงเรียนที่ทำการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปในสหรัฐอเมริกา ศึกษาโดยการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และบันทึกผล จากแบบทดสอบมาตรฐานแห่งชาติ การสัมภาษณ์พบว่า โรงเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษา แม้จะมีลักษณะการสอนที่หลากหลายรูปแบบแตกต่างกัน แต่ก็มุ่งเน้น เนื้อหาและการนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าโรงเรียนที่ไม่ได้รับการสอนแบบ STEM

แฮน และคณะ (Han and et al. 2014 : 1089 - 1113) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่าส่งผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร โดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้การบูรณาการสะเต็มผ่านการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานมาก่อนหน้านี้และมีการปรับปรุงทุก ๆ 6 เดือนตลอดระยะเวลา 3 ปี อีกทั้งครูผู้สอนยังได้เข้าร่วมรับการพัฒนาสู่การเป็นครูมืออาชีพทางด้านสะเต็มอีกด้วย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบสะเต็มร่วมกับ

การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และยังส่งผลให้ช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย

เอิร์น โดแกน และคณะ (Erdogan and et al. 2016 : 2139 - 2154) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่าส่งผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างไร กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 565 คน จากโรงเรียนมัธยม 3 โรงเรียนในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐฯ โดยโรงเรียนแรกมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ร่วมกับสะเต็มศึกษาอย่างเข้มข้น โรงเรียนที่สองมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง และโรงเรียนที่สามแทบจะไม่มีกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาเลย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนแรกแตกต่างจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนที่สองและสามอย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยในประเทศ

เรวดี รัตนวิจิตร (2555 : 58) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ รายวิชาคอมพิวเตอร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ราวรรณ ทิลาพันธ์ (2558 : 1) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 22 คน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ศรายุทธ ชาญนคร และคณะ (2558 : 1871) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง บรรยากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นจาก 66.97 เป็น 111.5

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม, กัญญารัตน์ โจร (2559 : 464) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับโครงการเป็นฐาน พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับ การเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานนักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 75 ตามเป้าหมายที่กำหนด

ประกายฉัตร ขวัญแก้ว, พัชรา วาณิชวสิน, สุตitech สิริพิพัฒนกุล (2559 : 1 - 6) ได้ศึกษา ผลของการจัดการเรียนรู้แบบ โครงการเป็นฐาน Project-based Learning (PjBL) ที่มีต่อความคิด สร้างสรรค์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาการเลขานุการพบว่า คุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หลังจากได้รับการ พัฒนา คุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ใน ระดับปานกลาง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เกิดการพัฒนาทางด้านความคิด สร้างสรรค์ จากการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นฐาน

น้ำเพชร กะการดี (2560 : 58) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบ สะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อาทิตยา ภูมิคอนสาร, กมล พลคำ, นุกูล กุดแกลง (2560 : 857 - 863) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ แนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เสี่ยงกับการไต่ยีน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ (E1/E2) มีค่าเท่ากับ 77.98/76.22 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่องเสี่ยงกับการไต่ยีน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเมื่อเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 75 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง เสี่ยงกับการไต่ยีน มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี

ภาณุวัฒน์ พันชนกกุล (2561 : 91) ได้ศึกษา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นฐานที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และมีความคิดสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพและมีความคิดสร้างสรรค์ที่ดี

อนัญลักษณ์ ลีละสรชัย, ชานาญ ปาณาวงษ์ และวาริรัตน์ แก้วอุไร (2561 : 165 - 181) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ โครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ โครงงานตามแนวคิด สะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน เป็นฐาน และสะเต็มศึกษา ซึ่งมีพื้นฐานเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาส ให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้าลงมือปฏิบัติตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถของตนเอง ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานยังเป็นการพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ในหลักการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ ทักษะ การทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งตรงกับแนวทางของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีแนวทางการจัด การศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการ ดำเนินชีวิต และการทำงานบูรณาการสะเต็มศึกษากับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียน ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการบูรณาการสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์กับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสร้างการมีส่วนร่วม ในการแก้ปัญหาที่แท้จริง นักเรียนเรียนรู้ที่จะสะท้อนถึงการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหา สนับสนุน สร้างการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน เป็นฐานและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี