

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องบรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดปัตตานี ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.3 บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.4 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.5 ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลอง
 - 2.2 ประเภทของแบบจำลอง
 - 2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 3.2 การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 4. ความคิดสร้างสรรค์
 - 4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
 - 4.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
 - 4.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์
 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ
- โดยมีรายละเอียดแต่ละหัวข้อดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาเรียกวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่แตกต่างกัน เช่น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบ การสอนแบบสืบสอบ เป็นต้น และได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ไข ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเองโดยครูตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เองและสามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาแก้ปัญหาได้

ทิตินา แคมมณี (2545) ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบไว้ว่า เป็นการดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบสวน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ หรือสร้างความรู้ด้วยตัวเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบเสาะหาความรู้จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง ซึ่งมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างสถานการณ์หรือปัญหา การตั้งสมมุติฐาน การออกแบบการทดลอง การทดสอบสมมุติฐานโดยการทดลองและการสรุปผล

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านการลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน

1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

นักการศึกษาจากกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) (BSCS, 1997) ได้เสนอกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง เรียกรูปแบบการสอนนี้ว่า Inquiry cycle หรือ 5Es มีขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์ที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ ทำให้ผู้เรียนสนใจ ใคร่รู้ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน ควรจะเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมกับปัจจุบัน และควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่ากำลังจะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะ และเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

2. การสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะ โดยการให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจและค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นผู้เรียนแต่ละคน หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละคนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหา เป็นโอกาสที่ผู้เรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของผู้เรียนที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์ โดยการให้ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียน ครูควรระลึกอยู่เสมอเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนตามประเด็นปัญหา ผลจากการที่ผู้เรียนมีใจจดจ่อในการทำกิจกรรม ผู้เรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงการสังเกต การจำแนกตัวแปร และคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้

3. การอธิบาย (Explain) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมนี้ครูควรชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียด แต่อย่างไรก็ตามครูควรระลึกอยู่เสมอว่ากิจกรรมเหล่านี้ยังคงเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นั่นคือ ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวผู้เรียนเอง บทบาทของครูเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจน ในที่สุดผู้เรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

4. การขยายความรู้ (Elaborate) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการ ในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่ หรืออาจจะเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ใหม่ผู้เรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น เป้าหมายที่สำคัญของขั้นนี้ คือ ครูควรชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะเพิ่มขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluate) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ของรูปแบบการสอน ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และยังเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2546) ได้กำหนดรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสนใจหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็น เรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

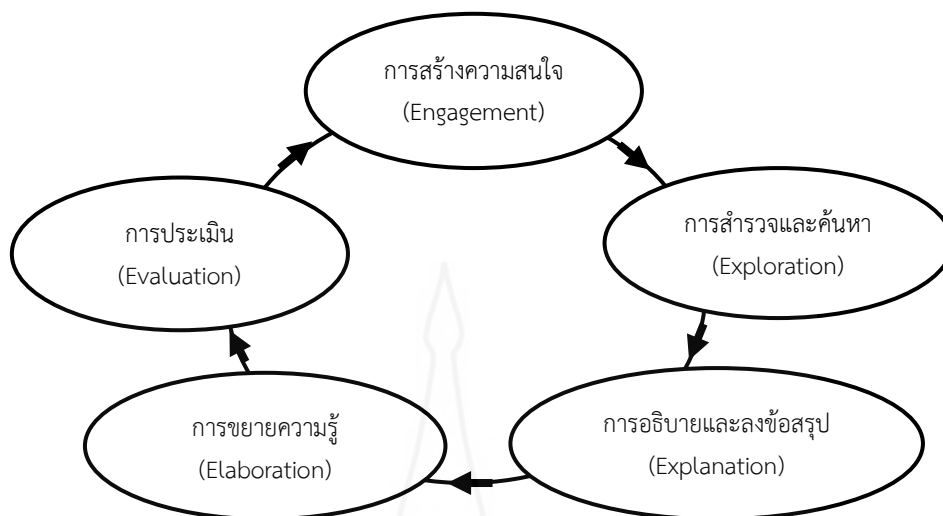
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทำการทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลหรือข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รูปภาพ หรือสร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อมูลที่สรุปได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้มีความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นการดำเนินกิจกรรมวงจรต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพประกอบ



ภาพที่ 2.1 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตดูเคชั่น ซัพพลายส์.

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะมีขั้นตอนที่คล้ายๆกัน โดยมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ
2. ขั้นสำรวจและค้นหา
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
4. ขั้นขยายความรู้
5. ขั้นประเมิน

โดยแต่ละขั้นตอนจะเน้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก

1.3 บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) ครูจะกระตุ้นด้วยคำถามหรือสถานการณ์ ใช้ภาพหรือสื่อดิจิทัล หรือแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียนสนใจ จดจ่ออยู่กับสิ่งที่เรียน ว่ามีอะไรบ้างที่รู้แล้ว และสงสัยอยากรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้นอีก ความสงสัยใคร่รู้ของนักเรียนจะหลั่งไหลออกมาเป็นคำถามมากมายที่จะนำไปสู่กิจกรรมลำดับต่อไป

2. ขั้นสำรวจค้นหา (exploration) ครูจะสนับสนุนให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมสำรวจ ตรวจสอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่คำตอบหรือคำอธิบายของคำถามที่สนใจอย่างรู้ ได้แก่ กิจกรรมการสังเกต สำรวจ ทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล ประจักษ์พยานที่เกี่ยวข้องอย่างแม่นยำและ ครบถ้วน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explain) ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลและ ประจักษ์พยานต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบ ร่วมกันวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของ ข้อมูล แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูด ของนักเรียน

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาคำอธิบายของ นักเรียนกับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่น ๆ เพื่อปรับปรุงคำอธิบายเดิมให้เป็นแนวความคิดหลัก วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ตามระดับชั้นของนักเรียน

5. ขั้นประเมินผล (evaluation) ครูจะพยายามท้าทายให้นักเรียนคิดถึงการนำความรู้ ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ หรือยกตัวอย่างการใช้ความรู้ในในชีวิตประจำวัน ในการประกอบอาชีพ หรือในกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้นักเรียนอาจจะมีคำถามใหม่ที่สงสัยอยากรู้เป็นการนำไปสู่การเรียนรู้ ในหัวข้อต่อ ๆ ไปอีก อย่างไรก็ตามการประเมินผลควรทำทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอด กระบวนการตั้งแต่แรกจนถึงขั้นสุดท้ายที่สิ้นสุดบทเรียน นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ลักษณะของ กิจกรรม รวมทั้งบทบาทของครูและนักเรียนดังตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และบทบาทของครูและ ผู้เรียน

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
1. ขั้นสร้างความ สนใจ (Engagement)	ครูจัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์กระตุ้น ยั่วยุหรือท้าทายให้ ผู้เรียนสนใจ สงสัย ใคร่อยากรู้อยาก เห็น หรือขัดแย้ง เกิดปัญหา ทำให้ ผู้เรียนต้องการ ศึกษา ค้นคว้า ทดลองหรือ แก้ปัญหา(สำรวจ ตรวจสอบด้วยตัว ของผู้เรียนเอง)	1. เชื่อมโยงกับ ความรู้เดิม 2. แปลกใหม่ ผู้เรียนไม่เคยพบมา ก่อน 3) ยั่วยุ ท้าทาย น่าสนใจ ใครรู้ 4. เปิดโอกาสให้มี แนวทางการ ตรวจสอบอย่าง หลากหลาย 5. นำไปสู่ กระบวนการ	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความ อยากรู้ อยากเห็น 3. ตั้งคำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียน คิด 4. ให้เวลาผู้เรียน คิดก่อนตอบ คำถามหรือไม่เร่ง เร็วในการตอบ คำถาม 5. ดึงเอาคำตอบ หรือความคิดที่ยัง	1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความ คิดเห็น 4. กำหนดปัญหา หรือเรื่องที่ สำรวจให้ชัดเจน 5. แสดงความ สนใจ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
		ตรวจสอบด้วยตัว ของผู้เรียนเอง	ไม่ครอบคลุมสิ่งที่ นักเรียนรู้ 6. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนทำความเข้าใจ กระจ่างในปัญหาที่ จะสำรวจ ตรวจสอบ	
2. ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration)	ครูจัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ให้ ผู้เรียนสำรวจ ตรวจสอบปัญหา หรือประเด็นที่ ผู้เรียนสนใจใคร่รู้	1. ผู้เรียนได้เรียนรู้ วิธีแสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง 2. ผู้เรียนทำงาน ตามคิดอย่างอิสระ 3. ผู้เรียน ตั้งสมมติฐานได้ หลากหลาย 4. พิจารณาข้อมูล และข้อเท็จจริงที่ ปรากฏแล้วกำหนด สมมติฐานที่เป็นไป ได้ 5. ผู้เรียนวางแผน แนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ 6. ผู้เรียนวิเคราะห์ อภิปรายเกี่ยวกับ กระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ 7. ผู้เรียนได้ลงมือ ปฏิบัติในการสำรวจ ตรวจสอบ	1. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้วิเคราะห์ กระบวนการ สำรวจตรวจสอบ 2. ถามเพื่อนำไปสู่ การสำรวจ ตรวจสอบด้วย ตนเอง 3. ส่งเสริมให้ ผู้เรียนได้ตรวจสอบ ด้วยตนเอง 4. ให้ความรู้ผู้เรียน ในการคิดไตร่ตรอง ปัญหา 5. ฟังการโต้ตอบ กันของผู้เรียน 6. ทำหน้าที่ในการ ให้คำปรึกษา 7. อำนวยความสะดวก	1. คิดอย่างอิสระ แต่อยู่ในขอบเขต ของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐาน ที่เป็นไปได้โดย การอภิปราย 3. พิจารณา สมมติฐานที่ เป็นไปได้โดยการ อภิปราย 4. ระดมความคิด เห็นในการ แก้ปัญหาการ ตรวจสอบ 5. ตรวจสอบ สมมติฐานอย่าง เป็นระบบ ขั้นตอนถูกต้อง 6. บันทึกการ สังเกตหรือผล การสำรวจ ตรวจสอบอย่าง เป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ 7. กระตือรือร้น มุ่งมั่นในการ สำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
3. อธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation)	ครูจัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ให้ผู้เรียน วิเคราะห์ อธิบายความรู้ หรืออภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่ง กันและกันเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ เรียนรู้ หรือสิ่งที่ค้นพบ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนา ความรู้ ความเข้าใจในองค์ ความรู้ที่ได้อย่างชัดเจน	1. ผู้เรียนได้นำ ข้อมูลที่ได้จาก การสำรวจ ตรวจสอบมา 1.1 วิเคราะห์ แปลผล 1.2 สรุปผล สอดคล้องกับ ข้อมูล ถูกต้อง เชื่อถือได้ 1.3 อภิปรายผล อย่าง สมเหตุสมผล 1.4 นำเสนอ ผลงานในรูปแบบ ต่าง ๆ	1. ส่งเสริมให้ ผู้เรียนได้อธิบาย ผลการสำรวจ ตรวจสอบและ แนวคิด ฯลฯ ด้วยคำพูดของ ผู้เรียนเอง 2. ให้ผู้เรียน เชื่อมโยง ประสบการณ์ และความรู้เดิม มาใช้ในการ อธิบาย 3. ให้ผู้เรียน อธิบายโดย อ้างอิงเหตุผล หลักการทาง วิชาการหรือ หลักฐาน ประกอบ 4. ให้ความสนใจ กับคำอธิบายของ ผู้เรียน	1. อธิบายการ แก้ปัญหาหรือ ผลการสำรวจ ตรวจสอบที่ได้ 2. อธิบายผล การสำรวจ ตรวจสอบ สอดคล้องกับ ข้อมูล 3. อธิบายโดย อ้างอิงเหตุผล หลักการทาง วิชาการและ หลักฐาน ประกอบ 4. ฟังการ อธิบายของ ผู้อื่นแล้วคิด วิเคราะห์ อภิปราย 5. ซักถาม เกี่ยวกับสิ่งที่ เพื่อนอธิบาย
4. ขยาย ความรู้ (Elaboration)	ครูจัดกิจกรรมหรือสการ การณ์ที่เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้ขยายหรือเพิ่มเติม ความรู้ความเข้าใจในองค์ ความรู้ใหม่ให้กว้างขวาง กระจ่าง สมบูรณ์และลึกซึ้ง ยิ่งขึ้น	1. ให้ผู้เรียนมี ความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบ ความคิดให้กว้าง ขึ้น 2. ให้ผู้เรียน เชื่อมโยงความรู้ เดิมไปสู่ความรู้ ใหม่ 3. ให้ผู้เรียนนำ ความรู้ใหม่ไปสู่	1. ส่งเสริมให้ ผู้เรียนขยาย แนวคิดและ ทักษะจากการ สำรวจตรวจสอบ 2. ส่งเสริมให้ ผู้เรียนเชื่อมโยง ความรู้จากการ สำรวจตรวจสอบ กับความรู้อื่น ๆ	1. ใช้ข้อมูลจา การสำรวจ ตรวจสอบไป อธิบายหรือนำ ทักษะจากการ สำรวจ ตรวจสอบไปใช้ ในสถานการณ์ ใหม่ที่คล้ายกับ สถานการณ์ เดิม

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
		การศึกษาทดลอง เพิ่มขึ้น 4. ให้ผู้เรียนนำ ความรู้ที่ได้ไป		2. นำข้อมูล จากการสำรวจ ตรวจสอบไป

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ ผู้เรียน
		ประยุกต์ใช้ในเรื่อง อื่นหรือสถานการณ์ อื่น		สร้างความรู้ใหม่ 3. นำความรู้ใหม่ เชื่อมโยงกับ ความรู้เดิมเพื่อ อธิบายหรือ นำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน
5. ขั้น ประเมินผล (Evaluation)	ครูจัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ที่เปิด โอกาสให้ผู้เรียน วิเคราะห์วิจารณ์ หรืออภิปราย ซักถาม แลกเปลี่ยน องค์ความรู้ซึ่งกัน และกัน เปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุง หรือทบทวนใหม่	1. มีการตรวจสอบ ความถูกต้องของ องค์ความรู้และ กระบวนการที่ได้ โดย 1.1 วิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งกันและกัน 1.2 อภิปราย ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้ง กระบวนการและ องค์ความรู้ 1.3 เปรียบเทียบผล การสำรวจ ตรวจสอบกับ สมมติฐานที่กำหนด ไว้	1. ถามคำถามเพื่อ นำไปสู่การประเมิน 2. ส่งเสริมให้ ผู้เรียนประเมิน กระบวนการและ องค์ความรู้ด้วย ตนเอง 3. ให้ผู้เรียน วิเคราะห์สิ่งที่ควร ปรับปรุงแก้ไขใน การสำรวจ ตรวจสอบ	1. วิเคราะห์ กระบวนการสร้าง ความรู้ด้วย ตนเอง 2. ถามคำถามที่ เกี่ยวข้องจากการ สังเกตหลักฐาน และคำอธิบายซึ่ง อาจนำไปสู่การ สำรวจตรวจสอบ ใหม่ 3 ประเมิน ความก้าวหน้า และความรู้ของ ตนเอง

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ให้มีประสิทธิภาพ ต้องเกิดจากความร่วมมือกันของครูและผู้เรียนโดยครูจะมีบทบาทในการอำนวยความสะดวก

ความสะดวกให้กับผู้เรียน เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมล่วงหน้า คอยส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงสุด ส่วนผู้เรียนจะมีบทบาทในการคิด วิเคราะห์ ตรวจสอบ ข้อมูลรวมไปถึงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล สามารถนำ ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ ไปสร้างองค์ความรู้ใหม่ และประเมินการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง

1.4 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์และข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ มีโอกาสได้ศึกษา สำรวจ ค้นหา รวบรวมข้อมูล บันทึก ทดสอบความคิด ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันกับผู้อื่น รู้จักอภิปรายแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล
3. ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ความรู้ และทักษะ
4. ผู้เรียนรู้จักประเมินการทำงานด้วยตนเอง และนำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

ละมัย วงศ์ลาศ (2553) กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น สนใจเรียนมากยิ่งขึ้น
2. เป็นวิธีการที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ ด้วยตนเอง
3. ฝึกให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลในการสืบเสาะหาความรู้
4. สร้างบรรยากาศการเรียนการสอนให้นักเรียนมีอิสระในการซักถาม และอภิปราย ร่วมกัน
5. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาได้

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสดำเนินการความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา
2. นักเรียนมีโอกาสดำเนินการความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบ ความคิด และวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถาวรโยงการเรียนรู้อย่างได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้โน้มนำ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการสอนวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2544) กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดได้อย่างเต็มที่ รู้จักใช้เหตุผลมาวิเคราะห์บทเรียน
2. นักเรียนสามารถคิดอย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอนในการคิด อันจะส่งผลต่อนักเรียนให้เกิดการพัฒนาตนเอง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่น ๆ

3. การเรียนการสอนให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สนับสนุนให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง

1.5 ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2544) กล่าวถึง ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ในการสอนแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการสอนมาก
2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย ถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้ นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. ในกรณีที่นักเรียนมีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้
4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอดูตอบคำถามได้ แต่นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. การใช้สอนแบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้า ลดลง

พันธุ์ ทองชุม (2544) กล่าวถึง ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ในการสอนแต่ละครั้งใช้เวลาค่อนข้างจะมาก
2. หากสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้น ไม่เร้าใจผู้เรียน อาจจะทำให้ผู้เรียนให้ความร่วมมือในกิจกรรมการเรียนการสอนน้อยลง มีผลทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนไม่เร้าใจเท่าที่ควร ดังนั้นผู้สอนต้องเตรียมยกสถานการณ์ที่สามารถทำให้ผู้เรียนอยากมีส่วนร่วมมากที่สุด
3. สำหรับเนื้อหาวิชาที่มีความซับซ้อน และค่อนข้างยาก จะทำให้นักเรียนที่สติปัญญาต่ำอาจมีปัญหาในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. นักเรียนที่มีวุฒิภาวะที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ อาจไม่มีแรงจูงใจเพียงพอที่จะทำให้ นักเรียนได้เรียนรู้ครบตามกระบวนการ ส่งผลให้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่วางไว้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ใช้เวลาในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งได้น้อยหาไม่ครบตามที่กำหนด
2. หากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน
3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาที่ต่ำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอจะไม่สามารถเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้
4. เป็นการลงทุน ซึ่งได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน
5. ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงงาน ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้
6. ครูต้องใช้เวลาในการวางแผนมาก หากครู มีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้านอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน
7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญาอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีสอนแบบนี้

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แต่ละครั้งใช้เวลาในการสอนมาก ถ้าครูเตรียมเนื้อในแต่ละครั้งไม่เป็นที่น่าสนใจของนักเรียนอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของเนื้อหาและสติปัญญา หากเนื้อหาค่อนข้างยากผู้เรียนจะไม่สามารถศึกษาหรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำอาจจะไม่เหมาะสมกับการเรียนโดยวิธีนี้

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ความหมายของแบบจำลอง

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบจำลอง ไว้ดังนี้
 จัสติ และกิลเบอร์ต (Justi & Gilbert, 2003) ให้ความหมายว่า แบบจำลองคือสิ่งที่ใช้แทนแนวคิด เหตุการณ์ วัตถุ กระบวนการ และอื่นๆ แบบจำลองสามารถใช้ในจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันหลายอย่าง เช่น เพื่อการสร้างสรรค์ เพื่อการทดสอบ เพื่อการทำนาย เพื่อสนับสนุน และเพื่อใช้แทนแนวคิด สุดท้ายแบบจำลองก็จะถูกยอมรับและเชื่อถือจากคนบางคนที่เป็กลุ่มของนักวิจัย
 เดนิส แม็คควอล และสเวน วินดาห์ล (Danis McQuail and Sven Windahl, 1981) ให้ความหมายว่า แบบจำลองหมายถึง คำอธิบายแบบง่าย ๆ ในรูปของการเขียนรูปความจริงหรือข้อเท็จจริงที่ต้องการอธิบาย แบบจำลองนี้จะแสดงองค์ประกอบสำคัญๆ ของโครงสร้างหรือกระบวนการต่าง ๆ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ

บิลล์ และ ฮาร์ดเกรฟ (Bill and Hardgrave, 1973) ให้ความหมายว่า แบบจำลองคือ ตัวแทน หรือ คำอธิบายของโลกแห่งความจริงในรูปของทฤษฎีและทำให้ง่ายแก่ความเข้าใจ

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้น สามารถอธิบายความหมายของแบบจำลองได้ว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ แนวคิด ทฤษฎีหรือกฎ เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายเป็นรูปธรรม

2.2 ประเภทของแบบจำลอง

นักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของแบบจำลองไว้ดังนี้
พรณวิไล ชมชิด (2550) ได้แบ่งแบบจำลองโดยใช้ลักษณะการแสดงออกของ แบบจำลองเป็นเกณฑ์ในการแบ่งได้ 5 แบบ ดังนี้

1. รูปธรรม (concrete mode) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากวัสดุคงทน สร้างเป็นสามมิติ เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก เป็นต้น
2. คำพูด (verbal mode) เป็นคำอธิบายเกี่ยวกับข้อความรู้หรือความสัมพันธ์ของ ข้อความรู้กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำอธิบายเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ กล่าวว่า “พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากการที่ธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันในการเกิดพันธะ” เป็นต้น
3. สัญลักษณ์ (symbolic mode) เช่น สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น
4. ภาพ (virtual mode) เช่น กราฟ แผนผัง รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์ เป็นต้น
5. ลักษณะท่าทาง (gesture mode) เป็นการใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น จำลองการบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลโดยนักเรียนแสดงบทบาทเป็นอิเล็กตรอนแล้วบรรจุในช่องออร์บิทัลที่กำหนด เป็นต้น

Gilbert (2005) ได้แบ่งแบบจำลองโดยใช้ลักษณะที่แตกต่างกันของแบบจำลอง ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองหรือภาพในสมองที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นโดยอาศัยความรู้ของบุคคลนั้น เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่แตกต่างกัน
2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยอาจแสดงออกมาในหลากหลายรูปแบบ เช่น ไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่ออธิบายเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลกธรรมชาติ
3. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่มีการนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นรับรู้ ซึ่งอาจจะแสดงออกในรูปแบบของ คำพูด ภาพวาด หรือ ลักษณะท่าทาง เป็นต้น
4. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากภายในกลุ่มผู้ซึ่งศึกษาเรื่องนั้น ๆ อาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลการทดลองหรือประสบการณ์ของแต่ละกลุ่ม
5. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์และมีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ

6. แบบจำลองหลักสูตร (Curricular model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่าย ขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองจุดของลิวอิส ที่ใช้แสดง โครงสร้างของอะตอมและการสร้างพันธะของสาร เป็นต้น

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริม การเรียนรู้ของผู้เรียนให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้การอุปมาอุปไมย ระหว่าง ระบบสุริยะจักรวาลกับโครงสร้างอะตอม เป็นต้น

8. แบบจำลองผสม (Hybrid model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของ แบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

Buckley (2000) แบ่งแบบจำลองตามลักษณะการแสดงออกของแบบจำลอง ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. รูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองที่สามารถสัมผัสได้สร้างเป็นสาม มิติ ถ้าแบบจำลองนั้นมีลักษณะเหมือนกับเป้าหมายแต่มีสัดส่วนเล็กกว่าจะเรียกแบบจำลองประเภทนี้ ว่า “scale model” เช่น แบบจำลองอะตอมพลาสติก แต่ถ้าแบบจำลองนั้นมีลักษณะและสัดส่วนไม่ เหมือนเป้าหมายแต่มีหน้าที่การทำงานที่สามารถอธิบายเป้าหมายได้ เรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า “functional model” เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ เป็นต้น

2. คำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำพูดหรือคำอธิบายในการบรรยาย ข้อความรู้อย่าง ๆ กับลักษณะที่แสดงออก เช่น คำพูดในการอธิบายการทำงานของเซลล์เหมือนกับ โรงงาน เป็นต้น

3. คณิตศาสตร์ (Mathematical models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์แสดง ความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สัญลักษณ์หรือสมการคณิตศาสตร์

4. ภาพ (Visual or diagrammatic models) เป็นแบบจำลองที่สามารถมองเห็นได้ ในสองมิติ เช่น กราฟ แผนภาพ รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

5. ลักษณะท่าทาง (Gestural models) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวของ ร่างกาย เพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเดินขึ้นบันไดของนักเรียนเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กตรอน เป็นต้น

2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง เป็นฐาน ดังนี้

Khan (2007) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry) ในวิชาเคมีโดยใช้ GEM cycle เพื่อพัฒนาแบบจำลอง ทางความคิดของนักเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างความสัมพันธ์ (Generating relations) โดยครูเริ่มถามนักเรียนเพื่อให้ นักเรียนได้สร้างสมมติฐานที่พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น เรื่องแรงระหว่างโมเลกุล ครู ถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักโมเลกุลและจุดเดือด แล้วสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง

ในขั้นตอนนี้ครูให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม โดยให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) เพื่อเป็นการล้างความรู้เดิมของนักเรียนผ่านการตั้งสมมติฐานจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. การประเมินความสัมพันธ์ (Evaluating relations) หลักจากนักเรียนได้สร้างสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักโมเลกุลและจุดเดือด (น้ำหนักโมเลกุลมากจุดเดือดสูง) ครูถามนักเรียนประเมินสมมติฐานดังกล่าวโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลใหม่ เช่น ครูให้นักเรียนประเมินสมมติฐานในเรื่องจุดเดือดของสารอินทรีย์ ซึ่งนักเรียนมีความคาดหวังว่า ถ้าน้ำหนักโมเลกุลสูง จุดเดือดก็สูงด้วย จากหลักฐานส่วนใหญ่เป็นไปตามสมมติฐาน แต่สารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่ประกอบด้วยกลุ่มไฮดรอกไซด์และเอมีนจะมีจุดเดือดสูงกว่าปกติ (อิทธิพลของพันธะไฮโดรเจน)

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนประเมินแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นการทดสอบแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในสถานการณ์ที่ท้าทายเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลอง

3. การดัดแปลงความสัมพันธ์ (Modifying relations) เป็นการปรับปรุงความสัมพันธ์ที่ได้จากการประเมินเพื่อให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์และสามารถแก้ปัญหาใหม่ได้ กล่าวคือ ครูให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดจนกระทั่งแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

Rea-Ramirez *et al.* (2008 อ้างถึงใน ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

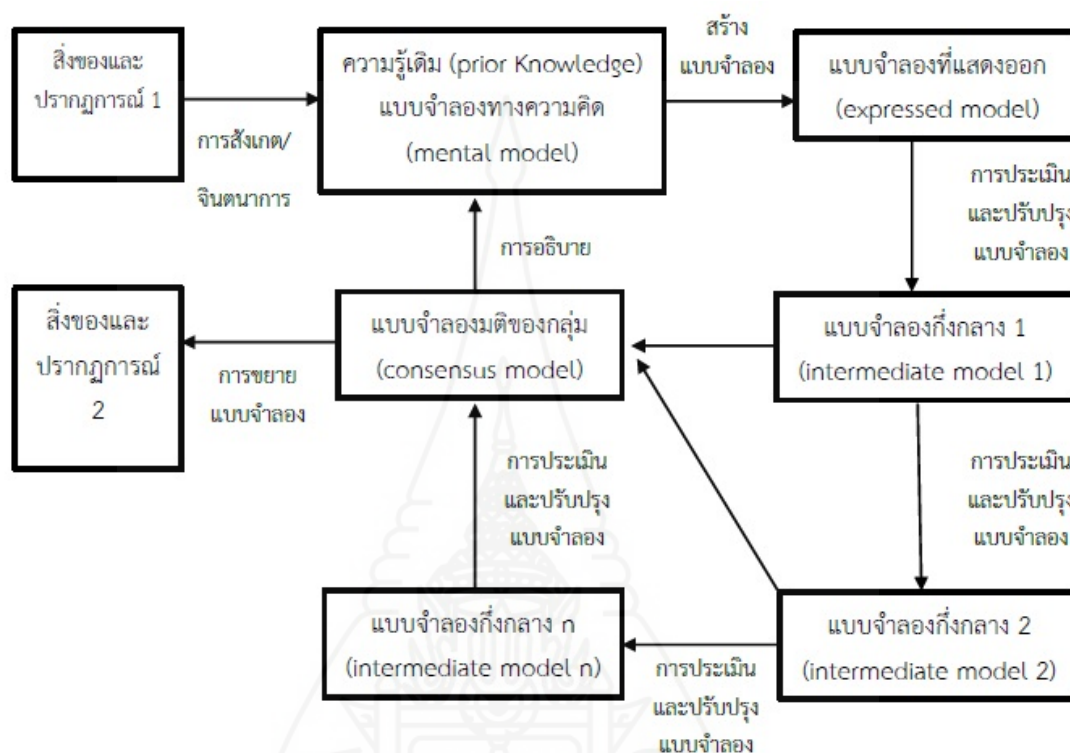
1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด สำหรับครูแล้วขั้นนี้จะเป็นโอกาสที่ดีที่ครูจะได้เข้าใจว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร เช่น ครูอาจให้นักเรียนลองสังเกตการเดือดของน้ำในกาต้มน้ำร้อนที่มีฝาปิด ซึ่งนักเรียนอาจสังเกตว่าเมื่อให้ความร้อนมาก จะพบว่าฝาของกาต้มน้ำร้อนจะขยับมากขึ้น เป็นต้น

2. การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) สำหรับการประเมินแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้ควรฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขนั้น สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับแบบจำลองของเพื่อน ๆ ที่สร้างขึ้น และรวบรวมแบบจำลองเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้น

ซึ่ง ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558) ได้สรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ดังภาพประกอบ



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้
 ธนภรณ์ กาญจนพันธ์ (2559) ได้สรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละบุคคลที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านการศึกษาเล่าเรียนและการปฏิบัติ ซึ่งสามารถวัดจากการสังเกต การตรวจการบ้าน เกรด หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชนกนันท์ ไพศิลป์(2552) ได้สรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่พัฒนาขึ้นอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน ประกอบด้วย ความสามารถทางสมอง ความรู้ทักษะ ความรู้ลึก และค่านิยมต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544) ได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางด้านเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิด และการกระทำอย่างมีระบบในการค้นหาข้อเท็จจริงความรู้ต่าง ๆ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติและจากสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเราโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา
2. ตั้งสมมติฐาน
3. พิสูจน์หรือทดลอง
4. สรุปผลและการนำไปใช้

5. การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ผลของการศึกษาก็จะมีประสิทธิภาพเพียงใด ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของบุคคลเป็นองค์ประกอบด้วย คุณลักษณะที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแสวงหาความรู้เรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์

รารวรรณ แสงอยู่ (2556) ได้สรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดความสำเร็จทางการเรียนด้านความรู้ความคิดและการปฏิบัติของนักเรียนในแต่ละระดับ พัฒนาการอันเกิดจากการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนำความรู้และวิธีการวิทยาศาสตร์ไปใช้

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้เป็นไปตามที่หลักสูตรกำหนด

3.2 การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

การสร้างเครื่องมือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ให้มีคุณภาพและมาตรฐานนั้น นอกจากจะต้องคำนึงถึงความครอบคลุมทางด้านเนื้อหาและการใช้คำถามที่ดีแล้ว จำเป็นต้องคำนึงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ที่เป็นจุดมุ่งหมายของหลักสูตร กล่าวคือ ต้องพยายามตั้งคำถามของแบบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อวัดพฤติกรรมต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของรายวิชานั้น ๆ ด้วย ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 6 ระดับ ตามวัตถุประสงค์ทางด้านพุทธิพิสัยของ Bloom (1965 อ้างถึงใน บุญนำ อินทนนท์, 2551) กล่าวถึง ลำดับขั้นที่ใช้ในการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดไว้ 6 ด้าน ดังนี้ คือ

1. ความรู้ ความจำ (Knowledge) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้มีสาระอะไรบ้าง ตอบได้จากการจดจำ ดังนั้น คำถามที่ใช้ในการทดสอบเป็นคำถามที่

ถามถึงข้อมูล สาระ รายละเอียดของสิ่งที่เรียนรู้ และให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าตนมีความรู้ ความจำในเรื่องนั้น ๆ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเข้าใจความหมาย ความสัมพันธ์ และโครงสร้างของสิ่งที่เรียนและสามารถอธิบายสิ่งที่เรียนรู้นั้นได้ด้วยคำพูดของตนเอง จะสามารถแสดงออกได้หลายทาง เช่น สามารถตีความได้ แปลความได้ เปรียบเทียบได้ บอกความแตกต่างได้ เป็นต้น ดังนั้น คำถามในระดับนี้จึงมักเป็นคำถามที่ช่วยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึง ความเข้าใจของตนเองในเรื่องนั้น ๆ

3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถนำ ข้อมูล ความรู้ และความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มาไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้น คำถามในระดับนี้จึงมักประกอบด้วยสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องดึงความรู้ ความเข้าใจมาใช้ในการหาคำตอบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้ความคิด อย่างมีวิจารณญาณและการคิดที่ลึกซึ้งขึ้นเนื่องจากไม่สามารถหาคำตอบได้จากข้อมูลที่มีอยู่โดยตรง มี 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ใน สถานการณ์อื่น ๆ ได้ และการวิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สามารถสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถคิด ประดิษฐ์สิ่งใหม่ขึ้นมาได้ ทำนายสถานการณ์ในอนาคตได้ คิดวิธีการแก้ปัญหาได้

6. การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การ ตัดสินคุณค่า ซึ่งก็หมายความว่า ผู้เรียนจะต้องสามารถต้องเกณฑ์ในการประเมินหรือตัดสินคุณค่า ต่างๆ ได้ และแสดงความเห็นในเรื่องนั้นได้

ต่อมาในปี 2001 ได้มีผู้ปรับขึ้นของการเรียนรู้ของ Bloom ขึ้นมาใหม่โดย Anderson and Krathwohl (อ้างถึงใน ธนภรณ์ กาญจนพันธ์, 2559) ดังนี้

1. จำ (remembering) ได้แก่ การเรียกข้อมูลกลับคืนมา (retrieving) การจำได้ถึง ความรู้ (recognizing) และการสามารถนำเอาความรู้ที่จำได้นั้นออกมาใช้ได้ด้วยตนเอง (recalling) โดยในขั้นนี้เป็นขั้นความจำ ที่ผู้เรียนสามารถจำความรู้ เก็บความรู้ และสามารถนำเอาความรู้ที่ได้จำไว้ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานและมีความสัมพันธ์กับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประเด็น หัวข้อ เรื่องที่ต้องใช้ความรู้จากการจำนั้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ในขั้นความจำประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยที่เรียงจากการใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนน้อยที่สุดไปมากที่สุด ดังนี้

1.1 การจำได้ (remember) สามารถจำความรู้ที่เรียนไปแล้วและนำมาใช้ใหม่ได้

1.2 การจำและระลึกได้ (recognizing) เป็นขั้นที่สามารถจำได้และสามารถระบุถึงข้อมูลที่ชัดเจน เช่น สาระ วัน เหตุการณ์ที่สำคัญได้

1.3 การจำ ระลึกถึงชุดความรู้ และสามารถเรียกนำกลับมาใช้ได้ (recalling) เป็นขั้นที่สามารถจำได้ และสามารถจำสาระหรือสิ่งที่สำคัญในรูปแบบของชุดความรู้ที่เรียงต่อเนื่องกัน ได้ แสดงถึงความสมบูรณ์ของชุดความรู้ที่จำและเรียกกลับนำมาใช้ได้

2. เข้าใจ (understanding) ได้แก่ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructing) ผ่านการพูด การเขียน การใช้ภาพสัญลักษณ์ (graphic messages) ด้วยการตีความ (interpreting) การทดสอบ (exemplifying) การจัดหมวดหมู่ (classifying) การสรุป (summarizing) การสรุปอ้างอิง (inferring) การเปรียบเทียบ (comparing) และการอธิบาย (explaining) ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

- 2.1 การเข้าใจ (understand)
- 2.2 การจับใจความสำคัญ (interpreting)
- 2.3 ความสามารถในการยกตัวอย่างที่เป็นตัวแทน
- 2.4 การจัดกลุ่ม (classifying)
- 2.5 การสรุปความ (summarizing)
- 2.6 การอนุมาน (inferring)
- 2.7 การเปรียบเทียบ (comparing)
- 2.8 การอธิบาย (explaining)

3. ประยุกต์ใช้ (applying) ขั้นการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ (applying) ได้แก่ การนำเอาความรู้เดิมไปใช้ผ่านกระบวนการคิด ทั้งด้วย เมื่อประสบกับปัญหา สามารถนำเอาความรู้เดิมไปใช้ในการบริหารจัดการในสถานการณ์ใหม่ (executing) หรือเอาความรู้เดิมนั้นไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ให้เกิดผล (implementing) ในขั้นการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยที่เรียงจากการใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนน้อยที่สุดไปมากที่สุด ดังนี้

- 3.1 การนำเอาความรู้ หลักการ ทฤษฎีไปใช้ (apply) เมื่อประสบปัญหา สามารถนำเอาความรู้ หลักการ ทฤษฎีที่ได้เรียนรู้ไปใช้ได้อย่างเหมาะสม
- 3.2 การนำเอาความรู้ หลักการ ทฤษฎีไปใช้ในการบริหารจัดการ ความรู้ งานที่ทำ ภาระที่รับผิดชอบ (executing) สามารถเลือกใช้ความรู้ ทฤษฎี หลักการ ไปใช้กับงานและปัญหาที่เกิดขึ้น
- 3.3 การนำเอาความรู้ หลักการ ทฤษฎีไปใช้ให้งานที่ทำ ภาระที่กระทำนั้น บรรลุผลสำเร็จด้วยดี ด้วยความเหมาะสมกับสถานการณ์ (implementing) สามารถเลือกความรู้ ทฤษฎี ไปใช้ได้ ในสถานการณ์ที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดผลที่ดีที่สุด ถูกต้องที่สุด

4. วิเคราะห์ (analyzing) ประกอบด้วย การแยกย่อยสิ่งที่ต้องศึกษาออกเป็นส่วนๆ และทำการศึกษารายละเอียดของส่วนย่อยๆ และทำการศึกษา ตัดสินใจว่าในแต่ละส่วนนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในรูปแบบใด ตลอดจนศึกษาในแง่ภาพรวมของโครงสร้างของสิ่งที่ศึกษา หรือการศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ถึงความเหมือนและความแตกต่าง (differentiating) การศึกษาถึงรูปแบบของการจัดโครงสร้างรูปแบบ รูปแบบการบริหาร รูปแบบการดำเนินการ (organize) และวิเคราะห์ถึงคุณลักษณะ คุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษา (attribution) ในขั้นการวิเคราะห์

5. ประเมินค่า (evaluating) ประกอบด้วย การตัดสินใจจากเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น (criteria) หรือจากมาตรฐาน (standard) ที่สร้างขึ้นไว้แล้ว ด้วยการตรวจสอบทั้งแบบ การสำรวจรายการหรือแบบอื่นๆ (checking) และการวิเคราะห์ (critiquing) ประกอบด้วย

5.1 การประเมิน (evaluate) เป็นการประเมินที่ประเมินจากเกณฑ์มาตรฐาน ที่ได้กำหนดขึ้นว่าสิ่งที่ประเมินนั้นมีคุณสมบัติ คุณภาพ คุณลักษณะตรงไปตามที่กำหนดไว้ในเกณฑ์หรือมาตรฐานหรือไม่

5.2 การตรวจสอบรายการ (checking) การศึกษา สังเกต ตรวจสอบเพื่อการวิเคราะห์ และประเมินว่าสิ่งที่ศึกษานั้นมีระบบ ระเบียบ ขั้นตอน กรรมวิธี กระบวนการ หลักการ คุณสมบัติ คุณภาพ คุณลักษณะ มากน้อยเพียงใด

5.3 การอภิปราย การวิพากษ์ วิจารณ์ เพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุด (critiquing) เป็นการเปรียบเทียบระบบ ระเบียบ ขั้นตอน กรรมวิธี กระบวนการ หลักการ ทฤษฎีคุณสมบัติ คุณภาพ คุณลักษณะจากสิ่งที่ศึกษาซึ่งตามปกติจะมีมากกว่า 2 แบบว่ารูปแบบใดมีคุณค่า มีความเหมาะสม ช่วยแก้ปัญหา หรือสอดคล้องกับสถานการณ์ได้มากกว่ากัน

6. คิดสร้างสรรค์ (creating) ได้แก่ การนำเอาองค์ความรู้ที่กล่าวไปแล้วนั้นมาบูรณาการใช้ร่วมกันทั้งในด้านความสอดคล้องของความรู้ (coherent) สามารถนำเอาความรู้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (functional whole) สามารถนำเอาความรู้เดิมมาจัดระบบความคิดเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ (reorganize) ทั้งในด้านแบบแผน (pattern) หรือโครงสร้างของชุดความรู้ (structure) ซึ่งผลของขั้นการสร้างสรรคอาจอยู่ทั้งในรูปของการได้มาซึ่งชุดความรู้ใหม่ (generate) รูปแบบการวางแผนที่แตกต่างไปจากเดิม (plan) หรืออาจเป็นผลผลิตใหม่ (product) ในขั้นนี้ประกอบด้วย

6.1 การสร้าง (create) ได้แก่ การนำเอาส่วนต่างๆ มาประกอบกันขึ้นใหม่โดยทำให้มีรูปแบบ โครงสร้าง แบบแผนแตกต่างไปจากเดิม

6.2 การผลิต (generating) ได้แก่ การสร้างชุดความรู้ขึ้นมาใหม่ที่เกิดจากการตั้งสมมุติฐานและสังเกตว่าเป็นไปตามสมมุติฐานหรือไม่ก่อให้เกิดความรู้ใหม่

6.4 การสร้างผลิตผล (producing) ได้แก่ การสร้างผลิตผลที่เกิดจากการใช้ความรู้ทำให้เกิดผลิตผลใหม่ขึ้น

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนของการสร้างและพัฒนา แบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบโดยต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพ ประกอบด้วย

2.1 การวางแผนการทดสอบ ควรมีการทดสอบอย่างน้อย ภาคเรียนละ 2 ครั้ง

2.2 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบสอบอิงกลุ่ม แบบสอบข้อเขียน แบบสอบเสนอคำตอบ แบบสอบความเร็ว และแบบสอบเป็นกลุ่ม

2.3 การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กัน

2.4 การสร้างผังข้อสอบ เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าจะวัดเนื้อหาอะไร และจะวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร ขอบเขตของเนื้อหาวิชาตลอดจนการกำหนดน้ำหนักความสำคัญหรือสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบแต่ละครั้ง

3. เขียนข้อสอบ โดยผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน โดยมีลำดับขั้นตอนการเขียนดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้เขียนข้อสอบและโดยผู้อื่น เช่น อาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลา ข้อความ และภาษาให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรระมัดระวังในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบข้อสอบ ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายอย่างสุดขีด เมื่อทดลองใช้แล้ว นำมาวิเคราะห์และคัดเลือกข้อสอบ โดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม นำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยการหาความเที่ยงและความตรง

5. นำแบบทดสอบไปใช้

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบทดสอบ

Ebel (1972) ได้กล่าวถึงหลักการในการวางแผนเพื่อสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ ในการเรียนการสอนอาจมีการสอบหลายครั้ง เช่น ทดสอบย่อยระหว่างเรียน ทดสอบรวมปลายภาคเรียน ทดสอบเพื่อวินิจฉัย ทดสอบเพื่อคัดเลือก เป็นต้น ครูจะต้องกำหนดว่าจะใช้แบบสอบเพื่อจุดมุ่งหมายใด เมื่อไร เพื่อจะได้ออกข้อสอบที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการ

2. กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้นในการสอบแต่ละครั้งครูจะต้องกำหนดว่าจะวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยหรือทักษะพิสัย การทดสอบความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน จำนวนข้อสอบในเนื้อหาสาระแต่ละตอนจะต้องสัมพันธ์กับน้ำหนักความสำคัญ และเนื้อหาในตอนนั้น ๆ วิธีการที่จะช่วยให้บรรลุจุดมุ่งหมายนี้คือ การจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. เลือกรูปแบบข้อสอบ ประเภทของข้อสอบที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสอน และองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะเนื้อหาวิชา ธรรมชาติของผู้สอบ เป็นต้น ข้อสอบแต่ละแบบจะมีลักษณะเด่นและลักษณะด้อยแตกต่างกันไป

4. เวลาที่ใช้ในการสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการสอบ เช่น ทดสอบย่อยหรือทดสอบรวม ระดับชั้นของผู้เรียน ธรรมชาติของวิชา โดยทั่วไปเวลาสอบที่มีความยาวจะมีค่าความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น

5. กำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอนที่จะออกข้อสอบ ข้อสอบควรเป็นตัวแทนของสิ่งที่ได้สอบไปแล้ว แต่ในการสอบบางครั้งนั้น ไม่สามารถที่จะวัดได้ครบทุกจุดประสงค์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของสิ่งที่สอนไปแล้วมาสอบวัด

6. ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด ข้อสอบจะมีความยากง่ายระดับใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้แบบสอบ ถ้าต้องการใช้แบบสอบเพื่อวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียน หรือถ้าเป็นแบบสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียน ข้อสอบควรมีความยากง่ายปานกลาง เพื่อให้ นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งตอบถูก และนักเรียนอีกครึ่งหนึ่งตอบผิด ทำให้ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง

7. กำหนดวิธีการตอบแบบสอบของนักเรียน ในบางครั้งแบบสอบจะมีข้อสอบ หลาย ๆ รูปแบบ เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติม ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบลงมือปฏิบัติหรือข้อสอบอัตนัย ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบให้ ชัดเจน เช่น ให้ให้ทำในตัวข้อสอบหรือให้ตอบในกระดาษคำตอบ โดยแยกเป็นตอน ไม่ปะปนกัน ทั้งนี้ ครูต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อม ๆ กันด้วย เช่น ตรวจด้วยมือหรือตรวจด้วยเครื่อง

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะแจกแจง และแปลความหมายคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบทดสอบมี 8 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบทดสอบ

ที่มา: Gronlund & Linn. (1990). p. 10 อ้างถึงในปราณี ทองคำ. (2539). *เครื่องมือวัดผลทางการศึกษา*. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 21.

Klopfer (1971 อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบุลย์, 2542) ได้กล่าวถึง การประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนคติหรือมโนทัศน์ หลักการ กฎ ข้อตกลง ลำดับขั้น เกณฑ์การแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ศัพท์ วิทยาศาสตร์และทฤษฎี

2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถจำแนกหรืออธิบาย ความรู้ได้เมื่อปรากฏในรูปแบบที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา และสามารถแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนคติ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของ สัญลักษณ์อื่นได้

3. พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหา ความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้องค์ประกอบต่อไปนี้

3.1 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการใช้แสวงหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทำการทดลอง สังเกตขณะทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล และสรุปผลการทดลอง

3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยทักษะการสังเกต ทักษะการวัดทักษะในการใช้เลขจำนวน ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ทักษะการลงความเห็นจากข้อ ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทำนาย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3.3 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเกิดจาก ประสบการณ์และการเรียนรู้ซึ่งแสดงออกมาให้เห็นเป็นพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น ลักษณะท่าทาง ความคิดเห็น ความรู้สึกที่จะตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งทั้งในทางบวกและทางลบ

4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำ ความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สามารถใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก เช่น ลักษณะการสร้าง รูปแบบ การตอบ เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายคะแนน ลักษณะของการตรวจให้คะแนน เป็นต้น (บรรดล สุขปิติ, 2542)

การจำแนกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลักษณะของการตรวจให้คะแนน แบ่งได้ เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบแบบอัตนัย และแบบทดสอบแบบปรนัย (บรรดล สุขปิติ, 2542) มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ตรวจเป็นสำคัญ ผู้ตรวจต่างคนกันอาจให้คะแนนไม่ตรงกันหรือไม่สอดคล้องกัน ลักษณะการให้คะแนนจึงไม่คงที่ จุดเด่นของแบบทดสอบชนิดนี้คือ ในแต่ละข้อคำถามสามารถวัดความรู้ ความสามารถได้หลายด้าน นักเรียนมีโอกาสแสดงความรู้ความสามารถได้อย่างเต็มที่ จึงเหมาะ สำหรับใช้วัดความสามารถขั้นสูง แบบทดสอบอัตนัยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ข้อสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระ ในการตอบมากกว่าแบบจำกัดคำตอบ ลักษณะของคำถามที่สร้างขึ้นมีความยืดหยุ่นและให้เสรีภาพ ในการตอบมาก คำตอบจึงกว้างมาก และส่งผลต่อความเที่ยงตรงในการตรวจให้คะแนนที่อาจให้ผลการตรวจที่ไม่สอดคล้องกัน แบบทดสอบนี้เหมาะสำหรับใช้วัดความรู้ความสามารถขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

1.2 ข้อสอบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่มีการจำกัดกรอบเนื้อหาและความยาวของคำตอบ หรือเป็นข้อสอบที่มีการกำหนดแนวทางในการตอบค่อนข้างตายตัว โดยกำหนดขอบเขตของประเด็นในการตอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด คำตอบจึงสั้นและแคบกว่าข้อสอบ อัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ การตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์การตรวจที่ค่อนข้างชัดเจนกว่าเนื่องจากคำตอบอยู่ในกรอบแนวคิดเดียวกัน สามารถเปรียบเทียบคุณภาพของการตอบได้ง่ายกว่า จึงส่งผลให้การตรวจให้คะแนนมีความเที่ยงสูงกว่าแบบไม่จำกัดคำตอบ ข้อสอบแบบนี้เหมาะ สำหรับวัดความรู้ ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผล การบรรยายถึงหลักการต่าง ๆ

2. แบบทดสอบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบมีกฎเกณฑ์ตายตัวใครตรวจก็ให้คะแนนตรงกัน ตรวจกี่ครั้งก็ให้คะแนนตรงกัน แต่ละข้อคำถามวัดความสามารถเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียว นักเรียนไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบปรนัย แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.1 ข้อสอบปรนัยแบบถูกผิด (True-false) ลักษณะข้อสอบประกอบด้วยข้อความหรือประโยคที่ต้องการให้ผู้ตอบตัดสินใจเพื่อเลือกคำตอบที่เป็นไปได้อีกอย่างว่าข้อความหรือ ประโยคที่กำหนดมานั้นถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จริงหรือเท็จ ข้อสอบแบบนี้สามารถใช้วัด พฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นความรู้ความจำ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความจริง นิยาม หรือหลักการ ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถวัดความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลได้อีกด้วย

2.2 ข้อสอบปรนัยแบบจับคู่ (Matching) เป็นข้อสอบปรนัยประเภทหนึ่งที่ใช้ให้นักเรียนจับคู่ระหว่างสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ต้องการถามเกี่ยวกับบุคคล เวลา สถานที่ เหตุการณ์ และการกระทำ เป็นข้อสอบที่สร้างง่าย ใช้สะดวก ใช้พื้นที่ในการสร้างหรือเขียนน้อย อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดคือมักนำไปใช้ได้ในเรื่องที่มีขอบเขตวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นความรู้ ความจำ เป็นส่วนใหญ่ และนักเรียนอาจเดาได้จากเนื้อหาหรือคำตอบที่ไม่สอดคล้องกันได้

2.3 ข้อสอบปรนัยแบบเติมคำ (Completion) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือ ข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเติมคำ ประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้เพื่อให้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

3. ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple choice) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในส่วนที่เป็นตอนเลือกจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผิน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักรู้น้อยต่างกัน

จะเห็นว่าข้อสอบแต่ละประเภทต่างมีข้อดีและข้อจำกัด ดังนั้นในการเลือกใช้แบบทดสอบชนิดใดจึงขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด หรือเป้าหมายของการนำผลการวัดไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยายากศ เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choices) 4 ตัวเลือก เนื่องจากจัดว่าเป็นแบบทดสอบที่ดีสามารถตรวจให้คะแนนได้รวดเร็วและแม่นยำ แม้ว่าผู้สอบมีจำนวนมาก มีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) สามารถใช้วัดความรู้ ความจำจนถึง การคิดวิเคราะห์ รวมทั้งมีเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์ว่าคำถามหรือตัวเลือกใดเหมาะสมหรือไม่ (ขวาล แพร่ตกุล, 2552) โดยมุ่งเน้นการวัดด้านพุทธิพิสัย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้หลักการวัดผลตามแนวคิดของ Bloom คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทบทวน วิเคราะห์ และทดลองใช้ จนข้อสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง มีการปรับปรุง ชัดเจน หลังจากนำข้อสอบไปใช้เพื่อประโยชน์ในการนำไปพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

4. ความคิดสร้างสรรค์

4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้
 นริศรา ปิตะระโค (2558) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถทางสมองในการคิดสิ่งแปลกใหม่ออกไปจากเดิม สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยมีสิ่งเร้าเป็นตัวกระตุ้น ทำให้เกิดความคิดใหม่ต่อเนื่องกันไป อาจอยู่ในรูปของการกระทำหรือผลผลิต โดยอาศัยประสบการณ์ที่มีอยู่ออกมาดัดแปลงแก้ไข และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ สามารถนึกคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ ตลอดจนโยงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างรอบคอบและถูกต้อง ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยความยืดหยุ่นในการคิด ความคล่องแคล่วในการคิด ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ

พยอม ศรีสมัย (2552) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการคิดของบุคคลที่สามารถจะคิดได้หลายแง่หลายมุม มีลักษณะความคิดที่แตกต่างออกไปจากบุคคลอื่น ๆ โดยทั่วไป โดยที่ผลของความคิดนั้นสามารถก่อให้เกิดวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เผชิญอยู่และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในสิ่งใหม่ต่อไปได้

ดวงพร พิทักษ์วงศ์ (2546) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดหลากหลายเชื่อมโยงสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ โดยการจัดประสบการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระ สัมผัสสิ่งแปลกใหม่ เพื่อสร้างผลงานที่ไม่ซ้ำกับใคร

จารุวรรณ ปะกัง (2551) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายแง่มุม เรียกว่า ความคิดแบบอนกนัย ซึ่งทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิมเป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์

ของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เกิดการเรียนรู้ เข้าใจ จนเกิดปฏิกิริยาตอบสนองให้เกิดความคิดเชิงจินตนาการ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์อันนำไปสู่การประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ หรือเพื่อ การแก้ปัญหาซึ่งจะต้องอาศัยการบูรณาการจากประสบการณ์และความรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการจินตนาการและรวบรวมความรู้ความคิดเดิมอย่าง หลากหลายและรวดเร็วแล้วสร้างเป็นความรู้ความคิดใหม่ของตนเอง สามารถคิดนอกกรอบได้ มีผลงาน การคิดสามารถริเริ่มสร้างสรรค์ผลงานหรือสิ่งใหม่ ๆ ได้

อารี พันธุ์ณี (2546) ได้สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิด สร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอนैनัยอันนำไปสู่ การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์ค้นพบสิ่งต่างๆ

จากการศึกษาความหมายของความคิดสร้างสรรค์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการทางความคิดของสมอง ซึ่งสามารถคิดได้หลากหลายและ แปลกใหม่ไปจากเดิม มีความถูกต้อง การมีความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การคิดค้นและสามารถสร้าง สิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่หรือรูปแบบความคิดใหม่

4.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้ดังนี้ พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้ให้นิยามของ ความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า คือ ความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่คิดได้กว้างไกล หลายแง่มุม หลายทิศทาง นำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งของ และแนวทางการแก้ปัญหาใหม่ โดยอาศัยข้อมูล ความรู้ และประสบการณ์ โดยความคิดสร้างสรรค์มี 4 ลักษณะ ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความยืดหยุ่น และ ความคิดละเอียดละออ

อารี พันธุ์ณี (2540) ได้กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่ คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือลักษณะการคิดแบบอนैनัย ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจาก ความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม
2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่อง เดียวกัน
3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิดแบ่ง ออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) คือ ความสามารถ ในการคิดได้หลายประเภทอย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) คือ ความสามารถ ที่คิดได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดที่เป็นขั้นตอน สามารถ อธิบายให้เห็นภาพชัดเจนอย่างละเอียด มีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจัดเป็นความคิดที่มีความสำคัญต่อ การสร้างผลงานที่มีความแปลก

Guildford (1967) ได้สรุปว่า การคิดที่สำคัญจะก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถของบุคคลที่จะคิดแตกแยกออกไปหลายทิศทาง หลายลักษณะ หลายแง่หลายมุม หรือ เรียกว่าความคิดดอเนกนัย (Divergent thinking) ความคิดต่าง ๆ ดังกล่าวประกอบด้วยความคิด 4 ลักษณะ ดังนี้

1. ความคิดคล่องตัว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของสมองในการคิดหา คำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว หรือคล่องตัว ในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะ มากได้ความคิดชนิดนี้จะเน้นในเรื่องปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งเป็น

1.1 ความคล่องแคล่วทางด้านภาษาหรือถ้อยคำ (Work Fluency) เป็น ความสามารถในการใช้ถ้อยคำในรูปแบบต่าง ๆ อย่างคล่องแคล่ว

1.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เน้นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ภายในเวลา ที่กำหนด

1.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็น ความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค คือความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ ประโยคที่ต้องการ

1.4 ความคล่องในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ให้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุด ภายในเวลาที่กำหนด 5 นาที หรือ 10 นาที

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด แบ่ง ออกเป็น

2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็น ความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้คิดประโยชน์ ของหนังสือพิมพ์ ว่ามีอะไรบ้าง ได้หลายทิศทาง ในขณะที่คนซึ่งไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้เพียง ทิศทางเดียว

2.2 ความคิดเห็นยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ ต่อการแก้ปัญหา ซึ่งคนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำกัน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถทางสมองในการหาคำตอบที่ แปลกใหม่ และเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกับคำตอบของผู้อื่น เป็นความคิดที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดา

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ ในการตกแต่ง เพื่อทำให้คิดริเริ่มนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

Torrance (1969) ได้ใช้แนวคิดแบบเอนกนัย (divergent thinking) มาเสนอเป็น องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 องค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความคล่องแคล่วในการคิด (fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการ คิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และสามารถสร้างคำตอบได้ในปริมาณมาก ในเวลาที่จำกัด

2. ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง หลายรูปแบบ

3. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาและไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการมองเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็นและยังรวมถึงการเชื่อมโยงสิ่งต่างๆอย่างมีความหมาย

นอกจากนั้น Torrance (1969) ได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแนวคิดของกิลฟอร์ดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสมอง โดยศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นลำดับขั้นของการคิด คล้ายกับความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป แต่มีลักษณะเฉพาะมากกว่า โดยแบ่งเป็น 5 ขั้น

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact - finding) เป็นขั้นที่มีความต้องการค้นหาข้อเท็จจริงแต่ยังไม่สามารถระบุปัญหาได้ เช่น ทำไมนักบินอวกาศเมื่ออยู่ในอวกาศจึงมีสภาพไร้น้ำหนัก (ลอยได้) โลกอยู่ในอวกาศ ตัวเราก็น่าจะมีสภาพไร้น้ำหนักด้วย

2. การค้นพบปัญหา (Problem - finding) เป็นขั้นที่สามารถระบุปัญหาได้ว่า ต้นตอของปัญหาคืออะไร เช่น ทำไมตัวเราจึงไม่มีสภาพไร้น้ำหนัก

3. การค้นพบแนวคิด (Idea - finding) เป็นขั้นของการตั้งสมมติฐาน และรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบความคิด เช่น เมื่อปล่อยวัตถุลงจากที่สูงจะตกลงด้านล่างเสมอ

4. การค้นพบคำตอบ (Solution - finding) เป็นขั้นของการพบคำตอบภายหลังจากการทดสอบสมมติฐาน เช่น มีแรงดึงดูด กระทำต่อวัตถุตลอดเวลา

5. การยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance - finding) เป็นขั้นของการยอมรับคำตอบที่ค้นพบ เช่น โลกของเราถูกห่อหุ้มด้วยชั้นบรรยากาศ และมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อเรา จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยสามารถแบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ได้เป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ

4.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอการวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมเกี่ยวกับผู้ที่ต้องการจะวัด และสิ่งที่วัด ปัจจุบันมีแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่แพร่หลาย และนิยมใช้หลากหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

1. แบบทดสอบความคล่องแคล่วของ Guilford และ Christensen (อาร์ี พันธมณี, 2540) ซึ่งคิดขึ้นเพื่อวัดความกระจาย (Divergent Thinking) โดยมุ่งวัดตัวประกอบในโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมี 3 มิติ คือ เนื้อหาที่คิด (Content) วิธีการคิด (Operation) และผลผลิตแห่งความคิด (Product) โดยแบบทดสอบชุดนี้มี 11 ฉบับ โดยแบ่งเป็นทางด้านภาษา 7 ฉบับ ด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ ซึ่งเหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมและผู้ใหญ่ ตัวอย่างแบบทดสอบมีดังนี้

1.1 ความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency) ให้เขียนคำที่ประกอบด้วยตัวอักษรที่กำหนดให้ เช่น คำที่ขึ้นต้นด้วย น คำที่ลงท้ายด้วย ง เป็นต้น

1.2 ความคล่องแคล่วทางความคิด (Ideational Fluency) ให้เขียนชื่อสิ่งของที่อยู่ในพวกหรือประเภทเดียวกัน เช่น ของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันก๊าด แอลกอฮอล์ เป็นต้น

1.3 ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (Associational Fluency) ให้เขียนคำที่มีความหมายคล้ายกับคำที่กำหนดให้ เช่น หนัก ยาก แข็ง เป็นต้น

1.4 ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (Express lonal Fluency) ให้เขียนคำที่ประกอบด้วยคำสี่คำ ให้แต่ละคำเริ่มต้นด้วยอักษรที่กำหนดให้ เช่น กำหนดอักษร 4 ตัว เป็น ม น ท จ จะเขียนคำได้เป็นแม่น้ำท่าจีน เป็นต้น

1.5 การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (Alternate uses) ให้บอกประโยชน์อย่างอื่นของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น หนังสือพิมพ์ นอกจากใช้อ่านแล้วยังสามารถใช้ประโยชน์อย่างได้อีกบ้าง

1.6 การสรุปผล (Consequence) ให้บอกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อันเป็นผลเนื่องมาจากเหตุการณ์หรือสมมติฐานที่กำหนดให้ เช่น ถ้าคนนอนพักผ่อนจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง

1.7 ประเภทของงานอาชีพ (Possible Jobs) ให้บอกรายชื่อของงานอาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำที่กำหนดให้ เช่น หลอดไฟฟ้า ได้แก่ วิศวกรไฟฟ้า พนักงานไฟฟ้า เป็นต้น

1.8 การวาดรูป (Making Objects) ให้วาดรูปสิ่งของตามกรอบรูปที่กำหนดให้ เช่น รูปวงกลม รูปสามเหลี่ยม เป็นต้น

1.9 การสเก็ตช์รูป (Sketches) ให้ต่อเติมรูปจากภาพร่างที่กำหนดให้

1.10 การตกแต่ง (Decoration) ให้ตกแต่งรูปวาดเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน

1.11 แก้ปัญหา (Match Problem) ให้แก้ปัญหาจากโจทย์ที่กำหนดให้ เช่น ปัญหาไม้ขีดไฟ “ให้เอาจำนวนก้อนไม้ขีดไฟออกหนึ่งก้อน โดยก้อนที่เหลือประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีจำนวนรูปที่ต้องการ”

2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (โสพล มีเจริญ, 2548)
ศาสตราจารย์ ดร. E. Paul Torrance แห่งมหาวิทยาลัยจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีทั้งแบบสำรวจ แบบทดสอบ หลายรูปแบบ สำหรับแบบทดสอบ ทอแรนซ์ ได้พัฒนาขึ้นภายในขอบเขตและเนื้อหาการศึกษา ซึ่งเป็นโปรแกรมการวิจัยระยะยาวที่เน้นเฉพาะประสบการณ์ในห้องเรียน ที่จะสนับสนุนและเร้าให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance มีดังต่อไปนี้

2.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively with pictures) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข

2.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively with words) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข

2.3 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking Creatively with sounds and Words: Sounds and Images)

2.4 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและการเคลื่อนไหว (Thinking Creatively in Action and Movement)

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จากผลการวาดภาพ TCT – DP (The test for Creative Thinking–Drawing Production) ของ Jellen และ Urban (ละเอียด ปิ่นสุวรรณ, 2543) เป็นแบบทดสอบที่ใช้กระดาษและดินสอไม่มียางลบ ซึ่งประกอบด้วย

3.1 สิ่งเร้าที่กำหนดให้อยู่ในรูปแบบของชิ้นส่วนเล็ก ซึ่งอยู่ด้านในและด้านนอก กรอบสี่เหลี่ยมใหญ่หลายรูปที่แตกต่างกัน เช่น รูปครึ่งวงกลม รูปมุมฉาก รูปเส้นโค้งลายตัว S รูปรอยปะรูปจุด รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบไม่สมบูรณ์

3.2 ผู้ถูกทดสอบสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างอิสระตามจินตนาการโดยการวาดภาพขึ้นภายในเวลาที่กำหนดให้ จากนั้นนำภาพวาดมาประเมินตามเกณฑ์ 11 ข้อ ดังนี้

3.2.1 การต่อเติม (Cn: Continuation) ชิ้นส่วนที่ได้รับการต่อเติม (ครึ่งวงกลม จดมุมฉาก เว้น โค้ง เส้นประ และสี่เหลี่ยมจัตุรัสปลายเปิดกรอบสี่เหลี่ยมใหญ่) จะได้คะแนนการต่อเติมชิ้นส่วนละ 1 คะแนน คะแนนสูงสุด คือ 6 คะแนน

3.2.2 ความสมบูรณ์ (Cm: Completions) หากมีการต่อเติมจากเดิมในข้อ 1 ให้เต็มหรือให้สมบูรณ์มากขึ้นจะได้คะแนนชิ้นส่วนละ 1 คะแนน (ถ้าต่อเติมภาพ โดยใช้รูปที่กำหนด 2 รูป มารวมเป็นรูปเดียว เช่น โยงเป็นรูปบ้าน ต่อเป็นอิฐ ปล่องไฟ ฯลฯ) ให้ 1 คะแนน คะแนนสูงสุดในข้อนี้ คือ 6 คะแนน

3.2.3 ภาพที่สร้างขึ้นใหม่ (Ne: New Element) ภาพหรือสัญลักษณ์ที่วาดขึ้นใหม่นอกเหนือจากข้อที่ 1 และข้อที่ 2 จะได้คะแนนเพิ่มอีกภาพละ 1 คะแนน แต่ภาพที่วาดซ้ำหลายๆภาพเหมือนกัน (เช่น ภาพป่าที่มีจำนวนต้นไม้หลาย ๆ ต้นซ้ำ ๆ กัน) จะให้ 2 - 3 คะแนน คะแนนสูงสุดของข้อนี้ คือ 6 คะแนน

3.2.4 การต่อเนืองด้วยเส้น (Cl: Connection with a line) แต่ละภาพหรือส่วนของภาพ (ทั้งภาพที่สร้างเสร็จขึ้นใหม่ในข้อ 3 การมีเส้นลากโยงเข้าด้วยกันทั้งภายในและภายนอกวงกลม) จะให้คะแนนการโยงเส้นเส้นละ 1 คะแนน คะแนนสูงสุดในข้อนี้ คือ 6 คะแนน

3.2.5 การต่อเนืองที่ทำให้เกิดเรื่องราว (Cth: Connection with a Theme) ภาพใดหรือส่วนของภาพทำให้เกิดเป็นเรื่องราว หรือภาพรวมจะได้ 1 คะแนน ต่อ 1 ชิ้นส่วน การเชื่อมโยงนี้อาจเป็นการเชื่อมโยงด้วยเส้น จากข้อ 1 หรือไม่ใช่เส้นก็ได้ เช่น เส้นประของแสงอาทิตย์เงาต่าง ๆ การแตกกันของภาพ ความสำคัญอยู่ที่ การต่อเติมนั้น ทำให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ตามความหมายที่ผู้ถูกทดสอบตั้งชื่อไว้ คะแนนสูงสุดในข้อนี้ คือ 6 คะแนน

3.2.6 การข้ามเส้นกันเขต โดยการใช้ส่วนที่กำหนดให้นอกกรอบใหญ่ (Bfd: Boundary Breaking Fragment Dependent) การต่อเติมหรือโยงเส้นปิดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ปลายเปิดซึ่งอยู่นอกกรอบสี่เหลี่ยมใหญ่จะได้คะแนน 6 คะแนน

3.2.7 การข้ามเส้นกันเขตอย่างอิสระโดยไม่ใช้ชิ้นส่วนนอกกรอบที่กำหนดให้ (Bfi: Boundary Breaking Fragment Independent) การต่อเติมโยงเส้นออกไปนอกกรอบ หรือการวาดภาพนอกกรอบสี่เหลี่ยมใหญ่จะได้คะแนน 6 คะแนนเต็ม

3.2.8 การแสดงความลึกใกล้ – ไกล หรือมิติของภาพ (Pe: Perspective) ภาพที่วาดให้เห็นส่วนลึก มีระยะใกล้ไกล หรือวาดภาพในลักษณะ 3 มิติ มีความลึก หรือใกล้ไกลให้คะแนน 6 คะแนนเต็ม คะแนนสูงสุดในข้อนี้ คือ 6 คะแนน

3.2.9 อารมณ์ขัน (Hu: Humor) ภาพที่แสดงให้เห็นหรือก่อให้เกิดอารมณ์ขันจะได้ภาพละ 1 คะแนน หรือดูภาพรวม ถ้าอารมณ์ขันมากก็จะให้คะแนนมากขึ้นเป็นลำดับ ภาพที่แสดงอารมณ์ขันนี้ ประเมินจากผู้ทดสอบในหลายๆทาง เช่น ก) ผู้วาดสามารถล้อเลียนตัวเองจากภาพวาด ข) ผู้วาดผนวกข้อที่แสดงอารมณ์ขันเข้าไป หรือวาดภาพเพิ่มเข้าไป และ/หรือ ค) ผู้วาดผนวกลายเส้นและภาษาเข้าไปเหมือนการวาดภาพการ์ตูน คะแนนสูงสุดของข้อนี้ คือ 6 คะแนน

3.2.10 การคิดแปลกใหม่ ไม่คิดตามแบบแผน (Ue: Unconventionality) ภาพที่แสดงความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดปกติธรรมดาทั่วไปมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ก. การวางหรือการใช้กระดาษแตกต่างไปจากเมื่อวางกระดาษทดสอบให้แบบปกติธรรมดา เช่น พับ หมุน หรือพลิกกระดาษไปข้างหลัง แล้วจึงวาดภาพ ให้ 3 คะแนน

ข. ภาพที่เป็นนามธรรมหรือไม่เป็นภาพของจริง เช่น การใช้ชื่อที่เป็นนามธรรม (สัตว์ประหลาด) ให้ 3 คะแนน

ค. ภาพรวมของรูปทรง เครื่องหมาย ตัวอักษร หรือตัวเลขและ/หรือการใช้ชื่อภาพที่เหมือนการ์ตูน ให้ 3 คะแนน

ง. ภาพที่ต่อเติมไม่ใช่ภาพที่วาดกันแพร่หลายทั่วไป คือ หากมีการต่อเติมภาพในลักษณะต่างๆ ต่อไปนี้

รูปครึ่งวงกลม ต่อเป็นพระอาทิตย์ หน้าคนหรือวงกลม

รูปมุมฉาก ต่อเป็นบ้าน กล่องหรือสี่เหลี่ยม

รูปเส้นโค้ง ต่อเป็น ต้นไม้ หรือดอกไม้

รูปเส้นประ ต่อเป็น ถนน ตรอก หรือทางเดิน

รูปจุด ทำเป็นตาของนก หรือสายฝน

รูปทำนองนี้ต้องหักออก 1 คะแนน จาก 3 คะแนนเต็มในข้อนี้แต่ไม่มีคะแนนติดลบ คะแนนสูงสุดในข้อนี้ คือ (3+3+3+3) เท่ากับ 12 คะแนน

3.2.11 ความเร็ว (Sp: Speed) ภาพที่ใช้เวลาวาดน้อยกว่า 12 นาที จะได้คะแนนเพิ่มดังนี้

ต่ำกว่า 2 นาที ได้ 6 คะแนน

ต่ำกว่า 4 นาที ได้ 5 คะแนน

ต่ำกว่า 6 นาที ได้ 4 คะแนน

ต่ำกว่า 8 นาที ได้ 3 คะแนน

ต่ำกว่า 10 นาที ได้ 2 คะแนน

ต่ำกว่า 12 นาที ได้ 1 คะแนน

มากกว่าหรือเท่ากับ 12 นาที ไม่ได้คะแนน

การรวมคะแนนของแบบทดสอบจะมีช่องเล็กๆ อยู่ 11 ช่องแต่ละช่องจะมีรหัสสำหรับให้คะแนน โดยคะแนนสูงสุดของแบบทดสอบ TCT-DP คือ 72 คะแนน

จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยยึดตามแนวคิดของ Torrent เพื่อให้สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ได้ครอบคลุมทั้ง 4 ด้านคือความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ณัชรฤต เกื้อทาน (2557) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนได้นำเอาประสบการณ์หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้อธิบายพันธะเคมีและสมบัติของสาร ผลการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และประเมินแบบจำลองความคิดของตนเอง และผลการวิจัยระยะที่ 2 พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก สภาพขั้วโมเลกุล การเกิดพันธะไอออนิก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิด ประเมินแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นด้วยกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริงและสื่อที่มีการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน 3 ระดับ ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและขยายแบบจำลอง ให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

บุญรัตน์ จันทร และคณะ (2557) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ให้อยู่ในระดับดีและดีมากเพิ่มขึ้น

กรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่าแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะในประเด็นเรื่องลักษณะรูปร่างของอะตอมและระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ส่วนในประเด็นเรื่องการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอะตอมนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องมากที่สุด สำหรับความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองนั้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ โดยประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจไม่สอดคล้องมากที่สุด ได้แก่

การออกแบบและการสร้างแบบจำลอง จุดประสงค์ของแบบจำลองและความหลากหลายของแบบจำลอง สำหรับผลการวิจัยในระยะที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่อง โครงสร้างอะตอมมีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยง เนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์) สำหรับในแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีการใช้ กิจกรรมอุปมาในการจัดการเรียนรู้ และมีการสอดแทรกกิจกรรมที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลอง และกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและนำไปสู่ความ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบสของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เรื่องกรด-เบสโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยระยะที่ 1) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มี แบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนโดยเฉพาะแนวคิดเรื่องทฤษฎี กรด-เบส การไทเทรตกรด-เบส และสมบัติของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ สำหรับแนวคิดที่ นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ แนวคิดเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดเรื่องทฤษฎี กรด-เบสและแนวคิดเรื่อง การไทเทรตกรด-เบส ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองเชิง วิทยาศาสตร์ ส่วนผลการวิจัยระยะที่ 2) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ใช้คำถามปลายเปิดที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับ ความคิดเดิม และมีการสาธิตการทดลองหรือการสร้างสถานการณ์แล้วให้วาดภาพ ขึ้นแสดงออก แบบจำลอง ควรให้อิสระในการนำเสนอแบบจำลองด้วยการวาดภาพ การใช้ลักษณะท่าทาง การใช้ คำพูด และเน้นการใช้สิ่งของ ขึ้นทดสอบแบบจำลอง เน้นการทดลองที่เป็นการเปลี่ยนแปลงใน ระดับมหภาค ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ขึ้นประเมิน แบบจำลอง เน้นการใช้คำถามเพื่อให้ร่วมกันอภิปราย มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการ เชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับสัญลักษณ์และระดับจุลภาค และเน้นให้มี การทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลอง ทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

นิตยา ไพรสันต์ (2555) ได้ศึกษาผลการใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยชุด กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอน แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ(3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พัชรภรณ์ เมืองศรี (2550) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

วนิดา ชูแก้ว (2546) ได้ศึกษาการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิด ละเอียดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2544) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยระยะที่ 1) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนในแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ ค่าคงที่สมดุล และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี และหลักของเลอชาเตอริเอ ส่วนผลการวิจัยระยะที่ 2) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กันกับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้างแสดงออก ทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เมียร์และจัสติ (Maia and Justi, 2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนอายุ 14 -15 ปี ในโรงเรียนรัฐบาลประเทศบราซิล ในห้องเรียนปกติฉาก การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาจาก “แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modelling)” พบว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ โดยการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดจากการสื่อสารกันภายในห้องเรียน นักเรียนได้ใช้สิ่งที่เรียนรู้จากรูปธรรม คำพูดและลักษณะท่าทางในระหว่าง การทำกิจกรรม นอกจากนี้การเรียนรู้ของนักเรียนยังเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง การใช้คำถามของครู รวมทั้งการอภิปรายกันเกี่ยวกับแบบจำลองภายในห้องเรียน ส่งผลให้นักเรียน เกิดความเข้าใจในเรื่องสมดุลเคมียิ่งขึ้น

โอดมและเคลลี (Odom and Kelly, 2001) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ประกอบการใช้แผนผังมโนทัศน์ในวิชาชีววิทยา เรื่องการแพร่และ

ออสโมซิส ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10 - 11 โรงเรียนเตรียมชีววิทยา Kansas City ประเทศสหรัฐอเมริกาจำนวน 108 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ประกอบการใช้แผนผังมโนทัศน์และนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติประกอบการใช้แผนผังมโนทัศน์มีความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่องการแพร่และการออสโมซิส แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ

เฮดเกเพธ (Hedgepeth, 1996) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติของนักเรียนเกรด 8 ในเวสอะลาบามา สหรัฐอเมริกาโดยให้กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น พบว่า ผลการใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะช่วยในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการแสวงหาความรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

