บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ การจัดผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยนำเสนอรายละเอียดตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบ
   - 1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
   - 1.2 ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
   - 1.3 ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
   - 1.4 รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
2. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์
   - 2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์
   - 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผนผังมโนทัศน์
   - 2.3 การเชื่อมโยงผังมโนทัศน์
   - 2.4 การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์
   - 2.5 ประโยชน์ของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์
   - 2.6 การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. เจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 4.1 ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 4.2 การวัดเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นการเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความรู้ประสบการณ์เดิม การศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีประเด็นนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (2) ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (3) ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ และ (4) รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ โดยมีสาระสำคัญดังนี้

ทฤษฎีสรรคนิยมหลักการว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ใหม่ จากพื้นฐานความรู้เดิม (Hoover, 1996) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิม

ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางสติปัญญา (Theory of Cognition) ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยา สังคมวิทยา และการศึกษา (Hoover, 1996) ซึ่งความเชื่อพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยมมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ที่อธิบายว่า คนทุกคนจะมีการเรียนรู้ไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่า "Schema" โครงสร้างทางปัญญานี้เกิดจากความพยายามทางความคิด หากการใช้ความรู้เดิมทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้องจะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลคงเดิม แต่ถ้าหากการคาดคะเนไม่ถูกต้องจะเกิดภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) การรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญาผ่านกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และเมื่อเกิดภาวะที่ไม่สมดุลขึ้นส่งผลให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (ทิศนา แขมมณี, 2553: 90-96)

Driver และ Oldham (1986: 105-122) ได้ระบุลักษณะและขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรคนิยม ไว้ดังนี้

1. ขั้นนำ (Orientation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียน

2. ขั้นล้วงความคิด (Elicitation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน วิธีการที่ผู้เรียนแสดงออกอาจทำได้โดยการอภิปรายกลุ่ม การให้ผู้เรียนออกแบบโปสเตอร์ หรือการให้ผู้เรียนเขียนเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่
3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด (Restructuring of ideas) เป็นขั้นตอนที่สำคัญ ประกอบด้วยขั้นย่อยๆ ดังนี้
   3.1 การทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนความคิด(Clarification and exchange of ideas) ผู้เรียนจะเข้าใจได้ดีขึ้นเมื่อได้พิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนเองกับผู้อื่น
   3.2 สร้างความคิดใหม่ (Construction of new ideas) จากการอภิปรายและสาธิต ผู้เรียนจะเห็นแนวทาง รูปแบบ วิธีการที่หลากหลาย ในการตีความปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ แล้วกำหนดความคิดใหม่
   3.3 ประเมินความคิดใหม่ (Evaluation of the new ideas) โดยการทดลองหรือการคิดอย่างลึกซึ้ง ผู้เรียนควรหาแนวทางที่ดีที่สุดในการทดลองความคิด ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนอาจจะรู้สึกไม่พึงพอใจความคิดความเข้าใจที่เคยมีอยู่ เนื่องจากหลักฐานการทดลองสนับสนุนแนวคิดใหม่มากกว่า
4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ต่างๆ ทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย
5. ขั้นทบทวน (Review) เป็นขั้นตอนสุดท้าย ผู้เรียนจะได้ทบทวนว่าความคิดความเข้าใจของเขาได้เปลี่ยนไป โดยการเปรียบเทียบความคิดเมื่อเริ่มต้นบทเรียนกับความคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียน

Jia (2010: 197-199) ได้สรุปแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีสรรคนิยม ดังนี้

1. ความรู้ คือ คำอธิบายและสมมติฐาน ไม่ใช่คำตอบสุดท้ายของทุกคำถาม ความรู้ไม่สามารถสรุปเป็นกฎของธรรมชาติได้ถูกต้อง การแก้ปัญหาบางปัญหาต้องผ่านการวิเคราะห์ แต่ละบุคคลมีความเข้าใจในเรื่องเดียวกันไม่ตรงกันขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล
2. การเรียนรู้ คือ กระบวนการที่บุคคลสร้างโครงสร้างทางปัญญา โดยเริ่มจากการรับข้อมูลแล้วสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

3. นักเรียนมีความรู้และประสบการณ์เดิม ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนจึงควรดึงความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมาเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์ใหม่
4. ครูมีบทบาทเป็นผู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ เป็นผู้แนะนำและให้คำปรึกษาแก่นักเรียน จึงเป็นการเปลี่ยนจากครูเป็นศูนย์กลางมาสู่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ภายใต้การแนะนำและดูแลของครู

การศึกษาทฤษฎีสรรคนิยมสรุปได้ว่า ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางสติปัญญาที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่อธิบายว่า การเรียนรู้เกิดจากการนำสิ่งที่พบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา โดยผ่านกระบวนการดูดซึม ถ้าความรู้ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมจะเกิดความขัดแย้งทางปัญญาทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล ส่งผลให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา หากความรู้ใหม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ความรู้นั้นเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญาผ่านกระบวนการดูดซึม เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

1.2 ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry instruction) ได้มีนักการศึกษาหลายท่านเรียกชื่อแตกต่างๆ กันออกไป เช่น การสืบเสาะหาความรู้ การสืบเสาะ การสืบสวนสอบสวน การสืบคิดค้น การสืบสอบ เป็นต้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้คำว่า "การสืบสอบ"

การเรียนการสอนแบบสืบสอบเริ่มครั้งแรกเมื่อ Schwab (1962) นักวิทยาศาสตร์ และนักปรัชญาการศึกษาได้เสนอแนวคิดว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเป็นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ (Teaching as Inquiry) โดยนักเรียนเป็นผู้ใช้กระบวนการคิดหาเหตุผล ซึ่งตรงกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ซึ่งนักเรียนถูกกำหนดบทบาทให้เป็นผู้ค้นหาความรู้เอง และนำความรู้มาแก้ปัญหา เพื่อตอบสนองความอยากรู้ อยากเห็นของตนเอง เนื่องจากในช่วงทศวรรษ 1960 ปรัชญาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง นักปราชญ์ นักวิทยาศาสตร์ และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์เริ่มเสนอแนวคิด ว่า วิทยาศาสตร์ไม่ใช่เรื่องความรู้ต่อไป วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่ไม่อยู่นิ่ง และเป็นกระบวนการของการคิดและการปฏิบัติ เป็นแนวทางของการที่จะได้มาซึ่งความรู้ใหม่ซึ่ง ต่อมา Suchman ได้ริเริ่มพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งเรียกว่า รูปแบบการฝึกการสืบสอบ (Inquiry Training Model)

Carin & Sund (1985: 97-104) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การใช้กระบวนการทางสมอง ค้นหาความรู้ในลักษณะการทำกิจกรรมโดยการระบุปัญหา การตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองเพื่อหาวิธีการศึกษาปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ของธรรมชาติและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

Good (1973: 303) ได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ว่า มีลักษณะเช่นเดียวกับการสอนโดยวิธีการแก้ปัญหา (Problem - Solving Approach) โดยมีลักษณะ ดังนี้

1. เป็นวิธีการศึกษาเพื่อให้ได้มโนทัศน์ใหม่ โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ ซึ่งเป็นความรู้ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้

2. เป็นวิธีในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถามแล้วหาคำตอบด้วยตนเอง

3. เป็นวิธีแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง ที่มีกิจกรรมที่ท้าทายความคิด โดยเริ่มต้นด้วยการสังเกต การออกแบบ การวัด

Tisher, Power และ Endean (1972: 139) กล่าวถึง การเรียนการสอนแบบสืบสอบว่าเป็นวิธีการเรียนการสอนวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีหลักการ รวมทั้งเป็นเทคนิคการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย

Santrock (2009) กล่าวถึง การเรียนการสอนแบบสืบสอบว่านักเรียนเป็นผู้การสร้างความรู้ และความเข้าใจ โดยการสนับสนุนจากครูในการสำรวจ ค้นหาความรู้ และการคิดวิเคราะห์

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531: 125) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบว่า เป็นวิธีการค้นหาข้อมูล ข้อเท็จจริง ความรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน ด้วยการสำรวจตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนหรือด้วยการวิจัย

จากความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้คำถามที่มีความหมาย เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้นหรือค้นหาคำตอบจากประเด็นที่กำหนด โดยผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผล วิเคราะห์ปัญหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และทดสอบสมมติฐาน แล้วสรุปหลักการและกฎเกณฑ์ หรือวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง

1.3 ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การเรียนกาสอนแบบสืบสอบมีนักการศึกษาหลายท่านจำแนกประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ดังนี้

Sun and Trowbridge (1973) และ Carin and Sund (1980 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545) ได้จำแนกประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครู และนักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1) การสืบสอบมีการกำหนดแนวทาง (Guided Inquiry) เป็นการสืบสอบที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือไว้เรียบร้อยแล้ว นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลอง ทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็นการสืบสอบที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป (Structured laboratory) การสืบสอบประเภทนี้ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน ซึ่งเป็นการสืบสอบที่มีระดับง่ายที่สุด เหมาะสมกับนักเรียนที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์กับการเรียนแบบสืบสอบมาก่อน
2) การสืบสอบแบบไม่มีการกำหนดแนวทาง (Less Guided Inquiry) เป็นการสืบสอบที่ครูเป็นผู้วางแผน (Teacher planned investigation) โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่ตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่า การสืบสอบแบบไม่กำหนดทิศทาง (Unstructured laboratory) การสืบสอบประเภทนี้ครูมีบทบาทลดลงเมื่อเทียบกับวิธีในข้อ 1 นักเรียนมีบทบาทมากขึ้น ซึ่งเป็นการสืบสอบที่ซับซ้อนกว่าแบบที่ 1
3) การสืบสอบแบบอิสระ (Free Inquiry) เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง (Student planned investigation) เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผน การทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลการทดลองด้วยตัวนักเรียนเอง การสืบสอบประเภทนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาความสนใจ ครูเป็นผู้กระตุ้น ซึ่งครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาด้วยตัวเอง จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีบทบาทมากที่สุด ส่วนครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งเป็นการสืบสอบที่มีระดับซับซ้อนและยากที่สุด

Esler and Esler (1985) เสนอแนวคิดการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แนวคิดเกี่ยวกับการใช้เหตุผล (The Rational Approach) เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่ครูเป็นผู้ชี้นำนักเรียนไปสู่การลงความเห็น โดยให้นักเรียนใช้เหตุผล ซึ่งเป็นวิธีที่ครูใช้เป็นส่วนใหญ่ในการจัดการเรียนการสอน คือ การใช้คำถามและการเสริมแรง จนบรรลุเป้าหมายของการเรียนการสอน คำถามของครูต้องเป็นคำถามที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ
2) แนวคิดเกี่ยวกับการค้นพบ (The Discovery Approach) เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่ครูพยายามให้นักเรียนแต่ละคนได้ค้นพบความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่ได้สังเกต ซึ่งนักเรียนไม่ต้องวางแผนการสืบสอบด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้วางแผนให้ นอกจากนี้โอกาสที่นักเรียนจะเกิดการค้นพบได้สูงสุดเมื่อนักเรียนแต่ละคนได้ลงมือใช้เครื่องมือ หรือจัดกระทำกับข้อมูล
3) แนวคิดเกี่ยวกับการทดลอง (The Experimental Approach) เป็นแนวคิดที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐาน นักเรียนจะต้องวางแผนการทดลองก่อนที่จะทำการทดลอง

Romey (1968) ได้จำแนกระดับการสืบสอบ โดยใช้ปริมาณของการอภิปรายชี้แนะจากครูผู้สอนเป็นเกณฑ์ คือ

1) ถ้าครูผู้สอนให้คำชี้แนะ หรือบอกมากกว่าการสอน เป็นการสืบสอบน้อย
2) ถ้าครูให้นักเรียนศึกษา สังเกต ทดลอง สรุปเองมากกว่าการเรียนการสอน ก็จะเป็นการสืบสอบมากขึ้น

จากแนวคิดเกี่ยวกับประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ว่า ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ใช้บทบาทครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ และกลุ่มที่ใช้กิจกรรมการเรียนเป็นเกณฑ์ ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มเป็น การเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล สำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้อย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง

1.4 รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

จากการศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบจากนักการศึกษาหลายท่าน มีรูปแบบดังนี้

Suchman (1962 อ้างถึงใน Joyce & Weil, 2001: 159-187) ได้เสนอรูปแบบการฝึกการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry Training Model) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเผชิญหน้ากับปัญหา (Confrontation with the Problem) โดยครูเป็นผู้นำเสนอสถานการณ์ปัญหาก่อให้เกิดความสงสัย ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่จำเป็นจะต้องใช้ความรู้เดิมมากนัก เนื่องจากต้องการให้นักเรียนมีประสบการณ์กับความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นต่อไป

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูล หลักฐานเพื่อพิสูจน์ความจริง (Data Gathering-Verification) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์ที่ได้พบเห็น

ขั้นที่ 3 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการทดลอง (Data Gathering-Experimentation) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ปัญหา การตั้งสมมติฐาน (และทดสอบ) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัญหา

ขั้นที่ 4 การจัดกระทำข้อมูลและสร้างคำอธิบาย (Organizing, Formulating an Explanation) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบาย

ขั้นที่ 5 การวิเคราะห์กระบวนการสืบสอบ (Analysis of the Inquiry Process) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนวิเคราะห์รูปแบบการสืบสอบและพัฒนากระบวนการสืบสอบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Jacobson, Eggen และ Kauchak (1989) เสนอขั้นตอนกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นเสนอปัญหา ครูเป็นผู้พิจารณาเนื้อหาสาระแล้วระบุปัญหาที่จะให้ผู้เรียนสืบสอบ ซึ่งปัญหาอาจเป็นสถานการณ์ที่บังเอิญเกิดขึ้นในชั้นเรียน
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน ครูอาจเป็นผู้ตั้งสมมติฐาน หรือครูใช้คำถามเพื่อถามนำให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน
3. ขั้นรวบรวมข้อมูล ครูอาจให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากสื่อ แหล่งข้อมูลต่างๆ หรือทำการทดลอง ซึ่งทำได้ทั้งในและนอกห้องเรียน หรืออาจทำการทดลองที่บ้านเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ให้เป็นหลักฐานในการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้
4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ครูนำการอภิปรายโดยให้ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน แล้วสรุปเป็นคำตอบซึ่งเป็นมโนทัศน์ของบทเรียน

Massailas และ Cox (1968: 115-121) ได้เสนอขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ดังนี้

1. ขั้นปรับตัว (Orientation) เป็นขั้นที่นักเรียนได้เห็นหรือรับทราบถึงปัญหา ซึ่งอาจเกิดจากการอ่านข้อความในแบบเรียนหรือบทความที่ครูเตรียมไว้เป็นเครื่องสะท้อนให้เกิดความคิด เกิดปัญหา หรือครูเตรียมปัญหาไว้แล้วยกปัญหาหรือตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ วิจารณ์ซักถามเพื่อให้เกิด ความสงสัย อันจะนำไปสู่การแสวงหาคำตอบอย่างเป็นระบบต่อไป
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) เป็นการกำหนดแนวทางให้นักเรียนแสวงหาข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยการวิเคราะห์ปัญหาในขั้นขั้นปรับตัว แล้วสรุปคำตอบที่คาดว่าจะเป็นไปได้ ซึ่งจะต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์หรือทดสอบ
3. ขั้นกำหนดนิยาม (Difinition) เป็นการขยายความหรือให้ความหมายของคำเพื่อให้เข้าใจตรงกัน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการสืบสอบข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้
4. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Exploration) เป็นการสำรวจว่าข้อมูลใดสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
5. ขั้นเก็บหลักฐาน(Evidencing)เป็นการนำข้อมูลที่หามาได้มาเรียบเรียงเพื่อสนับสนุนและพิสูจน์สมมติฐาน
6. ขั้นการลงความเห็น (Generalization) เป็นการสรุปตำตอบจากหลักฐานที่ค้นคว้า ดังนั้นข้อสรุปนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลอื่นๆ เพิ่มเติม

Renner และ Stafford (1972) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล(Exploration)ครูเสนอปัญหาแล้วให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลตามแนวทางที่กำหนด
2. ขั้นสร้างความรู้จากข้อมูล (Invention) นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และรายงานผลอันเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น
3. ขั้นขยายความรู้จากที่ได้ค้นพบ (Discovery) ครูจัดกิจกรรมเพื่อช่วยให้นักเรียนขยายมโนทัศน์ที่ได้ไปสู่มโนทัศน์อื่นที่สัมพันธ์กัน

Bybee et al. (2006a) ได้เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อใช้จัดการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Sciences Curriculum Study: BSCS) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) คือ ขั้นตอนที่ครูสร้างความสนใจและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา พร้อมทั้งสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับเนื้อหาที่จะเรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนในการประเมินมโนทัศน์เดิมของนักเรียน
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) คือ ขั้นตอนการตรวจสอบปัญหา การตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษา เพื่อนำไปสู่การออกแบบและการเก็บรวบรวมข้อมูล และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการอันหลากหลาย โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ขั้นตอนนี้เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนใช้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนวิเคราะห์ จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา เพื่อนำไปสู่การสรุปผล ครูทำหน้าที่เชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) คือ ขั้นตอนที่นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์เพื่ออธิบายหรือทำความเข้าใจกับสถานการณ์ใหม่ที่มีความใกล้เคียงกับความรู้หรือสถานการณ์ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ซึ่งก่อให้เกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาต่อไป ทำให้ความรู้ขยายขอบเขตกว้างมากขึ้น
5. ขั้นการประเมิน (Evaluation) คือ ขั้นตอนที่ประเมินความรู้และความสามารถของนักเรียน ตามสภาพจริง ทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ รวมทั้งอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินตนเอง ซึ่งการประเมินดังกล่าวนี้จะแทรกอยู่ในแต่ละขั้น

จากรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ใช้ในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีขั้นตอนที่แสดงถึงการพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนที่ชัดเจน และมีการเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

2. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping)

แผนผังมโนทัศน์ (Concept Map) เป็นรูปแบบหนึ่งที่ครูใช้ในการเรียนการสอน การจัดลำดับเนื้อหาในการสอน และเป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสรุปบทเรียนทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Novak และ Gowin, 1984: 36-37) การศึกษาการจัดผังมโนทัศน์ มีประเด็นที่นำเสนอ 4 ประเด็น ดังนี้ (1) ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ (2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผนผังมโนทัศน์ (3) การจัดผังมโนทัศน์ และ (4) เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

แผนผังมโนทัศน์มาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า "Concept Map" และได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้คำแปลเป็นภาษาไทยแตกต่างกันไป คือ แผนผังมโนมติ แผนภูมิมโนมติ แผนภูมิมโนทัศน์ กรอบมโนทัศน์ และแผนผังมโนทัศน์ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้คำว่า "แผนผังมโนทัศน์" ซึ่งคำดังกล่าว มีนักการศึกษาได้ให้ความหมาย ดังนี้

มนัส บุญประกอบ (2533: 26- 29) ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่าเป็นแผนภูมิอย่างหนึ่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มมโนทัศน์ด้วยเส้น และคำเชื่อมโยงที่เหมาะสมทำให้สามารถอ่านความสัมพันธ์จากแผนผังมโนทัศน์นั้นเป็นประโยคหรือข้อความที่มีความหมายได้

สุนีย์ สอนตระกูล (2535: 62) ได้สรุปความของแผนผังมโนทัศน์ว่า หมายถึง แผนภาพที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ อย่างมีลำดับขั้น เป็นเครื่องมือที่ใช้เสนอความคิด และแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์อย่างมีระบบ

วราวุฒิ สุริยะป้อ (2538: 14) ได้สรุปและให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่า หมายถึง ผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์อย่างต่อเนื่อง โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นความสัมพันธ์ที่มีความหมายทางภาษา และมีลำดับขั้นลดหลั่นจากมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รองและมโนทัศน์เฉพาะ

West, Farmer และ Wolff (1991: 93) ให้ความหมายไว้ว่าแผนผังมโนทัศน์ คือ แนวทางที่ใช้แสดงมโนทัศน์ และความสัมพันธ์ระหว่างกันและกันของเหล่ามโนทัศน์ ดังนั้น มโนทัศน์ต่างๆ จึงถูกเชื่อมโยงกันด้วยคำศัพท์ต่างๆ ซึ่งทำให้สามารถเข้าใจองค์ความรู้ส่วนสำคัญที่เป็น

ความหมายเฉพาะได้ชัดเจนดังนั้นทุกๆ แผนผังมโนทัศน์จึงมีทั้งส่วนข้อมูลและส่วนที่เป็นการออกแบบ

Novak และ Gowin (1984: 15) ให้ความหมายไว้ว่าแผนผังมโนทัศน์เป็นสิ่งใช้แทนความสัมพันธ์อย่างมีความหมายระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ ในรูปของประพจน์ (Proposition) มโนทัศน์เหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันโดยใช้คำเชื่อม เช่น ท้องฟ้ามีสีน้ำเงิน เป็นประพจน์ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างท้องฟ้าและสีน้ำเงิน ซึ่งให้ความหมาย 2 อย่าง คือ ท้องฟ้าและสีน้ำเงิน แต่เมื่อนักเรียนได้เรียนประพจน์นี้แล้วจะเกิดความหมายที่แตกต่างกันในภายหลัง เช่น ท้องฟ้า คือ อากาศ และอากาศไม่มีสีแต่วัตถุที่อยู่ในอากาศสะท้อนกับแสงอาทิตย์ทำให้เกิดสีทำให้มองดูเป็นสีน้ำเงิน

Clibron (1987: 426) กล่าวไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์ เป็นเครื่องมือที่ใช้เสนอกรอบแนวคิดและความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ ที่เกี่ยวข้องกันเป็นระบบ

Zimmaro และ Cawley (1998: 1) อธิบายไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นการนำเสนอโครงสร้างความรู้ออกเป็นแผนภาพ โดยการสร้างแผนผังอาศัยหลักเกณฑ์กลุ่มของความคิดหรือข้อมูลที่เป็นลักษณะเฉพาะของความเข้าใจ

Heinze-Fry และ Novak (1990: 461- 472) ได้กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ว่า เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย แผนผังมโนทัศน์จะประกอบด้วยมโนทัศน์ตั้งแต่ 2 มโนทัศน์เชื่อมโยงกันด้วยเส้นและคำเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ และแสดงให้ทราบถึงความแตกต่างของมโนทัศน์เป็นลำดับขั้น ซึ่งมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างและครอบคลุมจะจัดไว้ด้านบนสุดของแผนผังมโนทัศน์ที่แคบหรือเป็นมโนทัศน์ที่เจาะจงจะอยู่ด้านล่างตามลำดับ

จากการศึกษาความหมายของแผนผังมโนทัศน์สรุปได้ว่า แผนผังมโนทัศน์ หมายถึง แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันด้วยเส้น โดยมีคำเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กัน เพื่อทำให้สามารถอ่านความสัมพันธ์จากแผนภาพได้เป็นประโยคหรือเป็นข้อความที่มีความหมาย

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

การเรียนการสอนโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful learning theory) โดยมีรายละเอียดของทฤษฎี ดังนี้

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายเน้นความสำคัญของการเรียนรู้ที่เกิดจากการที่ผู้เรียนมีการเชื่อมโยงความรู้ หรือประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนในโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) (Novak และ Gowin, 1984: 24)

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล สรุปได้ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนรู้ใหม่ เช่น มโนทัศน์หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ กับความรู้เดิมหรือมโนทัศน์ที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) แต่ถ้าไม่ได้นำความรู้ใหม่เข้าไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่จะเป็นการเรียนรู้แบบท่องจำ โดยการเรียนรู้แบบท่องจำผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่เรียนรู้มาก่อนในโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจ (Daniel, 2005: 2-3)

ออซูเบลได้แบ่งการเรียนรู้อย่างมีความหมายออกเป็น 3 ประเภท (Ausubel et al.,1978 อ้างถึงใน Weibell, 2011) ดังนี้

1. Subordinate learning เป็นการเรียนรู้โดยการรับอย่างมีความหมาย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 Deriveration Subsumption เป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ใหม่กับหลักการหรือกฎเกณฑ์ที่เคยเรียนมาแล้ว

1.2 Correlative Subsumption เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย เกิดจากการขยายความหรือปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีมาก่อนให้สัมพันธ์กับสิ่งที่จะเรียนรู้

2. Superordinate learning เป็นการเรียนรู้โดยการจัดกลุ่มสิ่งที่เรียนใหม่เข้ากับมโนทัศน์ที่กว้าง และครอบคลุมมโนทัศน์ของสิ่งที่เรียนใหม่

3. Combinatorial learning เป็นการเรียนรู้หลักการ กฎเกณฑ์ต่างๆ เชิงผสมในวิชาคณิตศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เหตุผล หรือการสังเกต

การเรียนรู้อย่างมีความหมายมีเงื่อนไข 3 ประการ (Ausubel และ Robinson,1969 อ้างถึงใน Ivie, 1998: 6; Novak และ Cañas, 2008: 3-4) ดังนี้

1. ความรู้ใหม่ต้องมีความหมายเชิงเหตุ และผลต่อเนื่องกับความรู้เดิมของผู้เรียน

2. ผู้เรียนต้องมีความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่สัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่
3. ผู้เรียนต้องสนใจที่จะเรียนรู้อย่างมีความหมายมากกว่าที่จะเรียนรู้แบบท่องจำ

ในการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายตามแนวคิดของออซูเบล ได้เสนอว่า ในการเรียนต้องมีการจัดมโนทัศน์หรือกลุ่มของความคิดให้กับผู้เรียนก่อนที่จะเรียน โดยก่อนจะสอนสิ่งใหม่ควรสำรวจความรู้ความเข้าใจของเด็กเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจในเรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีจะต้องจัดให้ การที่จะทำให้ผู้เรียนจำสิ่งที่เรียนโดยการทำให้ผู้เรียนมองเห็นความเหมือน และความแตกต่างของความรู้ใหม่และความรู้เดิม โดยที่ออซูเบลให้ข้อสังเกตว่า ในการสอนนั้น ถ้าสอนความรู้ใหม่กับนักเรียนโดยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับความรู้เดิมผู้เรียนจะลืมง่าย แต่ถ้าความรู้ใหม่ต่างจากความรู้เดิมจะช่วยทำให้จำได้นาน ดังนั้นในการสอนให้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับความรู้เดิมในขณะเดียวกันต้องให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้และจำ (Ivie, 1998: 5-6)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ในการสอนมโนทัศน์ใดที่ใหม่จะเป็นสิ่งที่มีความหมายกับนักเรียน ถ้านักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมได้ และขณะเดียวกันถ้าเชื่อมโยงกับความคิดอื่นๆ ในขณะที่เรียนสิ่งใหม่ได้ สิ่งต่างๆ จะมีความหมายเมื่อสัมพันธ์กับผู้เรียน ดังนั้น ก่อนที่ครูจะสอนสิ่งใดให้กับนักเรียน ให้สังเกตว่านักเรียนพร้อมที่จะรับสิ่งใหม่หรือยัง หมายความว่า นักเรียนมีความรู้เดิมพอที่จะเข้าใจในสิ่งใหม่ ถ้ายังไม่พอจะต้องจัดประสบการณ์ให้

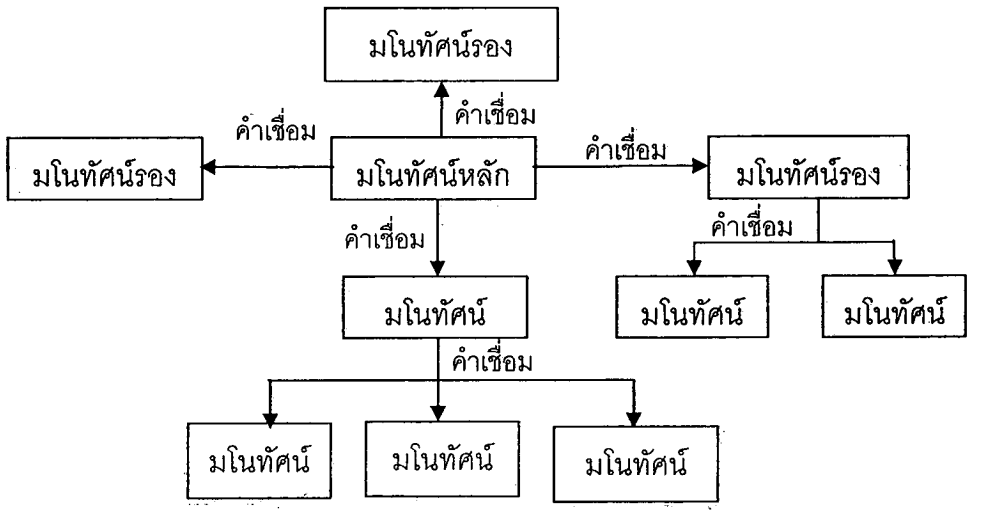
2.3 การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping)

โจเซฟ ดี โนแวค (Joseph D. Novak) แห่งมหาวิทยาลัยคอร์แนลได้ศึกษาเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ และนำแผนผังมโนทัศน์ เข้ามามีบทบาทในกิจกรรมทางการศึกษา โดยได้เริ่มแนะนำกับนักศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์มีพื้นฐานความรู้มาจากทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งการเรียนรู้อย่างมีความหมายประกอบด้วยการดูดซึมมโนทัศน์ใหม่ และประพจน์เข้าไปในโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ (Novak, 1990: 941) การจัดผังมโนทัศน์มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 รูปแบบของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

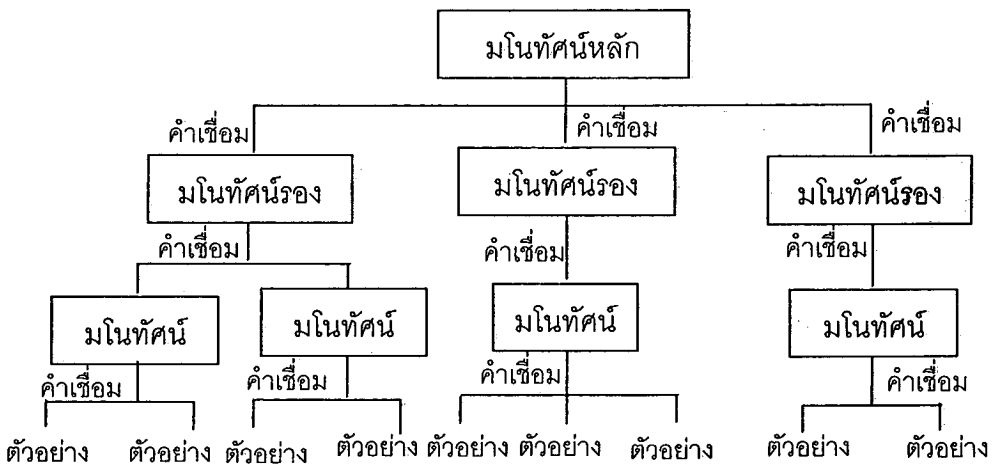
Merle Tan แห่งมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ได้จำแนกประเภทของแผนผังมโนทัศน์ตามลักษณะของแผนผัง ได้เป็น 4 ชนิด (มนัส บุญประกอบ, 2533: 26- 29) ดังต่อไปนี้

1. ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หรือแบบชี้แสดงโดยเริ่มจากคำที่เป็นมโนทัศน์หลักแล้วเชื่อมโยงกระจายออกไปทุกทิศทาง เพื่อเชื่อมต่อกับมโนทัศน์ย่อยอื่นๆ ตัวอย่างเช่น



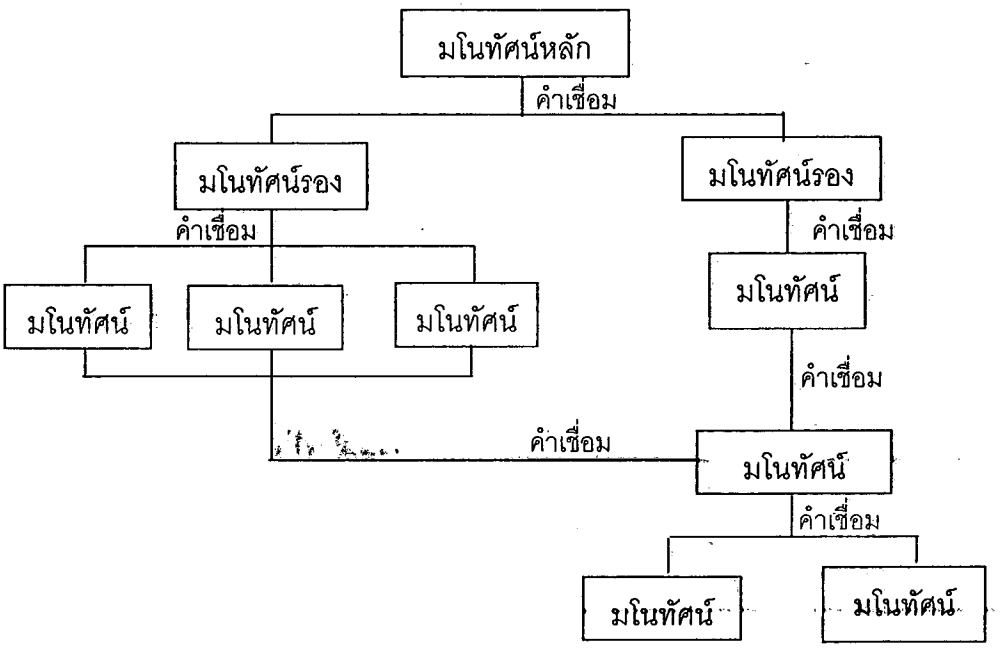
แผนภาพที่ 2 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก

2. ชนิดปลายเปิด (Opened Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงการเชื่อมโยงกลุ่มของมโนทัศน์ต่างๆ ลดหลั่นกันลงไปตามลำดับความสำคัญของมโนทัศน์ที่ผู้เขียนกำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น



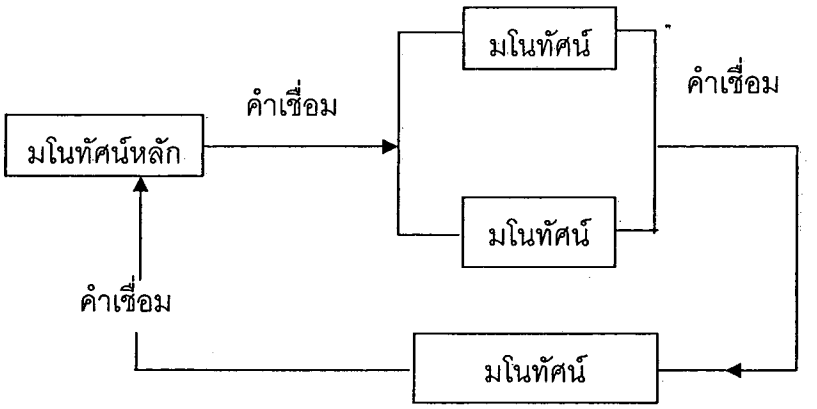
แผนภาพที่ 3 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด

3. ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะคล้ายกับชนิดปลายเปิดแต่มีการเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์



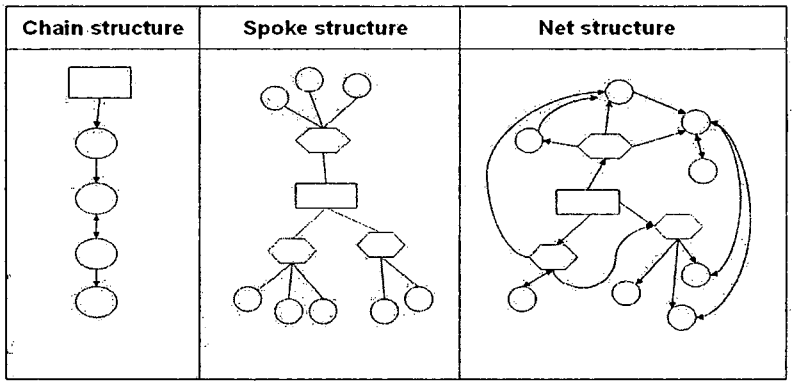
แผนภาพที่ 4 แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง

4. ชนิดปลายปิดหรือปิดล้อมเป็นวง (Closed grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ค่อนข้างจะมีลักษณะจำกัดอยู่ในตัวเอง ตัวอย่างเช่น



แผนภาพที่ 5 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิด

Kinchin (2000) ทำการวิเคราะห์เพื่อแสดงรูปแบบของการพัฒนาแผนผังมโนทัศน์รูปแบบ และการจำแนกประเภทอย่างง่าย สำหรับประเภทแผนผังที่ได้รับการพัฒนาโดยคำนึงถึงโครงสร้างพื้นฐาน 3 ประเภท คือ โซ่ (chain structure) ขั้นบันได (spoke structure) และตาข่าย (net structure)



แผนภาพที่ 6 ประเภทของโครงสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ดัดแปลงมาจาก Kinchinetal (2000)

Yin et al. (2004) ได้เสนอว่า รูปแบบโครงสร้างของแผนผังมโนทัศน์ แบบโซ่ ขั้นบันได และตาข่าย ที่เสนอโดย Kinchin ไม่ครบลักษณะโครงสร้างแผนผังที่นักเรียนสร้างขึ้น ดังนั้นจึงเพิ่มอีกสองโครงสร้างใหม่ คือ โครงสร้างวงกลม (Circular structure) และ โครงสร้างเชิงเส้น (Linear structure) ดังนั้น โครงสร้างแผนผังจึงมี 5 ประเภท ดังนี้

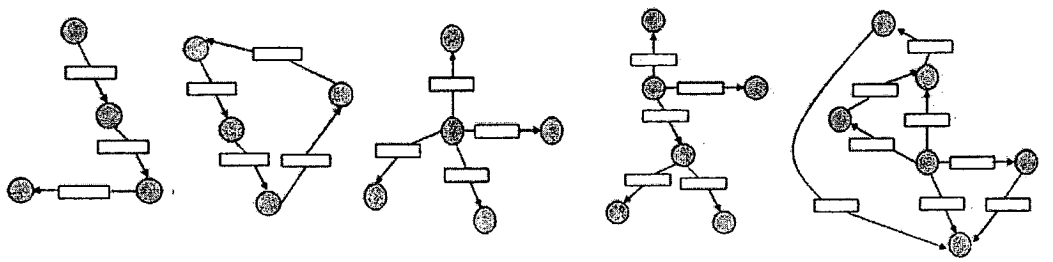
(1) โครงสร้างเชิงเส้น (Linear structure) - ประพจน์ที่กระจายออกถูกเชื่อมโยงไว้ด้วยกัน

(2) โครงสร้างวงกลม (Circular structure) – ประพจน์ที่เป็นกระจายออกถูกเชื่อมด้านปลายเข้าด้วยกัน

(3) โครงสร้างดุมล้อหรือขั้นบันได (Hub or Spokes structure) – ประพจน์ที่กระจายออกจากมโนทัศน์ศูนย์กลาง

(4) โครงสร้างต้นไม้ (Tree structure) – เป็นโซ่เชิงเส้นของประพจน์ที่มีสาขาติดกัน

(5) โครงสร้างเครือข่ายหรือตาข่าย (Network or Net structure) –ชุดที่ซับซ้อนโดยมีประพจน์ที่เชื่อมต่อกัน



แผนภาพที่ 7 ประเภทของโครงสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ดัดแปลงมาจาก Yin et al. (2004)

จากการศึกษาประเภทของแผนผังมโนทัศน์ สรุปได้ว่า แผนผังมโนทัศน์แต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายประการซึ่งแต่ละชนิดก็มีทั้งข้อดี และข้อจำกัดที่ไม่เหมือนกันบางประเภทเหมาะสำหรับมโนทัศน์ ที่ซับซ้อนกว้างขวางแต่บางประเภทเหมาะสำหรับจำนวนมโนทัศน์ค่อนข้างจำกัดซึ่งจะใช้ประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระที่ใช้ในการทำแผนผัง และเหตุผลของผู้ที่เขียนแผนผังว่าจะเลือกใช้แบบใดให้เหมาะสม อาจจะเขียนแผนผังมโนทัศน์โดยการผสมผสานประเภทต่างๆ ของแผนผังมโนทัศน์เข้าด้วยกัน

2.3.2 องค์ประกอบของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

ในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ มีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้ ..

Novak (1991) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของแผนผังมโนทัศน์ว่า ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนได้แก่

1. มโนทัศน์ (concept) หมายถึง คำที่ใช้แทนชื่อของมโนทัศน์ ซึ่งเป็นคำหรือวลีสั้นๆ
2. ความสัมพันธ์ (relationship) หรือการเชื่อมโยงระหว่างประพจน์ (propositional linkage) เป็นการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์
3. ลำดับขั้น (hierarchy) คือขั้นหรือลำดับขั้นของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รอง
4. การเชื่อมโยงข้าม (cross-links) เป็นการแสดงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงข้ามชั้นหรือ ข้ามขั้นระหว่างมโนทัศน์ จากมโนทัศน์หนึ่งไปยังอีกมโนทัศน์หนึ่ง

นอกจากนี้มีนักการศึกษาหลายท่าน (Cassidy, Nakonechny, และ Griffiths, 2001) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่าประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. คำมโนทัศน์ (concept labels) เป็นชื่อมโนทัศน์ อาจเป็นคำ วลี หรือประโยคสั้นๆ โดยเขียนไว้ในกรอบ ซึ่งอาจเป็นรูปวงกลม วงรี หรือสี่เหลี่ยมก็ได้
2. การเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์อย่างมีความหมาย (Meaningful relationships) คือ การลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์สองมโนทัศน์ โดยเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์นี้อาจเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง บางครั้งอาจแสดงทิศทางความสัมพันธ์ด้วยลูกศรกำกับไว้
3. ประพจน์ (propositions) คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์สองมโนทัศน์ ทำให้เกิดความหมาย

Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala,และ Shavelson (2004) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่า ประกอบด้วย

1. โหนด (nodes) หมายถึง คำหรือมโนทัศน์
2. เส้นเชื่อมโยง (linking lines) เป็นเส้นที่มีลูกศรทิศทางเดียวจากมโนทัศน์หนึ่งไปยังอีกมโนทัศน์หนึ่ง
3. วลีเชื่อมโยง (linking phrases) เป็นคำที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างโหนดอยู่บนเส้นเชื่อมโยง
4. ประพจน์ (proposition) คือ การเชื่อมโยงระหว่างโหนดสองโหนดด้วยเส้นที่มีวลีเชื่อมโยงกำกับอยู่

Fay และ Joo (2004: 155-161) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่าประกอบด้วย

1. โหนด (nodes) หมายถึง มโนทัศน์ของเรื่องที่ศึกษา เขียนลงในกรอบหรือวงกลม
2. เส้นหรือการเชื่อม (lines or links) เป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของมโนทัศน์
3. ประพจน์ (propositions) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของมโนทัศน์

การศึกษาส่วนประกอบของแผนผังมโนทัศน์ดังกล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่าแผนผังมโนทัศน์มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้ (1) คำมโนทัศน์ (nodes) (2) เส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (linking lines) (3) คำเชื่อม (linking phrases) และอาจมี (4) การเชื่อมโยงข้าม (cross-links)

2.3.3 ขั้นตอนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

การสร้างแผนผังมโนทัศน์มีนักวิชาการหลายท่านเสนอขั้นตอนการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

Novak (1984: 46) เป็นผู้ที่ได้นำเอาทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบลมาเป็นพื้นฐานในการสร้างระบบการเรียนการสอนแบบการจัดแผนผังมโนทัศน์มีขั้นตอนหลักดังนี้

1) กิจกรรมขั้นเตรียมตัว

2) ปฏิบัติการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

ในการฝึกให้นักเรียนเขียนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ด้วยตนเองจำเป็นต้องชักจูงให้เห็นคุณค่า และความสำคัญแล้วจึงฝึกฝนเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มย่อย

White และ Gunstone (1992, 17-18) ให้คำแนะนำขั้นตอนในการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์สำหรับครูผู้สอน มีขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกชุดของคำศัพท์มโนทัศน์
2. จัดเตรียมคำศัพท์มโนทัศน์ให้นักเรียนในบัตรดัชนีขนาด 3x5 นิ้ว และแผ่นกระดาษ
3. ให้คำแนะนำต่อไปนี้ให้กับนักเรียนทีละขั้นตอน
    1) จัดเรียงบัตรทั้งหมดและนำไปวางบนกระดาษด้านใดด้านหนึ่งในที่ที่นักเรียนต้องการหรือที่ที่นักเรียนคิดว่าไม่เกี่ยวข้องกัน
    2) ใส่บัตรที่เหลือบนแผ่นกระดาษและจัดเรียงบัตรที่เกี่ยวข้องกันไว้ใกล้กันแต่เว้นช่องว่างระหว่างบัตร
    3) เมื่อนักเรียนพอใจกับการจัดบัตรให้นักเรียนติดบัตรนั้นลงในแผ่นกระดาษ
    4) ลากเส้นระหว่างคำที่มีความสัมพันธ์กัน
    5) เขียนข้อความบนแต่ละเส้นแสดงลักษณะของความสัมพันธ์

6) ให้กลับไปที่บัตรเหล่านี้และพิจารณาว่าต้องการเพิ่มสิ่งใดลงในแผนผัง ถ้าเพิ่มให้แน่ใจว่าต้องเขียนลักษณะของการเชื่อมโยงระหว่างคำศัพท์อื่นๆ ด้วย

Ault (1985: 41) เสนอว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ไม่มีทิศทางในการสร้างที่แน่นอนตายตัว แต่สามารถสร้างได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีนั้นควรจะเริ่มด้วยการแนะนำแนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ โดยกระทำในรูปของกิจกรรมเกี่ยวกับการเรียนรู้หรือแนะนำโดยตรง นอกจากนี้ได้ให้คำแนะนำขั้นตอนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เลือก โดยเลือกเรื่องที่จะเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์อาจนำมาจากตำรา คำบรรยาย คำอธิบาย ก่อนการปฏิบัติการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เริ่มจากการอ่านข้อความนั้นอย่างน้อย 1 ครั้งแล้วสรุปมโนทัศน์ที่สำคัญ โดยขีดเส้นใต้คำหรือประโยคที่สำคัญ ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุหรือเหตุการณ์ แล้วลอกมโนทัศน์เหล่านั้นลงในแผ่นกระดาษเล็กๆ เพื่อที่สะดวกในการจัดความสัมพันธ์

ขั้นที่ 2 จัดลำดับ เป็นการนำมโนทัศน์ที่สำคัญซึ่งเขียนลงในแผ่นกระดาษเล็กๆ แล้ว นำมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่มีความกว้างไปสู่มโนทัศน์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม เป็นการนำมโนทัศน์มาจัดกลุ่มเข้าด้วยกันโดยมีเกณฑ์ 2 ข้อคือ

1. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน
2. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 4 จัดระบบ เป็นการนำมโนทัศน์ที่มีอยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดระบบตามลำดับความเกี่ยวข้อง ซึ่งในขั้นตอนนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรืออาจหามโนทัศน์อื่นๆ มาเพิ่มเติมได้อีก

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยง เป็นการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันโดยการลากเส้นเชื่อมโยง และมีคำเชื่อมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ไว้บนเส้นทุกเส้น ซึ่งสามารถอ่านได้เป็นประโยคที่มีความหมาย เส้นที่เชื่อมโยงนี้อาจเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ในชุดเดียวกัน หรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกันก็ได้

จากการศึกษาการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ สรุปได้ว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์จะเริ่มจากการคัดเลือกคำที่เป็นมโนทัศน์ ซึ่งอาจเป็นเหตุการณ์หรือวัตถุ แล้วนำมาจัดลำดับความสำคัญของมโนทัศน์ให้ลดหลั่นกันลงมา รวมทั้งตัวอย่างจะอยู่ด้านล่างสุด แล้วใช้คำเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มโนทัศน์ต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างสมเหตุสมผล โดยการลากเส้นที่มีคำเชื่อมโยงแสดงการเชื่อมโยงมโนทัศน์แต่ละมโนทัศน์เข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดประโยคที่มี

ความหมาย การที่ผู้เรียนจะจัดผัง มโนทัศน์ได้แสดงว่าผู้เรียนจะต้องมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้น และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

จากแนวคิดการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสรุปขั้นตอนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนสำหรับกลุ่มทดลอง 5 ขั้น โดยปรับจาก Ault (1985: 41) ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือก (Select) คือ ขั้นตอนการระบุคำสำคัญ (key words) หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อเรื่องโดยอ่าน หรือเรื่องที่ต้องการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ วิธีการรระบุมโนทัศน์ที่สำคัญ โดยการขีดส้นใต้คำหรือประโยคที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นวัตถุหรือเหตุการณ์ แล้วลอกมโนทัศน์เหล่านั้น ลงในกระดาษแผ่นเล็กๆ

ขั้นที่ 2 จัดลำดับ (Rank) คือ ขั้นตอนการจัดลำดับมโนทัศน์จากมโนทัศน์ที่มีความกว้างไปสู่มโนทัศน์ที่มีความเฉพาะเจาะจง โดยนำกระดาษแผ่นเล็กๆ ที่เขียนมโนทัศน์ที่สำคัญมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างที่สุดไปยังมโนทัศน์ที่มีความหมายแคบลงมา

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม (Cluster) คือ ขั้นตอนการนำมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน โดยมีเกณฑ์ 2 ข้อคือ

1. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน
2. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 4 จัดระบบ (Arrange) คือ ขั้นตอนการนำมโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดเรียงตามลำดับความเกี่ยวข้อง ซึ่งในขั้นตอนนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ หรืออาจหามโนทัศน์อื่นๆ มาเพิ่มเติมได้อีกเพื่อให้ได้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่เหมาะสม

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยง (Link) คือ ขั้นตอนการนำมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันโดยการลากเส้นเชื่อมโยงกัน และมีคำเชื่อมระบุความสัมพันธ์ไว้บนเส้นเชื่อมโยงทุกเส้น เส้นเชื่อมโยงนี้อาจเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ในชุดเดียวกัน หรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกันก็ได้

2.4 การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ พบว่า มีแนวทางการประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

Novak (1984: 105) ได้เสนอแนวทางในการให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ว่ามีพื้นฐานเบื้องต้นจากทฤษฎีการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของออซูเบล (Ausubel's Cognitive Learning Theory) โดยเฉพาะแนวคิด 3 ประการคือ

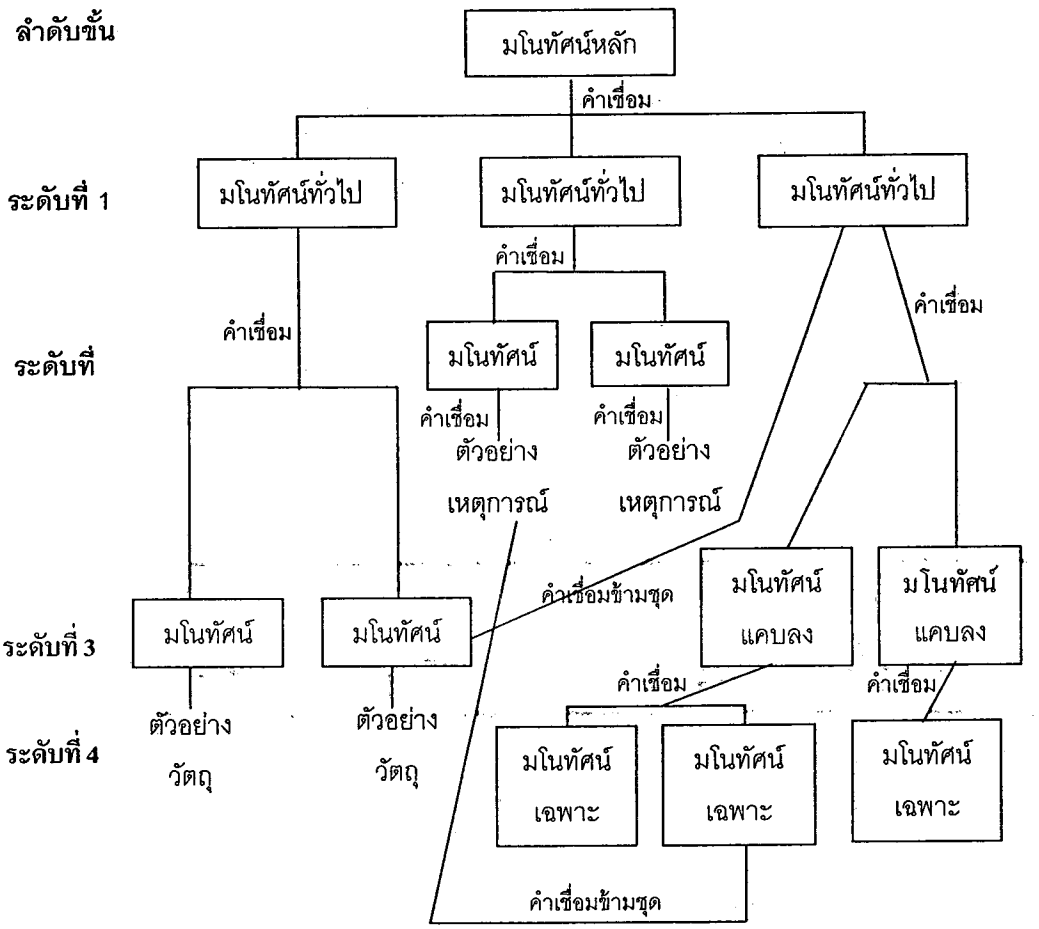
(1) โครงสร้างความรู้มีการจัดลำดับขั้นมโนทัศน์จากมโนทัศน์ที่มีความหมาย และประพจน์ที่ครอบคลุมมากไปสู่มโนทัศน์ที่เฉพาะและประพจน์ที่ครอบคลุมน้อยกว่า

(2) มโนทัศน์ในโครงสร้างความรู้ได้รับการจำแนกความแตกต่างเชิงก้าวหน้า จะสังเกตเห็นวัตถุหรือเหตุการณ์ที่มีความครอบคลุมและลักษณะพิเศษมากกว่า และจะจำแนกการเชื่อมโยงเชิงประพจน์ที่มากกว่ากับมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กัน

(3) การประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการเกิดขึ้นเมื่อมโนทัศน์สองหรือมากกว่าถูกจัดเป็นประพจน์ใหม่ที่มีความสอดคล้องกัน หรือมโนทัศน์ที่มีความหมายขัดแย้งกัน

Novak และ Gowin (1984) ได้เสนอกระบวนการการให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

1. ประพจน์ (Propositions) คือ ความสัมพันธ์ของมโนทัศน์จำนวน 2 มโนทัศน์ที่เชื่อมโยงกันโดยใช้คำเชื่อม และทำให้ประพจน์มีความสมเหตุสมผลให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับแต่ละประพจน์ที่สมเหตุสมผลและมีความหมาย
2. ลำดับขั้น (Hierachy) คือ การแสดงถึงระดับของลำดับขั้นในแผนผังมโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่อยู่รองลงมาจะเป็นมโนทัศน์ที่แคบและเฉพาะเจาะจงและมีความหมายน้อยกว่ามโนทัศน์ที่อยู่ในลำดับแรกๆ ให้คะแนน 5 คะแนนสำหรับระดับที่สมเหตุสมผลแต่ละระดับของลำดับขั้น
3. การเชื่อมโยงข้ามชุด (Cross link) คือ การแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และไม่ซ้ำแบบใคร ควรได้รับคะแนนพิเศษหากมีความสมเหตุสมผลให้คะแนน 10 คะแนน ในแต่ละครั้งของการเชื่อมโยงข้ามชุด
4. ตัวอย่าง(Examples) คือ ตัวอย่างเหตุการณ์หรือวัตถุ ที่สมเหตุสมผลของสิ่งที่มโนทัศน์บ่งไว้ อาจให้คะแนนตัวอย่างละ 1 คะแนน



จากแผนผังมโนทัศน์แบบลำดับขั้น (Novak, 1984: 37) คิดคะแนนได้ดังนี้

ความสัมพันธ์	1 x 14	=	14	คะแนน
เชื่อมข้ามชุด	10 x 2	=	20	คะแนน
ลำดับขั้น	4 x 5	=	20	คะแนน
ตัวอย่าง	4 x 1	=	4	คะแนน
รวม		=	58	คะแนน

แผนภาพที่ 8 ตัวอย่างการให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์แบบลำดับขั้น (Novak, 1984: 37)

Mason (1992: 54-55) เสนอว่า การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์จะต้องสอดคล้องกับจำนวนของมโนทัศน์ การเชื่อมโยงที่มีความสัมพันธ์และการจัดระเบียบภายในแผนผัง โดยแสดงเกณฑ์และคำอธิบายที่ใช้วิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์สำหรับคะแนนเชิงปริมาณของแบบฝึกหัดแผนผังมโนทัศน์ (Mason, 1992: 55)

เกณฑ์	ระดับคะแนน				
	ไม่สมบูรณ์ (Poor) 1	พอใช้ (Fair) 2	ดี (Good) 3	ดีมาก (Very Good) 4	ดีเยี่ยม (Excellent) 5
จำนวนของมโนทัศน์					
จุดเน้นของมโนทัศน์					
ความถูกต้องสมเหตุสมผลของการเชื่อมต่อ					
จำนวนของคำเชื่อม					
ลักษณะเส้นตามแนวนอนเทียบกับแนวตั้ง					
ความหมายของคำที่ใช้เป็นคำเชื่อม					

หมายเหตุ: พื้นฐานสำหรับการกำหนดลำดับคะแนน ดังนี้

จำนวนของมโนทัศน์: มีมโนทัศน์ที่สำคัญ มีมโนทัศน์ที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป

จุดเน้นของมโนทัศน์: ลำดับขั้นในแผนผังมโนทัศน์แสดงให้เห็นความสำคัญของมโนทัศน์

ความถูกต้องของการเชื่อม: รูปแบบของข้อความถูกต้องชัดเจนไม่ผิดพลาด

จำนวนของคำเชื่อม: ประกอบด้วยคำเชื่อมที่สำคัญไม่ขาดคำเชื่อมที่เป็นไปได้

ลักษณะเส้นตามแนวนอนกับแนวตั้ง: ลักษณะถูกต้องไม่ขยายออกในทิศทางเดียว

ความหมายของคำที่ใช้เป็นคำเชื่อม: มีความชัดเจนเชื่อมโยงเป็นข้อความที่ถูกต้อง

Burry-Stock (1995: 41) ได้กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนที่แสดงคุณภาพของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนจะได้รับการฝึกการเชื่อมโยงผังมโนทัศน์และให้คำมโนทัศน์ที่

สำคัญก่อนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินการปฏิบัติการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ของผู้เรียนได้และอาจจะเป็นเครื่องมือที่วินิจฉัยระดับความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนก่อนเรียน การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ประกอบด้วยเกณฑ์ 5 ข้อ ดังนี้

1. มโนทัศน์สำคัญและมโนทัศน์ทั่วไป แบ่งเป็น
   1.1 นำเสนอคำมโนทัศน์ที่มีอยู่ในเนื้อหา
   1.2 นำเสนอคำมโนทัศน์ทั่วไปที่มีอยู่ในเนื้อหาน้อย
2. เส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์สำคัญและมโนทัศน์ทั่วไป คือ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำโดยมีเส้นเชื่อมโยง
3. การเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความหมาย แบ่งเป็น
   3.1 มีคำเชื่อม
   3.2 การเชื่อมโยงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ทำให้มีความหมาย
4. แต่ละส่วนมีความหมาย คือ แผนผังมโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์ที่มีความหมายระหว่างส่วนหนึ่งกับส่วนอื่นๆ
5. รูปแบบโดยรวมมีความหมาย แบ่งเป็น
   5.1 การเชื่อมโยงแผนผังมนทัศน์ที่แสดงรูปแบบที่มีความหมาย
   5.2 การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงถึงความเข้าใจขั้นสูง

Yin et al. (2004) ศึกษาการประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ว่า ควรมุ่งเน้นไปที่ประพจน์และโครงสร้างของแผนผังมโนทัศน์ ในการศึกษาเบื้องต้นจึงใช้ 3 ตัวแปรในการอธิบายการประเมินประพจน์ ได้แก่ (1) ผลรวมของคะแนนความถูกต้องแต่ละประพจน์ (2) การเลือกประพจน์ และ (3) ความซับซ้อนของโครงสร้าง ซึ่งประพจน์ประกอบด้วยสองมโนทัศน์หรือวลีที่เชื่อมโยงกัน ทำหน้าที่เป็นหน่วยในการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ การหาข้อมูลความรู้เกี่ยวกับคู่มโนทัศน์ การให้คะแนนประพจน์ค่อนข้างง่าย และประพจน์แสดงถึงความเข้าใจของนักเรียน (McClure et al.,1999) ในการประเมินการเชื่อมดยงแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียน สามารถเน้นปริมาณอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น คะแนนจำนวนประพจน์ คุณภาพประพจน์ (ความถูกต้อง) หรือทั้งสองแบบ (คะแนนสัดส่วน)

เกณฑ์ในการให้คะแนนผู้สอนอาจสร้างขึ้นมาใหม่ หรือทำข้อตกลงกับนักเรียนขึ้นอยู่กับสิ่งที่นำมาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ เช่น เนื้อหาที่บรรจุไว้ในแผนผังอาจนำคะแนนมาแบ่งเป็นสวนๆ

และนำมาเปรียบเทียบกันโดยทำเป็นคะแนนร้อยละ ผู้เรียนบางคนอาจจะทำได้ดีกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทำให้ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 100 ก็ได้ (Novak, 1984: 37)

Herl et al. (1999) เสนอเกณฑ์การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

1. เนื้อหาที่มีความหมาย
2. การจัดการโครงสร้างของแผนผัง
3. จำนวนคำมโนทัศน์ที่ใช้
4. จำนวนของการเชื่อมโยง

McClure et al. (1999) เสนอการให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์แบบองค์รวม โดยให้คะแนนความสัมพันธ์และโครงสร้างของแผนผังมโนทัศน์

Kinchin (2000) เสนอการประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์โดยการวิเคราะห์สองชั้น คือ การให้คะแนนเชิงปริมาณการเชื่อมโยงในแผนผังมโนทัศน์ และการให้คะแนนเชิงคุณภาพของโครงสร้างแผนผัง

Cravalho (2010) เสนอเกณฑ์การให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นเกณฑ์ได้รับการพัฒนาผ่านการตรวจสอบเกณฑ์การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์อื่นๆ ที่ระบุส่วนที่เป็นประโยชน์จากเกณฑ์ดังกล่าวและในที่สุดการสังเคราะห์ความคิดจากส่วนที่เป็นเกณฑ์ใหม่ เกณฑ์นี้แบ่งการประเมินออกเป็นสี่ส่วน ได้แก่ การจัดการเนื้อหา โครงสร้างการสื่อสาร และการนำเสนอโดยรวม สำหรับส่วนการจัดการเนื้อหาแต่ละแผนผังได้รับการประเมินเกี่ยวกับการจัดการโดยรวม รูปแบบและความเหมาะสมของหัวข้อหลักและย่อยหัวข้อ สำหรับส่วนของโครงสร้างแต่ละแผนผังได้รับการประเมินเกี่ยวกับความชัดเจนของโหนด และการเชื่อมโยง ในส่วนของการสื่อสารแต่ละแผนผังได้รับการประเมินเกี่ยวกับประสิทธิภาพโดยรวมของโครงสร้างแผนผังในส่วนของการสื่อสารแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติหัวข้อหลักและหัวข้อย่อย สำหรับส่วนการนำเสนอโดยรวมในแต่ละแผนผังได้รับการประเมินโดยรวมของระดับการนำเสนอ ความเข้าใจข้อมูลที่นำเสนอในแผนผัง คะแนนแต่ละส่วนมีค่าระหว่าง 0 และ 3 คะแนน เมื่อรวมคะแนนทั้งหมดทำให้คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้มีค่าเท่ากับ 12 คะแนน

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ (ปรับจาก Cravalho, 2010: 17-24)

	เป็นแบบอย่างได้ (3)	สูงกว่ามาตรฐาน (2)	ตรงมาตรฐาน (1)	ต่ำกว่ามาตรฐาน (0)
การจัดการเนื้อหา	-การจัดการดี -รูปแบบเชิงเหตุผลที่ง่ายต่อการปฏิบัติตามตลอดเวลา -มโนทัศน์หลักที่ชัดเจน -ประกอบด้วยมโนทัศน์รองที่เหมาะสม	-การจัดการดี -รูปแบบง่ายที่จะทำตามเวลาส่วนใหญ่ -มโนทัศน์หลักที่ชัดเจน -ประกอบด้วยมโนทัศน์รองที่เหมาะสม	-มีการจัดการบางส่วน -รูปแบบยากที่จะปฏิบัติตาม -มโนทัศน์หลักไม่ชัดเจน -ประกอบด้วยมโนทัศน์ย่อยที่ไม่เหมาะสม	-การจัดการสับสน -รูปแบบยากที่จะปฏิบัติตาม -มโนทัศน์หลักไม่ชัดเจนทั้งหมด -ประกอบด้วยมโนทัศน์ย่อยที่ไม่เหมาะสม
โครงสร้าง	-โหนดแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ -การเชื่อมโยงมีข้อความกำกับที่ถูกต้อง	-โหนดง่ายที่จะปฏิบัติตาม แต่บางครั้งไม่ชัดเจน -การเชื่อมโยงมีข้อความกำกับ	-โหนดยากต่อการปฏิบัติตาม -การเชื่อมโยงไม่มีข้อความกำกับ	-โหนดยากมากที่จะปฏิบัติตาม -การเชื่อมโยงไม่มี
การสื่อสาร	-โครงสร้างให้ภาพที่ชัดเจนของความสัมพันธ์ระหว่างความคิด (5หรือมากกว่า)	-โครงสร้างให้ภาพที่ชัดเจนของความสัมพันธ์ระหว่างความคิดบางอย่าง (ระหว่าง3-4)	-โครงสร้างให้ภาพที่ชัดเจนของความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเล็กน้อย(ระหว่าง 1-2)	-โครงสร้างไม่เหมาะสม
การนำเสนอ	-ประพจน์มีความชัดเจนและผลสัมฤทธิ์ของความเข้าใจอยู่ในระดับสูง	-ประพจน์มีความชัดเจนและผลสัมฤทธิ์ของความเข้าใจอยู่ในระดับพื้นฐาน	-ประพจน์ไม่ชัดเจนทั้งหมด แต่ผลสัมฤทธิ์ของความเข้าใจอยู่ในระดับพื้นฐาน	-ประพจน์ไม่ชัดเจนและเข้าใจยาก

Bartels (1995: 542-549) เสนอเกณฑ์การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ 3 ด้าน ดังนี้

1) มโนทัศน์และคำศัพท์

3 คะแนน แสดงความเข้าใจในมโนทัศน์ของเรื่อง หลักการ ใช้คำศัพท์ และสัญลักษณ์ที่เหมาะสม

2 คะแนน มีความผิดพลาดบางอย่างในคำศัพท์หรือแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเพียงไม่กี่มโนทัศน์

1 คะแนน มีความผิดพลาดคำศัพท์จำนวนมาก และแสดงให้เห็นการขาดความเข้าใจในมโนทัศน์จำนวนมาก

0 คะแนน แสดงความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ของเรื่องและหลักการ

2) ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

3 คะแนน ระบุมโนทัศน์ที่สำคัญทั้งหมดและแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

2 คะแนน ระบุมโนทัศน์ที่สำคัญ แต่ทำการเชื่อมต่อที่ไม่ถูกต้องบางแห่ง

1 คะแนน การเชื่อมต่อไม่ถูกต้องจำนวนมาก

0 คะแนน ผิดพลาดในการใช้มโนทัศน์ที่เหมาะสม หรือการเชื่อมต่อที่เหมาะสม

3) ความสามารถในการสื่อสารผ่านแผนผังมโนทัศน์

3 คะแนน โครงสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เหมาะสมและสมบูรณ์และมีตัวอย่างการจัดวางมโนทัศน์ในลำดับชั้นที่เหมาะสมและวางคำเชื่อมโยงในการเชื่อมต่อทั้งหมด แผนผังมโนทัศน์ง่ายต่อการแปลความหมาย

2 คะแนน วางมโนทัศน์เกือบทั้งหมดในลำดับชั้นที่เหมาะสมและระบุคำเชื่อมโยงเพื่อการเชื่อมต่อมากที่สุด แผนผังมโนทัศน์ที่ง่ายต่อการแปลความหมาย

1 คะแนน วางมโนทัศน์ในลำดับชั้นเหมาะสมน้อยหรือใช้คำเชื่อมโยงน้อย แผนผังมโนทัศน์ที่ยากในการแปลความหมาย

0 คะแนน ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ไม่ใช่แผนผังมโนทัศน์

จากการศึกษาการประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ สรุปได้ว่า การประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ประเมินได้จากโครงสร้างความรู้ที่ปรากฏอยู่ในแผนผังมโนทัศน์ และประเมินจากการวัดระดับของการปฏิบัติในแต่ละเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งจะใช้แบบใดขึ้นอยู่กับ

ครูผู้สอน หรือการทำข้อตกลงกับนักเรียน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกการประเมินการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์แบบระบบการให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์โดยใช้แบบวัดมาตราส่วนประเมินค่า เนื่องแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันที่จำนวนรวมของประพจน์และรูปแบบของโครงสร้างของแผนผัง โดยปรับจาก Bartels (1995: 542-549) ซึ่งแบ่งการประเมินออกเป็นสี่ส่วนได้แก่ 1)มโนทัศน์ 2)ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และ 3) การสื่อสารผ่านแผนผังมโนทัศน์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศม์ที่ใช้ในการวิจัย

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน / ระดับคุณภาพ**			
	4 / ดีมาก	**3 / ดี**	**2 / พอใช้**	**1 / ปรับปรุง**
1) มโนทัศน์ แสดงความเข้าใจในมโนทัศน์ของเรื่อง	ระบุมโนทัศน์ที่สำคัญได้ถูกต้องครบถ้วน	ขาดมโนทัศน์ที่สำคัญ 1-2 มโนทัศน์	ขาดมโนทัศน์ที่สำคัญ 3-4 มโนทัศน์	ขาดมโนทัศน์ที่สำคัญมากกว่า 4 มโนทัศน์
2)ความ สัมพันธ์ระหว่าง มโนทัศน์ แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของมโนทัศน์	เขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง ระบุคำเชื่อมบนเส้นเชื่อมโยงได้ถูกต้องเหมาะสม	เขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง ระบุคำเชื่อมบนเส้นเชื่อมโยงไม่เหมาะสม	เขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ไม่ถูกต้องบางส่วน ระบุคำเชื่อมบนเส้นเชื่อมโยงไม่เหมาะสม	เขียนเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง ระบุคำเชื่อมบนเส้นเชื่อมโยงไม่เหมาะสม
3) การสื่อสารผ่านแผนผังมโนทัศน์ รูปแบบโครงสร้างแผนผังเหมาะสม	รูปแบบโครงสร้างแผนผังเหมาะสม การจัดวางมโนทัศน์ในลำดับชั้นที่เหมาะสมทำให้เข้าใจง่าย	รูปแบบโครงสร้างแผนผังเหมาะสม การจัดวางมโนทัศน์เกือบทั้งหมดในลำดับชั้นที่เหมาะสม ทำให้เข้าใจง่าย	รูปแบบโครงสร้างแผนผังเหมาะสม การจัดวางมโนทัศน์ในลำดับชั้นไม่ค่อยเหมาะสม ทำให้เข้าใจยาก	รูปแบบโครงสร้างแผนผังไม่เหมาะสม การจัดวางมโนทัศน์ในลำดับชั้นไม่เหมาะสมทำให้เข้าใจยาก

2.5 ประโยชน์ของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

การศึกษาการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540: 33-36) ได้กล่าวถึงการนำการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ไปสู่กิจกรรมการทำงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้สำรวจความรู้ที่มีมาก่อนเพื่อนำไปใช้ในการเตรียมการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน
2. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่างๆที่อยู่ในความคิดของนักเรียนซึ่งทำให้ทราบว่านักเรียนกำลังคิดอะไรและกำลังคิดจะทำอะไรเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ คล้ายกับการเดินทางโดยใช้แผนที่
3. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการสรุปความหมายจากตำราซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการอ่านครั้งต่อไปและไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการอ่าน
4. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการสรุปความหมายจากการปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการหรือในห้องปฏิบัติการภาคสนาม การเชื่อมโยงผังมโนทัศน์จะเป็นแนวทางให้แก่นักเรียนว่าควรจะทำอะไรบ้างสังเกตสิ่งใดบ้างเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้
5. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการวางแผนการประเมินหลักสูตร
6. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการเตรียมการสอน เช่น การพัฒนาหลักสูตร หน่วยการเรียน บทเรียน การเขียนเค้าโครงของเรื่อง เพื่อเขียนตำราทางวิชาการ ซึ่งจะช่วยบูรณาการเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกัน
7. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
8. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนจะส่งผลให้ทราบถึงข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลการเรียนจากการสอนของครู
9. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิดและความรู้ที่เรียนในกิจกรรมหนึ่งกับสิ่งที่เขาได้เรียนมาแล้วในกิจกรรมอื่นๆ
10. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์อาจใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับแสดงให้เห็นถึงการรับรู้มโนทัศน์ที่ถูกหรือผิด

Novak และ Gowin (1984: 36-37) กล่าวถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

1. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ช่วยในการเตรียมการสอนดังนี้
   1.1 วิเคราะห์มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องในเนื้อหา
   1.2 วิเคราะห์มโนทัศน์ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่สอน
   1.3 ช่วยเลือกข้อความเชื่อมที่เหมาะสมหรือเปลี่ยนแปลงระดับมโนทัศน์ใหม่ตามความเหมาะสม
   1.4 แยกข้อแตกต่างระหว่างวัตถุเหตุการณ์เฉพาะและมโนทัศน์ได้ชัดเจน
2. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์สามารถเชื่อมโยงกับเนื้อหารายภาคเรียน หรือรายหนวย เพื่อให้นักเรียนมองเห็นรายละเอียดได้มากขึ้น การเชื่อมโยงแผนผังโนทัศน์ยังช่วยให้ครูและนักเรียนรู้ว่าได้เรียนอะไรไปแล้ว เรียนถึงเรื่องไหน กำลังเรียนอะไร โดยครูติดแผนผังมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นไว้ในห้องเรียน
3. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ช่วยสรุปประเด็นสำคัญจากตำราเรียน สรุปเนื้อหาและช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาแบบกว้างๆ ก่อนจะอ่านตำรา และยังช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ และเข้าใจว่ามโนทัศน์ใดเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การให้นักเรียนได้เชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์จะทำให้นักเรียนทำความเข้าใจในเนื้อเรื่องได้ดีด้วย
4. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ช่วยสรุปประเด็นสำคัญจากการเรียนภาคปฏิบัติ การทำแผนผังมโนทัศน์จะช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์มโนทัศน์ที่สำคัญได้
5. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ช่วยสรุปประเด็นสำคัญจากเรื่องที่อ่าน การวิเคราะห์มโนทัศน์ที่สำคัญของเรื่องแล้วเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ แสดงความสัมพันธ์ตามลำดับก่อนหลังจะช่วยให้สรุปสิ่งสำคัญในบทความได้อย่างแม่นยำ
6. การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ช่วยในการวางแผนในการเขียนบทความ บทบรรยายและเขียน เป็นการช่วยให้ผู้เรียนสามารถรวบรวมความคิดออกมาเป็นโครงสร้างของการเรียนได้ ช่วยวางกรอบของความคิดเมื่อลงมือเขียนบทความ ทำให้มีแนวทางในการเขียน สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมแก้ไขขณะที่เขียนได้
7. การจัดนิทรรศการการเตรียมโปสเตอร์สามารถนำวิธีการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในการจัดการแสดง โดยการติดริบบิ้นเพื่อเชื่อมโยงแผ่นมโนทัศน์เข้าด้วยกัน เพื่อแสดงความสำคัญของการจัดลำดับความหมาย และความสัมพันธ์

Ault (1985: 45) กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้คือ

1. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการเตรียมการสอนซึ่งจะช่วยบูรณาการเนื้อหาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน
2. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการวางแผนประเมินหลักสูตร
3. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เป็นแนวทางในการกำหนดประเด็นที่จะอภิปรายจะทำให้ครอบคลุมประเด็นทั้งหมด
4. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เป็นแนวทางในการทำปฏิบัติการทดลองจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและปฏิบัติการทดลองได้ตามวัตถุประสงค์
5. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการจับใจความสำคัญจากตำราเรียนจะทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น
6. ใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการตอบข้อสอบแทนการเขียนตอบ

Mason (1992: 54) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะถูกนำเสนออย่างมีความสัมพันธ์กันและกัน และเป็นการลดหลั่นกันลงมาตามความหมายอย่างกว้างไปสู่ความหมายเฉพาะเจาะจง
2. สามารถใช้บ่งชี้ความรู้แรกเริ่มและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งครูและนักเรียน
3. มีลักษณะเฉพาะในการนำเสนอผลการเรียนรู้มีความแตกต่างกันและน่าสนใจ
4. การทำงานร่วมกันของกลุ่มทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

จากประโยชน์ของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่ใช้ในการเรียนการสอนนั้น สรุปได้ว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์สามารถนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เป็นเครื่องมือเพื่อนำไปวางแผนการจัดกิจกรรม การจัดลำดับเนื้อหาในการสอนของครู และใช้เป็นเครื่องมือวัดความรู้ความเข้าใจของนักเรียน สำหรับนักเรียนสามารถใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในการสรุปบทเรียนโดยการเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่างๆ เข้าด้วยกันทำให้ผู้เรียนจำได้ง่าย

2.6 การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

การเรียนการสอนแบบสืบสอบด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) มี

นักวิชาการทางการศึกษาหลายคนที่นำมาใช้ร่วมกับการเชื่อมโยงผังมโนทัศน์ โดยนำมาร่วมในขั้นตอนการเรียนการสอนดังนี้

การเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในขั้นการประเมินผล ดังนี้ Kaynar, Tekkaya, และ Cakiroglu (2009) ศึกษาการสอนตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับเกรด 6 ในมโนทัศน์เรื่องเซลล์และความเชื่อทางปรัชญาญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นประเมินผลให้นักเรียนจัดผังมโนทัศน์ สอดคล้องกับ Magonigle (2011) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบผ่านการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ในรูปแบบของบทเรียนเรื่อง โลกและอวกาศ วิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษา โดยให้นักเรียนเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในขั้นประเมิน และ Llewellyn (2005) เสนอแนะกิจกรรมหนึ่งที่ครูสามารถใช้ในขั้นการประเมินผลของวงจรการเรียนรู้ 5E คือ การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

Atkin และ Karplus (1962: 45-51) ได้เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ ว่าในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ครูอาจใช้กิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การเขียน การวาดภาพ การชมภาพยนต์ การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ การทำผัง KWL (Know-Wonder-Learn Charts) เพื่อให้นักเรียนใช้การสังเกต ข้อมูลของตัวเองและข้อมูลที่ครูจะอธิบายถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ ที่ค้นพบหรือสรุป ช่วยให้นักเรียนเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับมโนทัศน์เดิมได้ชัดเจนขึ้น

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยวงจรการเรียนรู้แบบ 5E นักการศึกษาใช้ในการประเมิน (Evaluation) เพื่อตรวจสอบความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนการสอน รวมถึงใช้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเชื่อมโยงมโนทัศน์นำไปสู่ความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ของวงจรการเรียนรู้แบบ 5E เนื่องจากขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเป็นขั้นตอนที่นักเรียนวิเคราะห์ จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา เพื่อนำไปสู่การสรุปผล ครูทำหน้าที่เชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เป็นการแสดงการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) คือ ขั้นตอนที่ครูสร้างความสนใจและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา พร้อมทั้งสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับเนื้อหาที่จะเรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนในการประเมินมโนทัศน์เดิมของนักเรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) คือ ขั้นตอนการตรวจสอบปัญหา การตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษา เพื่อนำไปสู่การออกแบบและการเก็บรวบรวมข้อมูล และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการอันหลากหลาย โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ขั้นตอนนี้เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนใช้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนวิเคราะห์ จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา เพื่อนำไปสู่การสรุปผล ครูทำหน้าที่เชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง นักเรียนเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เพื่อแสดงการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้น ซึ่งการจัดผังมโนทัศน์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) เลือก (Select) คือ การระบุคำสำคัญหรือมโนทัศน์ที่สำคัญจากสาระที่เรียน

(2) จัดลำดับ (Rank) คือ การจัดลำดับมโนทัศน์จากมโนทัศน์กว้างครอบคลุมไปยังมโนทัศน์เฉพาะเจาะจง

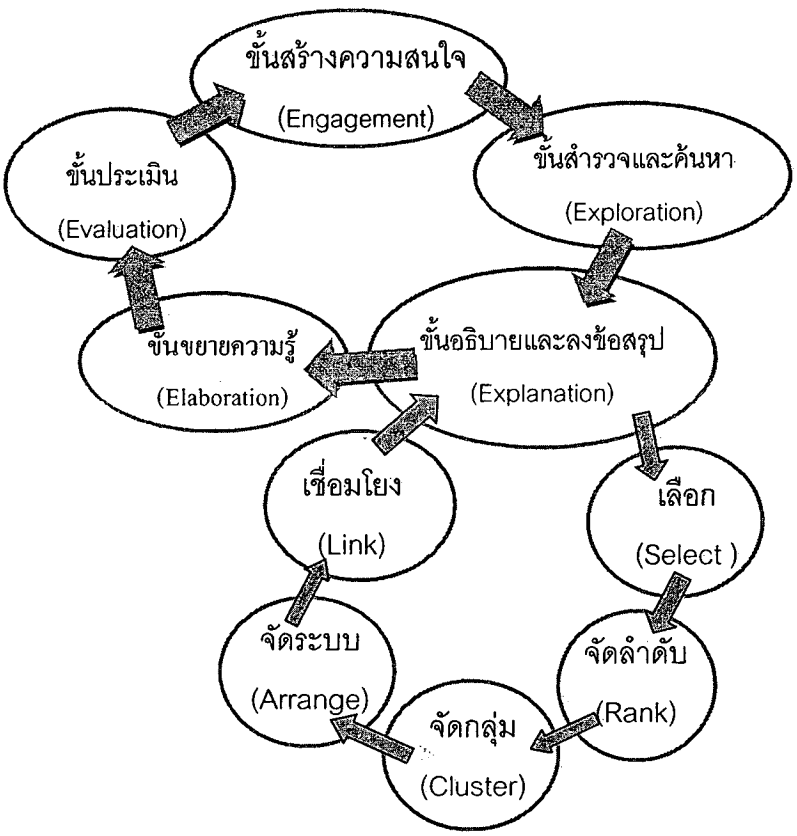
(3) จัดกลุ่ม (Cluster) คือ การนำมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กันมาจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน

(4) จัดระบบ (Arrange) คือ การนำโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดลำดับความเกี่ยวข้อง

(5) เชื่อมโยง (Link) คือ การนำมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันด้วยเส้นที่มีคำเชื่อม และมีคำเชื่อมระบุความสัมพันธ์ไว้บนเส้นเชื่อมโยงทุกเส้น เส้นเชื่อมโยงนี้อาจเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ในชุดเดียวกัน หรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกันก็ได้

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) คือ ขั้นตอนที่นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์เพื่ออธิบายหรือทำความเข้าใจกับสถานการณ์ใหม่ที่มีความใกล้เคียงกับความรู้หรือสถานการณ์ที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ซึ่งก่อให้เกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาต่อไป ทำให้ความรู้ขยายขอบเขตกว้างมากขึ้น

5) ขั้นการประเมิน (Evaluation) คือ ขั้นตอนที่ประเมินความรู้และความสามารถของนักเรียน ตามสภาพจริง ทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ รวมทั้งอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินตนเอง ซึ่งการประเมินดังกล่าวนี้จะแทรกอยู่ในแต่ละขั้น



แผนภาพที่ 9 การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

2.6.1 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ในแต่ละขั้นตอน โดยศึกษาบทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ของ Bybee et al. (2006a) และบทบาทครูและนักเรียนในการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ของ Ault (1985: 41-45)

ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	(1)กระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน (2)ตั้งประเด็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด (3)ตรวจสอบมโนทัศน์เดิมและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	(1)แสดงความสนใจหรืออยากรู้อยากเห็นในเรื่องที่ศึกษา (2)ถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	(1)ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียน (2)สังเกตและฟังการโต้ตอบของนักเรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรม (3)ซักถามคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ (4)ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาให้กับนักเรียน	(1)มีส่วนร่วมในการอภิปราย (2)คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมที่ศึกษา (3)สร้างและตรวจสอบสมมติฐาน (4)พยายามค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา (5)บันทึกการสังเกตและให้ ความคิดเห็น
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	(1)ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์และคำนิยามด้วยภาษาของนักเรียน (2)ให้นักเรียนใช้หลักฐานในการให้เหตุผลและอธิบายข้อความอย่างชัดเจน	(1)อธิบายวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (2)รับฟังการอธิบายของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำไปวิเคราะห์ในการประมวลความรู้

ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
	(3)ใช้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานในการอธิบายมโนทัศน์ (4)ส่งเสริมให้นักเรียนใช้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ (5)เชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนนำไปสู่ความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง	(3)ถามคำถามเพื่อให้ผู้อื่นได้อธิบาย (4)ระลึกถึงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว (5)ระบุคำมโนทัศน์ที่สำคัญ และคำนิยามด้วยภาษาของนักเรียน (6)เรียงลำดับมโนทัศน์จากมโนทัศน์กว้างไปสู่มโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง (7)จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กัน (8)นำมโนทัศน์ที่สัมพันธ์มาจัดลำดับความเกี่ยวข้อง (9)เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กันด้วยเส้นที่มีคเชื่อมโยง (10)มีส่วนร่วมกันจัดผังมโนทัศน์
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	(1)ส่งเสริมให้นักเรียนนำมโนทัศน์และทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ (2)ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามที่ได้เรียนรู้	(1)การใช้คำอธิบาย คำนิยาม และทักษะในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม (2)ใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในการตอบคำถาม เพื่อเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาและการออกแบบการทดลองในสถานการณ์ใหม่ (3)ลงข้อสรุปที่เหมาะสมจากหลักฐานที่ปรากฏ (4)ตรวจสอบเพื่อความเข้าใจกับครู และเพื่อน

ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
5. ขั้นประเมิน (Evaluation	(1)สังเกตการนำมโนทัศน์และทักษะของนักเรียนไปปนะยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ (2)ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน (3)ส่งสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเพื่อเสริมความคิดหรือพฤติกรรมของนักเรียน (4)ให้นักเรียนประเมินตนเอง (5)ถามคำถามปลายเปิดเพื่อการประเมินการเรียนรู้	(1)ตอบคำถามโดยใช้การสังเกต จากหลักฐานและคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับ (2)แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจหรือความรู้ในมโนทัศน์หรือทักษะ (3)ประเมินความก้าวหน้า และความรู้ของตนเอง (4)ถามคำถามที่ส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบในประเด็นอื่นๆ ต่อไป

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนและส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน นักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Bloom (1956:122-130) จำแนกวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย โดยมีวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางสมองและสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า
2. ด้านจิตพิสัย โดยมีวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึกเกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว เป็นต้น

3. ด้านทักษะพิสัย โดยมีวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติจนมีทักษะ มีความชำนาญในการดำเนินงานต่างๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545:11-15) ได้เสนอเป้าหมายสำคัญในการวัดประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งจำแนกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหา หรือแนวคิดหลัก ซึ่งความรู้คิดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยแต่ละด้านสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังนี้
   1.1 ความรู้ คือ รู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสาระสนเทศ
   1.2 ความเข้าใจ คือ การมีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้
   1.3 การนำไปใช้ คือ การนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง
   1.4 การวิเคราะห์ คือ การแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจได้ง่าย
   1.5 การสังเคราะห์ คือ การรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่
   1.6 การประเมินค่า คือ การตัดสินใจเลือก
2. กระบวนการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะ เชาวน์ปัญญาและทักษะปฏิบัติ โดยกระบวนการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ
   2.1 ทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การรับรู้ เตรียมความพร้อม การตอบสนอง การฝึกฝน การปฏิบัติจนทำได้ การเชื่อมโยงทักษะ
   2.2 กระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การสืบสอบหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้
3. เจตคติ หมายถึง จิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควรได้รับการประเมินเจตคติ 2 ด้าน ดังนี้
   3.1 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือ ลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหวังจะได้รับการพัฒนาในตัวผู้เรียนโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.2 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 239) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดตามแนวของ Leopold E Klopfer แห่งมหาวิทยาลัยพิตส์เบอร์ก ดังนี้

1. ด้านความรู้ (knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์นิยาม มโนทัศน์ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์

นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้ จะแสดงออกโดยสามารถ การให้คำจำกัดความหรือนิยามเล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้ การวัดพฤติกรรมด้านความรู้

2. ด้านความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ โดยพฤติกรรมความเข้าใจแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ

1) ความสามารถอธิบายความเข้าใจต่างๆ ได้ด้วยตนเอง
2) ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปหรือสถานการณ์ใหม่
3) ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังต่อไปนี้

1) สังเกตและการวัด ประกอบด้วย การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่างๆ การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม การประมาณค่าจากการวัดและการยอมรับขีดจำกัดของความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้
2) การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสม การออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน
3) การตีความหมายข้อสรุปและการสรุป ประกอบด้วยการจัดกระทำกับข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

4) การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลอง ประกอบด้วย การตระหนักถึงความจำเป็นและประโยชน์ของแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

4. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531: 641) กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า เป็นการวัดความสามารถด้านความรู้และความคิดของการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการวัดทั้งหมด 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2534: 101–103) เสนอว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่เป็นตัวความรู้ (Body of Knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง (fact) มโนทัศน์ (Concept) หลักการ (Principle) กฎ (Law) ทฤษฎี (Theory) และสมมติฐาน (Hypothesis)
2. ส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ (Process of Scientific Inquiry) เป็นกระบวนการคิดและการทำงานอย่างมีระบบการค้นหาความรู้ ข้อเท็จจริงต่างๆ จากสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเราด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตทดลอง และขั้นสรุปผลและการนำไปใช้

ประวิตร ชูศิลป์ (2524:25–33) กล่าวไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาความรู้ และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องวัดทั้งสองส่วน ดังนั้น ในการประเมินสามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัดเป็น 4 พฤติกรรมดังนี้

1. ด้านความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และสามารถการอธิบายความหมาย ขยายความ ตีความและแปลความหมาย โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
3. ด้านการนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนรู้มาแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) หมายถึง ความสามารถในการสืบสอบหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติ และการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญสามารถเลือกใช้กิจกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานใช้ระบบผ่านและไม่ผ่าน โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินผ่านแต่ละรายวิชาที่ร้อยละ 50 สำหรับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กำหนดช่วงคะแนนร้อยละและระดับคุณภาพของผู้เรียน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ความหมาย
80-100	ดีเยี่ยม
70-79	ดี
60-69	พอใช้
50-59	ผ่าน
0-49	ไม่ผ่าน

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดจากพฤติกรรมด้านความรู้ ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวัดจากความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า วัดจากแบบสอบผลสำฤทธิ์ทางการเรียน

4. เจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4.1.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติ (Attitude) มาจากคำว่า " Aptus" ในภาษาลาติน ซึ่งหมายถึง ความเหมาะเจาะ (Fitness) หรือการปรุงแต่ง (ศักดิ์ สุนทรเสณี. 2531: 1) คำว่า "เจตคติ" หมายถึง ท่าทีหรือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง นอกจากนั้นยังมี ผู้ให้ความหมายของเจตคติไว้อีกมากมาย ดังต่อไปนี้

ประสาท อิศรปรีดา (2523: 177) ให้ความหมายว่า เจตคติเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับความรู้สึก นึกคิดความเชื่อ ความคิดเห็น และความรู้หรือความจริง รวมถึงความรู้สึกที่เราประเมินค่าออกมา ทั้งในทางบวกและทางลบ เป็นเรื่องเกี่ยวกับความร่วมมือ ไม่ร่วมมือ ความกล้า ความอดกลั้น ไม่อดกลั้น เป็นเรื่องของความรู้สึกที่เรามีต่อผู้อื่น ต่อตัวเราและสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540: 106) ให้ความหมายว่า เป็นความรู้สึกของบุคคลอันเกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งต่างๆ ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นไปในทางสนับสนุนหรือต่อต้านก็ได้

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 6-7) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า ลักษณะหรือท่าที หรือพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมา ซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้สึกของแต่ละบุคคล ลักษณะของผู้มีเจตคติเป็นคุณสมบัติที่เอื้อต่อการเป็นนักคิดหรือมีทักษะการคิดหรือมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

Allport (1935: 810) ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง สภาวะความพร้อมของจิตใจและประสาทที่เกิดจากประสบการณ์ ซึ่งจะเป็นสิ่งกำหนดทิศทาง หรือมีอิทธิพลในการสนองตอบของบุคคลต่อสถานการณ์ หรือสิ่งเร้าที่มาที่มาเกี่ยวข้องด้วย บุคคลจะสร้างหรือเกิดเจตคติได้จากการพูดจากับครอบครัว เพื่อนฝูงและเรียนรู้จากประสบการณ์โดยตรง

จากความหมายของเจตคติสรุปได้ว่า เจตคติหมายถึง ความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ เห็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

4.1.2 ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

พิสิทธิ์พจน์ ไชยานุกูล (2544: 20 - 25) ได้กล่าวถึงเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเจตคติด้านจิตพิสัย

Scribes (1983: 597) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ความรู้สึกและความเชื่อมั่นของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านดีและไม่ดีเกี่ยวกับคุณประโยชน์ความสำคัญของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

Haladyna and Shaughnessy (1982:548)ได้สรุปความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความเชื่อในความคิดเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์
3. เจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกของผู้เรียน ที่มีต่อกิจกรรมวิทยาศาสตร์ หรือวิธีสอน ความสนใจทางวิทยาศาสตร์
4. เจตคติต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เป็นการรับรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับกิจกรรมที่หลากหลายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์
5. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของผู้เรียนต่อเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545: 191) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว ได้แก่ ความพอใจ ความศรัทธาและซาบซึ้ง การเห็นคุณค่าและประโยชน์ ตระหนักในคุณและโทษ ความตั้งใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ การเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพ โดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากการศึกษาความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า เจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการรับรู้ประสบการณ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ของ

วิทยาศาสตร์ มีความสนใจในวิทยาศาสตร์ และมีแนวโน้มการแสดงออกหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

4.2 การวัดเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เจตคติ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ (Freeman, Carlsmith, and Sears, 1970: 248) กล่าวคือ

1. องค์ประกอบด้านพุทธิพิสัย (Cognitive component) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจที่มีต่อวัตถุ สิ่งของ บุคคล หรือเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นความรู้ในทางดีหรือไม่ดี ทางบวกหรือทางลบ อันจะก่อให้เกิดเจตคติขึ้น หากเป็นความรู้ในทางดีก็จะมีผลให้เกิดเจตคติต่อสิ่งนั้นในทางดี แต่ถ้าเป็นความรู้ในทางไม่ดีก็จะทำให้มีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นด้วย
2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective component) หมายถึง ลักษณะด้านอารมณ์เป็นความรู้สึกที่ถูกเร้าจากการรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทำให้เกิดความรู้สึกในทางดีหรือไม่ดี หากรู้สึกไม่ดีก็จะมีผลให้ไม่ชอบและเกิดความไม่พอใจในสิ่งนั้น
3. องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม (Behavioral component) หมายถึง ความพร้อมที่จะตอบสนองต่อสิ่งนั้นๆ ในทางใดทางหนึ่ง เช่น สนับสนุน ส่งเสริม ช่วยเหลือ หรือขัดขวางต่อสู้และทำลาย เป็นต้น

ดังนั้นในการวัดเจตคติของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สามารถเลือกวัดองค์ประกอบทางด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสามด้านพร้อมกันได้

ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์ (2534: 214-215) ให้ความเห็นว่า การที่เจตคติค่อนไปทางนามธรรมมากกว่ารูปธรรมเป็นความรู้สึกหรือความเชื่อของบุคคล ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงไม่สามารถวัดเจตคติได้โดยตรง แต่วัดได้จากแนวโน้มของบุคคลที่แสดงออกทางภาษา และวัดในรูปของการแสดงความคิดเห็น หรืออาจสังเกตจากการกระทำ คำพูด การแสดงสีหน้า ท่าทาง การสัมภาษณ์ความรู้สึกนึกคิด แต่แบบวัดหรือเครื่องมือที่นักจิตวิทยานิยมใช้กันมากจะอยู่ในรูปแบบสอบถามหรือแบบสำรวจที่เรียกว่า แบบวัดเจตคติ ในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคตินั้น จะต้องมีความชัดเจน หรือระบุว่าเป็นเจตคติต่ออะไร ดังนั้น ในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จะต้องกำหนดขอบเขตของส่วนที่เป็นเป้าหมายว่าเป็นเจตคติต่อสิ่งใดให้ชัดเจนแน่นอนก่อน แล้วจึงต้องกำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติอีกด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538: 29-30) ได้กล่าวถึง การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด ประกอบด้วยพฤติกรรมต่างๆ ดังนี้

1.1 พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

1.2 ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์

1.3 เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.4 ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี

2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออก ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 2 ส่วนคือ

2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนประกอบด้วยพฤติกรรมต่างๆ ดังนี้

2.1.1 ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2.1.2 เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน

2.1.3 เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ

2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้

2.2.1 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม

2.2.2 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากการศึกษาเกี่ยวกับการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การวัดเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์วัดในรูปของการแสดงความคิดเห็น หรืออาจสังเกตจากการกระทำ คำพูด การแสดงสีหน้า ท่าทาง หรือวัดในรูปของแบบวัดเจตคติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงวัดเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามพฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด เช่น พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี (สสวท., 2538: 29-30) ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมาน (Positive) และข้อความเชิงนิเสธ (Negative)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอบแบบสืบสอบ การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาการเรียน

การสอนแบบสืบสอบ การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

Freedman (1997) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ จำนวน 20 ห้องเรียน จากการศึกษา พบว่า มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเจตคติของนักเรียนต่อวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bolte (1998) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงแผนผังแผนผังมโนทัศน์และการขียนอธิบายในแผนผังมโนทัศน์ ในการประเมินผลในวิชาคณิตศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอเมริกา จำนวน 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มได้รับการสอนวิธีการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ และให้นักศึกษาเขียนอธิบายเนื้อหาในแผนผังมโนทัศน์ด้วย ผลการวิจัยพบว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์และการเขียนอธิบายความในแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในการประเมินผลได้ดีและช่วยสร้างองค์ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียน และนอกจากนี้การใช้แผนผังมโนทัศน์และการเขียนอธิบายความเรียงในแผนผังมโนทัศน์ในการประเมินผลมีความสัมพันธ์กับคะแนนจากการทดสอบในชั้นเรียน และผลการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Song-Ling Mao and Chun-Yen Chang (1999) ศึกษาผลกระทบของวิธีการสอนแบบสืบสอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลกชั้นมัธยมศึกษา นักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 284 คน รับการจัดเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการสืบสอบในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมจำนวน 273 คน ที่ได้รับการสอนแบบทั่วไป ในเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่จัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลกในเชิงบวกมากขึ้น

Ruiz-Primo et al. (2001) ศึกษาการเปรียบเทียบเทคนิคการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์2 แบบโดยรูปแบบการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์กำหนดทิศทางสูง (แผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง) และการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่กำหนดทิศทางต่ำ (แผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังจากคำ) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 153 คน ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคการเชื่อมโยง

แผนผังมโนทัศน์แบบสร้างผังจากคำส่งผลต่อโครงสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนได้ดีกว่าการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในแผนผัง

Odom และ Kelly (2001) ศึกษาการบูรณาการการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์และวงจรการเรียนรู้เรื่องการแพร่และออสโมซิสสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาวิชาชีววิทยา โดยการศึกษาผลกระทบของการจัดการเรียนรู้ 4 แบบ คือ (1) การเรียนการสอนแบบการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ (2) การเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ (3) การเรียนการสอนแบบอธิบาย และ (4) การเรียนการสอนแบบบูรณาการการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแพร่และออสโมซิส กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา (เกรด 11) จำนวน 108 คน ที่ได้รับการเรียนการสอน 4 แบบพร้อมกัน โดยครูสอนคนเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบบูรณาการการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ และนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบอธิบายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Cakiroglu (2006) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจในพืช กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนเกรด 8 จำนวน 67 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 33 คน ที่ได้รับการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้วงจร 5E และกลุ่มควบคุม จำนวน 34 คน ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างประสิทธิภาพของเพศหญิงและเพศชาย

Cardak, Dikmenli, และ Saritas (2008) ศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบ 5E ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องระบบการไหลเวียนโลหิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียน 2 ห้องเรียน จำนวน 38 คน ระหว่าง ปี ค.ศ. 2006-2007 โดยนักวิจัยคนเดียวกัน กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Chei-Chang (2008) ศึกษาผลของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสนในการเรียน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 2 ห้องเรียน ที่เรียนในหลักสูตรบัญชีชั้นสูงที่โรงเรียนการบริหารของมหาวิทยาลัยในประเทศไต้หวัน จำนวน 124 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบการจัดผังมโนทัศน์ และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Kaynar, Tekkaya, และ Cakiroglu (2009) ศึกษาประสิทธิภาพของวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับเกรด 6 มโนทัศน์เรื่องเซลล์ และความเชื่อทางปรัชญาญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามความเชื่อทางปรัชญาญาณวิทยาและแบบทดสอบมโนทัศน์เรื่องเซลล์ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 153 คน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 ห้องเรียน โดยการสุ่ม 2 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุม และ 2 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองได้รับการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้แบบ 5E และกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเซลล์และความเชื่อในปรัชญาญาณวิทยาสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

SASMAZ ÖREN and TEZCAN (2009) ศึกษาประสิทธิภาพของวงจรการเรียนรู้ที่มีต่อเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7 วิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียน 2 ห้องเรียน จำนวน 56 คน ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้มีเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทางบวกสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัยทางสถิติที่ระดับ 0.05

Karakuyu (2010) ศึกษาผลของการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนเกรด 9 จำนวน 58 คน จำนวน 2 ห้องเรียนที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรฟิสิกส์ทั่วไปในโรงเรียนมัธยมในประเทศตุรกี กลุ่มทดลอง (28 คน) ได้รับการเรียนการสอนแบบการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เรื่องไฟฟ้า และกลุ่มควบคุม (30 คน) ได้รับการเรียน การสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและ

กลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีแนวโน้มของเจตคติเชิงบวกมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยยังพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

Qarareh (2010) ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนโดยการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเลือกแบบสุ่ม จำนวน 80 คน จากโรงเรียนของรัฐ Tafila ในภาคใต้ของประเทศจอร์แดน แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (ชาย 20 คน และหญิง 20 คน) ได้รับการเรียนการสอนโดยการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ และกลุ่มควบคุม (ชาย 20 คน และหญิง 20 คน) ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง

Ali and Awan (2013) ศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาต่อวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการในวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบวัด TOSRA (Test of Science-Related Attitudes) ในการวัดเจตคติของนักเรียนต่อวิทยาศาสตร์กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนเกรด 10 จำนวน 1,885 คน ผลการศึกษาพบว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา

งานวิจัยในประเทศ

บรรจง สิทธิ (2536) ศึกษาผลของการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาชีววิทยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2536 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่ม 2 กลุ่มๆ ละ 30 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ อีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมสอนโดยการบรรยาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโน

ทัศน์ที่ถูกต้องในทุกมโนทัศน์ กลุ่มควบคุมมีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง 10 มโนทัศน์จาก 12 มโนทัศน์ และกลุ่มทดลองมีจำนวนผู้ที่เปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุมในทุกมโนทัศน์ และกลุ่มทดลองมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศุภลักษณ์ ทองสนธิ (2536) ศึกษาผลของการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาเคมี ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองได้รับการสอน โดยใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบบรรยาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง 7 มโนทัศน์ จากมโนทัศน์ทั้งหมด10 มโนทัศน์ ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องในทุกมโนทัศน์ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทดสอบหลังเรียนในวิชาเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิภา เกียรติธนะบำรุง (2538) ศึกษาผลของการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ กลุ่มควบคุมสอนตามแบบปกติ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และมีเจตคติต่อวิชาชีววิทยาทางบวก

ศิริลักษณ์ แก้วสมบูรณ์ (2543) ศึกษาผลการใช้เทคนิคผังกราฟฟิกในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการนำเสนอข้อความรู้ด้วยผังกราฟิกและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชูทิศ กรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิกแบบต่างๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้คะแนนการนำเสนอข้อความรู้ด้วยผังกราฟิกต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือต่ำกว่าร้อยละ 70 แต่ได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือสูงกว่าร้อยละ 70 นอกจากนี้พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของ

นักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิกสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

รุ่งนภา ทศภานนท์ (2544) ศึกษาผลของการใช้เทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนตระกูลประเทืองวิทยาคม จำนวน 33 คน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีความสามารถในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิยะดา ระวังสุข (2545) ศึกษาเรื่องการประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดลำนาว จำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า ผังมโนทัศน์แบบสร้างผังจากคำ และผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผังที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประเมินในชั้นเรียน

นิพัทธา ชัยกิจ (2551) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีแรงจูงใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01