



รายงานผลงานการวิจัยในชั้นเรียน

เรื่อง

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ และพัฒนาความสามารถ
ในการสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการคิดผลิตภาพ
ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
จังหวัดระยอง

โดย

นางสาววชิรญาณ์ ตันกันยา
ตำแหน่ง ครูชำนาญการ

วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

รายงานผลงานการวิจัยในชั้นเรียน

เรื่อง

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ และพัฒนาความสามารถ
ในการสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการคิดผลิตภาพ
ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
จังหวัดระยอง

โดย

นางสาววชิรญาณ์ ตันกันยา
ตำแหน่ง ครูชำนาญการ

วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการคิดผลิตภาพ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง
ผู้วิจัย	นางสาววชิรญาณ์ ตันกันยา
หน่วยงาน	วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
ปีการศึกษา	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จำนวน 35 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 5 แผน รวม 18 ชั่วโมง 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และ 3) แบบประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคำแนะนำ ชี้แนะจากท่านผู้อำนวยการ ท่านรองผู้อำนวยการ และหัวหน้างานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ที่ส่งเสริมสนับสนุนให้คำแนะนำในการทำการวิจัยในชั้นเรียน เพื่อนำข้อมูลจากผลการวิจัยมาพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิผลต่อนักเรียนภายในสถานศึกษาต่อไป

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากรายงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศเพื่อประโยชน์แก่สถานศึกษา คณะครู อาจารย์ เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ และบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรต่อไป

วชิรญาณ ตันกันยา

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	
กิตติกรรมประกาศ.....ง	
สารบัญตาราง.....ช	
สารบัญภาพ.....ซ	
บทที่ 1 บทนำ.....1	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1	
วัตถุประสงค์การวิจัย.....5	
กรอบแนวคิดการวิจัย.....6	
สมมติฐานการวิจัย.....6	
ขอบเขตการวิจัย.....6	
นิยามศัพท์เฉพาะ.....7	
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8	
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....9	
เอกสารเกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์.....9	
รูปแบบการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์.....20	
การสร้างแบบจำลอง.....23	
การคิดผลิตภาพ.....34	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....51	
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....54	
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....54	
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....54	
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....59	
การวิเคราะห์ข้อมูล.....60	
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....62	
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลข้อมูล.....63	
ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน.....63	
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน.....64	

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	65
สรุปการวิจัย.....	65
อภิปรายผล.....	67
ข้อเสนอแนะ.....	70
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก.....	76
ก คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองและคะแนนความสามารถ ในการคิดผลิตภาพ.....	77
ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง.....	81
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS และ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยคะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS	
ค ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับ.....	85
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพด้านการสังเกต (Rubric)	46
ตารางที่ 2.2 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน.....	47
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน.....	63
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน.....	64

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการทำโครงการประเภทสำรวจ.....	21
ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำโครงการประเภททดลอง.....	22

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษานี้ว่ามีความสำคัญมากต่อการพัฒนาบุคลากรตลอดจนไปถึงเป็นพื้นฐานของการพัฒนาส่วนอื่น ๆ ด้วย เพราะไม่ว่าจะทำการพัฒนาส่วนใดต้องเริ่มมาจากการพัฒนาคนเสียก่อน ดังนั้นการพัฒนาคนสามารถทำได้หลาย ๆ รูปแบบ อย่างที่สำคัญที่สุดของการพัฒนาคนคือการให้การศึกษา ดังนั้นการพัฒนาประเทศต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาคนโดยต้องคำนึงถึงการศึกษาเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศที่ก้าวล้ำนำโลกไปมาก การศึกษาก็ต้องพัฒนาไปให้ทันกับโลก ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาประเทศให้ก้าวข้ามจากประเทศที่เน้นอุตสาหกรรมเบาไปสู่ประเทศที่เน้นอุตสาหกรรมหนักหรือโมเดลไทยแลนด์ 4.0 เนื่องจากปัญหาในประเทศที่ต้องเผชิญกับการเป็นประเทศที่มีรายได้เฉลี่ยในระดับปานกลาง ทำให้เกิดช่องว่างความเหลื่อมล้ำของเศรษฐกิจภายในประเทศ ทำให้ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ซึ่งจะเน้นระบบเศรษฐกิจที่ต้องขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม โดยเน้นการเปลี่ยนผ่านใน 4 องค์ประกอบใหญ่ที่สำคัญ คือ 1. เปลี่ยนจากเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องในการจัดการ 2. พัฒนาระบบเศรษฐกิจ SMEs ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น 3. ภาคบริการที่สร้างมูลค่าต่ำไปสู่การสร้างที่มีมูลค่าสูงขึ้น 4. การพัฒนาทักษะแรงงานให้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญสูงขึ้น (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2559) รวมถึงการกำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี โดยมีระยะเวลาดังแต่ปี 2560-2579 ที่มุ่งเน้นยุทธศาสตร์ด้านความมั่นคงในด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ด้านการพัฒนาและส่งเสริมศักยภาพคน ความเสมอภาคเท่าเทียมกันทางสังคม สร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และปรับสมดุลโดยพัฒนาระบบการบริหารจัดการของภาครัฐ (สฤณี อาชวานันทกุล, 2561)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) หมายถึง การเรียนรู้ที่จัดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้นักเรียนเหมือนกับการทำงานในชีวิตจริงอย่างมีระบบ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ใช้วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล ได้ออกแบบประดิษฐ์ชิ้นงาน ทำการทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพ ได้พิสูจน์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง รู้จักวางแผนการทำงาน ฝึกการเป็นผู้นำ ผู้ตาม ตลอดจนได้พัฒนาระบบการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้น นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ การฟัง และการสังเกตจากผู้รู้

โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงานและจัดแสดงผลงานที่เป็นรูปธรรม นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สมรรถนะที่สำคัญของนักเรียนและคุณลักษณะต่าง ๆ สอดคล้องกับหลักพัฒนาการคิดของ Blooms ทั้ง 6 ชั้นคือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการคิดสร้างสรรค์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ)

นับตั้งแต่มีกระแสของการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสำหรับศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน หรือ Project-Based Learning (PBL) ก็ได้รับความสนใจและกล่าวถึงในวงการ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างกว้างขวาง โดยนักการศึกษาอ้างว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานนั้นสอดคล้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 หากผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานก็จะได้รับการส่งเสริมพัฒนาทักษะในหลายด้าน อาทิ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ผู้เรียนจะได้รับการส่งเสริมให้มีทักษะการ คิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา ทักษะเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสาร การสื่อสารและเทคโนโลยี (Information, Media, and Technology Skills) ผู้เรียน จะสามารถเข้าถึงและจัดการกับข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ และสามารถทำการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทักษะชีวิตและการประกอบอาชีพ (Life and Career Skills) ผู้เรียนจะสามารถทำงานเป็นทีม มีภาวะผู้นำ และมีความรับผิดชอบ (เทพกัญญา พรหมชาติแก้ว ,2557) ในยุคที่โลกที่มีการแข่งขันสูงการศึกษาวิทยาศาสตร์นับเป็นปัจจัยลำดับต้น ๆ ที่ควรได้รับการพัฒนา และจาก การศึกษาพบว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพสามารถ ช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้ เช่น ช่วยพัฒนาทักษะ การคิดระดับสูง การแก้ปัญหา รวมทั้งการสื่อสารและความร่วมมือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าจัดการเรียนรู้ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งส่งเสริมให้มีการฝึกปฏิบัติ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการ ศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพมีความสำคัญอย่างมากใน การช่วยเพิ่มทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการยกระดับคุณภาพการ ศึกษาและเพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้น เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หลักสูตร การพัฒนาศักยภาพครูและการจัดการเรียนรู้ เป็นปัจจัยลำดับแรก ๆ ที่ควรให้ความสำคัญ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ ,2556)

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จึงกำหนดเป็นนโยบาย หลักในการขับเคลื่อนสู่สถานศึกษา โดยการจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนร่วมกันศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้สืบค้น เพิ่มทักษะ

การคิดและการพึ่งพาตนเอง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ของตนเอง แสดงออกถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้และความคิด สร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การฝึกฝนทักษะ การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และความเป็นประชาธิปไตย กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย การ กำหนดประเด็นปัญหา การกำหนดวิธีหาคำตอบ และการสรุปองค์ความรู้จากโครงงาน (หน่วย ศึกษาพิเศษ, 2556)

การสร้างแบบจำลอง เป็นการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ แผนผัง สิ่งของ รวมทั้งการนำเสนอข้อมูลหรือแนวคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ ในรูปแบบจำลองต่างๆ เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ 6 ทักษะ ซึ่งประกอบด้วย 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) ทักษะการทดลอง 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล 6) ทักษะการสร้างแบบจำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ,สสวท.2561)

การคิดผลิตภาพ เป็นกระบวนการทางสมองของคนที่กำลังเกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนจากเห็นภาพนั้นในสมองและนำภาพนั้นออกมาเป็นรูปธรรมได้ รูปธรรมนี้อาจจะเป็นความคิดก็ได้ งานวิชาการก็ได้ สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ก็ได้ แต่ต้องเป็นรูปธรรมของความคิดที่ชัดเจนสื่อต่อคนอื่นได้ (ไพฑูรย์ ลิลารัตน์,2560) ความสามารถในการคิดที่เป็นที่ต้องการในสังคมไทยในปัจจุบันและโลกในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นความสามารถในการคิดที่ทำให้ได้ผลผลิตที่เป็นรูปธรรม จำต้องได้การคิดผลิตภาพมีพื้นฐานมาจากแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ (John Dewy) ที่รู้จักกันดี คือ Learning by doing และสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎี Constructionism ของซีมัวร์ แพเพิร์ต (Seymour Papert) ที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบ Learning by making เมื่อ 20 กว่าปีมาแล้ว (Harel and Papert,1991) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาในอนาคตควรให้ความสำคัญและส่งเสริมการคิดผลิตภาพอย่างจริงจัง ในการส่งเสริมการคิดผลิตภาพในสถานศึกษา สามารถดำเนินการได้เป็น 3 ประการหลักคือ การนำเครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพมาใช้ ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) และการจัดบรรยากาศและแหล่งเรียนรู้ (ไสว พักขาว,2558)

วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง เป็นสถานศึกษาที่จัดการเรียนการสอนระบบทวิภาคีซึ่งจัดการเรียนการสอนร่วมกับสถานประกอบการ มุ่งเน้นผลิตและพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะอาชีพอย่างมีคุณภาพและศักยภาพนำไปสู่ตลาดแรงงานภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการพัฒนาประเทศชาติให้ก้าวหน้ายั่งยืน รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะชีวิต เป็นพื้นฐานความรู้ของการเรียนวิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาเรียนรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันบูรณาการเข้ากับการทำงานในสถานประกอบการ

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า หรือปฏิบัติงานตามหัวข้อที่ผู้เรียนสนใจ ซึ่งผู้เรียน จะต้องฝึกกระบวนการทำงานอย่างมีขั้นตอน มีการวางแผนในการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จนการดำเนินงานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ อย่างหลากหลาย อันเป็นประสบการณ์ตรงที่มีคุณค่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ ได้

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสามารถสอนต่อเนื่องกับวิธีสอนแบบบูรณาการได้ ทั้งในรูปแบบบูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้และบูรณาการ ระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาบูรณาการเพื่อทำโครงงาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1) ขั้นการคิดและเลือกหัวข้อในการทำโครงงานโดยกำหนดปัญหา หรือสำรวจความสนใจ ผู้สอนเสนอสถานการณ์หรือตัวอย่างที่เป็นปัญหา และกระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือช่วยให้ผู้เรียนมีความต้องการใคร่เรียนใคร่รู้ ในเรื่องใด เรื่องหนึ่ง 2) ขั้นจัดทำเค้าโครงการทำโครงงาน วางแผนและวิเคราะห์โครงงาน ให้ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งเป็นโครงงานเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้ แล้วเสนอแผนการดำเนินงานให้ผู้สอนพิจารณาให้คำแนะนำช่วยเหลือและข้อเสนอแนะการ วางแผนโครงงานของผู้เรียน ผู้เรียนเขียนโครงงานตามหัวข้อซึ่งมีหัวข้อสำคัญ (ชื่อโครงงาน หลักการและเหตุผลวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมาย เจ้าของโครงการที่ปรึกษาโครงการ แหล่ง ความรู้ สถานที่ ดำเนินการ ระยะเวลาดำเนินการ งบประมาณ วิธีดำเนินการ เครื่องมือที่ใช้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ) 3) ขั้นการลงมือทำโครงงาน ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนดไว้โดยมี ผู้สอนเป็นที่ปรึกษาคอยสังเกต ติดตาม แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักสังเกต เก็บรวบรวมข้อมูล บันทึก ผลดำเนินการด้วยความมานะอดทน มีการประชุมอภิปราย ปรึกษาหารือกันเป็นระยะ ๆ ผู้สอน จะเข้าไปเกี่ยวข้องเท่าที่จำเป็น ผู้เรียนเป็นผู้ใช้ความคิด ความรู้ ในการวางแผนและตัดสินใจทำด้วยตนเอง 4) ขั้นการจัดทำรายงานโครงงาน เมื่อผู้เรียนทำงานตามแผนและเก็บข้อมูลแล้วต้องทำการ วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและเขียนรายงานเพื่อนำเสนอผลงาน 5) ขั้นการนำเสนอผลงาน อาจจัดได้หลาย รูปแบบ เช่น จัดนิทรรศการ การแสดงละคร อาจมีแผนภูมิ แผนภาพ กราฟ แบบจำลอง หรือของจริงประกอบการนำเสนอ ฯลฯ ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

- 1) เป็นการสอน ที่มุ่งให้ผู้เรียนมีบทบาท มีส่วนร่วมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ได้ปฏิบัติจริงคิดเองทำเองอย่างละเอียดรอบคอบ อย่างเป็นระบบ
- 2) ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาข้อมูล สร้างองค์ความรู้และสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง
- 3) ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา มีทักษะกระบวนการในการทำงาน มีทักษะการเคลื่อนไหวทางกาย
- 4) ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ ทำงานร่วมกันกับผู้อื่นได้
- 5) ฝึกความเป็นประชาธิปไตย คือการรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีเหตุผล มีการยอมรับในความรู้ความสามารถซึ่งกันและกัน
- 6) ผู้เรียนได้ฝึกลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงาน เช่น การจดบันทึกข้อมูล การเก็บข้อมูลอย่างเป็น ระบบ ความรับผิดชอบ ความซื่อตรง ความเอาใจใส่ ความขยันหมั่นเพียรในการทำงาน รู้จักทำงานอย่างเป็นระบบ ทำงานอย่างมีแผนใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
- 7) ผู้เรียนเกิดความคิดริเริ่ม

สร้างสรรค์ และสามารถนำความรู้ ความคิด หรือแนวทางที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิต หรือในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

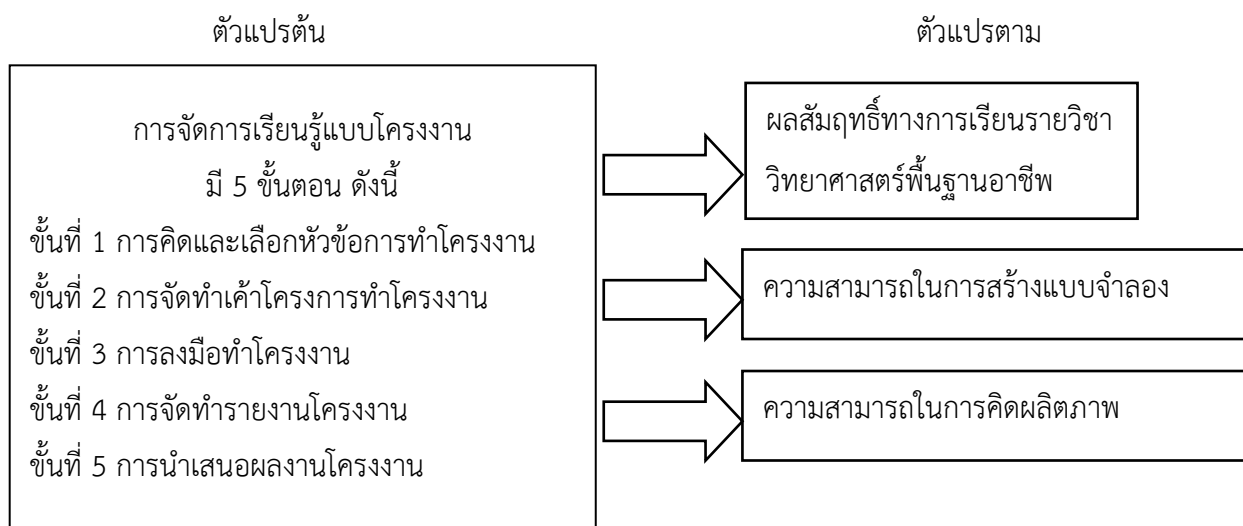
จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะชีวิต ที่เป็นรายวิชาพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ หมวดสมรรถนะแกนกลาง ของนักเรียนระดับ ประถมศึกษาปีที่ ๖ วิชาชีว เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ โดยเฉพาะความขั้นบูรณาการทักษะการสร้างแบบจำลองเพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจรวมทั้งการนำเสนอข้อมูลหรือแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่างๆ โดยเน้นความสามารถในการวัด 4 ด้าน ดังนี้ คือ 1) วางแผนการออกแบบจำลอง 2) การสร้างแบบจำลอง 3) ลักษณะของแบบจำลองสัมพันธ์กับข้อมูล 4) การสื่อความหมายของแบบจำลอง (สสวท.2561) รวมทั้งผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของการคิดเป็นสำคัญ เนื่องจากการคิดเป็นพื้นฐานของการพัฒนาในด้านต่างๆ โดยเฉพาะความสามารถในการคิดผลิตภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่นำเอาความรู้ที่มีเปลี่ยนเป็นผลผลิตที่เป็นรูปธรรมของความคิดที่ชัดเจนสื่อต่อคนอื่นได้ (ไพฑูรย์ สีนลรัตน์,2560) รวมทั้งจากการศึกษางานวิจัยของพลวิชญ์ อังสวัสดิ์ (2560) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ ๖ วิชาชีว ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ ๖ วิชาชีว ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
- 2.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ ๖ วิชาชีว ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาหลักสูตร ทฤษฎี เนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และงานวิจัยที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวคิดในการวิจัย สามารถสรุปได้ดังภาพ



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย โดยใช้เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 หน่วย วิชาวิทยาศาสตร์

5.2 ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

5.2.1 ประชากร เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 23 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 451 คน จัดนักเรียนเข้าชั้นเรียนแบบคละความสามารถ

5.2.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน 35 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม

5.3 ขอบเขตด้านตัวแปร

5.3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

5.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ
- 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
- 3) ความสามารถในการคิดผลิตภาพ

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based instruction) หมายถึง การเรียนรู้ที่จัดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้แก่ผู้เรียนเหมือนกับการทำงานในชีวิตจริงอย่างมีระบบ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล ได้ทำการทดลองได้พิสูจน์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง รู้จักการวางแผนการทำงาน ฝึกการเป็นผู้นำ ผู้ตาม ตลอดจนได้พัฒนากระบวนการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง และการประเมินตนเอง โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัวผู้เรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ การฟัง และการสังเกตจากผู้รู้ โดยผู้เรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงาน และได้ผลการจัดกิจกรรมเป็นผลงานแบบรูปธรรม ตามขั้นตอนการดำเนินงานกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มี 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อการทำโครงงาน

ขั้นที่ 2 การจัดทำเค้าโครงการทำโครงงาน

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน

ขั้นที่ 4 การจัดทำรายงานโครงงาน

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลงานโครงงาน

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ หมายถึงความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และประเมินเป็นระดับผลการเรียน

6.3 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึงความสามารถในการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจรวมทั้งการนำเสนอข้อมูลหรือแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่างๆ โดยเน้นความสามารถในการวัด 4 ด้าน ดังนี้ คือ

- 1) วางแผนการออกแบบจำลอง
- 2) การสร้างแบบจำลอง
- 3) ลักษณะของแบบจำลองสัมพันธ์กับข้อมูล
- 4) การสื่อความหมายของแบบจำลอง

6.4 ความสามารถในการคิดผลิตภาพ คือ ความสามารถของนักเรียนในการผลิตผลงาน โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ในตนเอง และประสบการณ์ที่ได้พบจากการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน ผลิตเป็นผลงานต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมหรือเชิงประจักษ์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้เชิงผลิตภาพ ประเมิน จากแบบประเมิน ซึ่งสร้างจากโครงสร้างลักษณะของคนที่มีการคิดผลิตภาพ 7 ประการ คือ

- 1) เป็นคนช่างสังเกต
- 2) เป็นคนคิดต่อเนื่อง
- 3) เป็นคนมองเห็นแนวทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ
- 4) เชื่อมโยงกับผลผลิต
- 5) คิดแล้วทำทันที
- 6) คิดให้ตลอดมุ่งทำให้สำเร็จลุล่วง
- 7) พร้อมรับการทดสอบ และคำแนะนำ

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 เป็นแนวทางของครูในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองและความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียน ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7.2 ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นอื่นๆได้

7.3 เป็นแนวทางในการสร้างผลงาน ประดิษฐ์ คิดค้น ความรู้ใหม่ ๆ และสร้างสรรค์ผลงานทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์
2. รูปแบบการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์
3. การสร้างแบบจำลอง
 - 3.1 ความหมายของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 ประเภทของแบบจำลอง
 - 3.3 การสร้างแบบจำลอง
 - 3.4 ลักษณะของแบบจำลองที่ดี
 - 3.5 การใช้แบบจำลองในการเรียนการสอน
 - 3.6 แนวทางการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการสร้างแบบจำลอง
4. การคิดผลิตภาพ
 - 4.1 ความเป็นมา ความหมายและองค์ประกอบของการคิดผลิตภาพ
 - 4.2 ขอบเขตและคุณค่าของการคิดผลิตภาพ
 - 4.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดผลิตภาพ
 - 4.4 แนวทางการสร้างบรรยากาศและการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพ
 - 4.5 แนวทางการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. เอกสารเกี่ยวกับโครงการวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์

โครงการวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ให้ความสนใจ ซึ่งมีสถาบันการศึกษา และนักการศึกษาต่างๆ ได้ให้ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2540) ได้ให้ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การศึกษาเพื่อค้นพบข้อความใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ด้วยตนเองของผู้เรียนเอง โดยใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์อันประกอบด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเป็น ผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบของการเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ โดยมีครู อาจารย์และผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา

สมชัย โกมล (2543) ได้ให้ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ว่า โครงการวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวทางการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งเกี่ยวกับเนื้อหา สารต่างๆ ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ และศึกษา ความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยกระบวนการแสวงหาความรู้ต่างๆ ภายใต้การแนะนำ ปรึกษาและการดูแลของ ครู ผู้เชี่ยวชาญอาจใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆช่วยในการศึกษาค้นคว้า เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

ลัดดา ภูเกียรติ (2544) ได้สรุปความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ว่า เป็นวิธีการการ เรียนรู้ที่เกิดจากความสนใจใคร่รู้ของผู้เรียน ที่อยากจะศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลายสิ่งที่สงสัย และอยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้งชัดเจน หรือต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยใช้ทักษะ กระบวนการและการแก้ปัญหาหลายๆ ด้าน มีวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง มีการ วางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด ลงมือปฏิบัติตามที่วางแผนไว้ จนได้ข้อสรุปหรือผลหรือคำตอบเกี่ยวกับ เรื่องนั้นๆ

ธีระชัย ปุณณโชติ (2545) และสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาไทย (2545) ได้ให้ ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ว่า โครงการวิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้อง กับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามความถนัดและความสนใจ นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติและศึกษาด้วยตนเอง โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าเพื่อตอบปัญหาที่สงสัยโดยเขียนเป็นโครงการ ภายใต้การ แนะนำปรึกษาคอยช่วยเหลือและดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษา หรือผู้ทรงคุณวุฒิ โครงการวิทยาศาสตร์อาจจะทำ เป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้

คอว์สัน (Dawson, 2002 อ้างถึงใน รักชนก ถาวรพล, 2561, น.9) กล่าวว่า โครงการ วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทาง วิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาวิธีแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เขียนเค้าโครงขั้นตอนการปฏิบัติงานจนสามารถ นำไปสู่การลงมือปฏิบัติและให้ผลตามแนวทางที่วางไว้ จากนั้นนำเสนอในรูปแบบของนิทรรศการในงานแสดงทาง วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้โครงการวิทยาศาสตร์สัมฤทธิ์ผล

ลูเนตตา (Lunetta, 1981, pp. 243-252 อ้างถึงใน รักชนก ถาวรพล, 2561, น.9) กล่าวว่า โครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ศึกษาเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งปัญหานั้นอาจเป็นปัญหาที่ง่ายหรือยากแตกต่างกันออกไป จากการศึกษาปัญหานักเรียนอาจทำแบบโครงการเดี่ยวหรือทำโครงการเป็นกลุ่ม โดยใช้ความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการ โครงการนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นชิ้นงานใหม่ที่ต้องเป็นสิ่งไม่เคยมีมาก่อนนักเรียนปรับปรุงชิ้นงานเพื่อง่ายต่อการใช้งาน โดยการศึกษาการออกแบบการทดลองของชิ้นงานบางชิ้นหรือนักเรียนอาจมีแนวคิดใหม่จากสิ่งใหม่จากประสบการณ์ในหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการทำโครงการวิทยาศาสตร์เป็นการท้าทายความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และแสดงถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า โครงการวิทยาศาสตร์หมายถึง ผลงานหรือกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของผู้เรียน โดยมีการสืบค้นข้อมูลอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน มีการแก้ปัญหาตามหลักการ ทฤษฎี แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการศึกษาค้นคว้า มีครู อาจารย์ และผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำแนะนำและกระตุ้น รวมถึงควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ เป็นกิจกรรมที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้

1.2 หลักการของโครงการวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537) และ ธีระชัย ปุณณโชติ (2545) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

- 1) เน้นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยนักเรียนจะเป็นผู้ริเริ่มวางแผน และดำเนินการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา
- 2) เน้นกระบวนการในการแสวงหาความรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยเริ่มจากการกำหนดปัญหาเลือกหัวข้อที่ตนสนใจจะศึกษา การวางแผนการศึกษาค้นคว้า ดำเนินการรวบรวมข้อมูล การทดลอง และสรุปผลการศึกษาค้นคว้า
- 3) เน้นการคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาด้วยตนเอง
- 4) การทำกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ มุ่งฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการศึกษาค้นคว้า และแก้ปัญหาด้วยตนเอง มิได้เน้นการส่งเข้าประกวดเพื่อรับรางวัล

สรุปว่า หลักการโครงการวิทยาศาสตร์ คือ การแก้ไขปัญหา การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากการกำหนดปัญหาเลือกหัวข้อที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา การวางแผนการศึกษาค้นคว้า ดำเนินการรวบรวมข้อมูล การทดลอง และสรุปผลการศึกษาค้นคว้า โดยมีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา

1.3 จุดมุ่งหมายของโครงการวิทยาศาสตร์

ชุตินา วัฒนาศิริ (2539) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) เพื่อฝึกให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ประดิษฐ์ คิดค้นหรือค้นคว้าหาความรู้ต่างๆ

2) ไม่มุ่งเน้นส่งเข้าประกวดเพื่อรับรางวัล

กาญจนา ฉัตรศรีตระกูล (2544) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาตนเองตามความสามารถและเต็มตามศักยภาพของตนเอง ในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้นักเรียนรู้จักประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาอาชีพ

3) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรักและเกิดสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งได้ แสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์

4) เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีที่เป็น ประโยชน์ต่อคุณค่าของวิชาการและการพัฒนาประเทศต่อไป

5) เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการ ทำโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2) เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆด้วยตนเอง

3) เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และประสบการณ์เลือกทำโครงการวิทยาศาสตร์ตามที่ตนเอง สนใจ

4) เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเห็นคุณค่าของการใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหา

สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ คือ เพื่อให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้เกิดความคิด สร้างสรรค์ เป็นนักทดลอง นักประดิษฐ์ คิดค้นอุปกรณ์ในการดำรงชีวิตในอนาคต

1.4 ความสำคัญและประโยชน์ของโครงการวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531) ได้กล่าวถึงคุณประโยชน์ของ การทำโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

1) สร้างจิตสำนึกและรับผิดชอบในการศึกษาค้นคว้า หาความรู้ต่างๆ ด้วยตนเอง

2) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาและแสวงหาความสามารถตามศักยภาพของตนเอง

3) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้าและเรียนรู้ในเรื่องที่ตนเองสนใจได้ลึกซึ้งไปกว่าการเรียนในหลักสูตรปกติ

4) ทำให้นักเรียนมีความสามารถพิเศษ โดยมีโอกาสแสดงความสามารถของตนเอง

5) ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์และมีความสนใจที่จะประกอบอาชีพทางวิทยาศาสตร์

6) ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ในการสร้างสรรค์

7) ช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนด้วยกันให้มีโอกาสทำงานใกล้ชิดกันมากขึ้น

8) ช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับโรงเรียนได้ดีขึ้น โรงเรียนได้มีโอกาสเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่ชุมชน ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ชุมชนได้สนใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น

ภพ เล้าไพบูลย์ (2537) และธีระชัย ปุณณโชติ (2545) ได้กล่าวถึงความสำคัญและประโยชน์ของโครงการวิทยาศาสตร์ว่า การดำเนินกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์มีความสำคัญและประโยชน์แก่ผู้เรียนหลายประการสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ช่วยส่งเสริมให้จุดมุ่งหมายของหลักสูตร และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สัมฤทธิ์ผลโดยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2) ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ออกแบบการทดลองหรือวิธีการศึกษาด้วยตนเอง ลงมือทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ตลอดจนสรุปผลการศึกษาด้วยตนเองโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3) ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการแสวงหาความรู้ครบถ้วนกว่าเรียนในห้อง

4) ช่วยพัฒนาเจตคติที่ดีและสร้างความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์

5) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น เช่น ความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ไม่ได้หมายถึงแต่ความรู้ในเนื้อหาสาระที่เกี่ยวกับธรรมชาติเท่านั้น แต่จะรวมถึงกระบวนการแสวงหาความรู้เหล่านั้น และเจตคติหรือค่านิยมที่เป็นวิทยาศาสตร์อีกด้วย การได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติจะต้องใช้กระบวนการหาความรู้ ซึ่งได้มาจากการรวบรวมข้อมูลอย่างมีระบบ โดยอาศัยการสังเกตเป็นพื้นฐาน แต่เป็นประสาทสัมผัสของมนุษย์ ซึ่งใช้ในการสังเกตมีขีดความสามารถจำกัดในการรับรู้ ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงมีขอบเขตจำกัดด้วย

6) ช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความเป็นผู้มีวิจรรณญาณ

7) ช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง

8) ช่วยพัฒนานักเรียนให้เป็นคนที่คิดเป็น ทำเป็น และมีความสามารถในการแก้ปัญหา

9) ช่วยพัฒนาความรับผิดชอบและสร้างวินัยในตนเองให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

10) ช่วยให้นักเรียนใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์และคุณค่า รู้จักแบ่งเวลาในการทำงานและ
การทำกิจกรรมอื่นๆ และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

สรุปว่า ความสำคัญและประโยชน์ของโครงการวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะ
และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้จดมุ่งหมายของหลักสูตร และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
สัมฤทธิ์ผล โดยนักเรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความรับผิดชอบและสร้างวินัยในตนเอง รวมทั้งสามารถ
แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตได้

1.5 ประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์

สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการศึกษาไทย (2545) และธีระชัย ปุณณโชติ (2545) ได้
แบ่งลักษณะของโครงการวิทยาศาสตร์ตามหลักของกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

โครงการประเภทสำรวจ (Survey Research Project)

โครงการประเภทนี้เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความรู้ที่มีอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและ
รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ แล้วนำข้อมูลนั้นมาจัดกระทำ เช่น การจำแนกเป็นหมวดหมู่แล้วนำเสนอใน
รูปแบบต่างๆ ในเรื่องที่ศึกษาทั้งนี้ ไม่มีการกำหนดตัวแปรอิสระ ไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ
ตัวอย่างเช่น การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์บางชนิด การศึกษาชีวิตของวงจรแมลง การสำรวจชนิดและ
ปริมาณของสิ่งต่างๆ ในชุมชนหรือท้องถิ่น

ขั้นตอนของโครงการประเภทสำรวจ มีดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อที่จะศึกษา เป็นการนำแนวความคิดที่มาของปัญหาที่จะทำ
โครงการมาเสนออาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งปัญหานั้นอาจมีที่มาที่แตกต่างกัน เช่น จากประสบการณ์ จากการอ่าน
จากการสังเกตจากที่สนใจ

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงการ เมื่อได้ปัญหาที่จะศึกษาแล้ว ผู้ทำโครงการต้อง
ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม จากหนังสือเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องที่จะทำ และวางแผนเพื่อออกแบบการทำ
โครงการ ในขั้นนี้อาจมีการสร้างอุปกรณ์และเตรียมสถานที่

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ เป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้การสังเกตเป็น
สำคัญ บันทึกผลการสังเกต เพื่อนำไปสู่การสรุปผลโครงการ

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการเป็นการนำข้อมูลที่มาสรุปเป็นข้อค้นพบและเขียน
รายงานโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงการ

สรุปว่า โครงการประเภทสำรวจ (Survey Research Project) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นที่ 1
การคิดและเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงการ ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ และ
ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ

โครงการประเภททดลอง (Experimental Research Project)

โครงการประเภทนี้โดยทั่วไป เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการหรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอนของการทำโครงการประเภทนี้ ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลองซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรที่ต้องศึกษาแล้วดำเนินการทดลอง มีการจัดกระทำกับตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรต้นทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม ตัวแปรผล และสรุปผลการทดลอง ลักษณะสำคัญของโครงการประเภททดลองคือ จะต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องศึกษามีการจัดกระทำตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ เพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตามและมีการควบคุมกับตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่ต้องศึกษา แต่อาจมีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา และขั้นตอนของโครงการประเภททดลอง

มีดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหาที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 การตั้งสมมติฐาน

ขั้นที่ 3 การออกแบบการทดลอง

ขั้นที่ 4 การดำเนินการทดลอง

ขั้นที่ 5 การแปรผลและสรุปผลการทดลอง

สรุปได้ว่า โครงการประเภททดลอง เป็นการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ จากข้อสงสัย โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เริ่มจากการกำหนดปัญหาที่จะศึกษา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การแปรผลและสรุปผลการทดลอง และต้องมีการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

โครงการประเภทพัฒนาและการประดิษฐ์ (Developmental Research Project)

โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยอาศัยความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ อาจมีการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อน หรือการปรับปรุงอุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วสามารถใช้งานได้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม นอกจากนั้น อาจเป็นการเสนอหรือสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งก็ได้ ตัวอย่างเช่น การผลิตเครื่องจักสานจากวัสดุต่างๆ

สรุปว่า โครงการประเภทพัฒนาและการประดิษฐ์ (Developmental Research Project) พัฒนาหรือการประดิษฐ์ เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยอาศัยความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มาประยุกต์ใช้

โครงการประเภทสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Research Project)

โครงการประเภทสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย เป็นโครงสร้างที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนการ

อธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่อาจเสนอในรูปแบบคำอธิบาย สูตร สมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นๆ สนับสนุนอ้างอิง การทำโครงการประเภทนี้ผู้จัดทำต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี และต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดีจึงสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้

สรุปได้ว่า โครงการประเภทสร้างทฤษฎี หรือการอธิบาย (Theoretical Research Project) ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนอาจเสนอในรูปแบบคำอธิบาย สูตร สมการ โดยมีทฤษฎีหรือข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิง

1.6 ขั้นตอนของการดำเนินงานกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์

ธีระชัย ปุณณโชติ (2545) และสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาไทย (2545) ได้อธิบายขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคัดเลือกหัวข้อที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงการ

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ

ขั้นที่ 5 การแสดงผลงานโครงการ

ขั้นที่ 1 การคัดเลือกหัวข้อที่จะศึกษาหรือปัญหาที่จะศึกษา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่แรกและยากที่สุด ตามหลักการแล้วนักเรียนต้องเป็นผู้คิดและเลือกหัวเรื่องเองซึ่งได้มาจากความอยากรู้อยากเห็น และความสนใจของนักเรียน เมื่อนักเรียนคิดหัวข้อเรื่องได้แล้ว ก็ต้องมาพิจารณาว่าเหมาะสมกับระดับความรู้ความสามารถของนักเรียนหรือไม่ ความเป็นไปได้ที่จะค้นคว้าให้สำเร็จหรือไม่ ใช้เวลา อุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายเท่าใด เป็นต้น

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงการ

การวางแผนในการทำโครงการและการทำเค้าโครงของโครงการมีความสำคัญเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการอย่างรัดกุม เพราะอาจจะทำให้สับสนหรือล้มเหลวในการวางแผนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

1) การกำหนดปัญหาหรือที่มาและความสำคัญของโครงการ

2) การกำหนดวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

3) การกำหนดขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

4) การอ่านและศึกษาค้นคว้าจากเอกสารที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องการศึกษาเพื่อให้เกิดความรอบรู้ในเรื่องนั้นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนทำโครงการต่อไปและยังช่วยให้นักเรียนกำหนดขอบเขตของการศึกษาให้เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น

5) การวางแผนวิธีการดำเนินงาน ซึ่งได้แก่ แนวทาง วิธีการศึกษาค้นคว้า วัสดุ อุปกรณ์ ที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบการทดลองและควบคุมตัวแปร วิธีการสำรวจ และการรวบรวม ข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการวางแผนปฏิบัติงาน เช่น การกำหนดระยะเวลาในการทำงาน ในการวางแผน ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์นักเรียนต้องเขียนโครงร่างหรือเค้าโครงของโครงงานมาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อขอความเห็นชอบและขอแนะนำปรึกษา การเขียนเค้าโครงของโครงงานเป็นการกำหนดแผน อย่างคร่าวๆว่าจะดำเนินเป็นขั้นตอนอย่างไรบ้าง โดยจุดมุ่งหมายให้สามารถดำเนินการได้ไม่สับสน หัวข้อ ต่างๆในการเขียนเค้าโครงของโครงงานวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับการเขียนรายงานโครงงาน วิทยาศาสตร์ เค้าโครงของการเขียนโครงเป็นการเขียนแผนงานซึ่งคิดไว้ล่วงหน้าว่าจะดำเนินการอย่างไรบ้าง ส่วนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นการเขียนรายงานสิ่งที่ทำไปแล้ว

การเขียนเค้าโครงโครงงานวิทยาศาสตร์มีลำดับหัวข้อเค้าโครงดังต่อไปนี้

- 1) ชื่อโครงงาน
- 2) ชื่อผู้ทำโครงงาน
- 3) ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
- 4) ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา อธิบายถึงความเป็นมาและที่มาของปัญหาที่จะ ศึกษาความสำคัญของปัญหาและเหตุผลที่จะเลือกทำโครงงานนี้

5) วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า อาจจะเขียนเป็นข้อๆ ระบุถึงจุดประสงค์เฉพาะของ การศึกษา

6) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า(ถ้ามี) ในกรณีที่โครงงานประเภททดลอง จะต้องมีการตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นการอธิบายหรือหาคำตอบที่คาดไว้ล่วงหน้า ในการเขียนสมมติฐานดังกล่าวนิยม เขียนเหตุผลในการตั้งสมมติฐานเช่นนั้นไว้ด้วย

7) วิธีการดำเนินงาน ระบุว่าจะต้องสร้างวัสดุอุปกรณ์อะไรบ้างในการศึกษาค้นคว้า อธิบาย แนวทางในการศึกษาค้นคว้า การออกแบบการทดลอง วิธีการสำรวจข้อมูล หรือวิธีประดิษฐ์ แล้วแต่จะเป็น โครงงานประเภทใด ระบุวิธีที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานใน ขั้นตอนต่างๆจนเสร็จสิ้นการดำเนินงานด้วย

8) ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ

9) เอกสารอ้างอิง

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน

การลงมือทำโครงงานเป็นการปฏิบัติตามแผนการดำเนินงานที่วางไว้ล่วงหน้า ซึ่งเป็นการ ปฏิบัติตามขั้นตอนของโครงร่างของเค้าโครงที่ผ่านการเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนั่นเอง ซึ่ง ประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูล การสร้างหรือการประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าจากเอกสาร ต่างๆ แล้วแต่จะเป็นโครงงานประเภทใด อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอน

แรกบ้างก็ได้ ถ้าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ผลงานดีขึ้นหรือเป็นการแก้ปัญหาที่คาดไม่ถึงมาก่อน ในกรณีที่มีการทดลองควรมีการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน เมื่อดำเนินการครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องแปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้าว่าได้ผลอย่างไรบ้าง พร้อมทั้งอภิปรายผลนั้นจะตรงตามที่ตั้งสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ

การเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ เป็นการเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสารเพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิด หรือปัญหาที่ศึกษา วิธีการดำเนินการศึกษาข้อมูลต่างๆที่รวบรวมไว้ ผลของการศึกษาตลอดจนประโยชน์ ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้จากการทำโครงการวิทยาศาสตร์ การเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ควรครอบคลุมต่อไปนี้

- 1) ชื่อโครงการ
- 2) ชื่อผู้ทำโครงการ
- 3) ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
- 4) บทคัดย่อ เป็นการเขียนเกี่ยวกับโครงการโดยย่อ เช่น วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการ และสรุปผลของการศึกษาค้นคว้าอย่างย่อๆ โดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 33 คำ
- 5) ที่มาและความสำคัญของโครงการ บอกถึงความเป็นมา และความสำคัญตลอดจนเหตุผลที่เลือกทำโครงการ เช่นเดียวกับที่เขียนในเค้าโครงของโครงการ แต่อาจจะละเอียดเนื่องจากนักเรียนได้ผ่านการค้นคว้าจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
- 6) วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
- 7) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า(ถ้ามี) เช่นเดียวกับที่เขียนในเค้าโครงของโครงการ
- 8) วิธีการดำเนินงาน อธิบายวิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้าที่ได้ดำเนินการทุกขั้นตอนโดยละเอียดผลการศึกษาค้นคว้า นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าเสนอในรูปแบบตาราง แผนภูมิ หรือกราฟ หรือวิธีอื่น
- 9) สรุปผลการศึกษาค้นคว้า ระบุสรุปผลของการศึกษาค้นคว้าว่า ได้ผลอย่างไรบ้าง สนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ (ถ้ามี) อภิปรายผลที่ได้ว่าสนับสนุนหรือคัดค้าน สมมติฐานอย่างไร สอดคล้องหรือแตกต่างจากผลการศึกษาหรือการวิจัยของใครอย่างใดมีข้อจำกัดที่อาจทำให้ผลการศึกษากพร่องอย่างไรบ้าง มีข้อสังเกตอะไรบ้างหรือไม่
- 10) ข้อเสนอแนะ กล่าวถึงข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำโครงการ เช่นผลของการศึกษานำไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้า เอกสารอ้างอิง ระบุชื่อหนังสือหรือเอกสารต่างๆ ที่ใช้อ้างอิงหรือค้นคว้าในการทำโครงการ และควรเขียนให้ถูกต้องตามหลักการเขียนเอกสารอ้างอิง

ขั้นที่ 5 การแสดงโครงงาน

การแสดงผลงานเป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงแล้ว ให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจ อาจจะทำในรูปแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับประเภทของโครงงาน เนื้อหา เวลา ระดับของผู้เรียน เช่น การจัดนิทรรศการ ซึ่งเป็นการจัดแสดงให้ผู้อื่นทราบถึงกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ของการศึกษาค้นคว้า อาจมีอุปกรณ์และเครื่องมือ หรือภาพและแผนภูมิประกอบการอธิบาย อาจมีหรือไม่มีการสาธิตประกอบด้วย หรืออาจจัดแสดงผลงานในรูปแบบอื่นๆ การแสดงผลงานการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ อาจจัดทำได้หลายระดับ เช่น

- 1) การเสนอผลงานภายในชั้นเรียน
- 2) การจัดนิทรรศการภายในโรงเรียนเป็นการภายใน
- 3) การจัดนิทรรศการในงานประจำปีโรงเรียน
- 4) การส่งผลงานเข้าร่วมในงานแสดงหรืองานประกวดภายนอกโรงเรียนในระดับต่างๆ เช่น

ระดับกลุ่มโรงเรียน ระดับอำเภอ ระดับเขตการศึกษา ระดับชาติ

1.7 สิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่

สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (2565) สิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ ประจำปีการศึกษา 2565 ประกอบด้วย 6 ประเภทผลงาน ดังนี้

ประเภทที่ 1 สิ่งประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี การเกษตรอุตสาหกรรม สมัยใหม่

ประเภทที่ 2 สิ่งประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี ยิ่ติจิทัล ปัญญาประดิษฐ์

ประเภทที่ 3 สิ่งประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี พลังงานสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 4 สิ่งประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีอาหาร

ประเภทที่ 5 สิ่งประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี เพื่อสุขภาพ

(HEALTH CARE)

ประเภทที่ 6 สิ่งประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

1.8 การประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

ธีระชัย ปุณณโชติ (2545) ได้สรุปวิธีการประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) เกณฑ์ต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการทำให้นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์

2) โครงงานของนักเรียนแต่ละคนไม่ควรนำมาประกวดหรือเปรียบเทียบกัน

3) ควรพิจารณาด้วยความยุติธรรมตามความสามารถความสนใจและพื้นฐานของนักเรียนที่

ทำโครงงาน

4) ควรพิจารณาว่านักเรียนสามารถทำโครงงานได้สำเร็จตามแผนที่วางไว้เป็นสำคัญ

นอกจากนี้ ที่ทำการประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียน

การสอนในกรณีที่ทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีเกณฑ์ที่ควรพิจารณาที่ให้คะแนนหรือประเมินคุณค่าโครงการ ดังนี้

(1) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความแปลกใหม่ของเรื่องที่ทำ วิธีการศึกษาค้นคว้า เครื่องมือหรืออุปกรณ์และความแปลกใหม่นี้ หมายถึง ระดับของนักเรียนผู้ทำโครงการ

(2) ความถูกต้องเหมาะสมของการศึกษาค้นคว้า โดยการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมเพียงใด

(3) การเขียนรายงานโครงการ หรือการจัดแสดงโครงการความถูกต้องชัดเจนในด้านการสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ มีความจริงใจและชัดเจนเพียงใด

(4) การอธิบายโครงการด้วยวาจา หมายถึง ความสามารถในการอธิบายการตอบข้อซักถามได้ถูกต้อง คล่องแคล่วได้เหมาะสม เกณฑ์การประเมินอาจจะแตกต่างกันบ้างในบางรายละเอียด แต่ส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความถูกต้องเหมาะสมของวิธีการศึกษาค้นคว้าของนักเรียน

สรุปได้ว่ากิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนมี 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การคัดเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงการ ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ ขั้นที่ 5 การแสดงผลงานโครงการ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงอ้างอิงถึงทฤษฎี หลักการหรือข้อมูลทางวิชาการ

2. รูปแบบการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาหลักสูตร ทฤษฎี เนื้อหาและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และงานวิจัยที่ใช้รูปแบบการสอน และการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบต่างๆ ผู้วิจัยจึงนำรูปแบบการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยกระบวนการการแสวงหาความรู้ต่างๆ ภายใต้การแนะนำปรึกษาและการดูแลของครู ผู้เชี่ยวชาญ อาจใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ช่วยในการศึกษาค้นคว้า เพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ การสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์แบ่งตามลักษณะเนื้อหาได้ 2 รูปแบบ (สมชัย โกมล, 2544) คือ การทำโครงการประเภทสำรวจข้อมูลและทำโครงการประเภททดลอง

2.1 โครงการประเภทสำรวจข้อมูล มีลำดับขั้นตอนสำคัญ ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 คิดและเลือกหัวเรื่อง หรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหาที่จะศึกษาโดยอาศัยการสังเกต/การศึกษา และการตีความสรุปสภาพปัญหา แล้วกำหนดปัญหาหรือเรื่องที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 การวางแผนโครงการ โดยกำหนดวัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ กำหนดขั้นตอนระยะเวลาในการดำเนินการ

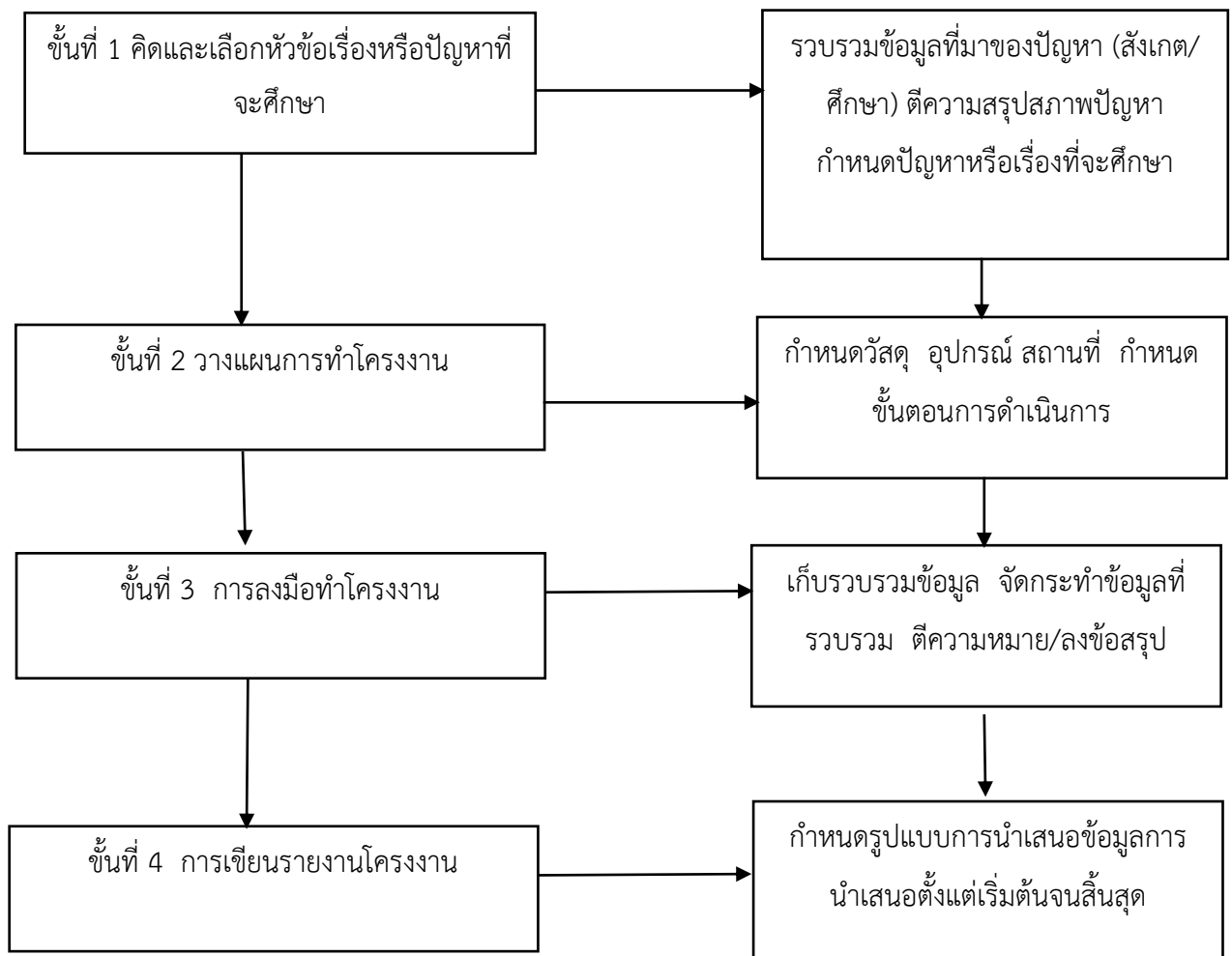
ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ เป็นการรวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาแล้วตีความหมาย และลงข้อสรุป

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงานโครงการ เป็นการกำหนดรูปแบบการนำเสนอข้อมูลแล้วเขียนเป็นรายงานตั้งแต่เริ่มต้น จนถึงสิ้นสุดโครงการ

สรุปเป็นแผนภูมิขั้นตอนของโครงการประเภทสำรวจได้ดังนี้

ขั้นตอนการทำโครงการ

พฤติกรรมของผู้เรียน



ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการทำโครงการประเภทสำรวจ (สมชัย โกมล, 2544)

2.2 โครงการวิทยาศาสตร์ประเภททดลอง มีลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

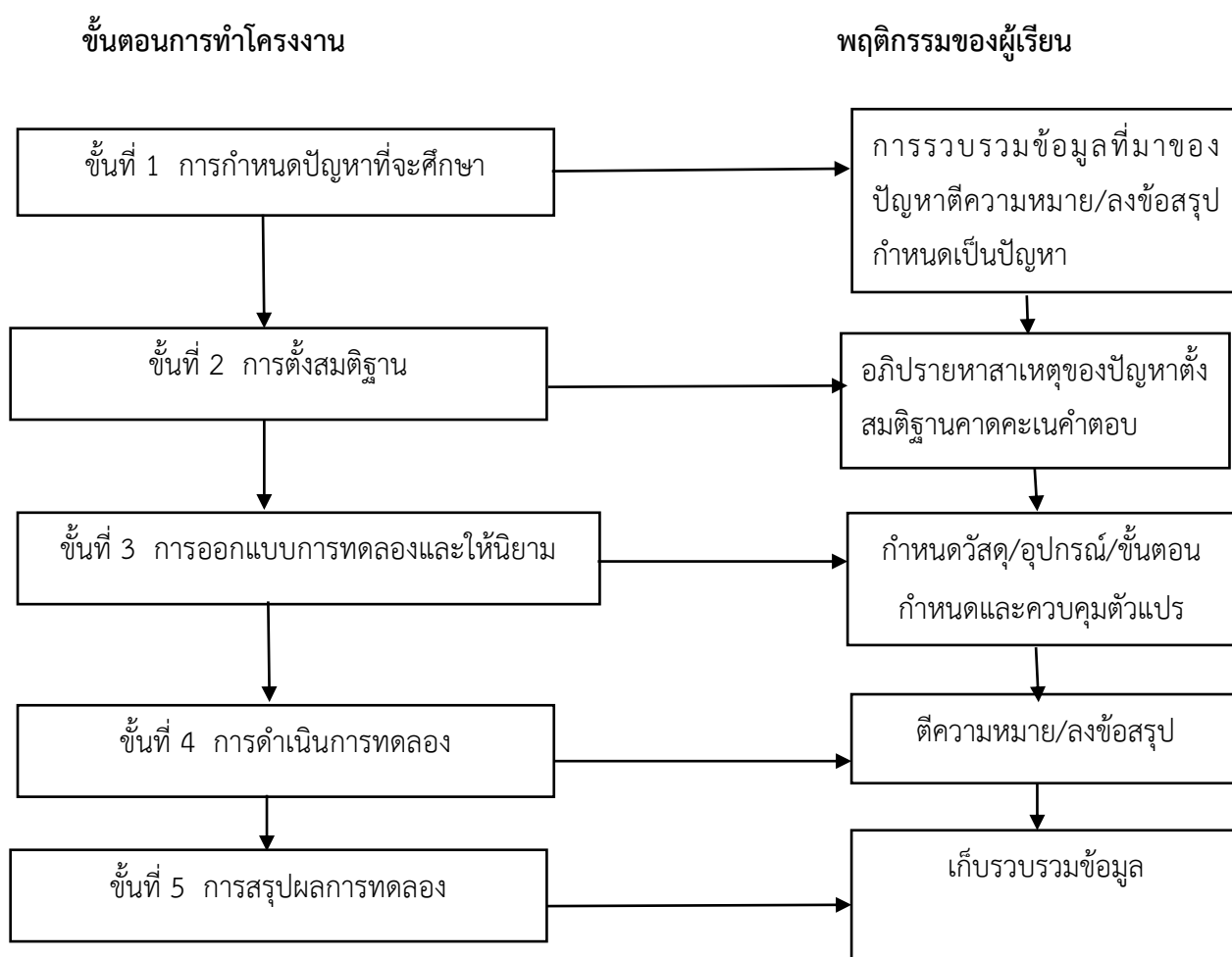
ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหาที่จะศึกษา เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา ที่มาของปัญหา โดยการตีความหมาย และลงข้อสรุป แล้วกำหนดเป็นปัญหา

ขั้นที่ 2 การตั้งสมมติฐาน การตั้งสมมติฐานเป็นการอภิปรายหาสาเหตุของปัญหาโดยการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า

ขั้นที่ 3 การออกแบบการทดลอง เป็นการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนการทำงาน การกำหนดความหมายหรือนิยามเชิงปฏิบัติการ และกำหนดตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

ขั้นที่ 4 การดำเนินการทดลอง เป็นการรวบรวมข้อมูลจากการทดลองแล้วบันทึกผลการทดลอง

ขั้นที่ 5 การสรุปผลการทดลอง โดยการตีความหมายของการทดลอง และสรุปผลการทดลองสรุปเป็นแผนภูมิ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำโครงการงานประเภททดลอง (สมชัย โกมล, 2544)

3. การสร้างแบบจำลอง

3.1 ความหมายของแบบจำลอง และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลอง (Model) ตรงกับคำภาษาไทยว่า โมเดล แบบจำลอง หุ่นจำลอง มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่าแบบจำลองไว้ สรุปได้ดังนี้

McClusky (1955: 63) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ เป็นวัตถุที่ถูกย่อส่วนมาจากของจริงต่างๆ เช่น อาคาร เครื่องยนต์ หัวใจ สมอ ปอด ต้นไม้ สัตว์ หรือธรรมชาติ”

Good (1959: 350) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ สิ่งที่มีรูปทรงสามมิติ และสิ่งที่แสดงกระบวนการ”

English และ English (1965, 326 cited in เสรี ชัดเข้ม, 2545) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ 1) วัตถุที่เลียนแบบของจริง 2) ตัวแบบที่เป็นตัวอย่าง 3) การดำเนินงานที่แสดงความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ ในระบบ และ 4) การอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปของระบบสัญลักษณ์”

Wittich และ Schuller (1968: 173) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ วัตถุที่แทนของจริง ซึ่งอาจจะมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงก็ได้”

Dale Edgar (1969: 215) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ วัสดุจำลองเป็นสิ่งเลียนแบบของจริง ซึ่งอาจจะมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงก็ได้”

Steiner (1988) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ สิ่งของสิ่งหนึ่งที่คล้ายคลึงกับสิ่งของอีกสิ่งหนึ่ง”

Frigg และ Hartmann (2006: online) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นวัตถุ (Physical Objects) วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้น โครงสร้างของทฤษฎี ภาพร่าง สมดุลสมการ หรือการผสมผสานกัน”

Nation Science Education Standard (cited in Baumann et., 2007: 4) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ ร่างแบบแผน หรือโครงสร้างซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุจริง เหตุการณ์ หรือเหตุการณ์ในชั้นเรียน มีประสิทธิภาพในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน ยากแก่การเข้าใจ”

เกื้อกูล คุปรัตน์ และคณะ (2518: 190-191) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ วัสดุสามมิติชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเหมือนของจริง หรือเลียนแบบของจริง โดยเก็บลักษณะสำคัญของจริงเอาไว้ เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์คล้ายของจริงมากยิ่งขึ้น”

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528: 190-191) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ วัสดุสามมิติที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบของจริง”

สาคร คันธ์โชติ (2546: 2) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุ หรือสิ่งก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์ หรืออื่นๆ ที่แสดงให้เห็นถึงสัดส่วน รูปร่างรูปทรง รายละเอียดต่างๆ ไม่ว่า ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ความกว้าง ความยาว ระดับของแนวพื้น และแสดงความสูงต่ำของโครงสร้างในลักษณะสามมิติตามความเป็นจริง เพื่อใช้ประกอบในการแสดงงานให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้เข้าใจ”

ทิตินา แชมมณี (2550: 220) กล่าวว่า “แบบจำลอง คือ รูปธรรมของความคิด ซึ่งบุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น เป็นคำอธิบาย เป็นแผนผัง ไดอะแกรม หรือ แผนภาพเพื่อช่วยให้ตนเองและบุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น”

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบจำลองได้ว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวอย่าง หรือสิ่งที่เป็นวัตถุที่เลียนแบบของจริงที่อาจจะมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีขนาดเล็กลงก็ได้ ใช้ในการอธิบายกระบวนการ สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เลียนแบบของจริง เพื่อให้บุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบจำลองได้ว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวอย่าง หรือสิ่งที่เป็นวัตถุที่เลียนแบบของจริงที่อาจจะมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีขนาดเล็กลงก็ได้ ใช้ในการอธิบายกระบวนการ สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เลียนแบบของจริง เพื่อให้บุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น

ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือ Scientific Model มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

National Center for Mathematics and Science (2002: online) กล่าวว่า “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิด หรือการสร้างแนวคิดที่ใช้ในการอธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น”

Teacher Support Material (2010: online) กล่าวว่า “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ สื่อชนิดหนึ่งที่ใช้ในการนำเสนอโมโนทัศน์ หรือใช้ในการอธิบายความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่มีกระบวนการที่ซับซ้อน”

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ สื่อชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาจากแนวคิด เพื่อใช้ในการอธิบายความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีกระบวนการที่ซับซ้อน และใช้ในการอธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

3.2 ประเภทของแบบจำลอง

Kaplan (1964 cited in ทิตินา แชมมณี, 2548: 220-221) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Model) หมายถึง ความคิดที่แสดงออกในลักษณะของการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไป แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์

2. แบบจำลองเชิงภาษา (Semantic Model) หมายถึง ความคิดที่แสดงออกผ่านทางการใช้ภาษา (พูดและเขียน) แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์

3. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) หมายถึง ความคิดที่แสดงออกผ่านทางสูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังจากได้แบบจำลองเชิงภาษาแล้ว

4. แบบจำลองเชิงแผนผัง (Schematic Model) หมายถึง ความคิดที่แสดงออกผ่านทาง แผนผัง แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ

5. แบบจำลองเชิงสาเหตุ (Causal Model) หมายถึง ความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างๆ ของสภาพการณ์ ปัญหาใดๆ แบบจำลองด้านศึกษาศาสตร์มักจะเป็นแบบนี้เป็นส่วนใหญ่

สมพงษ์ ศิริเจริญ แลพคณะ (2505: 93-103) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองประเภทภายนอก (Solid Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงรูปร่าง หรือ ทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้ความเข้าใจโดยทั่วไป รายละเอียดต่างๆ ที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งแบบจำลองประเภทนี้ให้ความใส่ใจมากในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สี หรือพื้นผิวลวดลาย มาตรฐานอาจจะใช้ผิดไปจากของจริงได้

2. แบบจำลองเท่าของจริง (Exact Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงขนาด รูปร่าง รายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ แบบจำลองประเภทนี้มักใช้แทนของจริงที่หายาก หรือราคาแพง หรือเสียหายง่าย แดง่าย แต่มีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนเข้าใจรายละเอียดทุกอย่าง ให้เข้าใจว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น แบบจำลองของสมองมนุษย์

3. แบบจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (Enlarged or Reduced Model) หรือเรียกอีกชื่อว่าแบบจำลองแบบมาตราส่วน หมายถึง แบบจำลองที่แสดงโดยย่อ หรือขยายให้เล็ก หรือใหญ่ มีสัดส่วนเท่าของจริงทุกส่วน แบบจำลองประเภทนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดได้ดียิ่งขึ้น เช่น แบบจำลองของหู แบบจำลองของตา

4. แบบจำลองแบบผ่าซีก (Cut-Away Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นภายใน โดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็น ส่วนมากมักแสดงลักษณะภายในให้เห็นว่าส่วนต่างๆ ประกอบกันอย่างไร จึงเกิดเป็นเช่นนั้นขึ้น เช่น แบบจำลองที่ตัดให้เห็นส่วนต่างๆ ภายในฟัน

5. แบบจำลองแบบแยกส่วน (Building-Up Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดของสิ่งนั้น แต่ภายในสิ่งนั้นประกอบด้วยส่วนย่อยๆ สามารถจะถอดออกเป็นส่วนๆ และประกอบกันได้ แบบจำลองประเภทนี้ช่วยให้เข้าใจหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น แบบจำลองแสดงปริมาตร แบบจำลองแสดงอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์ แบบจำลองของหัวใจ

6. แบบจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Working Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงส่วนที่เคลื่อนไหว ทำงานของวัตถุหรือเครื่องจักร หรือเครื่องใช้ ส่วนสำคัญภายนอกยังคงไว้

แบบจำลองประเภทนี้เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่ของสิ่งนั้น เช่น แบบจำลองสาธิตการลากรถโดยใช้พื้นเอียง (Inclined Plane)

7. แบบจำลองล้อแบบ (Mock-Ups) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นส่วนที่สำคัญ โดยจะตัดส่วนไม่สำคัญออก หรือเป็นแบบจำลองปฏิบัติงานได้ แบบจำลองประเภทนี้มักมีขนาดเท่ากับของจริงที่ออกแบบไว้ให้เหมาะสมแก่การฝึกหัด หรือการวิเคราะห์ เช่น ระบบการทำงานของไฟฟ้าในเครื่องบิน ห้องฝึกหัดขับรถยนต์ ระบบการจราจร เป็นต้น แบบจำลองประเภทนี้ช่วยทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าเหมือนกับได้อยู่ในประสบการณ์ที่เป็นจริง เป็นเครื่องช่วยรวมความตั้งใจ ความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้เกิดความเข้าใจบทเรียนได้โดยชัดเจนมากที่สุด

เกื้อกูล คุปรัตน์ และคณะ (2518: 190-191) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองประเภทภายนอก (Solid Model) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนจริงโดยเน้นในเรื่องสี ลักษณะต่างๆ แต่ส่วนขนาดนั้นอาจจะผิดไปจากของจริงบ้าง โดยมีลักษณะใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง หรือเท่ากับของจริงก็ได้ แบบจำลองประเภทนี้แบ่งเป็นประเภทย่อยๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1.1 แบบจำลองเท่าของจริง (Exact Model) หมายถึง แบบจำลองที่มีขนาดเท่าของจริงทุกประการ แบบจำลองประเภทนี้ใช้แทนของจริงที่หาได้ยาก หรือมีราคาแพง หรือแตกหักง่าย หรือเก็บไว้สภาพนั้นได้ยาก เช่น แบบจำลองของมัมสมอง เพชร

1.2 แบบจำลองขยายแบบ (Enlarged Model) หมายถึง แบบจำลองที่มีขนาดใหญ่กว่าของจริง แต่คงรูปร่างและสัดส่วนเอาไว้ ทั้งนี้เนื่องจากของจริงมีขนาดเล็กมากไม่เหมาะกับการนำมาประกอบการสอน ได้แก่ แบบจำลองของยุง แมลง รังมด

1.3 แบบจำลองย่อแบบ (Reduced Model) หมายถึง แบบจำลองที่ของจริงมีขนาดใหญ่มากจนกระทั่งไม่สามารถนำมาใช้สอนได้ มีความจำเป็นต้องย่อส่วนให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของห้องเรียน ได้แก่ แบบจำลองของเขื่อนกั้นน้ำ กำแพงเมืองจีน พีรามิดของอียิปต์ โบราณมหาวิทยาลัยรามคำแหง

2. แบบจำลองแสดงลักษณะภายใน หมายถึง แบบจำลองที่แสดงลักษณะโครงสร้างที่อยู่ภายในของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ยากต่อการมองเห็น และเข้าใจ เช่น อวัยวะภายในของคนและสัตว์ ส่วนต่างๆ ของตา เครื่องยนต์สันดาปภายใน แบบจำลองนี้แบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆ ได้ 3 ประเภท คือ

2.1 แบบจำลองแบบผ่าซีก (Cut-Away) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นภายในโดยการตัดผิวพื้นบางส่วนออก ให้มองเห็นลักษณะภายใน มีส่วนประกอบอย่างไร เช่น แบบจำลองภาพตัดขวางให้เห็นส่วนต่างๆ ภายในของฟัน ลักษณะของชั้นดิน ลักษณะภายในของเปลือกโลก

2.2 แบบจำลองแบบแยกส่วน (Build Up) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้น ภายในประกอบด้วยส่วนย่อยๆ สามารถถอดออกเป็นชิ้นๆ และประกอบกันได้ แบบจำลองประเภทนี้ช่วยให้เข้าใจถึงหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น แบบจำลองแสดงอวัยวะภายในของร่างกายมนุษย์ หัวใจ สมอง ซึ่งสามารถแยกออกเป็นชิ้นส่วนให้เห็นลักษณะส่วย่อยๆ ได้

3. แบบจำลองชนิดเลียนแบบของจริง (Mock Up) หมายถึง แบบจำลองที่เลียนแบบของจริง โดยเก็บเอาเฉพาะลักษณะสำคัญของจริงเอาไว้ ส่วนที่ไม่ใช้ลักษณะสำคัญก็ตัดออกเสีย เช่น การแตกตัวของอะตอม โดยใช้กับดักหนุมารเรียงกัน โดยเปรียบเทียบการลั่นของกับดักหนู ซึ่งเป็นปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ไปยังกับดักหนูอันอื่นต่อไป เหมือนกับการแตกตัวของอะตอมหรือการเกาะตัวของโมเลกุลภายในสารประกอบซึ่งโดยธรรมชาติแล้วเราไม่สามารถมองเห็นได้ อาจจะใช้ลูกปิงปองมาเชื่อมด้วยลวดแล้วสร้างเป็นโครงสร้างของโมเลกุลได้

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528: 228-229) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองที่มีขนาดเท่าของจริง (Exact Model) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้น มีขนาดเท่ากับของจริงทุกประการ
2. แบบจำลองที่มีขนาดย่อ หรือขยายจากของจริง (Enlarging Model) หมายถึง แบบจำลองที่ย่อหรือขยายให้เล็ก หรือใหญ่กว่าของจริง เช่น ลูกโลก หัวใจ ปอด
3. แบบจำลองแบบผ่าซีก (Cut-Away Model) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นลักษณะโครงสร้างภายใน เช่น ลักษณะภายในของเครื่องยนต์ดีเซล ลักษณะภายในของภูเขาไฟ
4. แบบจำลองแบบถอดชิ้นส่วน (Build-Up Model) หมายถึง แบบจำลองที่สามารถถอดชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ให้เห็นได้ เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับสอนโครงสร้างหรือส่วนประกอบต่างๆ
5. แบบจำลองแบบทำงานได้ (Working Model) หมายถึง แบบจำลองที่สามารถให้ทำงานได้ เช่น แบบจำลองที่แสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบจำลองที่แสดงการสูบน้ำอัดโลหิต
6. แบบจำลองแบบเลียนแบบของจริง (Mock-Up Model) หมายถึง แบบจำลองชนิดที่เอาของจริงมาจัดใหม่ บางครั้งตัดรายการที่ไม่สำคัญออกไป ซึ่งแบบจำลองประเภทนี้จะนำไปใช้ในการฝึกปฏิบัติให้เกิดทักษะได้
7. แบบจำลองแบบกล่องอันตรทัศน์ (Diorama Model) หมายถึง แบบจำลองที่จัดส่วนประกอบต่างๆ โดยอาศัยวัสดุสามมิติ และภาพวาดในสถานการณ์บางอย่าง เช่น แสดงการจัดสวนสาธารณะจำลอง

สาคร คันธโชติ (2546: 26-27) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. แบบจำลองสำหรับหารายละเอียดของรูปแบบ (Clay Studies) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยนักออกแบบ โดยขนาดสัดส่วนไม่จำกัดว่าจะใหญ่กว่า เล็กกว่า หรือเท่ากับขนาดของจริงก็ได้ ใช้ทดสอบหารายละเอียดของรูปแบบ เช่น หารายละเอียดเกี่ยวกับส่วนโค้ง ส่วนเว้า ขนาด เป็นต้น ซึ่งทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการร่างแบบ วัสดุที่ใช้ในการทำแบบจำลองอาจจะใช้ดินเหนียว ดินน้ำมัน ไม้ ปูนปลาสเตอร์ พลาสติก หรือวัสดุอื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสมและสามารถทำงานได้สะดวกในการทำแบบจำลอง ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ขนาดมาตราส่วนก็ได้

2. แบบจำลองสำหรับทดสอบรูปร่างภายนอกของแบบ (Scale Model) หมายถึง แบบจำลองที่ทำขึ้นมีขนาดเล็กกว่าของจริง แต่ถ้าหากว่ารูปแบบมีขนาดเล็กอาจจะทำเท่ากับขนาดของจริง หรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ ในการทำแบบจำลองประเภทนี้ต้องทำให้มีขนาดสัดส่วนที่แน่นอน นักออกแบบจะทำการทำแบบจำลองเองในระหว่างทำการร่างแบบ เพื่อหารูปร่างภายนอกได้ วัสดุที่ใช้ทำแบบจำลองอาจจะใช้วัสดุเหมือนกับการทำแบบจำลองหารายละเอียดของรูปแบบก็ได้

3. แบบจำลองขนาดเท่าของจริง (Mock Up) หมายถึง แบบจำลองที่มีขนาดเท่าของจริง ทำขึ้นเพื่อหาสัดส่วน และรูปร่างขั้นสุดท้าย หรือใช้แสดงประกอบกับแบบสุดท้าย โดยพยายามเลียนแบบรูปร่าง และสีสันทัดคล้ายของจริงที่จะทำการสร้างหรือผลิตมากที่สุด วัสดุที่ใช้ในการทำแบบจำลองนี้จะใช้วัสดุอะไรก็ได้ที่เห็นว่าเหมาะสมในการสร้างได้ง่ายและสะดวก

4. แบบจำลองสำหรับการทดสอบ (Prototype) หมายถึง แบบจำลองที่มีการใช้วัสดุและขนาดสัดส่วนเหมือนของจริงทุกประการ ดังนั้นผู้สร้างต้องมีความชำนาญสูง เพราะต้องเป็นแบบจำลองที่สามารถใช้งานได้จริงตามแบบที่ได้ทำการออกแบบและเขียนแบบทุกประการ แบบจำลองประเภทนี้ทำขึ้นเพื่อหาจุดบกพร่องของแบบ และทำการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ก่อนที่จะทำการสร้างหรือผลิตจริง

ศาสตราจารย์ คันทโชติ (2546: 32-34) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 7 ประเภท ตามลักษณะที่ใช้นำเสนอและแสดง ดังนี้

1. แบบจำลองแสดงรูปทรงภายนอก หมายถึง แบบที่แสดงรูปทรงภายนอกเท่านั้น เช่น แบบจำลองแมลง แบบจำลองคน แบบจำลองผลไม้ แบบจำลองรถยนต์ แบบจำลองเครื่องบิน แบบจำลองอาคารสำนักงาน

2. แบบจำลองเท่าของจริง หมายถึง แบบจำลองที่มีขนาดและรายละเอียดเท่าของจริงทุกประการ เช่น แบบจำลองไก่ แบบจำลองเก้าอี้ แบบจำลองโทรศัพท์มือถือ แบบจำลองหุ่นมนุษย์ แบบจำลองการสัฟฟีนก แบบจำลองรถยนต์

3. แบบจำลองแบบย่อหรือขยาย หมายถึง แบบจำลองที่ย่อหรือขยายแบบจากสัดส่วนเท่าของจริงทุกประการ เช่น การย่อหรือขยายสัดส่วนของมนุษย์ การย่อหรือขยายรูปหัวใจ การย่อหรือขยายงานเครื่องบิน

4. แบบจำลองแบบผ่าซีก หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นภาพ หรือรูปร่างภายในโดยการคิดตัดพื้นผิวบางส่วนออก เช่น ผ่าผ่าผนังให้เห็นฉนวนกันความร้อน หรือท่อน้ำเครื่องยนต์ผ่าซีกให้เห็นชิ้นส่วนภายใน ต้นไม้ผ่าซีกเพื่อศึกษาลักษณะของเนื้อไม้ ฟันผ่าซีกเพื่อศึกษาลักษณะภายในอุปกรณ์แยกชิ้นส่วน เพื่อให้เห็นรายละเอียด

5. แบบจำลองแบบแยกส่วน หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นชิ้นส่วนบางส่วนหรือชิ้นส่วนของแบบทั้งหมดโดยแยกถอดประกอบได้ เช่น แบบจำลองส่วนประกอบของร่างกายมนุษย์ แบบจำลองเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนประกอบของเรือน

6. แบบจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ หมายถึง แบบจำลองที่แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวในการทำงานของแบบนั้นๆ ทั่ว เช่น แบบจำลองเครื่องบินฝ้าย แบบจำลองเครื่องจักรไอน้ำ แบบจำลองการทำงานของกลไก แบบจำลองจักรเย็บผ้า

7. แบบจำลองเลียนแบบของจริง หมายถึง แบบจำลองที่สร้างเลียนแบบของจริงซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองและแสดงส่วนประกอบต่างๆ เหมือนของจริง เช่น แบบจำลองรถยนต์ที่ใช้ขับอยู่กับที่ แบบจำลองเรือ แบบจำลองเครื่องบิน แบบจำลองรถจักรยาน

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปประเภทของแบบจำลองได้ว่า ประเภทของแบบจำลองสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. Physical Models หมายถึง แบบจำลองที่นำเสนอแบบ 3 มิติ เพื่อแสดงแนวคิดภายในให้ออกมาเป็นรูปธรรม โดยใช้วัสดุต่างๆ เช่น แบบจำลอง

2. Conceptual Models หมายถึง แบบจำลองที่นำเสนอแนวคิด ซึ่งสามารถแสดงปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ของระบบได้หลายรูปแบบ เช่น รูปภาพ แผนภาพ แผนผังกราฟ การพรรณนา เป็นต้น

3. Mathematic Model หมายถึง แบบจำลองที่ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์หลักตรรกะ ซึ่งแสดงโดยใช้สมการ

3.3 การสร้างแบบจำลอง

หลักการ และเทคนิคการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง มีดังต่อไปนี้

หลักการสร้างแบบจำลอง

นิภา สุโชธน์ (2516: 90-94) ได้เสนอหลักการสร้างแบบจำลอง (Model Making) ดังนี้

1. รวบรวมวัสดุที่จะเป็นสิ่งอ้างอิง เช่น รูปภาพจากนิตยสาร แผนภูมิ และตำราหนังสือ

คู่มือต่างๆ

2. ตัดสินใจใช้มาตราส่วนที่ถูกต้องที่สุด ทุกสัดส่วนของแบบจำลองต้องเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับของจริง เช่น ถ้าจะขยายเป็น 4 เท่าของของจริง ก็ต้องขยายส่วนต่างๆ เป็น 4 เท่ากันหมดทุกส่วน

สิ่งที่พึงปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองมี 5 ข้อ ดังนี้

- 1) ถ้าสัดส่วนของของจริงสองอย่างไม่เหมือนกันทุกอย่างในการทำ เราควรพยายามทำให้ถูกต้องพอที่เด็กดูได้แล้วจะเข้าใจทันทีว่า มันคืออะไร
- 2) ถ้าใช้ภาพถ่ายเป็นแบบ ต้องระลึกว่า รูปภาพนั้นจะมีด้านหนึ่งที่อยู่ลับสายตาผิดไปจากของจริงเราต้องแก้ไข
- 3) ถ้าของนั้นเล็กหรือใหญ่เกินไป เราไม่สามารถจะวัดสัดส่วนของส่วนต่างๆ ให้ละเอียดได้ เราอาจใช้ภาพถ่ายแทนได้ เช่น แมลง หรือภูเขาไฟ เป็นต้น เราจำเป็นต้องใช้ภาพถ่าย หรือภาพเขียนเป็นแบบ
- 4) เขียนภาพให้ได้จริงๆ ในการเขียนรูปเราต้องมองวัตถุนั้นในรูปเรขาคณิต รายละเอียดที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หลักการ Perspective ต้องนำมาใช้ด้วย
- 5) เลือกวัสดุที่ใช้สร้างแบบจำลองให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

เทคนิคการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง

นิภา สุโขชนัง (2516: 94) ได้กล่าวถึงเทคนิคการใช้วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองว่าควรเลือกตามความเหมาะสม เช่น ตามลักษณะการใช้งาน งบประมาณ ความชำนาญของผู้สร้าง โดยเทคนิคที่ใช้ในวัสดุแต่ละประเภท ได้แก่

1. กระดาษอ่อน อาจใช้พับเป็นรูปเรขาคณิตต่างๆ ได้ เช่น พับเป็นมุมต่างๆ หรือรูปทรงต่างๆ
2. กระดาษแข็ง อาจใช้เป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองที่ทำด้วยดินเหนียวได้ การพับกระดาษแข็งได้นั้น ทำได้โดยใช้มีดกรีดเป็นร่องเสียก่อน ถ้าต้องการให้เคลื่อนไหวได้ ก็อาจจะเจาะและติดตาไก่ไว้เพื่อให้หมุนได้
3. ไม้ อาจใช้ประโยชน์ในการทำแบบจำลองหลายๆ แบบ การเลือกไม้ทำแบบจำลองนั้นควรใช้ไม้เนื้ออ่อน เครื่องมือที่ใช้ควรจะมีหลายๆ ประเภท เช่น เลื่อยเจาะ เลื่อยตัด เลื่อยผ่า เลื่อยฉลุ
4. โลหะ อาจใช้ทำแบบจำลองบางอย่าง เช่น แบบจำลองเครื่องจักร เครื่องใช้ ซึ่งจะให้เห็นการเคลื่อนไหวแล้ว และเพื่อความคงทน ควรใช้โลหะ โลหะที่ใช้นั้นควรเป็นโลหะอ่อน เช่น ทองแดง ทองเหลือง หรืออลูมิเนียม แผ่นทองเหลืองอาจจะซื้อได้ตามร้านเครื่องยนต์ทั่วไป เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทำแบบจำลองด้วยโลหะนั้น มักจะมีสิ่งต่อไปนี้ คือ คีมหนีบตัดตะปะ เจาะตะปะ เครื่องบัดกรี
5. ดินเหนียว อาจใช้ทำแบบจำลองได้หลายอย่าง เช่น รูปเรขาคณิต ที่อยู่อาศัยทางประวัติศาสตร์ อนุสาวรีย์ สัตว์ ดินเหนียวที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ คือ
 - 1) ดินเหนียวที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ในประเทศไทยมีอยู่มากมาย สามารถจะขุดมาเก็บแช่น้ำไว้ที่โรงเรียนได้ เมื่อปั้นเป็นรูปแล้วควรตากไว้ในร่ม เพื่อไม่ให้แตกกระแหง เมื่อแห้งแล้วจึงนำไปเผาไฟ การเผานั้นถ้าใช้ฟางข้าวเป็นดีที่สุด

2) ดินน้ำมัน เป็นดินเหนียวประดิษฐ์ มีขายตามร้านทั่วไปที่ขายเครื่องปั้น และเครื่องเขียน ถ้าจะให้ถาวรคงทนก็ทาชาแล็ค

6. ปูนปลาสเตอร์ ปูนปลาสเตอร์มีขายทั่วไปตามร้านเครื่องเขียนและเครื่องปั้น หรือหล่อแบบต่างๆ ปูนปลาสเตอร์ใช้ทำแบบจำลองชนิดผ่าซีกได้ดีที่สุด

1) การผสมปลาสเตอร์ ทำได้โดยโรยปลาสเตอร์ลงในน้ำที่ใสไว้ในภาชนะจนกระทั่งจมและลอยมาถึงระดับน้ำพอดี ปล่อยให้แห้ง 5 นาที แล้วจึงคนให้ทั่ว

2) การหล่อทำได้ง่าย โดยเทปูนปลาสเตอร์ลงในแบบ ผนังของแบบต้องฉาบด้วยซีเมนต์ พาราฟิน หรือน้ำมันมะพร้าวก็ได้ ปล่อยให้แห้ง 1 หรือสองวันก็จะแกะออก แล้วลงมือตกแต่งหรือวาดรูปลงบนปลาสเตอร์ การวาดรูปทำได้โดยใช้การลอกด้วยกระดาษคาร์บอน ตกแต่งส่วนต่างๆ จะเห็นส่วนต่างๆ แตกต่างกันก็ลงด้วยหมึกสี หรือสีน้ำมัน

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปการสร้างแบบจำลองได้เป็น 2 ประเด็น คือ 1) หลักการสร้างแบบจำลอง สรุปได้ว่า ก่อนการสร้างแบบจำลองควรทำการศึกษา รวบรวมวัสดุที่จะเป็นสิ่งอ้างอิง เช่น รูปภาพ แผนภูมิ เพื่อนำไปใช้เป็นตัวอย่างในการสร้างแบบจำลอง การกำหนดมาตรฐานของแบบจำลอง ต้องเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับของจริง 2) เทคนิคการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง สรุปได้ว่าการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง ควรเลือกใช้ตามความเหมาะสมของการนำไปใช้ประโยชน์ตามลักษณะการใช้งาน ตามงบประมาณ และตามความชำนาญของผู้สร้างแบบจำลอง ตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ เช่น กระดาษอ่อน กระดาษแข็ง ไม้ โลหะ ดินเหนียว ปูนปลาสเตอร์

3.4 ลักษณะของแบบจำลองที่ดี

Wittich และ Charles (1957: 173-177) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบจำลองที่ดีไว้ ดังนี้

1. แบบจำลองเป็นวัสดุสามมิติ ซึ่งมีทั้งความกว้าง ความสูง ความลึก และความหนาใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด

2. แบบจำลองอาจมีขนาดเล็กกว่า หรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เพื่อให้สังเกตเห็นได้ชัดเจน เช่น การใช้แบบจำลองของลูกโลก ช่วยทำให้นักเรียนที่เรียนเกิดความเข้าใจได้โดยง่ายในระยะเวลาอันสั้นโดยปกติ แล้วแบบจำลองควรมีขนาดใหญ่พอที่จะเห็นกันทั่วถึงทั้งห้องเรียน แต่ก็มีปัญหาย่อยๆ เกี่ยวกับการเก็บรักษา ดังนั้นเราจึงมักเห็นแบบจำลองในรูปลักษณะที่เล็กกว่าที่ควรจะเป็น

3. แบบจำลองทำให้เห็นลักษณะภายในของวัตถุที่เราไม่สามารถเห็นได้จากของจริง ตัวอย่างเช่น แบบจำลองภายในพืชมนุษย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องจักรไอน้ำ เครื่องยนต์ ยังเป็นแบบจำลองที่เคลื่อนไหวได้ และผ่าซีกแสดงให้เห็นภายใน ยิ่งจะทำให้เข้าใจการทำงานของวัตถุนั้นๆ ได้มากยิ่งขึ้น

4. แบบจำลองตัดทอนสิ่งที่ไม่จำเป็นออก เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่สับสนยุ่งเหยิง เช่น ส่วนย่อยๆ ของสายอากาศรับคลื่นจากระยะไกล วิหุญ หลอดทดลองต่างๆ ส่วนจำเป็นต่างๆ ของเครื่องยนต์ ในรถยนต์ แต่ถ้าได้เห็นแบบจำลอง ทำให้แบบจำลองสำเร็จรูปมาอธิบายให้เข้าใจได้ง่าย

5. แบบจำลองสามารถใช้สีและพื้นผิวแบบต่างๆ เพื่อย้ำให้เห็นส่วนสำคัญๆ ได้ ซึ่งสีช่วยเน้นให้เห็นส่วนที่สำคัญๆ ได้เด่นชัด และช่วยเพิ่มความเข้าใจหน้าที่ หรือการทำงานของวัตถุนั้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสะอาดตา และดึงดูดความสนใจได้มากกว่า ทำให้ดูเหมือนจริง

6. แบบจำลองที่ดีนั้นต้องสามารถถอดส่วนประกอบออก หรือประกอบกันเข้าไปใหม่ได้ เห็นส่วนประกอบแต่ละชิ้นได้ชัดเจน เข้าใจการทำงานที่สัมพันธ์กันได้ดี

7. แบบจำลองควรผลิตขึ้นในชั้นเรียนได้ การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นในชั้นเรียน มีประโยชน์ต่อการสอนอย่างมาก ซึ่งไม่จำเป็นว่าจะต้องยุ่งยากและมีราคาแพง หลายชนิดอาจจะทำจากกระดาษ กระดาษอัด เศษไม้ ขวด เป็นต้น เช่น ภูเขาไฟระเบิดอาจสร้างด้วยปูนปลาสเตอร์ใช้แอมโมเนียมไดคลอไรด์ผงเป็นเชื้อเพลิง เมื่อทำให้เกิดการลุกไหม้ จะค่อยๆ พ่นควันและเถ้าถ่านออกมาทีละน้อยๆ เป็นการทำให้ผู้เรียนได้เห็นกระบวนการที่สมบูรณ์ หรืออาจจะเป็นแบบจำลองของจรวดที่เคลื่อนที่ได้ เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน เครื่องวัดความเร็วลม

ลัดดา ศุขปรีดี (2524:69) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบจำลองที่ดีไว้ ดังนี้

1. เป็นวัสดุสามมิติที่ให้ความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง
2. มีขนาดไม่ใหญ่ หรือเล็กเกินไปที่จะศึกษาได้
3. ใช้สีเน้นในส่วนที่สำคัญๆ
4. แสดงส่วนประกอบที่สำคัญๆ ได้ถูกต้องตรงตามจุดมุ่งหมาย

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปลักษณะของแบบจำลองที่ดีข้างต้นสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ดีควรมีทั้งความกว้าง ความสูง ความลึก และความหนาใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด และต้องสามารถถอดส่วนประกอบ หรือประกอบกันเข้าไปใหม่ได้ เห็นส่วนประกอบแต่ละชิ้นได้ชัดเจน เข้าใจการทำงานที่สัมพันธ์กันได้ดี มีการใช้สีเน้นในส่วนที่สำคัญๆ และควรเป็นแบบจำลองที่สามารถผลิตขึ้นในชั้นเรียนได้

3.5 การใช้แบบจำลองในการเรียนการสอน

Sends (1956: 90-94) ได้กล่าวถึงการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนว่า ในชีวิตจริงๆ ของเด็กก็เล่นและชื่นชมในแบบจำลองอยู่แล้ว เช่น เล่นรถไฟจำลอง บ้านจำลอง ตุ๊กตา และปืนจำลอง แต่ถ้าเรานำแบบจำลองไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ ก็จะทำให้วิชานั้นดูมีชีวิตชีวายิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ และเข้าใจเพิ่มขึ้น ตลอดจนประหยัดเวลาในการเรียนการสอนด้วย

ลัดดา ศุขปรีดี (2524: 69) ได้กล่าวถึงการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอน ดังนี้

1. เลือกแบบจำลองที่ตรงตามจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนมากที่สุด
2. จะต้องแน่ใจว่านักเรียนทุกคนมองเห็นได้ทั่วถึง
3. ใช้แบบจำลองร่วมกับวัสดุอื่นๆ ด้วย เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น
4. ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องขนาดของแบบจำลองที่นำมาใช้ด้วยว่าย่อขนาด หรือขยายขนาดมาจากวัสดุของจริง เพื่อให้ให้นักเรียนมีความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528: 29) ได้กล่าวถึงการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอน ดังนี้

1. ต้องแน่ใจว่าผู้เรียนทุกคนเห็น ถ้าใช้สอนผู้เรียนกลุ่มใหญ่ แบบจำลองนั้นต้องใหญ่พอที่ผู้เรียนทั้งชั้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนพร้อมกัน
2. ต้องแน่ใจว่าผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องขนาด
3. ควรจะใช้วัสดุหรือสื่ออื่นประกอบด้วยถ้าเห็นว่าการแสดงด้วยแบบจำลองยังไม่ชัดเจนพอ
4. ย้ำเฉพาะส่วนที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนเท่านั้น

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนได้ว่า การใช้แบบจำลองในการเรียนการสอน ควรเลือกแบบจำลองที่ตรงตามจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนให้มากที่สุด ถ้าใช้สอนผู้เรียนกลุ่มใหญ่ ควรแน่ใจว่าแบบจำลองนั้นใหญ่พอที่ผู้เรียนทั้งชั้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนพร้อมกัน และที่สำคัญควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องของขนาดของแบบจำลองที่นำมาใช้ด้วยว่ามีการย่อขนาดหรือขยายขนาดมาจากวัสดุของจริง เพื่อให้ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง

1.6 แนวทางการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการสร้างแบบจำลอง

Enger และ Yager (2001: 63, 67) ได้กล่าวถึงการประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (Scoring rubrics) ว่าสามารถใช้ประเมินการปฏิบัติกิจกรรม เหตุการณ์ การพัฒนานโนทัศน์ของผู้เรียนได้โดยการประเมินแบบจำลองสามารถใช้รูบริกส์ได้ แบ่งระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดีปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง รายการประเมินแบบจำลอง ประกอบด้วย 3 รายการ ดังนี้

1. การคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแสดงแนวคิดอย่างสร้างสรรค์
2. การนำเสนอ ได้แก่ การใช้ภาษา ศิลปะ ความเข้าใจโนทัศน์
3. การแสดงผลงาน ได้แก่ การแสดงออก การใช้เทคโนโลยี ศิลปะ

Lantz et. (2004: 60) ได้สร้างแบบประเมิน โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (Scoring rubrics) แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี (Great) ใช้ได้ (O.K.) และควรปรับปรุง (Needs work) โดยให้นักเรียนและครูเป็นผู้ประเมิน รายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

1. แบบจำลองแสดงข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่
2. แบบจำลองแสดงออกถึงสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน
3. แบบจำลองเข้าใจง่าย
4. แบบจำลองมีส่วนเหมาะสม สะอาด และเรียบร้อย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 18, 102-103) ได้กล่าวถึงแนวทางการประเมินผลกระบวนการเรียนรู้แบบมาตรฐานระดับ หรือมาตราส่วนประมาณค่าไว้ว่า แบบบันทึกผลการประเมินที่มีหัวข้อการประเมินทั้งการปฏิบัติและผลงาน โดยมีพฤติกรรมชี้บ่งที่สังเกตได้ มีการบันทึกระดับคุณภาพตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป ด้วยเกณฑ์ที่บอกถึงปริมาณและคุณภาพของผลงานอย่างชัดเจนและได้แบ่งการ

ประเมินการทำงานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินของภาระงานนั้นๆ ซึ่งสามารถประเมินได้ 2 แบบ คือ

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม เป็นการให้คะแนนภาระงานขึ้นเดียว หรือหลายชนิดที่ต้องการสรุปผลการประเมินเฉพาะจุดประสงค์หลัก หรือประเด็นสำคัญของงานเท่านั้น ซึ่งการให้คะแนนจะกำหนดรายการประเมินส่วนที่สำคัญๆ ของภาระงาน

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย การประเมินเพื่อพัฒนาภาระงานที่ผู้เรียนปฏิบัติให้ดำเนินไปจนบรรลุจุดประสงค์ โดยการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของชิ้นงานนั้นกระทำเป็นระยะๆ และนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานส่วนที่ต่อจากช่วงนี้ไปเรื่อยๆ เพื่อให้ผลงานที่ทำสำเร็จ มีคุณภาพตามเกณฑ์ หรือสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้ว่า การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง แบบประเมินนิยมใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (Scoring rubrics) โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็น 3-5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง เพื่อใช้ในการประเมินในแต่ละรายการที่แบบประเมินกำหนด

4. การคิดผลิตภาพ

4.1 ความเป็นมา ความหมายและองค์ประกอบของการคิดผลิตภาพ

4.1.1 ความเป็นมาของการคิดผลิตภาพ

ความเป็นมาในการเกิดการผลิตภาพในประเทศไทย ได้มีนักการศึกษากล่าวไว้ ดังนี้ สมพร โกมารทัต (2557) กล่าวว่า การคิดผลิตภาพเกิดจากการคิดในวงการธุรกิจที่จะเปลี่ยนแปลงปัจจัยนำเข้า ให้เป็นปัจจัยนำออก ผ่านกระบวนการจัดการการผลิต คือการศึกษา วิเคราะห์ กำหนดแนวทางการปฏิบัติและควบคุมกระบวนการแปรรูป ซึ่งเปรียบกับการศึกษาก็เป็นการนำความรู้มาใช้ในการผลิตเป็นชิ้นงาน

ไพฑูรย์ สีนลารัตน์ (2560) กล่าวว่า การคิดผลิตภาพหรือการคิดเชิงผลิตภาพ (Productive or Product-Oriented Thinking) เป็นความคิดที่เกี่ยวกับปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพสังคมของประเทศไทยที่เป็นสังคมบริโภคนิยมให้เปลี่ยนเป็นสังคมที่เน้นผลผลิตนิยม ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้ประเทศไทยไม่เป็นเมืองขึ้นทางด้านความคิดของต่างประเทศและปรับเปลี่ยนประเทศที่เน้นการซื้อเป็นหลัก โดยปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ ได้กำหนดให้นักเรียนมีลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. มีความคิดหรือจิตที่เน้นการวิเคราะห์
2. มีความคิดหรือจิตที่เน้นการสร้างสรรค์
3. มีความคิดหรือจิตที่คิดผลิตภาพ
4. มีความคิดหรือจิตที่รับผิดชอบ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การคิดผลิตภาพ จะมีส่วนที่สำคัญในการปรับเปลี่ยนสังคมไทย ให้เป็นสังคมที่เน้นผลผลิตนิยมมากยิ่งขึ้น โดยเน้นให้นักเรียนได้มีความคิดในทางวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดผลิตภาพและคิดรับผิดชอบ ซึ่งต้องอาศัยปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน

4.1.2 ความหมายของการคิดผลิตภาพ

ความหมายของการคิดผลิตภาพนั้นได้มีนักการศึกษากำหนดให้ไว้ ดังนี้

อานุกาฬ เลขะกุล (2551) กล่าวว่า ผลิตภาพ ในวงการศึกษามีนักการศึกษาจำนวนหนึ่งให้ความสำคัญและมองผลผลิตทางการศึกษา ซึ่งมีกระบวนการผลิตผลผลิตที่ไม่แตกต่างจากกระบวนการผลิตผลผลิตของภาคธุรกิจ ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนรู้ที่ดีจึงตนเองเป็นกระบวนการที่มีระบบซึ่งจะเปลี่ยนแปลงปัจจัยนำเข้า คือ นักเรียนหรือนักศึกษาและให้เป็นปัจจัยนำออก คือ นักเรียนหรือนักศึกษาที่มีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยมีกระบวนการ คือการเรียนรู้ของผู้เรียนทางการศึกษา ซึ่งผลิตภาพ หมายถึง ผลผลิตหรืองานสร้างสรรค์ที่เป็นประจักษ์และการเรียนรู้เชิงผลิตภาพ หมายถึง การเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและความคิดความสามารถในการผลิตผลงานใหม่ และงานสร้างสรรค์ที่เป็นประจักษ์ได้

สมพร โกมารทัต (2557) กล่าวว่า ในวงการศึกษาคำว่าการเรียนรู้เชิงผลิตภาพ (Productivity-Based Learning) ยังไม่ถูกกล่าวถึงมากนัก โดยการเรียนรู้เชิงผลิตภาพ เป็นคำที่มีพื้นฐานมาจากวงการธุรกิจ ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงความคิดของนักเรียน นักศึกษา ให้เป็นผลผลิตที่เป็นประจักษ์มากยิ่งขึ้น จึงนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและความคิด ให้มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ผลงานชิ้นใหม่ขึ้น

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2560) กล่าวว่า การคิดผลิตภาพ เป็นความคิดที่เป็นรูปธรรม มีความแตกต่างกับความคิดอื่นๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดวิเคราะห์ ซึ่งจะมีลักษณะที่เป็นนามธรรม ซึ่งการระบุได้ว่าบุคคลดังกล่าวมีความคิดผลิตภาพหรือไม่จะต้องมีผลงานหรือผลผลิตเกิดขึ้นหรือไม่ โดยจะเกิดจากกระบวนการทางสมองที่มีขั้นตอนจากการจินตนาการภาพในสมองแล้วจึงนำออกมาให้เป็นรูปธรรม อาจจะเป็นในแบบของความคิด งานวิชาการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นชิ้นงานก็ได้ แต่ต้องแสดงความเป็นรูปธรรมของความคิดให้ชัดเจน และสามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้เข้าใจ

นวลจิตต์ เชาวีร์ติพงศ์ (2560) กล่าวว่า การคิดผลิตภาพ คือ ความสามารถส่วนของสมองของแต่ละบุคคลที่ทำให้เกิดภาพที่เป็นรูปธรรม โดยออกมาจากความรู้ซึ่งเป็นนามธรรม แล้วนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ

จากการศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดผลิตภาพ คือ ความสามารถของนักเรียนในการผลิตผลงานโดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ในตนเองและประสบการณ์ที่ได้พบเจอ จากการเรียนรู้ทั้งในและนอก

ห้องเรียน ผลิตเป็นผลงานต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมหรือเชิงประจักษ์และสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้เชิงผลิตภาพ

4.1.3 องค์ประกอบของการคิดผลิตภาพ

องค์ประกอบของการคิดผลิตภาพ ได้กล่าวโดยนักการศึกษา ดังนี้

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2560) ได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดผลิตภาพ ได้ดังนี้

1. การเรียนรู้ตามสภาพความเป็นจริง (Situating Learning and prepare real learning context) โดยครูจะเป็นผู้ชี้แจงจุดมุ่งหมายของการเรียน และนำเรื่องด้วยปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน มาร่วมกันอภิปรายในห้องเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ถึงปัญหาดังกล่าว ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูจะต้องใช้ความพยายามในการสังเกตสิ่งที่น่าสนใจให้นักเรียนได้คิดนั้นเป็นสิ่งที่นักเรียนสนใจจริงหรือไม่ ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนว่าจะประสบความสำเร็จได้ดีเพียงใด

2. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้กำหนดจุดมุ่งหมายหรือกำหนดเป้าหมายที่เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการร่วมกัน (Self-Directed Learning and Cooperative Learning) เมื่อได้ประเด็น เรื่องราวหรือหัวข้อที่ต้องการให้รู้แล้ว ครูจะให้นักเรียนได้มีโอกาสในการพิจารณาตนเองเพื่อให้ทุกคนเกิดความชัดเจนในประเด็นปัญหาดังกล่าว โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกำหนดจุดมุ่งหมายหรือกำหนดเป้าหมายที่เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการร่วมกัน

3. (Work-Based Learning and Collaborative Learning) เป็นการลงมือปฏิบัติของนักเรียน และร่วมมือในการปฏิบัติ ซึ่งในการปฏิบัติงานจะต้องทำร่วมกันอยู่เสมอการทำงานร่วมกันจึงเป็นจุดสำคัญ เนื่องจากในชีวิตจริงจะต้องมีการทำงานร่วมกันไม่มีการทำงานเพียงคนเดียว

4. การประเมิน และการติดตาม (Assess-Based and follow-up) เป็นการประเมินและติดตามงานเพื่อสังเกตว่านักเรียนปฏิบัตินั้นมีผลอย่างไร ควรแก้ไข หรือพัฒนาตรงจุดไหน เมื่อประเมินและแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องติดตามว่าได้มีการแก้ไขตามที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

5. การต่อยอดเพื่อการขาย (Linkage stage and market the product) เมื่อมีชิ้นงานหรือผลผลิตเกิดขึ้น นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในบางครั้งขั้นตอนนี้อาจมีการต่อยอดไปสู่การขายต่อไปได้

จากการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดผลิตภาพ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบเพื่อให้นักเรียนได้เกิดความคิดผลิตภาพนั้นจะประกอบด้วย ปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือนักเรียนสนใจ การวางแผน การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและการประเมินปรับปรุงหรือแก้ไข

4.2 ขอบเขต และคุณค่าของการคิดผลิตภาพ

4.2.1 ขอบเขตของการคิดผลิตภาพ

ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงขอบเขตของการคิดผลิตภาพไว้ดังนี้

นวลจิตต์ เขวกีรติพงศ์ (2560) ได้กล่าวถึงขอบเขตของการคิดผลิตภาพว่าการคิดผลิตภาพมีขอบข่ายเกี่ยวข้องกับการคิด และความสามารถอื่น ๆ ดังนี้

1. การคิดผลิตภาพกับการคิดสังเคราะห์

การคิดสังเคราะห์เป็นการคิดที่รวมส่วนประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรวมกันเพื่อให้เกิดผลงานที่แปลกใหม่ ซึ่งในการคิดผลิตภาพนักเรียนจำเป็นต้องมีการผลิตผลงานเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการคิดสังเคราะห์ซึ่งจะต้องให้นักเรียนมีความสามารถในการมองเห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นองค์ประกอบในการคิดเพื่อนำไปสู่การผลิตผลงานที่เป็นผลิตภาพได้

2. การคิดผลิตภาพกับการคิดจินตนาการ

การคิดจินตนาการเป็นความสามารถหนึ่งในการคิดสร้างภาพของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลที่เป็นพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องจินตนาการ อาจเป็นการคิดอย่างอิสระ ในการคิดผลิตภาพนั้นผู้คิดจะต้องใช้การจินตนาการในหลายขั้นตอน โดยเริ่มต้นอาจยังไม่มีข้อมูลกับสิ่งที่ต้องการผลิตเพียงพอ การใช้ความคิดในการจินตนาการจึงได้มาจาก

3. การคิดผลิตภาพกับการคิดสร้างสรรค์ การคิดสร้างสรรค์จะเป็นการคิดที่เป็นไปในทางบวกเสมอ เพื่อที่จะได้ ผลผลิตที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับใครและสามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงในการดำรงชีวิตให้ดีขึ้นกว่าเดิม คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ถ้าคิดแต่ไม่ได้ลงมือทำ ความคิดดังกล่าวจะถือว่าเปล่าประโยชน์ การคิดผลิตภาพจึงมีความสำคัญมากในการผลักดันให้ ความคิดสร้างสรรค์มีผลให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น และจะนำผลผลิตที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวันหรืออาจกล่าวอีกนัยได้ว่า การคิดสร้างสรรค์เป็นส่วนหนึ่งในการคิดผลิตภาพ ถ้าบุคคลไม่มีพฤติกรรมดังกล่าวจะไม่สามารถมีแนวทางหรือเป้าหมายว่าต้องการผลิตอะไร จึงไม่มีโอกาสทำใน สิ่งที่คิดนั้นให้เป็นความจริงได้

4. การคิดผลิตภาพกับการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบเป็นการคิดที่เป็นภาพรวมหรือให้ความสนใจในองค์รวม แต่มีการตระหนักถึงองค์ประกอบย่อยๆ ที่มีความสัมพันธ์ และหน้าที่เชื่อมโยงกัน ทำให้บุคคลเกิด ความเข้าใจในความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยๆ ที่มีความเชื่อมโยงกัน แล้วยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการคิดผลิตภาพ เนื่องจากจะทำให้ผู้คิดเกิดความคิดที่ต่อเนื่องและเชื่อมโยงกับแนวทางใน การปฏิบัติกับผลผลิตที่เกิดขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วย

4.1 ความคิดและความเข้าใจในภาพรวมทั้งระบบ จะเป็นการมองภาพกว้างๆ ทั้งหมด แล้วพิจารณาสิ่งที่เป็นภาพกว้างๆ นั้นว่าประกอบด้วยระบบย่อยๆ อะไรบ้างและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

4.2 การคิดที่มีการเชื่อมโยง เป็นการคิดแบบภาพรวมมองภาพทั้งหมด มีการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ต่างๆ ในระบบทั้งในความสัมพันธ์เชิงลึกและความสัมพันธ์ในแบบกว้าง รวมถึงความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนที่เน้นการคิดแบบองค์รวม

4.3 การคิดเชิงเครือข่าย ที่จะทำให้ผู้คิดได้เห็นความสัมพันธ์แบบเครือข่าย และมองเห็นความสัมพันธ์ในระบบ

4.4 การคิดที่มีความสัมพันธ์กับแนวคิดไซเบอร์เนติกส์

4.5 การคิดที่ทำให้ผู้คิดมองเห็นความสัมพันธ์ภาพ คือเกิดการเข้าใจที่เป็น แบบแผน และนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้

5. การคิดผลิตภาพกับความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการสื่อสารเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญ เนื่องจาก เมื่อบุคคลได้ใช้ความคิดที่เชื่อมโยงกับข้อมูลอื่นๆ จะได้แนวทางในการปฏิบัติจึงต้องมีการแสดงข้อมูลในความคิดให้ผู้อื่นได้เข้าใจ และมองเห็นภาพดังกล่าวด้วย เพื่อนำไปสู่การยอมรับ เพื่อให้ได้รับความสะดวกและได้รับความร่วมมือในการผลิตผลงานขึ้น

จากข้อมูลขอบเขตของการคิดผลิตภาพ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดผลิตภาพจะมีขอบข่ายที่สัมพันธ์การคิดในแบบอื่นๆ ได้แก่ การคิดสังเคราะห์ การคิดจินตนาการ การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงระบบ และความสามารถในการสื่อสาร เพื่อให้ผู้คิดเกิดการคิดผลิตภาพสมบูรณ์

4.2.2 คุณค่าของการคิดผลิตภาพ

คุณค่าที่เกิดขึ้นของการคิดผลิตภาพ ได้มีนักการศึกษากล่าวไว้ ดังนี้

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2549) กล่าวว่า การคิดผลิตภาพ เป็นการสอนที่ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดและความสามารถในการผลิตสิ่งต่างๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ของชุมชน ของตนเองและชุมชนอื่นๆ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยี

ไพฑูรย์ สีนลรัตน์ (2560) กล่าวว่า การคิดผลิตภาพนั้นมีความสำคัญ ในการพัฒนาผลผลิตที่เป็นรูปธรรมของความคิด โดยนักเรียนจะสามารถแปรความคิดให้เป็น ผลิตภัณฑ์แล้วเปลี่ยนความคิดให้เป็นกิจกรรม และเปลี่ยนความคิดเป็นแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดได้เต็มที่ และส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมให้มี การเปลี่ยนแปลงจากสังคมที่เน้นการบริโภคเป็นหลักให้เป็นสังคมที่เน้นการผลิตมากยิ่งขึ้น

จากข้อความข้างต้นผู้วิจัยสรุปได้ว่า คุณค่าของการคิดผลิตภาพ เนื่องจากการคิดผลิตภาพนั้นเกิดจากการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้คิดให้เป็นรูปธรรม จะส่งผลให้นักเรียนเป็นคน ที่คิด

และสามารถสร้างเป็นชิ้นงานต่างๆ เพื่อพัฒนาประเทศชาติทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมให้มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น

4.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดผลิตภาพ

ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดผลิตภาพนั้นเป็นลักษณะที่เฉพาะตัว โดย นักการศึกษา ได้กล่าวไว้ ดังนี้

บุญอยู่ ขอพรประเสริฐ (2559) กล่าวถึงลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพว่า การคิดผลิตภาพนั้นจะเป็นการพัฒนาความพร้อมที่จะก้าวสู่ตลาดงานในยุคที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ดังนั้นจะต้องประกอบไปด้วยการรู้คิดด้วยจิต 5 ประการ

1. จิตชำนาญการ เป็นวิธีคิดที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาดังกล่าวและสาขาวิชาอื่นๆ ซึ่งเป็นความสามารถในการประยุกต์ใช้ และปรับปรุงสิ่งที่ได้ศึกษามาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง
2. จิตสังเคราะห์ เป็นวิธีการเลือกข้อมูลที่รับจากแหล่งต่างๆ แล้วนำมาจัดการกับข้อมูลได้อย่างมีระบบ ทำความเข้าใจโดยปราศจากอคติและพยานความรู้ดังกล่าวให้เกิดเป็นความรู้ใหม่
3. จิตสร้างสรรค์ เป็นการสังเคราะห์โดยผลิตความคิดใหม่ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม และสร้างเป็นความคิดที่แปลกใหม่
4. จิตเคารพ เป็นการตอบสนองต่อคนและกลุ่มคนที่มีความแตกต่างอย่างเห็นใจซึ่ง กันและกัน ยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคลที่เกิดขึ้น
5. จิตจริยธรรม เป็นคุณลักษณะที่เป็นนามธรรมแต่มีความสำคัญในบทบาทหน้าที่ ในสังคม เป็นการคำนึงถึงธรรมชาติของงานและความต้องการของสังคมที่ดำรงอยู่

ไพฑูรย์ สีนลารัตน์ (2560) กล่าวถึงลักษณะของคนที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพว่า จะต้องเป็นคนช่างสังเกต เรียนรู้และสงสัยในสิ่งแวดล้อมรอบตัวอยู่เสมอ พร้อมทั้งมุ่งมั่นในสิ่ง ที่จะทำ โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นคนช่างสังเกต

การสังเกตสิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวที่ได้จากการสัมผัสจากประสาทสัมผัสในส่วนต่างๆ ซึ่งจะทำให้กลายเป็นคนที่เกิดการเรียนรู้รูปแบบถูกคิด ถูกเห็นและถูกสัมผัสได้ทันที และในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการคิดต่อยอดในสิ่งที่สนใจ และนำไปสู่การพัฒนาต่อไป

2. เป็นคนคิดต่อเนื่อง การคิดต่อเนื่องจากความรู้ที่ได้จากการสังเกต จึงต้องมีความคิดที่สัมพันธ์ต่อเนื่อง คือ การคิดต่อเนื่อง เนื่องจากถ้าไม่เกิดการคิดที่ต่อเนื่อง ทุกอย่างจะหยุดอยู่ที่ความรู้ที่ได้จากการสังเกตเท่านั้น แต่ถ้ามีการคิดที่ต่อเนื่องจะทำให้เกิดการผลิตโดยเชื่อมโยงนำไปสู่ความคิดใหม่ๆ ที่มีความคิดสร้างสรรค์หรือกล่าวได้ว่าการคิดผลิตภาพนั้นจะเป็นส่วนต่อของการคิดสร้างสรรค์

3. เป็นคนมองเห็นแนวทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ เป็นคนที่มีความสามารถในการทำงานที่เป็นขั้นตอนและมองเห็นว่าการคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่เห็นได้ชัดเจน และให้ความสำคัญกับแนวทางในการปฏิบัติหรือ การลงมือปฏิบัติแล้วสามารถมองต่อไปยังสิ่งที่คิดว่าน่าจะเป็นปัญหา และปัญหาดังกล่าวเกี่ยวข้องกับ อะไรบ้าง เพื่อจะนำไปสู่การมองเห็นแนวทางในการปรับปรุงให้ดีขึ้น

4. เชื่อมโยงกับผลผลิต อาศัยการสังเกตจากการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นมา ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นรูปธรรมเท่านั้นเพียงแต่เป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ง่าย มองเห็นและจับต้องได้ เช่น ความคิด ความสามารถในการสรุปความ ค่านิยม เป็นต้น

5. คิดแล้วทำ เป็นลักษณะของคนที่คิดแล้วลงมือทำทันทีคุณลักษณะดังกล่าวจึงถือว่ามี ความสำเร็จที่สำคัญที่สุดในการคิดผลิตภาพ เนื่องจากเป้าหมายสำคัญของการคิดผลิตภาพคือ การมีผลผลิต ซึ่งเกิดจากการกระทำที่มาจากแนวความคิดออกมา โดยผ่านกระบวนการศึกษาค้นคว้า คิดต่อ จัดลำดับ แล้วนำไปสู่การวิเคราะห์แล้วพัฒนาขึ้นใหม่ เช่น ตำราที่เป็นหนังสือหรือเอกสารต่างๆ เป็นต้น

6. คิดให้ตลอด เป็นคนที่มีความมุ่งมั่นทำงานให้สำเร็จลุล่วง คุณสมบัติข้อนี้สืบเนื่องมาจากข้อที่ 5 โดยจะต้องมีการลงมือปฏิบัติให้สำเร็จ เป็นการฝากการคิดผลิตภาพ และยังเป็นการฝึกการทำงานให้สำเร็จ

7. พร้อมรับการทดสอบ เป็นการพร้อมรับการประเมินในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการดำหนิเกี่ยวกับผลงาน หรือผลผลิตที่เกิดขึ้น เพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการประเมินทั้งในด้านวิชาการ และด้านปริมาณ เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปพัฒนาผลงานให้มีคุณค่า และใช้ได้จริง สำหรับในห้องเรียนนั้นครูอาจไม่มีความเชี่ยวชาญในด้านนั้นๆ เพียงพอจำเป็นต้องอาศัยคนภายนอกมาประเมินนักเรียนจึงต้องมีความพร้อมที่จะรับการทดสอบ และประเมินอยู่เสมอ จากข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของคนที่มีความคิดผลิตภาพที่สำคัญที่สุด คือ การเป็นคน ช่างสังเกต ซึ่งเป็นลักษณะแรกที่จะทำให้เกิดลักษณะอื่นๆต่อไป ประกอบกับการคิดต่อเนื่อง การมองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ การเชื่อมโยงกับผลผลิต การคิดและทำ การมุ่งทำให้เสร็จและ พร้อมรับการทดสอบ โดยคุณลักษณะดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกัน และเป็นคุณลักษณะที่จะทำให้บุคคล เกิดการคิดผลิตภาพขึ้นได้

4.4 แนวทางการสร้างบรรยากาศ และการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพ

4.4.1 แนวทางการสร้างบรรยากาศในห้องเรียนเพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพ

แนวทางในการจัดการเรียนรูเพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพนั้น จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงในหลากหลายด้าน เช่น สภาพแวดล้อมในห้องเรียน แนวทางการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น โดยมีนักการศึกษากล่าวไว้ ดังนี้

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2560) กล่าวว่า ถ้าต้องการสร้างให้นักเรียนเป็นผู้ที่มี ความคิดผลิตภาพ จุดที่สำคัญที่สุดคือ การสอนให้นักเรียนได้คิดในลักษณะที่สามารถต่อยอดได้ จนสามารถเปลี่ยนเป็นความคิดที่เป็นผลิตภัณฑ์ กิจกรรมหรือแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ซึ่งการสอน แบบบรรยายในแบบเดิมๆ จะทำ

ให้นักเรียนเกิดความรู้ในรูปของนามธรรมเท่านั้น ครูจึงต้องมีแนวทาง ในการจัดบรรยากาศ จัดการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเกิดความคิดผลิตภาพ ดังนี้

1. สร้างกฎ กติกา มารยาทในการเรียน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างข้อตกลงร่วมกันในห้องเรียน เพื่อเป็นการสร้างความรับผิดชอบในการทำงาน และการอยู่ร่วมกัน
2. สร้างปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียน การสร้างปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างครูกับนักเรียน โดยครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการซักถาม ปัญหาต่างๆ อย่างเป็นกันเอง ให้ความอิสระและความสบายใจในการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลให้บรรยากาศในห้องเรียนไม่ตึงเครียดจนเกินไปจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ โดยครูเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ ให้การยอมรับและให้ความสนใจในการทำงานของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์อีกส่วน คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง นักเรียนกับนักเรียน จะเป็นการเน้นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมากกว่าเรียนแบบแข่งขัน เพื่อให้เกิด การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการแสดงความคิดเห็น เอื้อเฟื้อแก่กัน ซึ่งทำให้เกิดการไว้วางใจ และการแบ่งปันความรู้ระหว่างกัน ทำให้เกิดแนวคิดที่ใหม่ๆ ขึ้น
3. สร้างความอิสระในการเรียนรู้ เป็นการสร้างบรรยากาศในห้องเรียนที่นักเรียนได้มีโอกาสในการคิด และ ตัดสินใจในการเลือกสิ่งที่มีความหมายและเหมาะสมในการทำงาน โดยปราศจากความกลัว ความวิตก ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยเกิดจากการจินตนาการ แล้วนำไปสู่การสร้างผลผลิตที่เป็นนวัตกรรม
4. ความสะดวกสบายในการเรียนรู้ ครูควรจัดสภาพในห้องเรียนให้น่าอยู่ มีแสงสว่างที่เพียงพอ ให้เกิด ความน่าเรียนเหมาะแก่การเรียนรู้ มีเครื่องมือที่ครบถ้วน และ สะอาด มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่ส่งผลต่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งมีระเบียบในการหยิบใช้อย่างชัดเจน เป็นห้องเรียนที่มีความยืดหยุ่นโดยมีที่ว่างในการทำกิจกรรมต่างๆ รวมถึงพร้อมปรับเปลี่ยนสภาพห้องเรียนให้ทำ กิจกรรมได้หลากหลาย
5. ใช้สื่อเทคโนโลยีส่งเสริมการเรียนรู้ เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้เครือข่ายจากการสื่อสารผ่านช่องทางอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดที่สร้างสรรค์ตามที่ นักเรียนให้ความสนใจได้อย่างรวดเร็วและทันสมัย ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลาและ มีการแบ่งปันทางความคิดอย่างรวดเร็ว
6. การหาแหล่งการเรียนรู้นอกห้องเรียน เป็นการเรียนรู้นอกห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เกิดความตื่นตัว ในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น หลีกเลี่ยงความจำเจที่เกิดขึ้นในห้องเรียนแบบเดิมๆ เช่น การทัศนศึกษาดูงาน จะช่วยให้นักเรียนได้ความรู้ที่แปลกใหม่ ครูจึงต้องเลือกแหล่งเรียนรู้ที่ตรงตามหลักสูตรและสามารถ กระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น
7. การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี บรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความใส่ใจ ในการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น

จากข้อมูลบรรยากาศในการพัฒนาการคิดผลิตภาพ สรุปได้ว่า บรรยากาศในห้องเรียนควรเป็นบรรยากาศที่มีความเป็นอิสระในด้านการคิด และมีการปฏิสัมพันธ์ร่วมกันภายในห้องเรียน เพื่อทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิด ซึ่งจะนำไปสู่การคิดที่สร้างสรรค์ ครูควรต้องจัด บรรยากาศในห้องเรียนรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม และเน้นให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีเข้ามา เกี่ยวข้องให้มากขึ้น

4.4.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพ

แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพมีความแตกต่างจาก การจัดการเรียนรู้ปกติทั่วไป เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการคิดผลิตภาพจึงมีแนวทางที่นักการศึกษา ได้กล่าวไว้ ดังนี้

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการส่งเสริมการคิดผลิตภาพของนักเรียน เนื่องจากเป็นหลักการพื้นฐานที่ทำให้ให้นักเรียนเกิด ความอยากเรียนรู้ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องเน้นให้นักเรียนได้มีการคิดโดยเกิดจาก การเรียนรู้เชิงสถานการณ์ การเรียนรู้แบบนำตนเอง การเรียนรู้ร่วมกัน การเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ การเรียนรู้แบบโครงงาน และการเรียนรู้แบบสร้างบริษัทจำลองเชิงผลิตภาพ โดยมีขั้นตอนการจัด การเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความคิดผ่านสถานการณ์ที่เป็นปัญหา (Situated Learning)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้กิจกรรมมีความหมายต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ของนักเรียน โดยครูอาจใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนหรือนักเรียนเคยพบมาก่อน ซึ่งครูจะมีหน้าที่ในการ กระตุ้นสร้างแรงจูงใจเพื่อให้นักเรียนเกิดความกล้าในการสร้างชิ้นงานหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหา ผ่านกิจกรรมการใช้คำถามที่มีความท้าทายให้นักเรียนได้เกิดการคิด ส่วนนักเรียนจะมีหน้าที่ในการคิด วิเคราะห์ปัญหาที่ครูได้ตั้งขึ้น และร่วมกันอภิปรายภายในห้องเรียน

2. ขั้นสร้างแรงบันดาลใจจากงานสร้างสรรค์ (Creativity-based Learning)

เป็นขั้นตอนที่เริ่มจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้พบ ได้เห็น ได้สัมผัส กับผลงานที่เป็นผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ที่นักเรียนสนใจ เพื่อเป็นการสร้างแรงกระตุ้นในการคิด หาแนวทางที่หลากหลาย และกระตุ้นให้เกิดการจินตนาการก่อนร่วมกันออกแบบผลงานที่มีความสร้างสรรค์ของตนเองตามแนวคิดของกลุ่ม โดยครูจะต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ เช่น เครื่องมือ สื่อ อุปกรณ์ ที่ช่วยส่งเสริมในการสร้างผลงานที่สร้างสรรค์ ส่วนนักเรียนจะมีหน้าที่ใน การระดมความคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม

3. ขั้นสร้างงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (Self - directed Learning and Collaborative Learning)

เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนที่มีความสนใจที่คล้าย ๆ กัน มาทำงานรวมกลุ่ม เดียวกัน เพื่อวางแผนในการแก้ไขปัญหาโดยอาศัยกระบวนการกลุ่ม ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเรียนรู้แบบนำตนเอง โดยให้นักเรียนมีความริเริ่มในการเรียนรู้ มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ แหล่งความรู้ และการประเมิน โดยแบ่งเป็น 4 ลักษณะ

3.1 การนำตนเองระดับที่ครูเป็นผู้กำหนดกิจกรรมทั้งหมดในการจัดการเรียนการสอน

3.2 การนำตนเองระดับต้นที่ครูเป็นผู้เสนอแนวทางแล้วให้นักเรียนเลือกเองตามความสนใจ

3.3 การนำตนเองระดับกลางที่ครู และนักเรียน ร่วมกันกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 การนำตนเองระดับสูงที่นักเรียนเป็นคนกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้เองทั้งหมด

4. ขั้นพัฒนาโครงการ (Project-based)

เป็นขั้นตอนการทำงานที่ต่อจากการออกแบบงานที่ผ่านการคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยความคิดขั้นสูงในการแก้ไขปัญหาของงานและทดลองใช้เพื่อนำผลการทดลองมาใช้ในการพัฒนา

5. ขั้นสร้างบริษัทจำลอง (Mini Company Project)

เป็นขั้นตอนในการจัดตั้งบริษัทของกลุ่มมีการวางแผนการบริหารงานเพื่อให้ทุกคนได้มีหน้าที่ในการทำงานในตำแหน่งต่างๆ เสมือนจริงมีอุปกรณ์ เครื่องมือ ในการปฏิบัติงานเพื่อผลิตชิ้นงาน นอกจากนี้ยังได้ฝึกฝนการเป็นผู้ประกอบการ

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยสรุปได้ว่า ในการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดผลิตภาพนั้น บทบาทสำคัญของครูคือ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนและสร้างแรงบันดาลใจให้กับนักเรียนในการคิดค้น ชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ของตนเองออกมา โดยครูต้องหาสถานการณ์ที่นักเรียนสนใจมากระตุ้นให้ นักเรียนคิดเห็นแนวทางที่จะพัฒนาขึ้น

4.5 แนวทางการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพ

4.5.1 แนวทางการสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพ

แนวทางการสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพเป็นการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัย โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวไว้ ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552) กล่าวว่า การสร้างเครื่องมือวัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัยมีหลายประเภท ดังนี้

1. แบบตรวจสอบรายการ เป็นการสร้างรายงานของข้อความที่เกี่ยวข้องกับ พฤติกรรม หรือการปฏิบัติหรือคุณ สมบัติที่ต้องการ ประเมินว่ามีหรือไม่มี ใช่หรือไม่ใช่ เป็นต้น โดยสามารถนำไปวัดพฤติกรรม หรือใช้ในการสังเกตได้อย่างละเอียด และนำผลการประเมินไปปรับปรุงหรือพัฒนาเป็นรายบุคคลได้

2. มาตรฐานส่วนประมาณค่า เป็นแบบประเมินที่ต้องการทราบว่า มีหรือไม่มีในเรื่องนั้นๆ แต่มาตรฐานส่วนประมาณค่าต้องทราบรายละเอียดว่ามีอยู่เพียงใด ระดับใด เพื่อจัดอันดับ คุณภาพในการประมาณค่า มีหลายรูปแบบ

- 2.1 มาตรฐานส่วนประมาณค่าแบบบรรยาย
- 2.2 มาตรฐานส่วนประมาณค่าแบบตัวเลข
- 2.3 มาตรฐานส่วนประมาณค่าแบบเส้นหรือกราฟ
- 2.4 มาตรฐานส่วนประมาณค่าแบบใช้สัญลักษณ์
- 2.5 การจัดอันดับ โดยใช้ตัวเลขแสดงการเรียงลำดับความสำคัญ

โดยการสร้างมาตรฐานแบบประมาณค่าจะมีข้อดีคือ ประมาณ คุณลักษณะได้อย่างละเอียด และนำไปใช้ในการปรับปรุงพฤติกรรมที่วัดได้แต่ข้อคำถามต้องมี ความชัดเจนและการตัดสินใจในบางครั้งอาจทำได้ยาก

3. แบบวัดเชิงสถานการณ์ เป็นการวัดสถานการณ์ที่เป็นการจำลองหรือสร้างสถานการณ์ต่างๆ ขึ้น แล้วให้บุคคลแสดงความรู้สึก หรือความเห็นต่อสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น อาจจะให้ผู้ตอบเขียนหรือบอกความคิดเห็นของตนเอง หรือเลือกตัวเลือกที่กำหนดให้

4. การสังเกต เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการเฝ้าดูหรือศึกษาเหตุการณ์ โดยละเอียด สามารถแบ่งได้เป็น ดังนี้

4.1 การสังเกตแบบมีส่วนร่วม เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตเข้าไปมีส่วนร่วมใน กิจกรรมการสังเกต ซึ่งจะทำได้ข้อมูลที่ชัดเจน ละเอียดและถูกต้อง ซึ่งจัดเป็นการสังเกตทางตรง

4.2 การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตไม่เข้าไปร่วม กิจกรรมในการสังเกต เพียงเฝ้าดูอยู่ห่างๆ อาจให้ผู้ถูกสังเกตรู้ตัวหรือไม่รู้ตัวก็ได้ ซึ่งจัดเป็นการสังเกต ทางอ้อม

5. การสัมภาษณ์ เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยมีโอกาสพบปะสนทนากับผู้ให้ข้อมูลโดยตรง และมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนทั้งสองฝ่าย แบ่งเป็นประเภทได้ดังนี้

5.1 การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นการใชแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้น ในการถาม ผู้ให้สัมภาษณ์จะถูกถามตามการสัมภาษณ์ แต่ลักษณะการสัมภาษณ์จะไม่ค่อยยืดหยุ่น อาจกระทำเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มย่อยๆ ได้

5.2 การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง เป็นการกำหนดเพียงแนวหัวข้อ การสัมภาษณ์แบบกว้างๆ ไม่จำเป็นต้องใช้คำถามที่เหมือนกันหมดกับผู้ให้สัมภาษณ์ทุกคน แต่มีอิสระในการแปลงคำถามให้เหมาะสมกับสถานการณ์จึงมีความอิสระมากกว่า

ทวิชกดิ์ จินดานุรักษ์ (2560) กล่าวว่า การวัดและประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพนั้น ทำได้หลายแนวทางโดยแต่ละแนวทางจะต้องมีวิธีการวัดที่หลากหลาย ซึ่งการประเมิน

จะต้องให้ความสำคัญในส่วนที่เป็นการคิดและส่วนที่เป็นชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม แนวทางการประเมินการคิด
ผลิตภาพจึงมีแนวทางดังนี้

1. ประเมินการคิดผลิตภาพจากการสอนปกติและงานที่ได้จากการจัดกิจกรรม

การประเมินในลักษณะนี้จะทำการประเมินจากกระบวนการทำงาน การทำโครงการ
ของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินตามสภาพจริง นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดผลิต ภาพนั้นจะเป็นผู้ที่
ทำความเข้าใจกับงานที่ได้รับมอบหมาย คิดหาแนวทางในการทำงานให้สำเร็จ ครู อาจใช้การประเมินจากงาน
ที่กำหนดให้หรือสังเกตจากการทำงานของนักเรียน ว่ามีการทำงานจน ได้ผลงานทันตามที่กำหนดหรือไม่
ผลงานมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด

2. ประเมินการคิดผลิตภาพโดยอาศัยเครื่องมือหรือแบบทดสอบเฉพาะ

การประเมินประเภทนี้ต้องอาศัยแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการ คิดผลิต
ภาพเฉพาะ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นตอนการสร้างกรอบแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิด
ผลิตภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะ
ของพฤติกรรมที่เป็นรูปธรรมขึ้น โดยใช้บ่งชี้ได้ถึงองค์ประกอบหรือโครงสร้างของการคิดผลิตภาพ จากนั้นเริ่ม
เขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะเฉพาะในแต่ละองค์ประกอบ

2.2 กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิด
ผลิตภาพ โดยผู้พัฒนาแบบทดสอบต้องมีการศึกษาแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดผลิตภาพ อย่าง
ชัดเจน

การประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพนั้น สามารถประเมินได้ตาม คุณลักษณะ
ของคนที่มีความคิดผลิตภาพทั้ง 7 ประการ คือ ช่างสังเกต คิดต่อเนื่อง ได้มองเห็นทาง ปรับปรุงแนวปฏิบัติ
เชื่อมโยงกับผลผลิต คิดและทำด้วยพร้อมกันไป มุ่งทำให้เสร็จ คิดให้ตลอดและ พร้อมรับการทดสอบ

ตัวอย่างการประเมินด้านการเป็นคนช่างสังเกต

ความสามารถในการสังเกต หมายถึง การรับรู้ และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง
โดยใช้ประสาทสัมผัสหลายด้าน เพื่อให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งนั้นๆ ทั้งในด้านปริมาณ และคุณลักษณะ
และรายงานข้อมูลตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์โดยไม่ตีความ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพด้านการสังเกต (Rubric)

ขั้นตอนการสังเกต	ตัวบ่งชี้ทักษะการสังเกต	เกณฑ์การประเมิน ทักษะการสังเกต
1. รับรู้สิ่งที่สังเกต	มีความตั้งใจ สมาธิ และ ความเข้าใจในการสังเกต	มีความตั้งใจ สมาธิ และความไว ในการรับรู้ (มีมาก-น้อย)
2. ใช้ประสาทสัมผัสหลาย ทาง (หู ตา จมูก ลิ้น กาย) ในการรับรู้ และสำรวจสิ่งที่ สังเกต	สามารถใช้ประสาทสัมผัส หลายทางในการรับรู้ และ สำรวจสิ่งที่สังเกต	- การใช้ประสาทสัมผัสในการรับรู้ (ใช้หลายทาง-ทางเดียว) - ความละเอียดในการสังเกต (มีมาก-น้อย)
3. รวบรวมข้อมูลการสังเกต ทั้งด้านคุณสมบัติทั้งด้าน คุณลักษณะ และปริมาณ	สามารถรวบรวมข้อมูลจาก การสังเกตได้ ทั้งด้าน คุณลักษณะ และปริมาณ	- ลักษณะของข้อมูลจาก การสังเกตที่ได้ (มีครบ-ไม่ครบ) - ความละเอียดของข้อมูล
4. รายงานข้อมูลการสังเกต ตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์	สามารถรายงานข้อมูล การสังเกตตรงตามข้อมูลเชิง ประจักษ์	การรายงานข้อมูลที่สังเกต (รายงานตรงตามข้อมูลเชิง ประจักษ์-ไม่ตรง)
5. รายงานข้อมูลการสังเกต โดยไม่ตีความข้อมูล	สามารถรายงานข้อมูล การสังเกตโดยไม่ตีความข้อมูล	การรายงานข้อมูลที่สังเกต (รายงานข้อมูลเชิงประจักษ์โดยไม่ มีการตีความ-มีการตีความข้อมูล)

ตารางที่ 2.2 แสดงการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

ตัวบ่งชี้ ทักษะการสังเกต	ระดับ 4	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. มีความตั้งใจ สมาธิ และ ความเข้าใจใน การสังเกต	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมีความ ไวในการรับรู้สิ่งที่ สังเกต	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมี ความไวในการ รับรู้สิ่งที่สังเกต แต่ยังขาดความ ไวในการรับรู้	มีความตั้งใจ มีสมาธิ และมี ความไวในการ รับรู้สิ่งที่สังเกต น้อย	มีความตั้งใจ มีสมาธิ แต่ไม่มี ความไวในการ รับรู้สิ่งที่สังเกต
2. สามารถใช้ ประสาทสัมผัส หลายทางใน การรับรู้ และ สำรวจสิ่งที่ สังเกต	ใช้ประสาทสัมผัส หลายทางใน การรับรู้สิ่งที่สังเกต อย่างละเอียด	ใช้ประสาทสัมผัส หลายทางใน การรับรู้สิ่งที่ สังเกต	ใช้ประสาทสัมผัส เพียง 2-3 ด้านใน การรับรู้สิ่งที่ สังเกต	ใช้ประสาทสัมผัส เพียงด้านเดียวใน การรับรู้สิ่งที่สังเกต
3. สามารถ รวบรวมข้อมูล การสังเกตได้ทั้ง คุณลักษณะ และ ปริมาณ	ได้ข้อมูลในสิ่งที่ สังเกตอย่าง ละเอียด ครบถ้วน ทั้งในเชิง ปริมาณ และ คุณลักษณะ	ได้ข้อมูลในสิ่งที่ สังเกตทั้งในด้าน ปริมาณ และ คุณลักษณะที่ สำคัญ แต่ขาด รายละเอียด	ได้ข้อมูลในสิ่งที่ สังเกตทั้งในด้าน ปริมาณ และ คุณลักษณะเพียง ลักษณะเดียว ข้อมูลที่ได้ไม่ ละเอียด และขาด ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลที่ได้เป็น ข้อมูลในเชิงปริมาณ และคุณลักษณะเพียง ลักษณะเดียว ยังขาดข้อมูลที่ สำคัญ
4. สามารถ รายงานข้อมูล การสังเกตตรง ตามข้อมูลเชิง ประจักษ์	สามารถรายงาน ข้อมูลที่สังเกตได้ ครบถ้วน ตรงตาม ข้อมูล เชิงประจักษ์ ที่สังเกต	สามารถรายงาน ข้อมูลที่สังเกตได้ ตรงตามข้อมูลเชิง ประจักษ์แต่ข้อมูล ที่รายงานยังไม่ ครบถ้วน	การรายงานข้อมูล ตรงตามข้อมูลเชิง ประจักษ์แต่ยังไม่ ครบถ้วน ไม่ตีความ แต่ยังไม่ ครบถ้วน	การรายงานข้อมูล ยังไม่ครบถ้วน

5. สามารถ รายงาน การ สังเกตโดยไม่ ตีความข้อมูล	สามารถรายงาน ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตโดย ไม่ตีความข้อมูล	สามารถรายงาน ข้อมูลที่ได้จาก การสังเกตโดย ตีความ ข้อมูลบ้าง	สามารถรายงาน ข้อมูลโดยตีความ ข้อมูลบ้าง	มีการตีความข้อมูล โดยใช้ความคิดเห็น เกินข้อเท็จจริง โดย ไม่มีการแยกแยะ ระหว่างข้อเท็จจริง และความคิดเห็น
---	--	--	---	---

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า แนวทางการสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถ
การคิดผลิตภาพนั้นสามารถออกแบบได้หลากหลายแบบ โดยจะเน้นการประเมินตามสภาพจริง
จากการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูจะต้องมีการศึกษาทฤษฎีหรือแนวคิดให้ชัดเจน เพื่อนำไปสร้างเป็น ตัวบ่งชี้
แล้วสร้างข้อความของแต่ละด้านต่อไป ซึ่งจะใช้รูปแบบในการวัดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย
ที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริง และมีความละเอียดมากที่สุด

4.5.2 การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพ

การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพมีความสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง
เพื่อให้ได้เครื่องมือที่ใช้วัดมีคุณภาพ ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด และจะได้ผลการประเมินที่ ถูกต้อง
น่าเชื่อถือ ซึ่งมีนักการศึกษากล่าวไว้ ดังนี้

กัญญา ลินทรตันศิริกุล (2560) กล่าวว่า การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ แบ่งได้
ดังนี้

1. การตรวจสอบความเที่ยงตรงหรือความเชื่อมั่น

ความเที่ยงตรงหรือความเชื่อมั่น คือ การนำเครื่องมือใด ๆ ไปวัดแล้วผล
การวัดจะได้เหมือนเดิม ซึ่งจะเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวน ของ
คะแนนที่ได้ สามารถหาได้จากวิธีดังต่อไปนี้

1.1 วิธีการสอบซ้ำ เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยใช้เครื่องมือวิจัย ฉบับเดียวกัน
ไปใช้วัดกับกลุ่มผู้สอบกลุ่มเดียวกัน จำนวนทั้งสิ้น 2 ครั้ง โดยห่างกันประมาณ 7-10 วัน
แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

1.2 วิธีใช้ฟอร์มเทียบเท่า เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยนำเครื่องมือ
วิจัย 2 ฉบับที่มีลักษณะคล้ายกัน คือ มีตัวแปรตัวเดียวกัน มีจำนวนข้อคำถาม โครงสร้างของคำถาม ระดับ
ความยากง่าย คำชี้แจง การตรวจให้คะแนนและการแปลผลคะแนนที่เหมือนกัน มาให้ผู้รับ
การทดสอบทำ

1.3 วิธีการหาความสอดคล้องภายใน ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงที่ใช้เครื่องมือเพียง
ฉบับเดียว และดำเนินการทดสอบเพียงครั้งเดียว แบ่งเป็น 4 วิธีคือ

1.3.1 วิธีแบ่งครึ่ง เป็นการนำเครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 ฉบับ แล้วนำไปใช้ทดสอบกับนักเรียนในกลุ่มเดียวกัน

1.3.2 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา เป็นวิธีการที่ครอนบาคพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1951 ใช้หาความเที่ยงของเครื่องมือที่ตอบผิดให้ 0 และตอบถูกให้ 1 รวมถึงเครื่องมือที่เป็นแบบ อัตนัยหรือแบบ ประเมินที่ไม่มีคำตอบที่ถูกผิด

1.3.3 วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน เป็นวิธีการที่คูเดอร์ และริชาร์ดสัน ได้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1937 แบ่งเป็น KR-20 หรือ KR-21 ใช้สำหรับการหาความเที่ยงของเครื่องมือที่ ตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0 เท่านั้น

1.3.4 วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการหาความเที่ยงที่พัฒนา โดย ฮอยท์ (Hoyt) ในปี ค.ศ. 1941 การหาความเที่ยงประเภทนี้จะคำนึงถึงความแปรปรวนที่อาจเกิด จากความแตกต่างระหว่างบุคคล ความแตกต่างระหว่างข้อ และความแตกต่างเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ ระหว่างบุคคลและ ข้อ สามารถใช้กับเครื่องมือที่ตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0 รวมถึงเครื่องมือที่เป็น อัตนัย

2. การตรวจสอบความตรง

ความตรง คือ ความสามารถของเครื่องมือที่ใช้วัดสิ่งที่ต้องการวัดว่าเครื่องมือวัด คุณลักษณะอะไรและวัดได้ดีเพียงใด ข้อคำถามของเครื่องมือเป็นตัวแทนของเนื้อหา ที่ต้องการวัดหรือไม่ สามารถตรวจสอบได้ 3 วิธี ดังนี้

2.1 ความตรงเชิงเนื้อหา เป็นการพิจารณาข้อคำถามในเครื่องมือว่า มีความตรงตาม เนื้อหาซึ่งครอบคลุมถึง ความรู้ ทักษะและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ วิธีการ ตรวจสอบความตรงเชิง เนื้อหาสามารถทำได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องดังกล่าว โดย อาศัยการเปรียบเทียบข้อ คำถามกับจุดประสงค์ของเนื้อหาที่ต้องการวัดว่าตรงกันหรือไม่ (Index of item-Objective Congruence: IOC) โดยค่า IOC จะต้องมีความมากกว่า 0.5 ขึ้นไป

2.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยา ซึ่งเป็นสิ่ง ที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่เกิดจากการสังเกต เช่น ความเป็นผู้นำ ความซื่อสัตย์ ความคิด สร้างสรรค์ เป็นต้น จุดประสงค์ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง คือ เพื่อหาคำตอบว่า เครื่องมือวัดคุณลักษณะอะไร และเครื่องมือวัดคุณลักษณะเหล่านั้นได้อย่างไร

2.3 ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้กับ เกณฑ์ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ แบ่งได้เป็น ความตรงตามสภาพและความตรงเชิงพยากรณ์ วิธีการหาความ ตรงประเภทนี้ทำได้โดยนำคะแนนที่ได้จากการสอบ และคะแนนเกณฑ์มาหา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ เพียร์สัน

3. การตรวจสอบอำนาจจำแนก

3.1 การใช้กลุ่มอ้างอิง เป็นการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่มีคุณลักษณะที่ต้องการวัดสูง และกลุ่มที่มีคุณลักษณะที่ต้องการวัดต่ำ โดยใช้เทคนิค 25% ในการแบ่งกลุ่มดังกล่าว แล้วนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการใช้ในแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันโดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test) เป็นรายชื่อ

3.2 การใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อคำถามกับคะแนนรวมจากข้ออื่นๆ ทั้งหมด เป็นการหาอำนาจจำแนกโดยอาศัยสูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

สมนึก ภัททิยธนี (2553) กล่าวว่า การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือจะต้องทำการตรวจสอบให้ครบ 5 ประการ แต่เครื่องมือบางชนิดอาจตรวจสอบเพียงบางประการ แล้วแต่ลักษณะของเครื่องมือดังกล่าว เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ โดยจะตรวจสอบดังนี้

1. ความตรง

ความตรง เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามจุดประสงค์ ที่ต้องการวัดหรือไม่ แบ่งเป็น

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา คือ คุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรง เนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยรวบรวมข้อคำถามเป็นรายชื่อทั้งฉบับจะต้องครอบคลุม โดยใช้ค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณา

1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่ใช้วัดได้ตรงตาม ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ต้องการจะวัด ที่จะต้องวัดให้สัมพันธ์สอดคล้องกับสมรรถภาพย่อยๆ ตามที่ได้ กำหนดไว้ในโครงสร้าง โดยวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อความกับพฤติกรรมที่นิยามและ การวิเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล

1.3 ความตรงตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถ วัดให้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกบางอย่าง แบ่งเป็น ความเที่ยงตรงเชิงสภาพและความเที่ยงตรงเชิง พยากรณ์

2. ความเที่ยง

ความเที่ยง คือ คุณสมบัติของเครื่องมือที่วัดแสดงให้เห็นทราบว่าเครื่องมือ นั้น ให้ผลการวัดคงที่หรือไม่ ไม่ว่าจะวัดกี่ครั้ง โดยคิดจากคะแนนความแปรปรวนที่วัดได้ร่วมด้วย ส่วนใหญ่จะใช้การหาค่าความสอดคล้องภายใน โดยใช้สูตรของครอนบัค (Cronbach Alpha Procedure)

3. อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก เป็นคุณสมบัติที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่าง บุคคลได้ โดยแยกความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก

4. ความเป็นปรนัย ความเป็นปรนัย คือ ความชัดเจน ความถูกต้องตามหลักวิชาการและความเข้าใจที่ตรงกัน โดยพิจารณาถึงความชัดเจนของข้อคำถามและความชัดเจนในการให้คะแนน

จากข้อมูลดังกล่าว สรุปได้ว่า การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดผลิตภาพ นั้นจะต้องมีการตรวจสอบทั้ง 3 ด้าน คือ การตรวจสอบความเที่ยง การตรวจสอบความตรง และการตรวจสอบอำนาจจำแนก เพื่อให้ได้เครื่องมือที่ใช้วัดมีคุณภาพ และสามารถวัดได้ตรงกับ จุดประสงค์ของลักษณะที่ต้องการวัด

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ณภัทร เมณฑกานวนงษ์ (2547) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาการบัญชี วิทยาลัยอาชีวศึกษาขอนแก่น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 33 คน ผลการวิจัย พบว่านักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 52.13 และหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.27 จากการเปรียบเทียบทดลอง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 โดยมีจำนวนนักศึกษาที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 คิดเป็นร้อยละ 78.78 นักศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษามีความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก และความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

นาตยา สารีโท (2522) ได้วิจัยศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ตามศาสตร์พระราชา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน (Project - based learning) ร่วมกับแนวคิดผลิตภาพ ผลการวิจัยพบว่าผลการเรียนรู้หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดผลิตภาพสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการสร้างสรรค์ศาสตร์พระราชาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดผลิตภาพ ทั้ง 4 ด้าน มีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิดผลิตภาพ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

สถาปนา เกษมศิลป์ (2550) ได้วิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงกับการสอนตามคู่มือครูกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ อำนาจเจริญ อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ โดยสุ่มนักเรียนกลุ่มการทดลองจำนวน 20 คน ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์กลุ่มควบคุม 20 คน ได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหามหาทางวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักเรียนได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เนาวรัตน์ รุ่งเรืองบางชั้น (2532, น.66-67) อ้างถึงใน ชฎาวรรณ กองพล (2546, น.33) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เคยทำและไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโปรแกรมวิทยาศาสตร์ในกรุงเทพมหานคร และเขตการศึกษา 1 จำนวน 358 คน ซึ่งตัวอย่างประชากรจำนวนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 179 คน ได้แก่ 1) กลุ่มที่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และ 2) กลุ่มที่ไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มนี้ เป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในห้องเดียวกันและมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ใกล้เคียงกัน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนักเรียนที่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ไม่ทำโครงงานวิทยาศาสตร์

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ซิลเดรส (Childress, 1983 อ้างถึงใน ณภัทร เมณฑกานูนงษ์, 2547, น.20) ได้ศึกษาผลของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนาการของเด็กวัยรุ่น ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาเคมี จำนวน 73 คน จาก 12 เขตการศึกษาโดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 นักเรียนต้องทำโครงงานวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ 2 นักเรียนเลือกที่จะทำหรือไม่ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ก็ได้

กลุ่มที่ 3 นักเรียนไม่ต้องทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า พัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget) นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม หลังจากการทดลองนาน 9 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วมนักเรียนที่ทำโครงงานวิทยาศาสตร์มักเข้าไปมีส่วนร่วมมากที่สุด นอกจากนี้การวัดด้วยแบบทดสอบการคิดเชิงตรรกศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ทำโครงงานวิทยาศาสตร์มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาตามขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎีเพียเจต์ (Piaget) สูงจากเดิมมากที่สุด

นีสซ์ (Niesz, 2004 อ้างถึงใน ธวัชชัย อยู่พุก, 2554, น.112) ได้ศึกษาวิธีการสอนแบบโครงงานให้ทุกคนมีโอกาสในการเรียนการสอนตามสภาพจริง ซึ่งครูต้องให้ความสนใจแก่นักเรียนด้วยความสามารถในการเรียนอย่างกว้างขวาง ครูต้องสอนให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาตามความสามารถและเต็มตามศักยภาพของแต่ละบุคคลวิธีการนี้สร้างความท้าทายสำหรับครูที่จะหาแนวทางการสอนที่จะทำให้ นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จการศึกษาครั้งนี้ศึกษาว่าวิธีการสอนแบบโครงงานสามารถนำไปใช้ใน ห้องเรียนระดับมัธยมศึกษาได้อย่างไรผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการออกแบบหลักสูตรโดยใช้วิธีการสอนแบบโครงงานแล้ว นักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้นในทางบวก

วอล์คเกอร์ (Walker, 2004 อ้างถึงใน ธวัชชัย อยู่พุก, 2554, น.112-113) ได้ทำการศึกษานิเทศการวิทยาศาสตร์สู่โครงงานวิทยาศาสตร์ : การศึกษาเครื่องมือที่เป็นนวัตกรรมเพื่อการจัดกิจกรรมการ

เรียนที่ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ พบว่า เครื่องมือที่เป็นนวัตกรรมใหม่ทางการศึกษา คือ โครงการวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีการแสดงนิทรรศการวิทยาศาสตร์จากหลายโรงเรียนมีคนจำนวนน้อยที่ทราบถึงความสำคัญของนิทรรศการวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนวิทยาศาสตร์การศึกษาครั้งนี้สำรวจความเกี่ยวข้องของนิทรรศการวิทยาศาสตร์และโครงการวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนใช้ทำความเข้าใจนิทรรศการวิทยาศาสตร์เป็นการจัดประสบการณ์กล่าวถึงต้นกำเนิดและพัฒนาการของนิทรรศการวิทยาศาสตร์ ความคิดเห็นของชุมชนในการจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์และความสำคัญของขอบเขตการศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ 5 หัวข้อ คือ วิทยาศาสตร์ทั่วไป วิธีทำโครงการ วิธีการทางวิทยาศาสตร์หลักสูตรพิเศษ และห้องทดลอง การศึกษามุ่งประเด็นหลักไปยังการทำโครงการช่วยในการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนมีการศึกษารายกรณี 3 เรื่องในซิดาโก ที่ยืนยันถึงการจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนซึ่งมีจุดสนใจหนึ่ง คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างแนวทางการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ประการต่อมาความรู้ที่ได้จากห้องทดลอง และประการที่สามความสามารถของนักเรียนในการค้นคว้าทดลอง ครูบางคนใช้การสอนโครงการแสดงนิทรรศการ ในขณะที่บางคนสอนวิทยาศาสตร์ โดยการให้ค้นคว้า ในอีกกรณีหนึ่งนิทรรศการวิทยาศาสตร์เป็นพัฒนาการการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน การปฏิรูปการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้โครงการเป็นพัฒนาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนามากกว่าการสอนโดยวิธีการอื่น และการจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดแนวคิดใหม่ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์แทรกในการจัดการเรียนรู้

ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบการสอนแบบโครงการมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะชีวิต ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองและความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน อาชีพและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการคิดผลิตภาพ ของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง วิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง จำนวน 23 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 451 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภทคือ

2.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบกิจกรรม โครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 แผน

2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย คือ

- 1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพ
- 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
- 3) แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพ

2.2 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารหลักสูตร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เขียนแผนการสอนตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อการทำโครงงาน จำนวน 3 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การจัดทำเค้าโครงการทำโครงงาน จำนวน 3 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การลงมือทำโครงงาน จำนวน 6 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การจัดทำรายงานโครงงาน จำนวน 3 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การนำเสนอผลงานโครงงาน จำนวน 3 ชั่วโมง

2.2.2 การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

1) จุดประสงค์รายวิชา (ตามหลักสูตรแกน ศอศ.)

2) สมรรถนะรายวิชา (ตามหลักสูตรแกน ศอศ.)

3) แนวคิด

4) สาระการเรียนรู้

5) จุดประสงค์การเรียนรู้

6) กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

7) สื่อการเรียนการจัดการเรียนรู้

8) การวัดและการประเมินผล

9) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

2.2.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาและตรวจสอบ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงในส่วนที่บกพร่อง

2.2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขข้อบกพร่องและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องและความสอดคล้องของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยใช้แบบประเมินความคิดเห็นตามระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ให้ 4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ให้ 3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ให้ 2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ให้ 1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยมาก

2.2.5 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และนำผลการประเมินแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท และพิจารณาระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (กัญญา ลินทรัตนศิริกุล, 2560) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายถึง	แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายถึง	แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายถึง	แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายถึง	แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย
ต่ำกว่า 1.00 - 1.50	หมายถึง	แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าเฉลี่ยของระดับความเหมาะสมค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.61 – 4.95 ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับคุณภาพที่มีความเหมาะสม แล้วปรับปรุงตามคำแนะนำให้เสร็จสมบูรณ์

2.2.6 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยที่กำหนดไว้

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพ

2.3.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

- 1) ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเช่น ตำรา หนังสือ บทความทางวิชาการและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง
 - 2) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
 - 3) วิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
- สำหรับใช้ในการประเมินความสามารถของนักเรียน

4) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องที่ต้องการวัดเป็นรายการประเมินและเกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสร้างแบบจำลองปรับปรุงและดัดแปลงจากคู่มือการสอนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2561) โดยสร้างเป็นแบบทดสอบที่เป็นแบบอัตนัยมีลักษณะแบบเขียนสรุปแนวความคิดรวบยอดโดยการวาดภาพอธิบายสถานการณ์ที่ได้จากการทดลอง จำนวน 2 สถานการณ์ รวมคะแนนเต็ม 24 คะแนน และใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อวัดความสามารถทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยเป็นการปรับเข้ากับเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะชีวิต เรื่องแรงเสียดทาน หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 ซึ่งแบบทดสอบมีรายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการสำคัญคือ

รายการประเมินที่ 1 วางแผนการออกแบบจำลอง เป็นความสามารถในการอธิบายวางแผนการออกแบบจำลองได้จากสถานการณ์ที่กำหนดได้

รายการประเมินที่ 2 การสร้างแบบจำลอง เป็นความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดได้

รายการประเมินที่ 3 ลักษณะของแบบจำลองสัมพันธ์กับข้อมูล เป็นความสามารถในการอธิบายแบบจำลองที่สอดคล้องและสัมพันธ์กับข้อมูล โดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดได้

รายการประเมินที่ 4 การสื่อความหมายของแบบจำลอง เป็นความสามารถเขียนบรรยายรูปภาพด้วยภาษาที่ถูกต้องชัดเจน หรือเขียนแผนภาพให้สอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดได้

5) พิจารณาให้คะแนนตามรูบริก (Rubric) มีการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบไปด้วย 3 เกณฑ์การประเมิน คือเกณฑ์การประเมินระดับ 3 หมายถึง ดี เกณฑ์การประเมินระดับ 2 หมายถึง พอใช้ และเกณฑ์การประเมินระดับ 1 หมายถึง ปรับปรุง

6) นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

7) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดกับขั้นตอนตามกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยประเมินเป็น 3 ระดับคือ +1 สอดคล้อง, 0 ไม่แน่ใจ และ -1 ไม่สอดคล้อง แล้วนำคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดกับจุดประสงค์ซึ่งต้องมีค่า 0.5 ขึ้นไป และทำการปรับปรุงตามที่ยุเชี่ยวชาญแนะนำ ซึ่งแบบทดสอบที่สร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.94 – 1.00

8) นำแบบวัดที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง

9) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ในวิทยาลัยเทคนิคบ้าน

ค่าย จังหวัดระยอง จำนวน 35 คน แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาตรวจสอบ วิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเกี่ยวกับ ความยากและอำนาจจำแนก

10) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ที่ได้รับการแก้ไขแล้วไป ทดลองกับผลการวิเคราะห์แบบ ค่าความยาก (p) อยู่ในระดับ 0.56 – 0.59 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระบุ อยู่ระดับ 0.58-0.68 ขึ้นไป และตรวจสอบหาความเที่ยงโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค ผลปรากฏว่า แบบวัดนี้มีความเที่ยงอยู่ที่ 0.95

11) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2.3.2 แบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพ มีขั้นตอนในการ สร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ตำรา หนังสือบทความทางวิชาการและ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดผลิตภาพ

2) เลือกใช้เกณฑ์ประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพ โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงและ ดัดแปลงมาจากเกณฑ์การประเมินคุณภาพความสามารถในการคิดผลิตภาพ และคุณลักษณะของผู้มี ความสามารถในการคิดผลิตภาพ ในการคิดผลิตภาพของ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2560)

3) สร้างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพโดย ครอบคลุมทักษะ และคุณลักษณะของการคิดผลิตภาพ ซึ่งได้ปรับปรุงจากแบบวัดทักษะการคิดผลิตภาพของ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2560)

4) นำแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพที่ปรับปรุงขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

5) ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะ ความสามารถในการคิดผลิตภาพ โดยประเมินในส่วนของเกณฑ์การประเมินและนิยามของคุณลักษณะในแต่ ละด้าน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน (กัญจนา ลินทรตันศิริกุล, 2560) ดังนี้

- | | |
|-------------|--|
| ให้คะแนน +1 | เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินสอดคล้องกับคุณลักษณะ
ของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพ |
| ให้คะแนน 0 | เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบประเมินสอดคล้องกับคุณลักษณะ
ของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพ |
| ให้คะแนน -1 | เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะ
ของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดผลิตภาพ |

6) นำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่า IOC ของแบบประเมินรายข้อและนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างระดับพฤติกรรมที่สอดคล้องคุณลักษณะและความสามารถในการคิดผลิตภาพ ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

7) หาค่าความเที่ยงของแบบประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค ผลปรากฏว่าแบบวัดนี้มีความเที่ยงอยู่ที่ 0.84

8) นำแบบประเมินคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลและประเมินผล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ดังนี้

3.1 ก่อนดำเนินการสอนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอน วิธีการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน พร้อมทั้งแจ้งจุดประสงค์และเงื่อนไขในการเรียนให้กับนักเรียนได้รับทราบ

3.2 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เรื่องแรงเสียดทาน ซึ่งเป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ในเวลา 1 ชั่วโมง และประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินทักษะความสามารถในการคิดผลิตภาพที่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือทักษะ ช่างสังเกต คิดต่อเนื่อง มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ เชื่อมโยงกับผลผลิต คิดและทำด้วยพร้อมกัน มุ่งทำให้สำเร็จ คิดให้ตลอด และพร้อมรับการทดสอบการประเมิน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน ก่อนเรียน

3.3 ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน จำนวน 5 แผน เวลา 18 ชั่วโมง

3.4 หลังจากดำเนินการสอนทุกแผนแล้ว ทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เรื่องแรงเสียดทาน ซึ่งเป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ในเวลา 1 ชั่วโมง และประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินทักษะความสามารถในการคิดผลิตภาพที่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือทักษะ ช่างสังเกต คิดต่อเนื่อง มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ เชื่อมโยงกับผลผลิต คิดและทำด้วยพร้อมกัน มุ่งทำให้สำเร็จ คิดให้ตลอด และพร้อมรับการทดสอบการประเมิน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน หลังเรียน

3.5 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

4. วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วโดยดำเนินการต่อไปนี้

4.1.1 วิเคราะห์ผลจากการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานโดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D)

4.1.2 วิเคราะห์ผลจากการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยหาค่าความยาก (p) , อำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงตรงของแบบวัด

4.1.3 วิเคราะห์ผลจากการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคุณลักษณะของการคิดผลิตภาพกับพฤติกรรมที่วัด (IOC) และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน

4.1.4 เปรียบเทียบคะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test Dependent Samples)

4.1.5 เปรียบเทียบคะแนนทดสอบ ความสามารถในการคิดผลิตภาพระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test Dependent Samples)

4.2 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 สถิติพื้นฐาน

1) หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{X}$) ใช้สูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2561, น.9-1-88)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	$\sum x$	แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2) หาค่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สูตร ดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2561, น.9-1-88)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 $\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
 n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4.2.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1) หาค่าความตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบ ทั้งแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองและแบบประเมินทักษะและคุณลักษณะในการคิดผลิตภาพ หลังจากได้ผลจากผู้เชี่ยวชาญแล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่า IOC จากสูตร (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2561, น.9-1-88)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัด/คุณลักษณะของการคิดผลิตภาพกับพฤติกรรม
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) ค่าความยากของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{\sum H + \sum L - (2N \text{ Score}_{\min})}{2N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ $\sum H$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 50%
 $\sum L$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 50%
 N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ
 $\text{Score}_{\max}$ แทน คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด
 $\text{Score}_{\min}$ แทน คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

3) ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{อำนาจจำแนก} = \frac{\Sigma H - \Sigma L}{N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ ΣH แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 50%
 ΣL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 50%
 N แทน 50% ของจำนวนผู้สอบ
 $\text{Score}_{\max}$ แทน คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด
 $\text{Score}_{\min}$ แทน คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

4) ค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองและแบบประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Coefficient Alpha or Cronbach's Alpha) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย
 k แทน จำนวนข้อคำถาม
 S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามข้อที่ i
 S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

$$\text{โดยที่ } S^2 = \frac{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ N แทน จำนวนผู้เข้าสอบ
 X แทน คะแนนรวมของผู้เข้าสอบแต่ละคน

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย

5.3.1 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียน
 คือ การทดสอบค่า t (t-test Dependent Samples)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน รายวิชาวิทยาศาสตร์และพัฒนาทักษะชีวิต ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองและความสามารถในการคิดผลิตภาพ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง ผู้วิจัยเสนอว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนนเต็ม	<i>M</i>	<i>SD</i>	t	<i>p</i>
คะแนนก่อนเรียน	35	24	14.37	3.12	11.368*	.000
คะแนนหลังเรียน	35	24	18.20	4.46		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 14.37 และ 18.20 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

**ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของ
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนนเต็ม	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
คะแนนก่อนเรียน	35	48	28.31	7.89	22.937*	.000
คะแนนหลังเรียน	35	48	35.80	8.02		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดผลิตภาพ
ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 28.31 และ 35.80 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ความสามารถในการ
คิดผลิตภาพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการคิดผลิตภาพ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง ผู้วิจัยนำมาสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

1.2 สมมุติฐานการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.2.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.2.3 ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.3.1 **ประชากร** เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคบ้าน ค่าย อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2568 จำนวน 23 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 451 คน จัดนักเรียนเข้าชั้นเรียนแบบละ
ความสามารถ

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิค
บ้านค่าย อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน 35 คน
ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ
กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 แผน (2) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (3) แบบ
ประเมินทักษะและคุณลักษณะความสามารถในการคิดผลิตภาพ

1.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2567 ดังนี้

1) ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เรื่องแรงเสียด
ทาน ซึ่งเป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ในเวลา 1 ชั่วโมง และประเมินความสามารถในการคิดผลิต
ภาพของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินทักษะความสามารถในการคิดผลิตภาพที่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือ
ทักษะ ช่างสังเกต คิดต่อเนื่อง มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ เชื่อมโยงกับผลผลิต คิดและทำด้วยพร้อมกัน
มุ่งทำให้สำเร็จ คิดให้ตลอด และพร้อมรับการทดสอบการประเมิน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน ก่อนเรียน

2) ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานจำนวน 5 แผน เวลา 18 ชั่วโมง

3) หลังจากดำเนินการสอนทุกแผนแล้ว ทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัด
ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เรื่องแรงเสียดทาน ซึ่งเป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ในเวลา 1
ชั่วโมง และประเมินความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินทักษะความสามารถใน
การคิดผลิตภาพที่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือทักษะ ช่างสังเกต คิดต่อเนื่อง มองเห็นทางปรับปรุงแนวปฏิบัติ
เชื่อมโยงกับผลผลิต คิดและทำด้วยพร้อมกัน มุ่งทำให้สำเร็จ คิดให้ตลอด และพร้อมรับการทดสอบการ
ประเมิน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน หลังเรียน

1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วโดยดำเนินการต่อไปนี้

1) เปรียบเทียบคะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองระหว่างก่อนเรียน
และหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที
(t-test Dependent Samples)

2) เปรียบเทียบคะแนนทดสอบ ความสามารถในการคิดผลิตภาพระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test Dependent Samples)

1.4 ผลการวิจัย

1.4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.4.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4.3 ความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่องการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการคิดผลิตภาพ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย จังหวัดระยอง เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานและเปรียบเทียบความสามารถในการคิดผลิตภาพก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานอาชีพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนสามารถบรรลุเกณฑ์การประเมินตามที่กำหนดไว้ ได้ทั้ง 4 รายการ คือ วางแผนการออกแบบจำลอง การสร้างแบบจำลอง ลักษณะ

ของแบบจำลองสัมพันธ์กับข้อมูล และการสื่อความหมายของแบบจำลอง (สสวท,2561) สอดคล้องกับ ชีระชัย ปุณฺณโชติ (2545) และสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการศึกษาไทย (2545) ว่าด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า หรือปฏิบัติงานตามหัวข้อที่ผู้เรียนสนใจ ซึ่งผู้เรียน จะต้องฝึกกระบวนการทำงานอย่างมีขั้นตอน มีการวางแผนในการทำงานหรือการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จนการดำเนินงานสำเร็จจุล่งตามวัตถุประสงค์ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้อย่างหลากหลาย อันเป็นประสบการณ์ตรงที่มีคุณค่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ ได้ และด้วยสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ก็ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ให้กับนักเรียนในสายวิชาชีพ กำหนดเป็นนโยบาย หลักในการขับเคลื่อนสู่สถานศึกษา โดยการจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้สืบค้น เพิ่มทักษะการคิดและการพึ่งพาตนเอง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ของตนเอง แสดงออกถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้และความคิด สร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การฝึกฝนทักษะ การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และความเป็นประชาธิปไตย กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย การ กำหนดประเด็นปัญหา การ กำหนดวิธีหาคำตอบ และการสรุปองค์ความรู้จากโครงงาน (หน่วย ศึกษาพิเศษ, 2556)

รายวิทยาสาสตร์พื้นฐานอาชีพ เป็นพื้นฐานของการเรียนวิทยาสาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้เรียนต้องเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์ เป็นทักษะที่มีประโยชน์ในด้านของกระบวนการคิด จัดระเบียบความคิดให้เป็นลำดับขั้นตอน การแสวงหาความรู้ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ตลอดจนการแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีระบบ โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน ตั้งแต่การวางแผนการทำงาน การลงมือทำ จนถึงขั้นตอนสรุปผลการทำงานเพื่อให้ได้ผลสำเร็จตรงตามจุดประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้เรียนต้องเรียนรู้และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการทั้ง 14 ทักษะ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เพิ่มเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์ขั้นบูรณาการ เข้ามาในบทเรียนเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์ขั้นที่ 14 คือทักษะการสร้างแบบจำลอง เป็นทักษะการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ แผนผัง สิ่งของ รวมทั้งการนำเสนอข้อมูลหรือแนวคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองต่างๆ เป็นประโยชน์ที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจ ให้ผู้เรียนสามารถต่อยอดความคิดสร้างสรรค์ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ,สสวท.)

อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน หรือ Project-Based Learning (PBL) ก็ได้รับความสนใจและกล่าวถึงในวงการ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างกว้างขวาง โดยนักการศึกษาอ้างว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานนั้นสอดคล้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 หากผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานก็จะได้รับการส่งเสริมพัฒนาทักษะในหลายด้าน อาทิ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ผู้เรียนจะได้รับการส่งเสริมให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหา ทักษะเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสาร การสื่อสารและเทคโนโลยี (Information, Media, and Technology Skills) ผู้เรียนจะสามารถเข้าถึงและจัดการกับข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ และสามารถทำการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทักษะชีวิตและการประกอบอาชีพ (Life and Career Skills) ผู้เรียนจะสามารถทำงานเป็นทีม มีภาวะผู้นำ และมีความรับผิดชอบ (เทพกัญญา พรหมชาติแก้ว, 2557) ในยุคที่โลกที่มีการแข่งขันสูงการศึกษาวิทยาศาสตร์นับเป็นปัจจัยลำดับต้น ๆ ที่ควรได้รับการพัฒนา และจาก การศึกษาพบว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพสามารถ ช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้ เช่น ช่วยพัฒนาทักษะ การคิดระดับสูง การแก้ปัญหา รวมทั้งการสื่อสารและความร่วมมือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าจัดการเรียนรู้ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งส่งเสริมให้มีการฝึกปฏิบัติ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพมีความสำคัญอย่างมากใน การช่วยเพิ่มทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการยกระดับคุณภาพการศึกษาและเพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้น เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หลักสูตร การพัฒนาศักยภาพครูและการจัดการเรียนรู้ เป็นปัจจัยลำดับแรก ๆ ที่ควรให้ความสำคัญ กล่าวโดยสุพรรณณี ชาญประเสริฐ (2556)

2.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน มีความสามารถในการคิดผลิตภาพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 สอดคล้องกับสไว พักขาว (2558) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นกระบวนการที่สามารถนำมาใช้ส่งเสริมการคิดผลิตภาพได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการเรียนรู้แบบโครงงานผู้เรียนจะเป็นผู้ออกแบบ วางแผน ดำเนินงานตามแผนจนกระทั่งได้ผลงานและนำเสนอรวมทั้งเผยแพร่ผลงาน (Patton and Robin, 2012: 13) ซึ่งจะทำให้ได้ฝึกทักษะการคิด การลงมือทำ และนำเสนอผลงานของตนให้ผู้อื่นได้ทราบว่าการนำเสนอมีพื้นฐานความคิดจากอะไร มีกระบวนการผลิตอย่างไรและสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไร โดยช่วยส่งเสริมพัฒนาคุณลักษณะที่สำคัญของความสามารถในการคิดผลิตภาพของนักเรียนซึ่งได้แก่ 1) ช่างสังเกต 2) การคิดต่อเนื่อง 3) การมองเห็นแนวทางปรับปรุง 4) เชื่อมโยงกับผลผลิต 5) การคิดแล้วทำ 6) การคิดให้ตลอด และ 7) การพร้อมรับการทดสอบ ที่กล่าวโดยไพฑูรย์ ลินลาร์ตัน (2560)

อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ของตนเองซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้มาจากการปฏิบัติจริง ตั้งแต่การได้รับความรู้ไปจนถึงการลงมือปฏิบัติความสามารถในการประยุกต์ความรู้เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง การเรียนรู้ตามโครงงานช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ นอกจากนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม มีการทำงานร่วมกันทุกขั้นตอน ฝึกอบรมผู้นำ ผู้ตามการยอมรับและรับฟังผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับ ไสว พักขาว (2558) ที่กล่าวถึงความสามารถในการคิดที่เป็นที่ต้องการในสังคมไทยในปัจจุบันและโลกในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นความสามารถในการคิดที่ทำให้ได้ผลผลิตที่เป็นรูปธรรม จำต้องได้การคิดผลิตภาพมีพื้นฐานมาจากแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ที่รู้จักกันดี คือ Learning by doing และสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎี Constructionism ของซีมัวร์ แพเพิร์ต (Seymour Papert) ที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบ Learning by making เมื่อ 20 กว่าปีมาแล้ว (Harel and Papert, 1991) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาในอนาคตควรให้ความสำคัญและส่งเสริมการคิดผลิตภาพอย่างจริงจัง ในการส่งเสริมการคิดผลิตภาพในสถานศึกษา สามารถดำเนินการได้เป็น 3 ประการหลักคือ การนำเครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดผลิตภาพมาใช้ ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) และการจัดบรรยากาศและแหล่งเรียนรู้

ทั้งนี้ผลการวิจัยในด้านของความสามารถในการคิดผลิตภาพได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ อีระศักดิ์ ไชยสัจย์ (2560) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง ซึ่งนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ซึ่งสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนให้สูงขึ้นกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยจะเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ที่ได้รับมาวิเคราะห์และคิดต่อเนื่องจนสร้างเป็นชิ้นงานขึ้นจากองค์ความรู้ที่ได้สร้างขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัย พลวิชัย อังสวัสดิ์ (2561) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพสูงกว่่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คล้ายคลึงกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้นในกิจกรรมการเรียนรู้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ผู้สอนจำเป็นต้องจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ประกอบในการสอนและเตรียมสื่อการเรียนรู้ จากการจัดการเรียนการสอนพบว่า การเตรียมสื่อการเรียนรู้

แหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลทำให้นักเรียนมีแนวทางและตัวอย่างในการทำโครงการได้รวดเร็วขึ้น

3.1.2 การจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับข้อมูลในการทำโครงการ นักเรียนอาจจะใช้เวลานาน จำเป็นต้องมีการจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนเรียนรู้ง่ายและสะดวกต่อการดำเนินกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูผู้สอนสอนได้ตรงตามเนื้อหาวิชา และจุดประสงค์ของหลักสูตร สามารถช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว และยังช่วยแก้ปัญหาในการเรียนการสอนอันเนื่องมาจากครูและความสามารถของนักเรียนแต่ละคน และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยนำการเรียนแบบร่วมมือ กระบวนการเรียนร่วมกัน เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.3 การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ครูผู้สอนต้องศึกษารายละเอียดต่างๆ ให้ถี่ถ้วน มีการเตรียมตนเองโดยมีการศึกษาเนื้อหาและรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องที่จะนำไปจัดการเรียนรู้ จัดลำดับขั้นตอนให้มีความรัดกุม ดำเนินการศึกษาไปที่ละขั้นตอน อธิบายประกอบเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในกิจกรรม อีกทั้งการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย เกิดความสนใจ ต้องการที่จะแก้ปัญหาหรือทำโครงการวิทยาศาสตร์ อีกทั้งนักเรียนแต่ละสาขาวิชามีความสามารถและทักษะที่แตกต่างกัน ครูผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน และองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ เนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ รูปแบบการเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ พื้นฐานความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะและให้คำปรึกษาจนกระทั่งผู้เรียนสามารถทำโครงการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรจัดให้มีการทำวิจัยที่นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาในระดับชั้นระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) เพื่อให้กระบวนการจัดการเรียนการรู้มีความต่อเนื่อง โดยติดตามนักศึกษาในการทำโครงการสำหรับจบการศึกษา ซึ่งนักศึกษาระดับ ปวส. จะมีองค์ความรู้ครบถ้วนและเป็นการดูแลติดตามนักศึกษาในการจบการศึกษา

3.2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นอกเหนือจากตัวแปรความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และความสามารถในการคิดผลิตภาพ เช่น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความร่วมมือ ทักษะสื่อสารและร่วมมือ

3.2.3 ควรทำวิจัยโดยจัดให้มีการสอดแทรกเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ใหม่ๆ ในการจัดการเรียนรู้โครงการวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น การให้นักเรียนนำเสนอโครงการผ่านสื่อออนไลน์การอัปโหลดวิดีโอลงยูทูป หรือกลุ่มเฟซบุ๊ก เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะในศตวรรษที่ 21 จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจเกิดความคิดสร้างสรรค์และอยากเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กัญจนา ลินทนต์ศิริกุล. (2561). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ในประมวลสาระชุดวิจัยหลักสูตรและการเรียน การสอน หน่วยที่ 9, หน้าที่ 1-82 (พิมพ์ครั้งที่ 8). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.
- กาญจนา ฉัตรศรีตระกูล. (2544). การเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนเค้าโครงของโครงการงานภูมิปัญญาไทยการคิดแก้ปัญหา และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกการทำโครงการงานภูมิปัญญาไทยทางวิทยาศาสตร์กับการสอนแบบสืบเสาะ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, กรุงเทพฯ
- กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน. (2550). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกโครงการงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 . มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.
- จิตติพงศ์ ปะกิริะเนย์. (2552). การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยชุดกิจกรรมฝึกทำโครงการงานวิทยาศาสตร์กับการสอนปกติ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, สกลนคร.
- ชุติมา วัฒนาศิริ. (2539). การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ณภัทร เมณฑกานวนงษ์. (2547). ผลการเรียนรู้การสอนโดยใช้โครงการงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2560). การประเมินการคิดผลิตภาพ. สอนและสร้างได้อย่างไร. วิทยาลัยครูศาสตร์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนาถ ธรรมรักษ์. (2546). การพัฒนาแบบฝึกโครงการงานวิทยาศาสตร์สำหรับมัธยมปีที่ 2. ปริญญา นิพนธ์ กศ.ม.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ธมลวรรณ ปรมาธิกุล. (2555). การเรียนภาษาอังกฤษแบบประสบการณ์เพื่อเพิ่มพูนความสามารถทางการพูดและความพร้อมในการเรียนรู้ด้วยการชี้นำตนเองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ธวัชชัย อยู่ฟูก. (2554). การพัฒนาครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการงานวิทยาศาสตร์โรงเรียนขามนิวยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยม 29. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, สกลนคร

- ธีระชัย ปุณฺณโชติ. (2531). การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์:คู่มือสำหรับ.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีระศักดิ์ ไชยสัตย์. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,นนทบุรี.
- นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์. (2557). การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงาน. ในประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์. หน่วยที่ 9 : สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี
- เนาวรัตน์ รุ่งเรืองบางชัน. (2532). การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เคยทำและไม่เคยทำโครงงานวิทยาศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2545). หน่วยที่ 3 คุณภาพเครื่องมือวัด ในประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา หน้า 73-74 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, นนทบุรี.
- บุญศรี พรหมมาพันธุ์ และนวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม. (2545). หน่วยที่ 4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. ในประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา หน้า 218-255 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, นนทบุรี.
- พิมพ์นธ์ เตชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน. เล่ม 1. เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์, กรุงเทพฯ
- ภพ เลหาไพบุลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ
- รักชนก ถาวรพล. (2561) ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดนนทบุรี.มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี
- ลัดดา ภูเกียรติ. (2544). โครงงานเพื่อการเรียนรู้: หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม.กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วรลักษณ์ คำหว่าง. (2559). แนวทางการพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในจังหวัดพิษณุโลก, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 6(1), 129-138.

- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิสุทธิ ตรีเงิน. (2550). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยโครงการวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต: กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์เกรียงไกร ปัญญาวัตร. (2548). การใช้กิจกรรมการอ่านแบบกว้างขวางเพื่อส่งเสริมนิสัยรักการอ่านภาษาอังกฤษ การเรียนรู้ด้วยตนเองและเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ศิวพร ตาใจ. (2551). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2533). คู่มือการทำและการแสดงโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: เอกสารสำหรับครู. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาปนา เกษมศิลป์. (2546). การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- แสงเดือน เจริญนิม. (2555). ความสามารถในการเรียนรู้แบบนำตนเองของนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมชัย โกมล. (2544). การสอนเพื่อพัฒนาการคิดด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สดใส เตียนพลกรัง. (2548). ผลการสอน โดยใช้กิจกรรม โครงการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพญาเย็นวิทยา จังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.
- Boud, D. (1982). Developing Student Autonomy in Learning. New York: Nichols Publishing Company.
- Brocket, R.G., & Hiemstra, R. (1991). Self-direction in Adult Learning. New York: Chapman and Hall.
- Griffin, C. (1983). Curriculum Theory in Adult Lifelong Education. London: Crom Helm.

Guglielmino, L.M. (1997). Development of the Self-directed Learning Readiness Scale.

Georgia: University of Georgia (Unpublished Ed.D. Dissertation).

Hiemstra, R. (1994). Self-Directed Learning. In T. Husen & T.N. Postlthwaite (Eds.), *The International Encyclopedia of Education*. 2 ed. Oxford: Pergamon Press.

Retrieved June 10, 2011, From: <http://home.twcny.rr.com/hiemstra/sdlhdbk.html>

Knowles, M.S. (1975). *Self-directed Learning: A Guide for Learner and Teacher*, New York: Association Press.

Weir, J. (1974). Problem Solving is Everybody's Problem. *The Science Teacher*, 15(4),16-18.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
- คะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพ

คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	18	20	19	10	17
2	19	21	20	11	17
3	15	19	21	13	18
4	7	12	22	15	19
5	7	14	23	11	15
6	11	18	24	15	19
7	13	18	25	16	19
8	15	19	26	18	21
9	19	21	27	13	17
10	15	20	28	21	23
11	12	20	29	21	22
12	22	23	30	23	24
13	13	18	31	18	20
14	14	19	32	19	20
15	7	14	33	15	16
16	13	16	34	17	19
17	7	12	35	13	16
18	7	11			

**คะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพ
ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

เลขที่	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	คะแนนเฉลี่ย	แปรผล	คะแนนเฉลี่ย	แปรผล
1	3.00	ดี	3.50	ดีมาก
2	3.08	ดีมาก	3.58	ดีมาก
3	2.33	ดี	3.08	ดีมาก
4	2.08	ดี	2.75	ดี
5	2.50	ดี	2.83	ดี
6	1.66	พอใช้	2.25	ดี
7	1.91	พอใช้	2.50	ดี
8	2.66	ดี	3.33	ดีมาก
9	3.16	ดีมาก	3.75	ดีมาก
10	2.58	ดี	3.33	ดีมาก
11	2.00	พอใช้	2.91	ดี
12	3.25	ดีมาก	3.91	ดีมาก
13	2.41	ดี	3.25	ดีมาก
14	2.16	ดี	2.66	ดี
15	1.83	พอใช้	2.50	ดี
16	2.25	ดี	2.83	ดี
17	1.00	ปรับปรุง	1.66	พอใช้
18	1.00	ปรับปรุง	1.33	พอใช้
19	1.16	พอใช้	1.75	พอใช้
20	1.00	ปรับปรุง	1.50	พอใช้

(ต่อ)

**คะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพ
ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน**

เลขที่	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	คะแนนเฉลี่ย	แปรผล	คะแนนเฉลี่ย	แปรผล
21	2.08	ดี	3.00	ดี
22	2.58	ดี	3.33	ดีมาก
23	2.25	ดี	3.08	ดีมาก
24	2.41	ดี	3.08	ดีมาก
26	2.66	ดี	3.33	ดีมาก
27	2.66	ดี	3.41	ดีมาก
28	2.33	ดี	2.75	ดี
29	2.83	ดี	3.58	ดีมาก
30	3.00	ดี	3.66	ดีมาก
31	3.33	ดีมาก	3.91	ดีมาก
32	3.16	ดีมาก	3.33	ดีมาก
33	3.16	ดีมาก	3.66	ดีมาก
34	2.41	ดี	3.08	ดีมาก
35	2.91	ดี	3.50	ดีมาก

ภาคผนวก ข

- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยคะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพ
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

T-TEST PAIRS=post WITH pre (PAIRED)
/CRITERIA=CI (.9500)
/MISSING=ANALYSIS.

➔ T-Test

[DataSet0]

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	post	18.2000	35	3.12297	.52788
	pre	14.3714	35	4.46612	.75491

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	post & pre	35	.922	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	post - pre	3.82857	1.99242	.33678	3.14415	4.51299	11.368	34	.000

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.928	2

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยคะแนนความสามารถในการคิดผลิตภาพ

ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

```
T-TEST PAIRS=post WITH pre (PAIRED)
/CRITERIA=CI (.9500)
/MISSING=ANALYSIS.
```

► T-Test

[DataSet0]

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	post	35.8000	35	8.02130	1.35585
	pre	28.3143	35	7.89926	1.33522

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	post & pre	35	.971	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	post - pre	7.48571	1.93073	.32635	6.82248	8.14894	22.937	34	.000

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.985	2