

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยเรื่อง กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory)
3. ตัวแทนความคิด (Representation)
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement)
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4)

2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมีหลักการที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4) ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบน

พื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากลเป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชนที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพจึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีจุดมุ่งหมาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4) ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ความสามารถในการการคิดการแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี การสื่อสาร และมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุนทรีย์ และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม

2.1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญโดยกำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 6) ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูล

ข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ได้ถูกต้องเหมาะสม

2.1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 7) ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของสถานศึกษาได้

2.1.6 คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 82-83) มีดังนี้

1. เข้าใจการรักษาคุณภาพของเซลล์และการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต
2. เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ
3. เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญ และผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
4. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
5. เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสาร ที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว
6. เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
7. เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล
8. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์
9. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณี ที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
10. เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ และ ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
11. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าและผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
12. ระบุปัญหา การตั้งคำถาม ที่จะสำรวจตรวจสอบโดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

13. วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจาก ผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

14. สื่อสารความคิดความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

15. อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษา หาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

17. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันการประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ่างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจาก ภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

18. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย และมีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการ ป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

19. แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้หรือแก้ปัญหา

20. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิง

2.1.7 การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะ วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะ สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลก สมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้าง องค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมี

ส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน โดยกำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ 8 สาระ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 78) ดังนี้

- สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต
- สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม
- สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร
- สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่
- สาระที่ 5 พลังงาน
- สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก
- สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ
- สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ปรับเนื้อหาสาระให้เข้ากับบริบทของผู้วิจัย โดยกำหนดกรอบแนวทางของเนื้อหาในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐานการเรียนรู้ 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้วิจัยได้ศึกษาตัวชี้วัดมาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 สรุปได้ดังตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1

ตัวชี้วัดมาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอมและสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ	นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลจากการศึกษาโครงสร้างอะตอมในการสร้างแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ ที่มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง
2. วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมความสัมพันธ์ของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุและการเกิดปฏิกิริยา	อะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส เรียกว่า เลขอะตอม ผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน เรียกว่า เลขมวล ซึ่งจะปรากฏอยู่ในสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของไอโซโทปต่าง ๆ ของธาตุ

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	<p>อิเล็กทรอนิกส์ในอะตอมของธาตุจะจัดเรียงอยู่ในระดับพลังงานต่าง ๆ และในแต่ละระดับพลังงานจะมีจำนวนอิเล็กทรอนิกส์เป็นค่าเฉพาะ</p> <p>อิเล็กทรอนิกส์ในระดับพลังงานนอกสุดจะแสดงสมบัติบางประการของธาตุ เช่น ความเป็นโลหะ อโลหะ และ เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาของธาตุนั้น</p>
3. อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ	ตารางธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและอาศัยสมบัติที่คล้ายกันทำให้สามารถทำนายแนวโน้มและสมบัติของธาตุในตารางธาตุ
4. วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลของสาร	<p>ตารางธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและอาศัยสมบัติที่คล้ายกันทำให้สามารถทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ</p> <p>พันธะเคมีประกอบด้วยหน่วยย่อยคือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ</p>
5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร	จุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารมีความเกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้นสารที่อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวหรือพันธะเคมีที่แข็งแรงจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงสารในสถานะของแข็งอนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงที่แข็งแรงกว่าสารในสถานะของเหลวและแก๊สตามลำดับ

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (น. 96), โดยกระทรวงศึกษาธิการ, 2551, กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

จากตารางที่ 2.1 เป็นแนวทางให้ผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง พันธะเคมี ในตัวชี้วัดมาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 ข้อ 4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลของสารเพื่อนำมาพัฒนางานวิจัย เรื่อง กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงผลของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบรบือวิทยาคาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 รหัส ว 31121 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต ได้กำหนดคำอธิบาย รายวิชา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนบรบือวิทยาคาร, 2560, น. 50) ดังนี้

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาวิเคราะห์แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด อนุภาคมูลฐาน เลขอะตอม เลขมวล ไอโซโทป แบบจำลองอะตอมของโบร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัม สเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม วิวัฒนาการของการสร้างตารางธาตุ สมบัติของธาตุตามหมู่และตามคาบ ขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออนในเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน จุดหลอมเหลวและจุดเดือด เลขออกซิเดชัน พันธะเคมี การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก ปฏิริยาของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ แนวคิดเรโซแนนซ์ รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ สมบัติของโลหะ สมบัติสารประกอบของธาตุตามคาบ ปฏิริยาของธาตุหมู่ IA IIA และ VIIA ตำแหน่งของธาตุไฮโดรเจนในตารางธาตุ สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุแทรนซิชัน สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน ธาตุกึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตภาพรังสี ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตภาพรังสี ปฏิริยานิวเคลียร์ การตรวจสอบสารกัมมันตรังสี และเทคโนโลยี การทำนายตำแหน่งและสมบัติของธาตุในตารางธาตุและสารประกอบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การคำนวณ การอภิปราย การวิเคราะห์ สังเคราะห์ การเปรียบเทียบ การทดลอง การนำเสนอ และการทำนาย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ดูแลรักษาสิ่งมีชีวิตอื่น เฝ้าระวังและพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

- 2.1 บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้
- 2.2 อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุนิคมของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุล
- 2.3 เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้

2.4 ใช้ความรู้เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้

2.5 ใช้ค่าพลังงานพันธะคำนวณหาพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้

2.6 อธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ได้

2.7 ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้

2.8 อธิบายสภาพขั้วของพันธะและทิศทางของพันธะโคเวเลนต์และของโมเลกุล

โคเวเลนต์ได้

2.9 ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ได้

2.10 บอกสมบัติที่แตกต่างกันของสารโคเวเลนต์ประเภทโมเลกุลไม่มีขั้วโมเลกุลมีขั้วและโครงผลึกร่างตาข่ายได้

2.11 อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตต การเกิดไอออน การเกิดพันธะไอออนิกและโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้

2.12 เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้

2.13 อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกและสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิกได้

2.14 เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิได้

2.15 อธิบายการเกิดพันธะโลหะและใช้ความรู้ เรื่อง พันธะโลหะ อธิบายสมบัติของโลหะได้

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของโรงเรียนบรบือวิทยาคาร ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่อง พันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ย่อยคือ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ ซึ่งตรงกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อนำมาพัฒนางานวิจัย เรื่อง กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.2 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism Theory)

2.2.1 ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทิตานา แคมมณี (2542, น. 9-10) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง ความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นด้วยตนเอง สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาให้ก้าวหน้าขึ้นไปเรื่อยๆ โดยอาศัยกระบวนการพัฒนาโครงสร้างความรู้ภายในของบุคคลและการรับรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัว

สุมาลี ชัยเจริญ (2546, น. 118) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มุ่งเน้นการสร้างมากกว่าการรับรู้ โดยเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน โดยมีผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็น กับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน

วิณา ประชากุล และประสาธ นื่องเฉลิม (2554, น. 26) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ความรู้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนแต่ละคนสร้างขึ้นเองล้วนแล้วแต่แตกต่างกัน เพราะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละบุคคล หากมีประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมในลักษณะต่าง ๆ ที่หลากหลาย ความรู้ของบุคคลนั้นก็จะมีมากขึ้นเช่นกัน

Garnett and Treagust (1992, pp. 95-96) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้เลือกและจัดเรียงข้อมูลที่เขาได้รับแล้ว สร้างความหมายใหม่จากข้อมูลเหล่านี้จากความรู้เดิมที่มีอยู่ เช่น มโนคติและยุทธวิธีในการจัดกระทำข้อมูล จะมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงการเรียนรู้ เนื่องจากสิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลต่อสิ่งเร้า และกระบวนการสร้างความรู้ใหม่

Cobb (1994, p. 15) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง กระบวนการที่ไม่หยุดนิ่ง มีการสร้างและปรับเปลี่ยนความรู้ตลอดเวลา การเรียนรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้ทางสังคม เป็นการร่วมมือกันระหว่างครูและผู้เรียน นอกจากนี้บุคคล ภาษา และวัฒนธรรมที่อยู่รอบ ๆ ตัวผู้เรียน เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

จากแนวคิดของนักการศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากการประยุกต์หลักการที่มีอยู่เดิมผนวกเข้ากับหลักการใหม่ที่เกี่ยวข้อง โดยการปรับสถานะสมดุลในการเรียนรู้

2.2.2 รากฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับการสร้างความรู้ของบุคคลผ่านกระบวนการทางสังคม ได้รับความสนใจและถูกนำมาพัฒนาอย่างแพร่หลาย มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีทางจิตวิทยาที่สำคัญ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget และทฤษฎีการสร้างความรู้ทางสังคมของ Vygotsky (วนิช สุธารัตน์, 2547, น. 47-52) มีสาระสำคัญดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget มีอยู่ 3 ประการ ดังนี้

1. ความรู้เป็นผลของปฏิสัมพันธ์ที่มีการแลกเปลี่ยนกันระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม
2. ความฉลาดสามารถฝึกฝนได้จากความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่
3. การพัฒนาทางด้านความรู้ ความเข้าใจ เป็นเรื่องของกลไกการควบคุมของแต่ละบุคคลและผสมผสานกับปฏิสัมพันธ์ทางด้านร่างกายและสังคม

Piaget เชื่อว่าการที่บุคคลมีพัฒนาการทางสติปัญญาช้าเร็วแตกต่างกันจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 อย่าง (Woolfolk, 2001, pp. 28-29) ได้แก่

1. วุฒิภาวะ (Maturation) เป็นความเจริญเติบโตด้านสรีระของร่างกาย โดยเฉพาะระบบประสาทและการทำงานของต่อมไร้ท่อ Piaget เชื่อว่า การมีพัฒนาการด้านร่างกาย ที่มีความพร้อมจะมีความสำคัญต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคล วุฒิภาวะก็เปรียบเสมือนเกาะที่ห่อหุ้มมาแต่เดิม วุฒิภาวะจะทำให้มนุษย์เกิดการเรียนรู้และสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้
2. ประสบการณ์ (Experience) การที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องและตลอดเวลา จะทำให้เกิดการสั่งสมของประสบการณ์
3. กระบวนการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (Social Transmission) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ทำให้บุคคลเกิดการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รวมทั้งสิ่งที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรม
4. กระบวนการพัฒนาความสมดุล (Equilibration) เป็นกลไกในการปรับโครงสร้างความรู้ของบุคคลให้อยู่ในภาวะสมดุล เมื่อบุคคลเกิดความขัดแย้งทางความคิด จะพยายามลดความขัดแย้งดังกล่าว โดยหาเหตุผลให้กับความคิดที่ขัดแย้งกันหรือหาข้อมูลเพิ่มเติม ทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างโครงสร้างความรู้เดิมกับข้อมูลที่รับรู้ใหม่ แต่ถ้าโครงสร้างของสติปัญญาที่มีอยู่ทำงานไม่ได้ก็จะเกิดสภาวะอสมดุล ซึ่งเป็นสภาวะความขัดแย้งทางความคิดและปัญญา บุคคลจะมีความรู้สึกไม่สบายใจหรือเป็นทุกข์ ก็จะเป็นแรงผลักดันให้บุคคลแสวงหาผ่านกระบวนการคิดซึมและปรับเปลี่ยนใหม่ เมื่อเป็นเช่นนี้ความคิดของบุคคลจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาขึ้นอีกได้

การที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ความรู้จะเกิดขึ้นภายในโครงสร้างทางจิต เมื่อมีความแตกต่างระหว่างโครงสร้างทางจิตที่มีอยู่กับประสบการณ์ใหม่ วิธีการจัดระบบความคิด เพื่อสร้างความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การจัดระบบความคิดเป็นการที่บุคคลปรับปรุงเปลี่ยนแปลง โครงสร้างของสติปัญญาในสมองตลอดเวลาที่มีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม ทำให้การปรับตัว ของบุคคลสามารถเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ การจัดระบบความคิดของบุคคลจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัย วิธีการ 2 วิธี ดังนี้

1. การดูดซึม (Assimilation) เป็นการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ถ้าสามารถเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางปัญญา จะเป็นกระบวนการปรับตัวในการให้ความหมายหรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือเหตุการณ์ใหม่ที่ได้รับให้เข้าไปสู่โครงสร้างของความรู้
2. การปรับโครงสร้างสติปัญญา (Accommodation) สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการปรับโครงสร้างของสิ่งเร้า เช่น เหตุการณ์ หรือวัตถุใหม่ ๆ ที่ไม่สอดคล้องกับโครงสร้างทางจิตให้สอดคล้องก่อนจะดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างของความรู้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ทางสังคมของ Vygotsky เป็นพื้นฐานที่สำคัญของการเรียนรู้ Vygotsky เชื่อว่า องค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของบุคคลคือ การสร้างสื่อกลางและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและวัฒนธรรม บุคคลสามารถสร้างกระบวนการจำในสิ่งที่ตนเองรับรู้ได้โดยใช้สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายที่เป็นสื่อกลางทางสังคมและถูกถ่ายทอดทางวัฒนธรรม ซึ่งความจำของบุคคลจะมีผลโดยตรงต่อความรู้สึกและกระบวนการคิดเมื่อรับรู้สิ่งใหม่ นอกจากนี้การปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวจะทำให้เกิดประสบการณ์และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับการเกิดกระบวนการทางสมองระดับสูง เกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในลักษณะของการร่วมกันสร้าง (Co-Constructed) ขณะเมื่อร่วมกิจกรรม พบว่ากระบวนการนี้ จะเกิดขึ้นภายในตัว และเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของพัฒนาการทางความคิดและสติปัญญา

จากการศึกษาทฤษฎีของ Piaget และ Vygotsky พบว่า มีมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้ต่างกัน โดย Piaget เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ ขณะที่ Vygotsky มอง การเรียนรู้ว่าเกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยอาศัยสื่อกลางทางวัฒนธรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น Piaget และ Vygotsky มีความเห็นที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ประสบการณ์และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม มีความสำคัญต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงต้องคำนึงถึงความพร้อมและประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นสำคัญ ดังนั้น ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์จึงให้ความสำคัญกับความรู้ที่มีอยู่และบทบาทของประสบการณ์ เพื่อพัฒนาโครงสร้างทางปัญญาของแต่ละบุคคล

2.2.3 การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีหลักการที่สำคัญอยู่ 2 หลักการ (Chen, 2003, pp. 121-122) ดังนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการของการสร้างความรู้มากกว่าเป็นการดูดซับความรู้ (Absorption) คนเรามีการสร้างความรู้อยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้เกี่ยวกับโลก ดังนั้น ในแต่ละคนจึงมีการสร้างความหมายและความเข้าใจที่ต่างกัน เพราะ เป็นการมองผ่านสภาวะที่เป็นนามธรรม ความรู้ที่ถูกสร้างขึ้นไม่ได้มาจากการถ่ายทอดความหมายจากครูผู้สอนสู่ผู้เรียน แต่การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเป็นผู้กระทำเอง

2. ความรู้เป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับสิ่งแวดล้อม เพราะ อาศัยประสบการณ์ในการสร้างความรู้ ดังนั้น ประสบการณ์จึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้อย่างแท้จริง

จากการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ในทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ทั้งสองหลักการคล้ายกับการเรียนรู้จากสถานการณ์ (Situated Learning) ซึ่งอาศัยพื้นฐานทฤษฎีทางสังคมและสิ่งแวดล้อมมาปฏิสัมพันธ์กับการเรียนรู้ ดังนั้นในทฤษฎีนี้จึงให้ความสำคัญกับบริบททางสังคมและสิ่งแวดล้อมมาปฏิสัมพันธ์กับการเรียนรู้ เพราะเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการของการสร้างความหมาย (Making Meaning) จากกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแนวคิด

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2539, น. 121) กล่าวถึง การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ว่า การเรียนรู้เกิดจากผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้เกิดขึ้นได้เนื่องจากผู้เรียนได้สร้างแนวคิดหรือความรู้ขึ้นมาจากการประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติภายใต้บริบททางสังคม ดังนั้นการเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการของการสร้างความหมายของกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติ

คณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2541, น. 5-6) กล่าวถึงการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ว่าเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำของตน มีข้อเสนอ ดังนี้

1. ความรู้ เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อคลี่คลายสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่ โดยมีการตรวจสอบก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาที่อยู่ในกรอบโครงสร้างเดียวกันได้

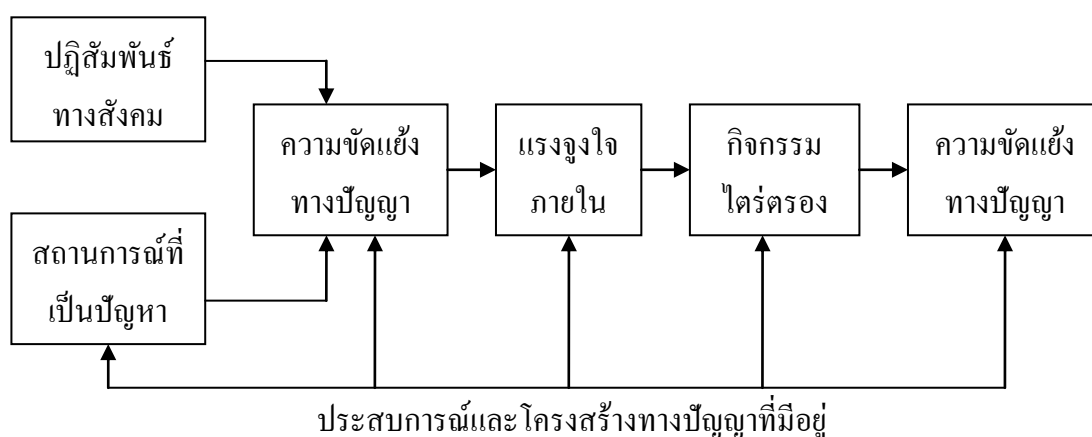
2. นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญามีอยู่และแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้และแก้ปัญหา

3. ครูมีหน้าที่จัดการให้นักเรียนได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนเองภายใต้ข้อสมมติฐานต่อไปนี้

3.1 สถานการณ์ที่เป็นปัญหาก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict)

3.2 ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) ให้เกิดกิจกรรมไตร่ตรองเพื่อจัดความขัดแย้ง

3.3 การไตร่ตรอง (Reflection) บนรากฐานแห่งประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมและการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา และโครงสร้างใหม่นี้จะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเดิมสำหรับปัญหาใหม่ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างความรู้ใหม่. ปรับปรุงจาก แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 8 (น.5), โดยคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2541, กรุงเทพฯ : ครูสภา.

จากภาพที่ 2.1 จะเห็นว่าประเด็นหลักของวงจรการสร้างความรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ คือ ความขัดแย้งทางปัญญา ดังนั้น หน้าที่หลักของครูต้องหากลวิธีการกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) หมายถึง สภาวะสมดุลอันเป็นองค์ประกอบหลักในการเผชิญหน้ากับความไม่สอดคล้องของข้อมูลความสมเหตุสมผล ความลังเล สภาวะที่ตัดสินใจไม่ได้ หรือสภาวะที่โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ไม่สามารถดูดซึมข้อมูลใหม่หรือแก้สถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่ ทฤษฎีนี้เมื่อมีความขัดแย้งทางปัญญาจะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจที่จะคิดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบและจัดความขัดแย้งทางปัญญาตามเกณฑ์ความสอดคล้องดังต่อไปนี้

- เกณฑ์ที่ 1 ความสอดคล้องระหว่างตนเองกับผู้อื่นในเรื่องเดียวกัน
- เกณฑ์ที่ 2 ความสอดคล้องภายในตนเองระหว่างเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน
- เกณฑ์ที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างความเชื่อหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้กับผลจากการทดสอบในเชิงประจักษ์

การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เมื่อบุคคลเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาโดยสามารถแก้หรืออธิบายด้วยโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่จะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการไตร่ตรองซึ่งนำไปสู่โครงสร้างทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์เฉพาะอื่น ๆ ที่อยู่ในกรอบของโครงสร้างนั้นได้ เป็นพื้นฐานสำหรับโครงสร้างใหม่ต่อไป ผลที่ได้จากการเรียนรู้คือ นักเรียนสามารถสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาจากโครงสร้างเดิมที่มีอยู่ก่อนและสามารถนำโครงสร้างใหม่ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

2.2.4 บทบาทของครูตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทิสนา แคมมณี (2552, น. 94-96) กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ดังนี้

1. ครูจะต้องเป็นตัวอย่างและฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนเห็นเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. ครูจะต้องเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้นักเรียนได้รับสาระความรู้โดยตรงไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย การเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ จะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาจริง
3. ครูให้นักเรียนอยู่ในบริบทจริง โดยการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นจริงและมีความสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน
4. ครูต้องสร้างบรรยากาศทางสังคมและจริยธรรมให้เกิดขึ้น กล่าวคือ นักเรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งสังคมถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ เพราะ เพียงลำพังกิจกรรมและวัสดุอุปกรณ์ทั้งหลายที่ครูจัดให้หรือนักเรียนแสวงหามาเพื่อการเรียนรู้นั้นไม่เพียงพอ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดรวมถึงประสบการณ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและกับบุคคลอื่น ๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนกว้างขึ้น
5. ครูจะมีบทบาทจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือนักเรียนในการเรียนรู้ กล่าวคือ การเรียนการสอนจะต้องจากการสั่ง (Instruction) ไปเป็นการสร้าง (Construction) คือเปลี่ยนจากการให้ความรู้ไปเป็นการให้นักเรียนสร้างความรู้
6. ครูจะต้องสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้นกับนักเรียน โดยจัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของนักเรียน
7. ครูดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางที่ส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนให้คำปรึกษาคำแนะนำทั้งด้านวิชาการและด้านสังคมแก่นักเรียน

8. ครูมีความเป็นประชาธิปไตยและมีเหตุผลในการปฏิสัมพันธ์สัมพันธ์

9. ครูประเมินผลมีลักษณะเป็น Goal Free Evaluation หมายถึง การประเมินตามจุดมุ่งหมายในลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคลหรืออาจใช้วิธีที่ เรียกว่า Socially Negotiated Goal ควรใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย เช่น ประเมินจากเพื่อน แฟ้มผลงาน และประเมินตนเอง เป็นต้น

10. ครูต้องอาศัยบริบทจริงในการวัดผลอันมีความซับซ้อนเช่นเดียวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องอาศัยบริบท กิจกรรม และงานที่แท้จริง การวัดผลจะต้องใช้กิจกรรมหรืองานในบริบทจริงด้วย ซึ่งในกรณีที่ต้องจำลองของจริงมาก็สามารถทำได้ แต่กรณีที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกของความจริงด้วย

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2541, น. 27) กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ดังนี้

1. ครูต้องเป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียน เช่น เป็นผู้ท้าทายความคิดของผู้เรียน เป็นนักวินิจฉัย ผู้ชี้แนวทาง นักทดลอง และนักวิจัย เป็นต้น

2. ครูอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน

3. ครูช่วยให้ผู้เรียนพิจารณาในสิ่งที่ถูกต้องจากสิ่งเร้าและความหมายที่หลากหลาย

4. จัดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและครูต้องเป็นผู้รับฟังที่ดี

5. ครูเป็นผู้ชี้แนวทางเพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างความหมายหรือคำอธิบายด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนายุทธวิธีของตนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

6. ครูต้องจัดสื่อการสอนและหากิจกรรมใหม่ ๆ ให้กับผู้เรียนอยู่เสมอเพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้เรียน

Brooks (1999, อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540, น. 11-15) กล่าวถึง บทบาทของครูในการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ดังนี้

1. ครูจะต้องเป็นผู้ให้กำลังใจและยอมรับความคิดของผู้เรียน

2. ครูควรสอนโดยใช้ข้อมูลตามธรรมชาติหรือแหล่งข้อมูลจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์กับปัญหาที่แท้จริง

3. ฝึกให้ผู้เรียนได้จำแนก วิเคราะห์ ทำนาย แปลความหมาย และจัดหมวดหมู่เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา

4. ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนนั้นสามารถประเมินตนเองได้โดยครูคอยตรวจสอบความถูกต้อง

5. ครูและผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน เช่น การอภิปรายหน้าชั้นเรียน
6. ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ตอบคำถาม เช่น การตอบคำถามที่ซับซ้อนเพื่อให้ผู้เรียนได้จัดระบบความคิดของตน
7. ครูต้องให้เวลากับผู้เรียนในการสร้างความสัมพันธ์และความคิดสร้างสรรค์
จะเห็นได้ว่าบทบาทของครูมีความสำคัญต่อผู้เรียนเป็นอย่างมาก โดยครูจะต้องให้เวลากับผู้เรียนในการค้นหาคำตอบด้วยตนเองจากกิจกรรมที่ครูจัดให้ ครูต้องยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน คอยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและอยากรู้อยากเห็นในทุกสถานการณ์ ครูและนักเรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน เช่น การพูดคุย การสนทนา และการซักถามข้อสงสัย เป็นต้น

2.2.5 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นการสอนตามสภาพจริง นักเรียนใช้กระบวนการคิด การทำงานกลุ่ม เพื่อการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กัน สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีดังนี้

ทิสนา เขมมณี (2552, น. 291-293) กล่าวถึงกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา
 - 1.1 ครูนำเสนอปัญหา A ให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลโดยเป็นปัญหา A ที่มีความยากในระดับที่นักเรียนต้องปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมหรือต้องสร้างโครงสร้างทางปัญญาขึ้นมาใหม่จึงจะสามารถแก้ปัญหาได้
 - 1.2 จัดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย กลุ่มละ 4-6 คน นักเรียนแต่ละคนนำเสนอคำตอบและวิธีหาคำตอบของปัญหา A ต่อกลุ่มของตน
2. ขั้นดำเนินกิจกรรมได้ตรง
 - 2.1 นักเรียนในกลุ่มย่อยตรวจสอบคำตอบและวิธีหาคำตอบของสมาชิกในกลุ่มโดยดำเนินการดังนี้
 - 2.1.1 กลุ่มตรวจสอบคำตอบปัญหา A ของสมาชิกแต่ละคนตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด อภิปราย ซักถามเหตุผล และที่มาของคำตอบ

2.1.2 สมาชิกกลุ่มช่วยกันสร้างสถานการณ์ตัวอย่าง B ที่ง่ายต่อการหาคำตอบในเชิงประจักษ์และมีโครงสร้างความสัมพันธ์เหมือนกับปัญหา A ตามกฎการสร้างการอุปมาอุปไมย ดังนี้

2.1.2.1 ไม่ต้องพิจารณาลักษณะ (Attribute) ของสิ่งเฉพาะแต่ละสิ่งในสถานการณ์ปัญหา A

2.1.2.2 หาความสัมพันธ์ระดับต่ำ (Lower Order Relations) ระหว่างสิ่งเฉพาะแต่ละสิ่งในสถานการณ์ปัญหา A

2.1.2.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ระดับต่ำและความสัมพันธ์ระดับสูง (Higher Order Relations) ซึ่งเป็นระบบความสัมพันธ์ (Systematicity) หรือโครงสร้างความสัมพันธ์ (Relational Structure) แล้วถ่ายโยงโครงสร้างความสัมพันธ์นี้ไปสร้างสถานการณ์ตัวอย่าง B ที่มีสิ่งเฉพาะแตกต่างกับสถานการณ์ปัญหา A

2.1.3 หาคำตอบของสถานการณ์ตัวอย่าง B ในเชิงประจักษ์

2.1.4 นำวิธีหาคำตอบของปัญหา A มาใช้กับปัญหา B ว่าจะได้คำตอบตรงกันกับคำตอบของปัญหาที่หาได้ในเชิงประจักษ์หรือไม่ ถ้าคำตอบที่ได้ไม่ตรงกันต้องทำการปรับเปลี่ยนวิธีหาคำตอบใหม่จนกว่าจะได้หาวิธีคำตอบที่ใช้กับปัญหา B แล้วได้คำตอบสอดคล้องกับคำตอบที่หาได้ในเชิงประจักษ์ซึ่งอาจมากกว่า 1 วิธี

2.1.5 นำวิธีการหาคำตอบที่ใช้กับปัญหา B แล้วได้คำตอบสอดคล้องกับคำตอบที่หาได้ในเชิงประจักษ์ไปใช้กับปัญหา A ด้วยวิธีดังกล่าว ซึ่งอาจมากกว่า 1 วิธี

2.1.6 กลุ่มทำการตกลงเลือกวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุดตามความเห็นของกลุ่มและช่วยกัน ทำให้สมาชิกของกลุ่มทุกคนมีความพร้อมที่จะเป็นตัวแทนในการนำเสนอและตอบข้อซักถามเกี่ยวกับวิธีหาคำตอบดังกล่าวต่อกลุ่มใหญ่ได้

2.2 สุ่มตัวแทนกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มมานำเสนอวิธีการหาคำตอบของปัญหา A ต่อกลุ่มใหญ่และกลุ่มอื่น ๆ เสนอตัวอย่างค้าน (Counter Example) หรือหาเหตุผลมาค้านคำตอบที่ยังค้านได้ ถ้ายังไม่มีนักเรียนกลุ่มใดสามารถเสนอตัวอย่างค้านได้หรือเหตุผลมาค้านได้ ครูจึงจะเป็นผู้เสนอเองวิธีที่ถูกค้านจะตกไป ส่วนวิธีที่ไม่ถูกค้านจะเป็นที่ยอมรับของกลุ่มใหญ่ว่าสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบของปัญหาใด ๆ ที่อยู่ในกรอบของโครงสร้าง ความสัมพันธ์เดียวกันนั้นได้ ตลอดช่วงเวลาที่ยังไม่มีผู้ใดสามารถหาหลักฐานมาค้านได้ ซึ่งอาจมากกว่า 1 วิธี

2.3 ครูเสนอวิธีหาคำตอบของปัญหา A ที่ครูเตรียมไว้ต่อกลุ่มใหญ่ เมื่อพบว่าไม่มีกลุ่มใดเสนอในแบบที่ตรงกับวิธีที่ครูเตรียมไว้ ถ้ามีครูก็ไม่ต้องเสนอ

2.4 นักเรียนแต่ละคนสร้างปัญหา C ซึ่งมีโครงสร้างความสัมพันธ์เหมือนกับปัญหา A ตามกฎการสร้างการอุปมาอุปไมยดังกล่าวแล้ว และเลือกวิธีหาคำตอบจากวิธีการยอมรับของกลุ่มใหญ่ มาหาคำตอบของปัญหา C

2.5 นักเรียนแต่ละคนเขียนโจทย์ของปัญหา C ที่ตนสร้างขึ้นลงในแผ่นกระดาษ พร้อมชื่อผู้สร้างปัญหา ส่งครู ครูนำแผ่น โจทย์ปัญหาของนักเรียนมาละกันแล้วแจกให้นักเรียนทั้งห้องคนละ 1 แผ่น

2.6 นักเรียนทุกคนหาคำตอบของปัญหาที่ได้รับแจก ด้วยวิธีหาคำตอบที่เลือกมาจากวิธีที่ยอมรับของกลุ่มใหญ่แล้ว ตรวจสอบคำตอบกับเจ้าของปัญหาถ้าคำตอบขัดแย้งกันผู้แก้ปัญหา กับเจ้าของปัญหาจะต้องค้นหาจุดที่เป็นต้นเหตุแห่งความขัดแย้งและช่วยกันขจัดความขัดแย้งนั้น เช่น อาจจะแก้ไขโจทย์ให้รัดกุมขึ้น ให้สมเหตุสมผล และซักถามกันจนเกิดความเข้าใจทั้งสองฝ่ายแล้วจึงนำปัญหา C และวิธีหาคำตอบทั้งก่อนการแก้ไขและหลังการแก้ไขของทั้งผู้สร้างปัญหาและผู้แก้ไขปัญหาส่งครู ครูจะเข้าร่วมการตรวจสอบเฉพาะในคู่ที่ไม่สามารถขจัดความขัดแย้งได้เอง

3. ขึ้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา โดยครูและนักเรียนช่วยกันสรุปมโนทัศน์ กระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหาที่นักเรียนได้ช่วยกันสร้างขึ้นจากกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 ให้นักเรียนบันทึกข้อสรุปไว้

Driver and Bell (1986, pp. 443-456) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ ดังนี้

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและมีแรงจูงใจในการเรียน
2. ชี้นทบทวนความรู้เดิม เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ ขั้นนี้จะทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา
3. ชี้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด ประกอบด้วย การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน การสร้างความคิดใหม่จากการอภิปรายและการประเมินความคิดใหม่
4. ชี้นำความคิดไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนมีโอกาสใช้แนวคิดพัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ
5. ชี้นทบทวน เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้ทราบแนวคิดของตนว่าได้เปลี่ยนไปจากความคิดเริ่มต้นอย่างไร เมื่อผู้เรียนเกิดโครงสร้างทางปัญญาจะเกิดความจำระยะยาวและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

จากนักการศึกษาที่ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ในข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นวิธีการที่ครูผู้สอนจัด สถานการณ์ โดยใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอยากรู้และคิดแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยการค้นหาความรู้เดิม เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิด ภาวะไม่สมดุลทางปัญญา โดยครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอเหตุการณ์ที่ชวนสงสัย เป็นการ กระตุ้นให้นักเรียนทำทหายและคิดแก้ปัญหา

2. ขั้นสอน เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเกิดสมดุลทางปัญญา โดยกระบวนการปรับ โครงสร้างทางปัญญา ความสมดุลจะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนสามารถผสมผสานความคิดใหม่นั้นให้ กลมกลืนเข้ากับประสบการณ์เดิม โดยการให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่มเพื่อให้เกิดโครงสร้าง แนวคิดใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 สร้างความขัดแย้งทางปัญญา นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ สัมพันธ์กับบทเรียนและสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน นักเรียนปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หรือต้องสร้างโครงสร้างทางปัญญาขึ้นมาใหม่จึงจะสามารถแก้ปัญหาได้

2.2 ขั้นดำเนินกิจกรรมโดยตรง นักเรียนเข้ากลุ่มย่อยเพื่ออภิปรายซักถามถึง ความเชื่อของตนเองเกี่ยวกับสถานการณ์ในการหาคำตอบ แล้วนำเสนอต่อกลุ่มใหญ่เพื่อตรวจสอบ ความเชื่อของตนเองเพื่อให้ได้แนวคิดที่ดีที่สุด

2.3 สรุปโครงสร้างใหม่ทางปัญญา ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปกระบวนการ แก้ปัญหา เพื่อเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในเรื่องที่เรียนและครูช่วยเสริมแนวคิด หลักการ และ กระบวนการแก้ปัญหาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

2.4 ฝึกทักษะและนำไปใช้ นักเรียนฝึกทักษะจากบัตริยกรรมที่สร้างขึ้นที่มี สถานการณ์ที่หลากหลายหรือที่นักเรียนสร้างสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม นักเรียน เลือกทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและสามารถอธิบายวิธีแก้ปัญหาของตนเองได้ หรือให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดย่อยที่ครูสร้างขึ้น

3. ขั้นสรุป เป็นขั้นสรุปความรู้ต่าง ๆ ในเนื้อหาที่เรียน โดยครูและนักเรียนร่วมกัน สรุปและอภิปรายเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องในเนื้อหา

4. ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ทำให้ทราบว่านักเรียนได้รับความรู้ความเข้าใจในแนวคิด ต่าง ๆ อย่างไรด้วยการประเมินจากใบงาน ใบกิจกรรม และแบบประเมินต่าง ๆ

2.3 ตัวแทนความคิด (Representation)

2.3.1 ความหมายของตัวแทนความคิด

มนลิตา เพชรานนท์ (2547, น.17-18) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง การอธิบาย การบรรยาย การเขียนภาพ และสัญลักษณ์ซึ่งเป็นที่เรามองเห็นและเข้าใจ มาเป็นตัวแทนซึ่งทำหน้าที่ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายใน

พรณวิไล ชมชิด (2552, น. 32-33) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่แสดงออกในระดับต่าง ๆ ทั้งที่สามารถมองเห็น (Vision) และที่ต้องใช้จินตนาการ (Imagery)

เอกรัฐ เลหาทัยวานิชย์ (2551, น. 2) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง ผลผลิตความหมายของสิ่งที่คิด (Concept) ในสมองของเราผ่านภาษา เป็นการเชื่อมโยงระหว่างความคิดและภาษา ทำให้เราสามารถอ้างอิงถึงโลกวัตถุจริง ๆ ผู้คน เหตุการณ์ หรือจินตนาการถึงโลกสมมุติ ผู้คน และเหตุการณ์สมมุติได้

พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ์ (2558, น. 193-194) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง การนำเสนอแนวคิดในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ แสดงออกมาในรูปแบบแนวคิด เช่น รูปภาพ แบบจำลอง สัญลักษณ์ เพื่อใช้ในการสื่อความหมาย

Kozma (1997, p. 953) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง การแสดงให้เห็นถึงสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค ในการอธิบายหรือสื่อถึงความหมายเพื่อให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ต้องใช้ ภาพเคลื่อนไหว แบบจำลอง และวาดภาพ เป็นต้น

Hall (1997, อ้างถึงใน อภิวัฒน์ ศรีกันหา, 2558, น. 214) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง ผลผลิตที่เกิดจากการให้ความหมายแนวคิดของเราโดยผ่านทางสัญลักษณ์หรือภาษา ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงแนวคิด (Concept) กับระบบสัญลักษณ์เข้าด้วยกัน

Teller (2006, อ้างถึงใน วิภาพร หนองห้าง, 2555, น. 16) ได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด หมายถึง การนำเสนอตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จะต้องใช้ภาษาในการนำเสนอกระบวนการคิด

จากการศึกษาความหมายของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งที่มนุษย์ใช้เป็นตัวแทนที่จะสื่อสารหรือแสดงออกถึงความคิดความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ จากตัวแทนความคิดที่เป็นนามธรรมเปลี่ยนให้เป็นรูปธรรมขึ้นมา อาจแสดงออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพูด การเขียน การอภิปราย การใช้สัญลักษณ์ การสร้างแบบจำลอง และการแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น

2.3.2 ระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิด

Gilbert and Treagust (2009, pp. 1-8) กล่าวถึงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดในวิชาเคมีซึ่งมีทั้งหมด 3 ระดับ คือ ระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ระดับซัพ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) ดังนี้

1. ระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) หรือ ระดับมหภาค เป็นการอธิบายสมบัติของสารหรือพฤติกรรมของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเกิดสนิม การเปลี่ยนสี และการละลาย เป็นต้น หรือสิ่งที่สัมผัสและวัดได้ เช่น น้ำหนัก ความหนาแน่น อุณหภูมิ การตกตะกอน ซึ่งสมบัติเหล่านี้ได้จากการทดลองหรือประสบการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน

2. ระดับซัพ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) หรือ ระดับจุลภาค เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสารในระดับที่บ่งบอกว่าสารที่สังเกตเห็นนั้นประกอบด้วยอะตอม โมเลกุล หรือไอออนอะไรบ้าง เช่น แบบจำลองอะตอม แบบจำลองแสดงการจัดเรียงและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสาร เป็นต้น Gilbert and Treagust (2009, p. 12) ได้ยกตัวอย่างความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นในระดับซัพ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) แสดงดังตารางที่ 2.2

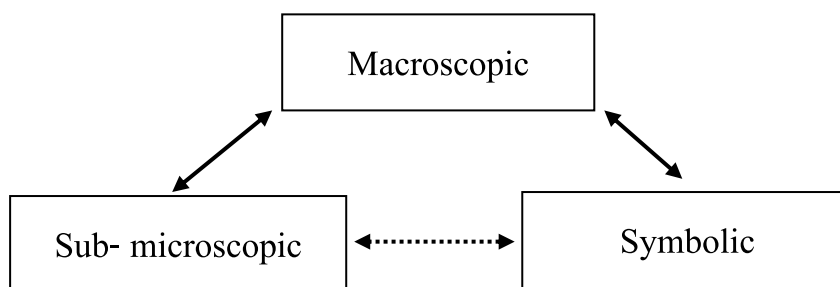
ตารางที่ 2.2

ความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับซัพ-แมโครสโกปิก

พฤติกรรมที่เกิดขึ้น	การอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้น
การละลายของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ	แรงดึงดูดระหว่างขั้วของโมเลกุลน้ำกับไอออนมีมากพอที่จะเอาชนะแรงภายในของแข็ง
ความดันของแก๊ส	อนุภาคมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วทำให้เกิดการชนกันเองและชนกับผนัง
हारหลอมเหลว	อุณหภูมิที่สูงเพียงพอจะทำให้อนุภาคมีพลังงานมากพอที่จะเอาชนะแรงระหว่างโมเลกุล
ปฏิกิริยาเคมีดำเนินไปข้างหน้าเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น	โมเลกุลเกิดการชนกันมากขึ้นทำให้มีพลังงานสูงมากกว่าพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *Learning at the Sub-micro Level: Structural Representation* (p. 12), โดย Bucat and Mocerino, 2009, Springer : *Models and Modeling in Science Education*.

3. ระดับซิมโบลิก (Symbolic) หรือ ระดับสัญลักษณ์ เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ (สิ่งที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ระดับแมโครสโกปิก) เช่น การเขียนสถานะของแก๊สใช้สัญลักษณ์แทนด้วย (g) อีกทั้งเป็นตัวแทนของสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (สิ่งที่เกิดขึ้นในระดับซับ-แมโครสโกปิก) เช่น แบบจำลองอะตอม เป็นต้น หรือเป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางเคมีด้วยการใช้สัญลักษณ์แทนสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น ระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ มีความสัมพันธ์กันแสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของการนำเสนอตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ ปรับปรุงจาก *Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Levels* (p. 172), โดย Davidowitz and Chittleborough, 2009, Springer : *Models and Modeling in Science Education*.

จากภาพที่ 2.2 ระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) เป็นพื้นฐานของการอธิบายระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้และต้องอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า หรือระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) ทั้ง 2 ระดับนี้ล้วนเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง โดยระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) เป็นระดับที่ยากต่อการเข้าใจ การอธิบายถึงการปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับนี้จำเป็นต้องใช้ตัวแทน (Representation) ในการนำเสนอโดยใช้ระดับซิมโบลิก (Symbolic) เช่น การเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ สูตรโมเลกุล สูตรเคมี สมการเคมี กราฟ ไดอะแกรม และแบบจำลอง เป็นต้น ในการอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวถึงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดว่าเป็นการสอนที่ต้องการให้นักเรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้และสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ในทางเคมี ยกตัวอย่างเพื่อแสดงให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตแล้วได้ตะกอนสีขาว ซึ่งเป็นการอธิบายในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ผู้ทดลองสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลง

แต่หากเป็นระดับซับ-แมคโครสโกปิก (Sub-Macroscopic) จะเป็นการอธิบายการแลกเปลี่ยนไอออนของ Ca^{2+} กับ OH^- ระหว่าง Na^+ กับ CO_3^{2-} และในระดับซิมโบลิก (Symbolic) เป็นการเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา ดังสมการที่ 2.1



2.3.3 รูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิด

Gilbert (2004, อ้างถึงใน พรณวิไล ชมชิด, 2552, น. 33) ได้จำแนกรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิด ดังนี้

1. Concrete Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด 3 มิติ เช่น แบบจำลองโมเลกุล แบบจำลองการไหลเวียนเลือดของคน เป็นต้น
2. Verbal Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการแสดงออกด้วยการพูด และการเขียน
3. Symbolic Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยใช้รูปแบบสัญลักษณ์ เช่น สัญลักษณ์ธาตุ สูตรโมเลกุล และสมการเคมี เป็นต้น
4. Visual Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยกราฟ สื่อภาพเคลื่อนไหว และแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เป็นต้น
5. Gestural Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยใช้ร่างกายคนหรือส่วนใดส่วนหนึ่งในการแสดงท่าทาง เช่น การแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น

Prain and Waldrup (2008, pp. 5-6) จำแนกรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิด ดังนี้

1. Verbal Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการพูดด้วยปากเปล่า
2. Graphic and Visual Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดด้วยกราฟิกโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ เช่น วิดีโอ สื่ออินเทอร์เน็ต และไดอะแกรม เป็นต้น
3. Written Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการเขียน เช่น ข้อความ ไดอารี่และแผนผังความคิด เป็นต้น
4. Numerical Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดในรูปของตัวเลข
5. Embodied Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดออกมาในรูปของการแสดงบทบาทสมมติหรือการนำเสนอหน้าชั้นเรียน
6. Three-dimensional Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดออกมาในรูปแบบของการทดลองหรือแบบจำลอง

Carolan (2008, อ้างถึงใน อภิวัฒน์ ศรีกันหา, 2558, น. 216) ได้จำแนกรูปแบบของการนำเสนอตัวแทนความคิด ดังนี้

1. Concrete Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดในรูปแบบตาราง กราฟ และแบบจำลอง 3 มิติ เป็นต้น
2. Embodied Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการอภิปราย การแสดงบทบาทสมมติ และการโต้ว่าที่ เป็นต้น

Bodner (2000, p. 14) ได้จำแนกรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิด ดังนี้

1. รูปแบบทางกายภาพ เช่น คำพูด รูปภาพ ไดอะแกรม ภาพเคลื่อนไหว และแบบจำลอง เป็นต้น
2. รูปแบบความเข้าใจใจโนมตี เช่น การสร้างแบบจำลองทางความคิด

จากบทความข้างต้นนักการศึกษาได้กล่าวถึงรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิดไว้หลายรูปแบบแต่ส่วนใหญ่พบว่ามีความสอดคล้องกัน โดยรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิดจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ เช่น การนำเสนอรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จะนำเสนอตัวแทนความคิดโดยใช้รูปแบบ Concrete Mode เป็นการนำเสนอตัวแทนความคิดเป็น 3 มิติ โดยการสร้างแบบจำลองจากการปั้นดินน้ำมัน ดังงานวิจัยของจรรยา ไกรสน (2556, น. 433) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ระหว่างการใช้แบบจำลองและไม่ใช้แบบจำลองเป็นสื่อการสอน ผลการวิจัยพบว่า การสอนโดยใช้สื่อแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ดังนั้น แบบจำลองจะทำให้นักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิดทางเคมีและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดเคมีทั้ง 3 ระดับได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558, น. 97-98) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดและเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนได้ทำให้เป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้และทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิดในรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิด เช่น การพูด การเขียน การอภิปราย การสร้างสัญลักษณ์ การปั้น รูปภาพแบบจำลอง ภาพเคลื่อนไหว สื่อคอมพิวเตอร์ วิดีโอ สื่อสามมิติ แผ่นผังความคิด ตัวอย่างจริง และการแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น

2.3.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2548, 146-147) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด ซึ่งครูมีบทบาทที่สำคัญในการช่วยนักเรียนให้เกิดความเข้าใจตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ไม่ใช่เข้าใจเพียงข้อเท็จจริงหรือคำศัพท์เท่านั้น ควรนำเสนอส่วนที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ให้มีความสำคัญกับความแตกต่างระหว่างภาษาวิทยาศาสตร์กับภาษาที่นักเรียนใช้ในชีวิตประจำวัน

พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ์ (2558, น. 188-197) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิดครูควรปฏิบัติดังนี้

1. ครูต้องใช้รูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิดในแบบต่าง ๆ มาช่วยอธิบายเนื้อหา เช่น การวาดภาพ การปั้น การสร้างแบบจำลอง และการสร้างสัญลักษณ์ทางเคมี เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่างๆ
2. ครูต้องอธิบายถึงนิยามและสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนเข้าใจ เพื่อส่งผลให้นักเรียนแสดงออกของตัวแทนความคิดได้อย่างหลากหลายและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์
3. ครูให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) เพราะ ถ้าผู้เรียนไม่ได้เห็นสิ่งที่เรียนว่าลักษณะอย่างไรก็จะทำให้ผู้เรียนไม่เกิดจินตนาการและไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสังเกตเห็นได้ การเรียนรู้ก็จะไม่เกิดความหมายกับผู้เรียน
4. ครูให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการทดลอง เพื่อให้มองเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ก่อนแล้วตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้คิดหาเหตุผล เช่น เหตุใดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อโยงเข้าสู่การอธิบายในระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) แล้วจึงนำเสนอภาษาสัญลักษณ์ที่เป็นสมการเคมี ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาควบคู่กับการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นปรากฏการณ์จริง จะทำให้สิ่งที่กำลังปฏิบัติอยู่นั้นมีความหมายกับตัวผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีในระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) และระดับภาษาสัญลักษณ์ได้ง่ายขึ้น
5. ครูให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) ด้วยการใช้สื่อการสอนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้แผนภาพ รูปภาพ แบบจำลอง และสื่อแอนิเมชัน
6. ครูให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) เพื่อเขียนภาษาสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ โมเลกุล สารประกอบ หน่วยของการวัด การเปลี่ยนแปลงของสาร และครูควรให้เวลากับผู้เรียนในการทำความเข้าใจภาษาสัญลักษณ์เพื่อให้เกิดความชำนาญ

การจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนอาจไม่ได้คำนึงถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับนี้กับผู้เรียน เนื่องจากแนวคิดนี้อาจเป็นสิ่งที่ผู้สอนเข้าใจอยู่แล้ว ทำให้ผู้สอนคิดว่าสิ่งที่กำลังอธิบายหรือสอนผู้เรียนนั้นไม่ใช่เรื่องที่เข้าใจยาก แต่สำหรับผู้เรียนแล้วการสังเกตเห็นเกลือแกงละลายในน้ำก็อาจจะคิดเพียงว่าเกลือแกงละลายในน้ำแล้วเกิดสารละลายใสไม่มีสี มีรสชาติเค็ม โดยไม่ได้คำนึงถึงว่าเกลือแกงมีสูตรทางเคมี คือ NaCl ประกอบไปด้วยโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออน ไอออนบวกและไอออนลบเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันไปเรื่อย ๆ จนเกิดโครงสร้างสามมิติ และเมื่อละลายในน้ำไอออนบวกและไอออนลบจะแยกออกจากกัน เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้ากับโมเลกุลของน้ำ และไม่ได้คิดเชื่อมโยงไปถึงภาษาสัญลักษณ์ที่ครูกำลังเขียนหรืออธิบายบนกระดานแต่อย่างใด

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด ถ้าจะให้เกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและอธิบายการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับนั้น ผู้เรียนต้องเข้าใจถึงปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสสารว่าเกิดขึ้นอย่างไร อาจศึกษาได้จากการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงหรือการสังเกตรูปร่างลักษณะภายนอกเพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์สิ่งที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จากนั้นนักเรียนต้องเขียนเป็นสัญลักษณ์เพื่อแสดงความเข้าใจและเป็นตัวแทนความคิดของตัวเอง โดยที่ผู้เรียนต้องรู้จักสัญลักษณ์ทางเคมี เนื่องจากความหมายของสัญลักษณ์นั้นจะสามารถอธิบายหรือสื่อความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้

1. ครูให้นักเรียนได้นำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลาย
2. ครูจัดกิจกรรมการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลง
3. ครูให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คำศัพท์และสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง
4. ครูเชื่อมโยงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิด 3 ระดับ ทำให้ผู้เรียนได้มองเห็นและเข้าใจการเปลี่ยนแปลงเพื่อจะแสดงในรูปแบบตัวแทนความคิดของตนเองได้

2.3.5 รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี

Treagust (2007, pp. 1355-1356) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงการแสดงออกของระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีว่า ปฏิสัมพันธ์ทั้ง 3 ระดับนี้ถือได้ว่ามีความสำคัญในการเรียนวิชาเคมีและมีความจำเป็นต่อการสร้างความเข้าใจในโมโนมิททางเคมี สอดคล้องกับศักดิ์ศรี สุภาธร (2555, น. 1-2) กล่าวถึงความจำเป็นที่ต้องเรียนรู้และเข้าใจในวิชาเคมีซึ่งเป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ เช่น ฟิสิกส์ ชีววิทยา และวัสดุศาสตร์ เป็นต้น แต่เคมีกลับเป็นวิชาที่นักเรียนส่วนใหญ่ลงความเห็นว่ายาก น่าเบื่อ และไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ปัจจัยเหล่านี้ล้วนทำให้นักเรียนไม่สนใจเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจใน

การเชื่อมโยงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ ผนวกกับความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของนักเรียนจะสามารถเสนอมุมมองแนวคิดของตนเองโดยใช้รูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิด ดังนั้น การเรียนรู้ในวิชาเคมี จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับภาษาทางเคมี (Social Language of Chemistry) นั่นก็คือการเชื่อมโยงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดทางเคมี การเรียนรู้เนื้อหาทางเคมีถ้าสามารถเข้าใจทั้ง 3 ระดับเข้าด้วยกัน จะสามารถพัฒนาความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี พบว่า มีนักวิจัยได้กล่าวถึงรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ ดังนี้

วารภรณ์ จินาบุญ (2555, น. 5-6) เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการทบทวนความรู้เดิมโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ที่นักเรียนได้ศึกษาผ่านมาแล้วอีกครั้ง
 2. ขั้นแมคโครสโกปิก (Macroscopic) เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนสามารถมองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรม โดยการให้นักเรียนได้ดูสารตัวอย่าง วิดีโอ สื่อของจริง รูปภาพ และการทดลองการเกิดปฏิกิริยาของสาร
 3. ขั้นซับ-แมคโครสโกปิก (Sub-Microscopic) เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้แสดงภาพจำลองภายในโครงสร้างอะตอมหรือโมเลกุลของสาร เช่น การจัดเรียงอิเล็กตรอน การแสดงสมบัติของสารประกอบไอออนิก การละลายน้ำ และการนำไฟฟ้า
 4. ขั้นซิมโบลิก (Symbolic) เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนเขียนสัญลักษณ์หรือสูตรของสารประกอบ และการเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 5. ขั้นสรุป เป็นการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามในเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจและจดบันทึกลงในสมุด
 6. ขั้นประเมินผล เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำใบงานในแต่ละแผนกิจกรรมการเรียนรู้และการตรวจใบงาน
 7. ขั้นสรุป เป็นการสรุปและอภิปรายบทเรียน โดยมีการซักถามข้อปัญหาที่สงสัย
- อภิวัฒน์ ศรีภักดี (2558, น. 215-216) ได้ออกแบบกิจกรรมเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติและตัวแทนความคิดมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการนำเสนอแนวคิดที่มีมาก่อน และนักเรียนได้ใช้แนวคิดนั้นมาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
2. ขั้นสอน ครูนำเสนอปรากฏการณ์เพื่อให้นักเรียนได้อธิบาย โดยใช้แนวคิดที่มีมาก่อนและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่ท้าทาย นักเรียนเปรียบเทียบแนวคิดที่

มีมาก่อน ครูกระตุ้นเพื่อให้ นักเรียนแสดงเหตุผล นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางแนวคิด

3. ขั้นสรุป เป็นการสรุปเนื้อหาของแนวคิด นักเรียนเลือกใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ใหม่

กิจกรรมการเรียนรู้ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีพบว่า นักการศึกษาต่างก็ให้ความสำคัญในการเชื่อมโยงการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ เข้าด้วยกัน ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของผู้เรียนเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งในการเรียนรู้วิชาเคมี ถ้าผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดได้ดีก็จะสามารถเรียนวิชาเคมีได้เข้าใจ โดยเฉพาะเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี ทั้งนี้การสร้างตัวแทนความคิดจะเป็นทักษะของแต่ละบุคคลอาจจะพัฒนาได้ยาก ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะ จะทำให้นักเรียนได้พัฒนาตัวแทนความคิดของตัวเองได้เร็ว ครูต้องกระตุ้นในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการสร้างข้อคำถามที่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจ อย่างไรก็ตามการใช้สื่อประกอบการเรียนจะสามารถเชื่อมโยงระดับของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดได้ดีขึ้น และจะส่งผลให้เรียนรู้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์

2.3.6 การวัดระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด

Michalchik (2008, pp. 242-243) ได้วัดระดับความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิดไว้ 5 ระดับ ดังนี้

1. การนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการบรรยายให้เห็นภาพในลักษณะทางกายภาพ (Representation as Depiction) เมื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพบุคคลสามารถสร้างตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์นั้นโดยอยู่บนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพเท่านั้น ตัวแทนความคิดนั้นเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์นั้น ณ เวลาหนึ่ง

2. การนำเสนอทักษะสัญลักษณ์เบื้องต้น (Early Symbolic Skills) บุคคลสามารถสร้างตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์นั้นโดยอยู่บนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพร่วมกับองค์ประกอบทางสัญลักษณ์บางประการ โดยไม่ได้ตระหนักถึงความหมายของคำและการเรียบเรียงให้เป็นประโยค

3. การสร้างประโยคโดยใช้รูปแบบหรือสัญลักษณ์ของตัวแทนความคิด (Syntactic Use of Formol Representation) บุคคลสามารถสร้างตัวแทนความคิดขึ้นซึ่งมีกระบวนการนำเสนอไม่ตรงตามแนวทางวิทยาศาสตร์ มีการเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิด 2 ตัวแทนความคิดใน

ปรากฏการณ์เดียวกันเพียงแต่อยู่บนพื้นฐานในระดับการวิเคราะห์คำและประโยคมากกว่าที่จะพิจารณาถึงความหมายและลักษณะของตัวแทนความคิด

4. การให้ความหมายหรือประโยคของคำของตัวแทนความคิด (Semantic Use of Formal Representation) บุคคลสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแทนความคิดโดยอยู่บนพื้นฐานของความหมายตัวแทนความคิดและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ มีการปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดที่ได้รับไปสู่ตัวแทนความคิดอื่น บุคคลสามารถใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ แก้ปัญหา หรือทำนาย

5. การสะท้อนถึงการใช้รูปแบบของตัวแทนความคิด (Reflective Rhetorical Use of Representation) บุคคลสามารถใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและกระบวนการที่ซ่อนอยู่ ใช้ตัวแทนความคิดอธิบายบริบทในสังคมและสำนวนภาษาได้ มีการใช้ตัวแทนความคิดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ บุคคลที่เข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีการตีความหมายของประโยคที่ต้องการ

จากแนวคิดของนักการศึกษาข้างต้น พบว่า ความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิดเป็นสิ่งที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากความคิดสามารถมองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จะสะท้อนออกมาในรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น รูปภาพ แบบจำลอง สัญลักษณ์ เป็นต้น การแสดงออกดังกล่าวล้วนเป็นความสามารถของแต่ละบุคคล เพื่อเปลี่ยนแปลงตัวแทนความคิดจากระดับหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง ผู้วิจัยจึงวัดระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดอยู่ 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Michalchik (2008, pp. 242-243) ดังนี้ การนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการบรรยายให้เห็นภาพ การนำเสนอทักษะสัญลักษณ์เบื้องต้น การสร้างประโยคโดยใช้รูปแบบของตัวแทนความคิด การให้ความหมายของรูปแบบตัวแทนความคิด และการสะท้อนถึงการใช้ตัวแทนความคิด

2.4 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)

2.4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2543, น. 4) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดที่รอบครอบ มีเหตุผล มีผล ผ่านการพิจารณาของข้อมูลและการตรวจสอบรอบด้านอย่างรอบครอบ มีการไตร่ตรองผลที่สามารถเกิดได้จากการตัดสินใจทั้งด้านคุณและโทษ มีการทบทวนเพื่อหาข้อสรุปก่อนนำไปสู่การตัดสินใจ

สันศนีย์ ฉัตรคุปต์ (2544, น. 31-32) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจแก้ปัญหาโดยยึดหลักการด้วยเหตุผล พิจารณาได้ว่าอะไรจริง อะไรคือความถูกต้อง ใช้สติปัญญาในการคิดไตร่ตรองมากกว่าการใช้อารมณ์ ดังนั้น การคิดประเภทนี้จึงเป็นการคิดที่เปิดกว้างและมีเป้าหมายที่แน่นอน สามารถตรวจสอบความคิดและประเมินความคิดของตนเองได้

ทิสนา เขมมณี (2544, น. 78) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความคิดที่สะท้อนออกมาอย่างมีเหตุผล เพื่อแสดงการตัดสินใจว่าเชื่อหรือทำอะไร ความคิดจะมีเหตุผลก็ต่อเมื่อสามารถอธิบายข้อถกเถียงหรือข้อโต้แย้งได้อย่างสมเหตุสมผล โดยมีหลักฐานยืนยันได้นำเชื่อถือ

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 2) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดที่มีเหตุผล โดยผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบครอบ มีหลักเกณฑ์มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้ เพื่อนำไปสู่การสรุปและการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพว่าสิ่งใดถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ

Watson and Glaser (1964, อ้างถึงใน ดารารัตน์ มากมีทรัพย์, 2553, น. 19) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ลักษณะการคิดที่เป็นการผสมผสานทัศนคติ ความรู้ และทักษะ โดยที่ทัศนคติของการสืบเสาะจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการรับรู้และเข้าใจปัญหาที่มีอยู่ยอมรับความต้องการในการ สนับสนุนอย่างมีหลักฐานมาอ้างอิงว่าเป็นจริง ความรู้เป็นการให้น้ำหนักความถูกต้อง มีเหตุผล โดยการพิจารณาอย่างมีหลักตรรกะในการอนุมาน การสรุปความ การประเมิน และการตัดสินใจอย่าง ถูกต้องและเหมาะสม

Emmis (1985, p. 1) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดอย่างไตร่ตรอง และมีเหตุผล ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจว่าควรเชื่อหรือกระทำสิ่งใด ช่วยให้ตัดสินใจสภาพการณ์ได้อย่างถูกต้อง โดยเน้นประเด็นสำคัญ 4 ประการ คือ การคิดที่ใช้เหตุผล การคิดที่มีการไตร่ตรองตรวจสอบเหตุผลทั้งของตนเองและผู้อื่น การคิดที่เน้นการมีสติสัมปชัญญะและการคิดที่เป็นการตัดสินใจว่าอะไรควรเชื่อควรปฏิบัติอย่างไร

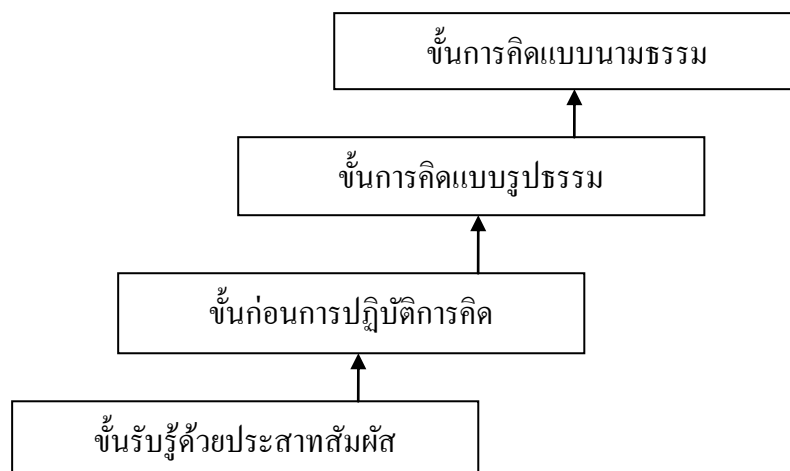
จากความหมายของนักการศึกษา ผู้วิจัยได้สรุปว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียน ซึ่งการคิดแบบมีวิจารณญาณนั้นเป็นการคิดที่มีเหตุผล โดยผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบครอบ มีหลักเกณฑ์ และมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำไปสู่การสรุปการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพว่าสิ่งใดถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ ควรเลือก และควรกระทำ และยังส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถคิดได้กว้าง คิดถูกต้อง คิดชัดเจน คิดถูกต้อง และคิดอย่างมีเหตุผล

2.4.2 ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาสมรรถภาพของผู้เรียนทั้งในด้านความรู้วิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ปัจจุบันมีการยอมรับแล้วว่า พัฒนาการทางสมองของมนุษย์ในวัยต่าง ๆ เป็นหัวใจสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ จึงนำมาเป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าถึงทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหลักแนวคิดไว้ดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางเขาวนปัญญาของ Piaget ที่ศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางเขาวนปัญญา โดยการศึกษาค้นคว้ากับเด็กกว่ามีการปรับตัว แปลความหมายสิ่งของ และเหตุการณ์ในสิ่งแวดล้อมของตนด้วยวิธีการใด Piaget มีแนวคิดว่าเขาาวนปัญญาเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ส่วนพัฒนาการทางเขาวนปัญญาเป็นผลมาจากประสบการณ์ที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับสิ่งแวดล้อม ทฤษฎีพัฒนาการทางเขาวนปัญญาของ Piaget เป็นการพัฒนาทางสติปัญญาของบุคคลเป็นไปตามวัยซึ่งแบ่งเป็น 4 ชั้น (พรรณวิไล ชมชิต, 2557, น. 3-4) ดังนี้

1. ชั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensorimotor Stage) เริ่มตั้งแต่แรกเกิดถึงประมาณ 2 ขวบ เป็นขั้นที่เด็กสามารถแสดงออก โดยการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อไม่ได้ใช้กระบวนการเกิดที่ขึ้นอยู่กับสัญลักษณ์ทางภาษา
2. ชั้นก่อนการปฏิบัติการคิด (Preoperational period) มีอายุอยู่ในช่วง 2-7 ปี ขั้นนี้เด็กเริ่มมีการเรียนรู้และเข้าใจ เริ่มมีพัฒนาการด้านภาษา สามารถพูดประโยคได้คิดในใจได้
3. ชั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational Stage) มีอายุประมาณ 7-11 ปี เด็กสามารถใช้เหตุผลในการตัดสินใจในปัญหาต่างๆ ได้ดี เป็นขั้นที่เด็กสามารถคิดด้วยการใช้สัญลักษณ์และภาษา สามารถสร้างภาพในใจได้ สามารถแก้ปัญหาคือเป็นรูปธรรมได้ สามารถคิดย้อนกลับได้ เข้าใจหลักการคงอยู่ของสสารได้ว่า สสารหรือสิ่งของแม้จะเปลี่ยนสภาพก็ยังคงมีปริมาณเท่าเดิม
4. ชั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational period) มีอายุในช่วง 11-15 ปี ในระยะนี้เป็นขั้นที่พัฒนาการทางเขาวนปัญญาจะถึงจุดสูงสุด เด็กสามารถคิดแบบผู้ใหญ่สามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ คิดตั้งสมมติฐานได้ และสร้างทฤษฎีแบบนักวิทยาศาสตร์ได้รู้จักการใช้เหตุผลของตนในการตัดสินใจต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การพัฒนาทางสติปัญญาของมนุษย์ตามวิธีการของ Piaget ปรับปรุงจาก พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์(น.3-4), 2557, มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.

ทฤษฎีของ Piaget อธิบายพัฒนาการของการคิดจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่งโดยอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ การเจริญเติบโตของร่างกายและวุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์ทางกายภาพ ประสบการณ์ทางสังคม และสภาวะสมดุล ซึ่งเป็นกระบวนการที่แต่ละคนใช้ในการปรับตัวขั้นพัฒนาการคิด ซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนตามลำดับขั้น พัฒนาการในขั้นตอนจะเป็นพัฒนาการในขั้นสูง และพบว่าพัฒนาการด้านการคิดของแต่ละคนมีลักษณะเดียวกันแต่จะต่างกันในด้านอัตราความเร็วในการเกิดของแต่ละระดับของพัฒนาการ

ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของ Guilford กล่าวถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นความสามารถทางสมองอย่างหนึ่งซึ่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและสามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นกับบุคคลได้ Guilford เป็นนักจิตวิทยาในกลุ่มจิตมิติมีความเชื่อว่าความสามารถทางสมองนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในลักษณะของความสามารถด้านต่าง ๆ การประเมินความสามารถนี้ประเมินจากแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ซึ่ง Guilford อธิบายความสามารถทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วย 3 มิติ คือ มิติด้านเนื้อหา มิติด้านวิธีการ และมิติผลผลิต โดยได้ อธิบายถึงการคิดแบบแก้ไขปัญหาว่าเกิดจากความสามารถสมองด้านการจำ การรับรู้ การคิดแบบอเนกนัย การคิดแบบเอกนัย และการประเมินค่าซึ่งความสามารถดังกล่าวนี้จะนำมาปฏิบัติร่วมกัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดแบบผสมผสานขององค์ประกอบด้านมิติ เมื่อบุคคลพบปัญหา ก็จะสามารทรอบถึงปัญหาได้ โดยการวิเคราะห์จากความจำที่มีมาอยู่แล้วหรืออาจมีมาจากการแก้ไขข้อมูลครั้งก่อนแล้วจากนั้นประเมินเพื่อแยกแยะประเภทที่มีความเกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกัน

ปัญหา โดยการใช้การคิดแบบอเนกนัยกับอเนกนัยสลับกันตามลักษณะของปัญหา ดังนั้น Guilford จึงสร้างองค์ประกอบเพื่อวิเคราะห์หาปัญหา พบว่า องค์ประกอบที่สำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นมีอยู่ 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิปัญญา ด้านการแก้ปัญหาและด้านการประเมิน (อรัญญา สติตไพบูลย์, 2550, น. 24)

ดังนั้นการนำทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากครูจะนำมาสร้างเป็นแนวคิดปฏิบัติแล้ว ยังช่วยในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยครูต้องฝึกให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการคิดแบบรูปธรรมก่อน เพราะ ผู้เรียนจะได้ประสบการณ์ทางการคิดด้านสมอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี ฝึกการสังเกต การสรุปเป็นหลักการ จากนั้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติสืบเสาะหาความรู้เพื่อตั้งสมมติฐานจนสามารถสรุปอ้างอิงได้ สิ่งเหล่านี้เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งเป็นกระบวนการคิดขั้นสูง

2.4.3 ประเภทของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทิสนา แคมมณี (2544, น. 78-79) ได้จำแนกประเภทของการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การคิดที่มีวิจารณญาณ เป็นศิลปะการคิดที่เกี่ยวกับความคิดของตนเพื่อช่วยให้ความคิดของตนมีความชัดเจนและถูกต้อง เป็นศิลปะการสงสัยอย่างสร้างสรรค์และเป็นศิลปะการค้นหาเพื่อขจัดอคติ เกิดการเรียนรู้ที่มีเหตุผลและกระจ่างชัดในสิ่งที่ไม่รู้
2. การคิดที่ไม่มีวิจารณญาณ เป็นการคิดที่ยึดติดกับความต้องการของตน ยึดติดอยู่กับเงื่อนไขทางสังคมรวมทั้งอคติและความประทับใจที่ไม่มีเหตุผล เป็นการคิดที่ยึดตัวเองเป็นหลัก ขาดความรอบครอบ ขาดสมมติฐาน และไม่มีแนวทางการนำไปใช้
3. การคิดที่มีวิจารณญาณแบบยึดความสนใจของตน การคิดประเภทนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเรื่องที่คิดอยู่ในความสนใจของตนซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎี เป็นการคิดอย่างชำนาญตั้งอยู่บนสมมติฐานที่มีเหตุผล หรือเป็นทักษะการคิดอย่างชำนาญที่ได้มาจากความสนใจการยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง การยึดชนชั้นหรือกลุ่มของตนเองมากกว่าความเป็นจริงหรือเหตุผล
4. การคิดที่มีวิจารณญาณแบบเป็นกลางหรือยุติธรรม เป็นการคิดที่ชำนาญมีความสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีแม้ไม่ใช่เรื่องที่ตนเองสนใจ มีความเข้าใจในความคิดเห็นที่ขัดแย้งกับตนและยึดความจริงเป็นหลักนึกถึงส่วนรวม

2.4.4 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Freeley (1976, อ้างถึงใน ชัญญา ศรีม่วง, 2557, น. 33-34) ได้เสนอองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและความรู้สึก
2. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
3. การพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล
4. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อคิดเห็น หรือเหตุผลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลนั้น
5. การค้นหาสิ่งที่เป็นอคติและความลำเอียง
6. การระบุถึงข้ออ้าง
7. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อคิดเห็นหรือข้อแย้งที่ยังคลุมเครือ
8. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อคิดเห็นที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้
9. การตระหนักในสิ่งที่ไม่คงที่ตามหลักการเหตุผลที่ผิด ๆ
10. การพิจารณาความมั่นคงหนักแน่นในข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็น

Emmis (1989, อ้างถึงใน ชัญญา ศรีม่วง, 2557, น. 34-36) ได้เสนอองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย 2 ด้านคือ ด้านลักษณะ (Disposition) และด้านความสามารถ (Ability) ดังนี้

1. ด้านลักษณะ (Disposition) ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีดังนี้
 - 1.1 การตั้งคำถามหรือการค้นหาข้อมูลจากเนื้อเรื่องที่ให้มา
 - 1.2 การค้นหาเหตุผล
 - 1.3 การแสดงออกอย่างมีเหตุผล
 - 1.4 การอ้างอิงแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้
 - 1.5 การทำความเข้าใจในเรื่องราวของสถานการณ์ปัญหา
 - 1.6 การบอกถึงความเข้าใจเรื่องราวของสถานการณ์ปัญหา
 - 1.7 การเก็บความรู้ขึ้นพื้นฐาน
 - 1.8 การสร้างทางเลือก
 - 1.9 การยอมรับพิจารณาความคิดเห็นของผู้อื่น โดยใช้เหตุผลในการตัดสินใจ
 - 1.10 มีจุดยืนและสามารถเปลี่ยนแปลงจุดยืนได้ถ้ามีหลักฐานเพียงพอ
 - 1.11 การหาเหตุผลให้มากที่สุดเพื่อตรวจสอบข้อมูลความถูกต้อง
 - 1.12 ดำเนินการอย่างมีระเบียบ

- 1.13 ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นและเปิดใจกว้าง
2. ด้านความสามารถ (Disposition) ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีดังนี้
- 2.1 สามารถกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา เช่น การระบุปัญหาสำคัญได้ชัดเจนหรือระบุเกณฑ์เพื่อตัดสินคำตอบที่เป็นไปได้
- 2.2 สามารถคิดวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ เช่น การระบุข้อมูลที่มีเหตุผลหรือน่าเชื่อถือ การระบุข้อมูลที่ไม่มีเหตุผลหรือไม่น่าเชื่อถือ การระบุความเหมือนและความแตกต่างของความคิดเห็นหรือข้อมูลที่มีอยู่
- 2.3 สามารถถามคำถามที่ท้าทาย และตอบคำถามได้อย่างชัดเจน คำถามที่ใช้ เช่น เพราะเหตุใด ประเด็นสำคัญคืออะไร อะไรเป็นข้อมูลที่มีเหตุผล
- 2.4 สามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลได้ เช่น ข้อมูลที่ได้มาจากผู้เชี่ยวชาญเป็นข้อมูลที่ไม่มีข้อโต้แย้งและเป็นข้อมูลที่ได้รับการยอมรับ
- 2.5 สามารถสังเกตและตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเองได้ โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้
- 2.5.1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเองโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5
- 2.5.2 การบันทึกข้อมูลเป็นผลจากการสังเกตด้วยตนเอง และบันทึกทันที ไม่ปล่อยทิ้งไว้นาน
- 2.6 สามารถนิรนัยและตัดสินผลการนิรนัยได้ คือ สามารถนำหลักการใหญ่ไปแตกเป็นหลักการย่อย ๆ ได้ หรือนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
- 2.7 สามารถอุปนัยและตัดสินอุปนัยได้ คือ ในการสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรนั้น กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรและก่อนจะมีการอุปนัยนั้น ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องตามแผนที่กำหนดและมีข้อมูลเพียงพอต่อการสรุปแบบอุปนัย
- 2.8 สามารถตัดสินคุณค่าได้ เช่น สามารถพิจารณาทางเลือกโดยมีข้อมูลเพียงพอสามารถชั่งน้ำหนักระหว่างดีและไม่ดี หรือผลดีและผลเสียก่อนตัดสินใจ
- 2.9 สามารถให้ความหมายคำต่าง ๆ ได้ชัดเจน และตัดสินความหมายได้ เช่น สามารถบอกคำเหมือน คำที่มีความหมายคล้ายกัน สามารถจำแนกและจัดกลุ่มได้ สามารถให้คำนิยามเชิงปฏิบัติได้ ยกตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ได้
- 2.10 สามารถระบุข้อสันนิษฐานได้เอง เช่น การคาดการณ์หรือสันนิษฐานจากแหล่งข้อมูลหรือสถานการณ์

2.11 สามารถตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติได้ เช่น การกำหนดปัญหา การเลือกเกณฑ์ตัดสินผลที่เป็นไปได้ กำหนดทางเลือกอย่างหลากหลาย การเลือกทางเลือกเพื่อปฏิบัติ และการทบทวนทางเลือกอย่างมีเหตุผล

2.12 การปฏิสัมพันธ์เพื่อให้ได้ข้อมูลความรู้ และการมีทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในกลุ่มและกลุ่มอื่น ๆ การเขียนและนำเสนอได้ตรงประเด็นชัดเจนและถูกหลักไวยากรณ์ ใช้คำศัพท์ได้เหมาะสมน่าสนใจผู้ฟังเข้าใจง่าย

จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาที่ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวถือได้ว่าเป็นความสำคัญต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเฉพาะผู้เรียนทุกระดับ เนื่องจาก การคิดแบบมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการที่จะต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นไม่มีใครสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น กระบวนการคิดแก้ปัญหา กระบวนการคิดตัดสินใจ กระบวนการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และกระบวนการวิจัย เป็นต้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Ennis

2.4.5 กระบวนการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของกระทรวงศึกษาธิการ เป็นการพัฒนากระบวนการคิดโดยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อาจเลือกใช้ขั้นตอนใดก่อนหลังก็ได้ตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ครบองค์ประกอบของขั้นตอน นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สรุปได้ว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีลักษณะดังนี้

Watson and Glaser (1964, pp. 16-17) ได้กล่าวถึงกระบวนการการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย ทักษะคิด ความรู้ และทักษะ ดังนี้

1. ทักษะคิด ประกอบด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหาและความต้องการที่จะสืบเสาะค้นหาข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อมาพิสูจน์ข้อเท็จจริง
2. ความรู้ที่ใช้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิงและการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล
3. ทักษะในการใช้ความรู้และทักษะคิดดังกล่าว

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2543, น. 67) ได้เสนอกระบวนการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังนี้

1. การสังเกต เน้นการให้ทำกิจกรรมรับรู้แบบปรนัยจนเกิดความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และสรุปเป็นใจความสำคัญครบถ้วนตรงตามหลักฐานข้อมูล

2. การอธิบาย ให้ผู้เรียนตอบคำถามแสดงความคิดเห็นเชิงเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับสิ่งที่กำหนดเน้นการใช้เหตุผลด้วยหลักการ กฎเกณฑ์ หรือหลักฐานข้อมูลประกอบให้น่าเชื่อถือ

3. การรับฟัง ให้ผู้เรียนได้ฟังความคิดเห็น ได้ตอบคำถามวิพากษ์วิจารณ์จากผู้อื่น ที่มีต่อความคิดของตน เน้นการปรับเปลี่ยนความคิดเดิมของตนตามเหตุผลหรือข้อมูล โดยไม่ใช้อารมณ์หรือดื้อแพ่งต่อความคิดเดิม

4. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ให้ผู้เรียนเปรียบเทียบความแตกต่างและความคล้ายคลึงของสิ่งต่าง ๆ โดยสรุปจัดกลุ่มสิ่งที่เป็นพวกเดียวกัน เชื่อมโยงเหตุการณ์เชิงเหตุผลและผลหากกฎเกณฑ์การเชื่อมโยงในลักษณะอุปมาอุปไมย

5. การวิจารณ์ จัดกิจกรรมให้วิเคราะห์เหตุการณ์ คำกล่าว แนวคิด หรือการกระทำ แล้วให้จำแนกหาจุดเด่นจุดด้อย ส่วนดีส่วนเสีย ส่วนสำคัญไม่สำคัญ ด้วยการยกเหตุผลหลักการมาประกอบการวิจารณ์

6. การสรุป การจัดกิจกรรมให้พิจารณาส่วนประกอบของการกระทำหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกันแล้วให้สรุปผลอย่างตรงและถูกต้องตามหลักฐานข้อมูล

ทิสนา เขมมณี (2544, น. 150-151) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การนิยามและการทำความเข้าใจของปัญหา ประกอบด้วย

1.1 การระบุปัญหา

1.2 การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างบุคคล ความคิด หรือวัตถุสิ่งของตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไป

1.3 การตัดสินใจระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง และข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็น

1.4 การตั้งคำถามที่จะนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและชัดเจนที่เกี่ยวกับเรื่องราวและสถานการณ์

2. การพิจารณาตัดสินใจข้อมูลที่สัมพันธ์กับปัญหา ประกอบด้วย

2.1 การจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงของข้อคิดเห็นและการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

2.2 การตัดสินใจว่าข้อความที่กำหนดให้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กันหรือไม่

2.3 การระบุข้อสมมติฐานที่ไม่ได้กล่าวไว้ในการอ้างเหตุผล

2.4 การระบุความคิดที่คนยึดติดหรือความคิดดั้งเดิมและปัจจัยด้านอารมณ์

2.5 การระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยม

3. การแก้ปัญหาและการลงสรุป ประกอบด้วย

3.1 การระบุนความเพียงพอของข้อมูล

3.2 การพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นพื้นฐานของการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาอื่น ๆ จากแนวคิดของนักการศึกษาจะเห็นได้ว่าความรู้กับความคิดมีความสัมพันธ์กัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดขั้นสูงสามารถฝึกฝนได้ด้วยการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะพื้นฐานในการคิดโดยต้องจัดให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตัวเอง ครูผู้สอนจะคอยช่วยเหลือพร้อมแนะนำนักเรียนโดยการใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กิจกรรมในการจัดการเรียนการสอนถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เช่น กิจกรรมการทดลองเพื่อค้นพบคำตอบที่สงสัยทำให้เกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้และเป็นบุคคลที่มีเหตุมีผลจนสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

2.4.6 ลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณถือได้ว่าเป็นการคิดที่สำคัญและจำเป็นสำหรับนักเรียนในทุกกระดับ เนื่องจากมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ความคิดที่ผ่านการพิจารณาถึงข้อมูล หลักฐาน และเหตุผล ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นพื้นฐานของการคิดทั้งหมด ซึ่งมีผู้ที่เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการแสดงออกของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

Watson and Glaser (1964, p. 13) กล่าวถึงลักษณะการแสดงออกของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. จำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่คาดคะเนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ไว้ได้
2. จำแนกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องยอมรับก่อนมีการโต้แย้งหรืออธิบายข้อความอื่นๆ
3. สามารถจำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็นผลของความสัมพันธ์ของสถานการณ์
4. สามารถจำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็นลักษณะที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
5. สามารถจำแนกระหว่างการอ้างอิงเหตุผลที่หนักแน่นกับไม่หนักแน่นเมื่อพิจารณาตามความสำคัญและเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา

Emmis (1991, p. 46) กล่าวถึงลักษณะการแสดงออกของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. พูด เขียน และสื่อความเข้าใจได้ชัดเจน
2. กำหนดประเด็นหรือปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน
3. พิจารณาสถานการณ์ต่าง ๆ ในภาพรวมได้

4. เป็นบุคคลที่มีเหตุผลและใช้เหตุผลในการตัดสินใจ
5. เป็นคนที่มีความรู้ ทนต่อเหตุการณ์ มีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา
6. พิจารณาทางเลือกในหลาย ๆ เส้นทางได้
7. แสวงหาความถูกต้องและมีความแม่นยำ
8. ตระหนักถึงความเชื่อพื้นฐานของตนเอง
9. เปิดใจกว้างในการพิจารณาทรรศนะอื่น ๆ นอกเหนือจากแนวคิดของตนเอง
10. ไม่ด่วนในการตัดสินใจและวินิจฉัยในกรณีที่สำคัญและเหตุผลไม่เพียงพอ
11. ยืนยันข้อสรุปหรือเปลี่ยนแปลงเมื่อมีหลักฐานและเหตุผลที่เพียงพอ
12. มีการคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2543, น. 72) กล่าวถึงลักษณะการแสดงออกของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ตระหนักถึงความสำคัญของความหมายได้ชัดเจน
2. กำหนดประเด็นปัญหา นิยามปัญหา และข้อโต้แย้งได้ชัดเจน
3. สังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยความเป็นปรนัย
4. วินิจฉัยและตัดสินใจจากการสังเกตได้
5. สามารถแก้ปัญหาได้เมื่อพิจารณาข้อมูล
6. เห็นความสำคัญของความรู้ที่เชื่อถือได้ ไม่ใช่การเดาเพื่อหาข้อเท็จจริง
7. จำแนกประเภท และจัดกลุ่มของข้อมูลได้
8. ให้ความสำคัญกับการตั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหา
9. กำหนดทางเลือกได้หลายเส้นทาง
10. เป็นบุคคลที่มีความรู้ ทันสมัย และแสวงหาความรู้อยู่เสมอ
11. ตัดสินใจและสรุปข้อมูลได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

จากแนวคิดเกี่ยวกับการแสดงออกของการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักการศึกษา พบว่า มีแนวคิดในลักษณะที่หลากหลาย นักการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในสมองของบุคคลที่ส่งผลต่อการแสดงออกของพฤติกรรมภายนอก พบว่ามีพฤติกรรมแตกต่างกันออกไป บุคคลใดที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะถือได้ว่าเป็นบุคคลที่มีการคิดในขั้นสูง รู้จักการใช้เหตุผลในการตัดสินใจ สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ และเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ที่มั่นสาะแสวงหาความรู้ตลอดเวลา

2.4.7 ประโยชน์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทิสนา แคมมณี (2544, น. 59) กล่าวถึงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีความคิดวิจารณ์ มีดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนปฏิบัติงานได้อย่างมีหลักการและเหตุผลและได้งานที่มีประสิทธิภาพ
2. ช่วยให้ผู้เรียนประเมินงานโดยใช้เกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล
3. ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการตัดสินใจและประเมินตนเองอย่างมีเหตุผล
4. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาอย่างมีความหมายและเป็นประโยชน์
5. ผู้เรียนฝึกทักษะการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา
6. ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นคว้าความรู้ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย และลงข้อสรุปได้
7. ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการใช้ภาษาและสื่อความหมาย
8. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง และคิดอย่างสมเหตุสมผล
9. ช่วยให้ผู้เรียนมีปัญญา มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย และมีความเมตตา
10. ทำให้ผู้เรียน อ่าน เขียน พูด และฟัง ได้ดี
11. ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง

2.4.8 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Clarke and Biddle (1993, อ้างถึงใน จิต นวนแก้ว, 2543, น. 54) กล่าวถึง การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ ครูสามารถปฏิบัติตนได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นนักวิจัย โดยการถามให้นักเรียนคิดอย่างกว้างไกลในการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์
2. เป็นนักออกแบบ โดยการสอนให้นักเรียนออกแบบสื่อวัสดุต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนพบคำตอบได้
3. เป็นผู้ให้คำปรึกษา โดยให้คำปรึกษาแก่นักเรียนที่ยังไม่คุ้นเคยกับกระบวนการคิดสืบสวนเพื่อค้นหาคำตอบ
4. เป็นกรรมการ โดยคอยช่วยขัดข้อขัดแย้งและควรสนับสนุนที่เกิดกับนักเรียน และหาจังหวะส่งเสริมให้คิดด้วยคำถามที่เหมาะสม
5. เป็นนักวิเคราะห์ โดยการชี้แนะให้นักเรียนคิดไปในแนวทางที่ถูกต้อง

6. เป็นผู้ตัดสินใจ โดยตัดสินใจว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด เช่น การถามเพื่อทดสอบความรู้ในเนื้อหาและกระบวนการคิด

Paul (1997, อ้างถึงใน สุปรียา ชำนาญเอื้อ, 2543, น. 37-38) กล่าวว่าการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณในวงการศึกษา มีรากฐานมาตั้งแต่สมัยของเพลโต ในการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์จะให้นักเรียนเกิดการคิดวิจรณ์ญาณซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ในวิธีการทาง วิทยาศาสตร์ กระบวนการข้อเท็จจริง การใช้คำจำกัดความ ศัพท์เฉพาะ และมโนคติ ซึ่งมียุทธวิธีใน การสอน ดังนี้

1. การใช้ตัวอย่างที่หลากหลายหรือการสร้างสถานการณ์ที่เหมือนจริงให้ใกล้เคียงกับการดำเนินชีวิตประจำวันของนักเรียน
2. การใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์ เช่น ภาพเคลื่อนไหว และ ภาพนิ่ง เป็นต้น
3. การให้ผู้เรียนค้นพบและแก้ปัญหาด้วยตัวเอง
4. การจัดให้มีการอภิปรายเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกัน
5. การใช้คำถาม จะเป็นประเด็นพื้นฐานในการสร้างปัญหาเพื่อนำไปสู่การคิด
6. ครูสร้างสถานการณ์บทบาทสมมติขึ้นมาและให้นักเรียนแสดงตามบทบาทที่คิดเพื่อการแสดงออกทั้งด้านความรู้ ความคิด และพฤติกรรมของนักเรียนเป็นพื้นฐานในการสร้าง ความรู้ความเข้าใจให้แก่ นักเรียน

อุษณีย์ โพธิ์สุข (2537, น. 99-100) ได้เสนอแนวการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนดังนี้

1. จัดให้นักเรียนศึกษานอกสถานที่ เช่น แหล่งการเรียนรู้ในชุมชน
2. ฝึกให้นักเรียนทำการวิจัยหรือการศึกษาความรู้ด้วยตนเอง
3. ใช้กิจกรรมและสื่อที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความคิดและความสนใจ
4. การใช้สถานการณ์สมมติเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่กระฉับกระฉวย
5. จัดการอภิปราย โดยให้นักเรียนมีโอกาสเสนอผลงานในสิ่งที่ตนเองศึกษา
6. ทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อระดมความคิด เพราะ การไตร่ตรองความคิดของกลุ่มที่เกิดจากการวิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ล้วนเป็นทักษะขั้นสูงทางสติปัญญาและทางสังคม

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีแนวคิด ทฤษฎี และขั้นตอน การฝึกคิดที่หลากหลายแต่ส่วนใหญ่ก็มีความคล้ายกัน นั่นคือ เริ่มจากการทำความเข้าใจประเด็น ปัญหาจากนั้นก็มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยมีการวิเคราะห์เพื่อ หาทางเลือกของคำตอบและประเมินทางเลือกหลาย ๆ ทาง แล้วจึงสรุปและตัดสินใจ การคิดอย่างมี วิจารณญาณเป็นสิ่งที่สำคัญมากต่อการดำเนินชีวิต โดยเฉพาะนักเรียน เพราะเกี่ยวข้อง กับ

กระบวนการคิดซึ่งกระบวนการคิดดังกล่าวนี้ หมายถึง การคิดที่ต้องดำเนินไปตามขั้นตอน การดำเนินเช่นนี้จะช่วยให้การคิดนั้นประสบผลสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมากที่สุดที่ครูต้องคำนึงถึง เพราะ กระบวนการส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในชั้นเรียนโดยครูต้องคำนึงถึงความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลซึ่งแต่ละคนมีความคิดที่แตกต่างกัน ครูต้องฝึกฝนการคิดให้แก่ักเรียนอย่างสม่ำเสมอโดยวิธีการฝึกให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตัวเอง ครูเป็นผู้ช่วยหรือที่ปรึกษาในการค้นหาคำตอบเมื่อนักเรียนได้คำตอบของตนเองแล้วครูควรจัดกิจกรรมให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเพื่อถกเถียงถึงปัญหาที่เกิดขึ้น เพราะ ในขั้นนี้นักเรียนอาจคิดว่าความคิดของตัวเองถูกแล้ว ดังนั้น ครูจึงมีบทบาทสำคัญในขั้นนี้มากโดยครูต้องอธิบายอย่างละเอียดและถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อน และครูต้องขยายความรู้โดยการเชื่อมโยงความรู้ที่ไม่ใช่ในเนื้อหาให้เกิดเป็นความรู้ใหม่ กิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวนี้สามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

2.4.9 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Ennis (1961, อ้างถึงใน ทองหล่อ วันวิเศษ, 2558, น. 44-45) กล่าวถึงการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้แบบทดสอบความคิดวิจารณ์ของคอร์เนล (Cornell Critical Thinking Test) เป็นการวัดความสามารถทางสมองของนักจิตวิทยาที่ว่าความสามารถของมนุษย์แต่ละคนมีระดับแตกต่างกัน ซึ่งสามารถวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ ในปัจจุบันเป็นแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ของคอร์เนล สร้างโดย Ennis and Millman จากนั้นได้มีการได้พัฒนาปรับปรุงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งในปี ค.ศ 1985 ทั้งสองได้ร่วมกันสร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ขึ้นมา 2 ฉบับ เพื่อวัดกลุ่มบุคคลในระดับต่างกัน ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์คอร์เนลระดับเอกซ์ (Cornell Critical Thinking Test Level X) แบบทดสอบนี้จะวัดใน 4 ด้าน คือ การอุปนัย การนิรนัย ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและการสังเกต และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2. แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์คอร์เนลระดับเซด (Cornell Critical Thinking Test Level Z) แบบทดสอบนี้จะวัดความสามารถ 7 ด้าน คือ การอุปนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง การอ้างอิงเหตุผลคิดหลักการนิรนัย การให้คำนิยาม และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

เกคินี ศรีวรรณ (2551, น. 368-374) ได้สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบอัตนัย จำนวน 7 ข้อ เป็นการวัดการพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผลโดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์ และความสมบูรณ์ของข้อมูล หรือการวิเคราะห์ร่องรอยหลักฐานหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้อย่างมีหลักเกณฑ์ โดยวัดทักษะการคิดตามแนวคิดของ Ennis 12 ทักษะ ดังนี้

1. การกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา
2. การคิดวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
3. การถามคำถามที่ท้าทายและตอบคำถามได้อย่างชัดเจน
4. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
5. การสังเกตและตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเอง
6. การนิรนัยและตัดสินผลการนิรนัย
7. การอุปนัยและตัดสินอุปนัย
8. การตัดสินคุณค่า
9. การให้ความหมายของคำต่าง ๆ
10. การระบุข้อสันนิษฐาน
11. การตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติ
12. การปฏิสัมพันธ์เพื่อให้ได้ข้อมูลความรู้และทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวถึงแบบวัตการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบวัตการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ เกตินี ศรีวรรณ (2551) โดยวัดทักษะตามแนวคิดของ Emnis โดยผ่านแบบทดสอบวัดความสามารถด้านต่าง ๆ 12 ทักษะ เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถกำหนดปัญหาได้ชัดเจน แก้ไขปัญหาได้ ตอบคำถามได้ชัดเจน พิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ เป็นคนช่างสังเกต มีความสามารถด้านนิรนัยและอุปนัย ตัดสินคุณค่าได้ ให้ความหมายได้ ตัดสินใจเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติได้ มีปฏิสัมพันธ์ และทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement)

2.5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิเชียร เกตุสิงห์ (2523, น. 42) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ทักษะและสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วในอดีต

ไพศาล หวังวานิช (2533, น. 89) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรม หรือการสอน จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วมีความสามารถชนิดใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, น. 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอนทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, น. 295) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนรู้ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

ทิสนา แคมมณี (2548, น. 10) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ การพัฒนาทักษะในด้านการเรียน ซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้งสองอย่าง

จากความหมายของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการจัดการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน อาจเกิดจากความรู้ประสบการณ์เดิม หรือเกิดจากการเรียนรู้ในชั้นเรียน เช่น การคิด การวิเคราะห์ การค้นคว้า การทำกิจกรรม เป็นต้น โดยจะแสดงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลนั้นออกมาในด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย

2.5.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2541, น. 122) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ในเนื้อหาและจุดประสงค์ในรายวิชาที่เรียนมาในโรงเรียน ซึ่งเป็นเครื่องมือหลักของการวัดผล

สมนึก ภัททิยธนี (2546, น. 55) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ที่ผ่านมาแล้ว

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551, น. 72) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดระดับความสามารถของผู้เรียนว่ามีความรู้ ความสามารถ และทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด

จากความหมายของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ความสามารถทางการเรียนด้านเนื้อหาวิชาการต่าง ๆ และทักษะของนักเรียนที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบทดสอบที่วัดว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์มากน้อยเพียงใด

2.5.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2532, น. 8-9) จำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) คือแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดและคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) คือแบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจของข้อสอบประเภทนี้ การรายงานผลการจำแนกอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นที่ใช้กลุ่มเปรียบเทียบ

ล้วน สายยศ และ อังคนา สายยศ (2538, น. 171-177) ได้แบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหนบอกพร้อมตรงไหนจะได้สอนเสริมหรือวัดดูความพร้อมที่จะขึ้นบทเรียนใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบประเภทนี้สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูผู้สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอจึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เป็นหลักเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้จะใช้วัดอัตราความงอกงามของเด็กแต่ละวัยได้ ใช้สำหรับครูวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ระหว่างวิชาต่าง ๆ ของเด็กแต่ละคนได้ ข้อสอบมาตรฐานนอกจากจะมีคุณภาพของแบบทดสอบสูงแล้วยังมีมาตรฐานในด้านวิธีดำเนินการสอบ คือไม่ว่าโรงเรียนใดหรือส่วนใดนำไปใช้ต้องดำเนินการสอบเป็นแบบเดียวกัน แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอกวิธีและขั้นตอนการสอบว่าทำอย่างไรและยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนน

สมนึก ภัททิยธนี (2546, น. 45) กล่าวถึง แบบทดสอบที่นิยมใช้มากที่สุดมี 6 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบอัตนัย เป็นลักษณะที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และความคิดเห็น

2. ข้อสอบแบบปรนัย เป็นข้อสอบที่มีตัวเลือก โดยให้เลือกแบบข้อที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

3. แบบทดสอบเติมคำ เป็นลักษณะข้อสอบที่เป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำหรือข้อมูลให้ถูกต้องและสมบูรณ์

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันคือจะเป็นประโยคคำถามที่สมบูรณ์ลักษณะคำตอบที่ต้องการจะสั้น ๆ ได้ใจความ

5. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าคู่ใดบ้างมีความสัมพันธ์กัน

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คำถาม และตัวเลือก ลักษณะของตัวเลือกจะคล้าย ๆ กัน จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมดแต่ความจริงมีน้ำหนักรวมกันน้อยต่างกัน

การศึกษาลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากนักการศึกษาหลายท่านพบว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดประสิทธิผลและประสิทธิผลของผู้เรียนที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก ประเภทอิงเกณฑ์

2.5.4 คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชวาล แพร์ตกุล (2518, น. 123-136) กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีไว้ดังนี้

1. ต้องเที่ยงตรง (Validity) แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูงคือแบบทดสอบที่วัดได้อย่างถูกต้องตามจุดมุ่งหมาย

2. ต้องยุติธรรม (Fair) ลักษณะโจทย์คำถามทั้งหลายไม่มีช่องทางแนะให้เด็กเดาคำตอบได้ ไม่เปิดโอกาสให้เด็กเกียจคร้านที่จะดูตำราแต่ตอบได้ดี

3. ต้องถามลึก (Searching) วัดความลึกซึ้งของวิทยาการตามแนวดิ่งมากกว่าที่จะวัดตามแนวกว้างว่ารู้มากน้อยเพียงใด

4. ต้องช่วยเป็นเยี่ยงอย่าง (Exemplary) คำถามมีลักษณะท้าทายชักชวนให้คิด

5. ต้องจำเพาะเจาะจง (Definite) เด็กอ่านคำถามแล้วต้องเข้าใจแจ่มชัดว่าครูถามถึงอะไรหรือให้คิดอะไร ไม่ถามคลุมเครือ

6. ต้องเป็นปรนัย (Objective) ทั้งคำถาม วิธีการให้คะแนน และการแปลความหมายของการให้คะแนน

7. ต้องมีประสิทธิภาพ (Efficiency) คือสามารถให้คะแนนที่เที่ยงตรงและเชื่อถือ

8. ต้องมีความยากพอเหมาะ (Difficulty)

9. ต้องมีอำนาจจำแนก (Discrimination) สามารถแยกประเด็นออกเป็นประเภท ๆ ได้ทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดไปถึงเก่งสุด

10. ต้องเชื่อมั่นได้ (Reliability) ข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่แน่นอน
 เยาวดี วิบูลย์ศรี (2528, น. 47-48) ได้กล่าว ถึงคุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบวัดผล
 สัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. เนื้อหาหรือทักษะที่ครอบคลุมในแบบทดสอบนั้นจะต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ได้
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้แบบทดสอบวัดนั้น ถ้านำไปเปรียบเทียบกับ จะต้องให้ทุกคนมีโอกาสเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นได้ครอบคลุมและเท่าเทียมกัน
3. วัดให้ตรงกับจุดประสงค์ทุกอย่างของการสอน และต้องมั่นใจว่าได้วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้จริง
4. การวัดผลเป็นการวัดทางอ้อม เป็นการยากที่จะใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบวัดพฤติกรรมตรง ๆ ของบุคคลได้ สิ่งที่วัดได้คือการตอบสนองของข้อสอบ ดังนั้นการเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้เป็นพฤติกรรมที่จะสอบจะต้องทำอย่างรอบคอบและถูกต้อง
5. ต้องมั่นใจว่าการวัดผลสิ่งนั้นเป็นตัวแทนที่แท้จริงได้
6. การวัดผลสัมฤทธิ์จะเป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนางานการสอนของครู
7. ทดสอบเสร็จต้องมีการสอนเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหา
8. ควรใช้คำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้
9. ให้ข้อสอบมีความเหมาะสมกับนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่นความยากง่ายและเวลาในการทำแบบทดสอบ

จากที่ได้ศึกษาคูณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักการศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบต้องมีความเป็นปรนัย ทั้งข้อคำถาม และการตรวจให้คะแนน
2. แบบทดสอบต้องวัดได้ตามจุดมุ่งหมาย ข้อคำถามต้องสอดคล้องกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์ และควรเน้นในการวัดความสามารถในการใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ หรือการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ
3. การวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการวัดความเจริญอกงาม วัดการเปลี่ยนแปลง และวัดความก้าวหน้าของนักเรียน ดังนั้น ครูจะต้องทราบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีความรู้ความสามารถอย่างไร เมื่อเรียนเสร็จแล้วมีความรู้แตกต่างจากเดิมหรือไม่ โดยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

2.5.5 แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 11) ได้กล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงมากที่สุดคือแนวคิดของ Bloom ซึ่งใช้วัดด้านพุทธิพิสัย แบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่

1. ความรู้ ความจำ (Knowledge) เป็นเรื่องที่ต้องการรู้ว่าผู้เรียนระลึกได้จำข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงได้เพราะข้อเท็จจริงบางอย่างมีค่าต่อการเรียนรู้

2. ความเข้าใจ (Comprehension) แสดงถึงระดับความสามารถการแปลความ การตีความ และขยายความในเรื่องราวและในเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น การจับใจความ การอธิบายความหมาย และอธิบายเนื้อหาได้

3. การนำไปใช้ (Application) ต้องอาศัยความเข้าใจเป็นพื้นฐานในการตีความของข้อมูล เมื่อต้องการทราบว่าข้อมูลนั้นมีประเด็นสำคัญอะไรบ้าง ต้องรู้จักการเปรียบเทียบแยกแยะถึงความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้เหตุผลพิจารณา

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นทักษะทางปัญญาในระดับสูง จะเน้นการแยกแยะข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย ๆ และพยายามมองหาความสัมพันธ์และการจัดรวบรวม Bloom ได้แยกจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ คือ การพิจารณาหรือจัดประเภทองค์ประกอบ การสร้างความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันระหว่างองค์ประกอบนั้น ๆ และการคำนึงถึงหลักการที่ได้

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการนำเอาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่แยกแยะแล้วนำมารวมกันในรูปแบบใหม่

6. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการใช้เกณฑ์และมาตรฐานเพื่อพิจารณาจุดมุ่งหมายว่าเป็นไปตามสิ่งที่ต้องการไว้หรือไม่

ประวิตร ชูศิลป์ (2524, น. 21-31) กล่าวถึงแนวความคิดและทฤษฎีที่เป็นแนวในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่ต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากที่ได้ศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักการศึกษา พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการพัฒนาสติปัญญาและความสามารถในการแสดงออกทางความคิด โดยอาศัยจากความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่รวมถึงการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ครอบคลุมเนื้อหาด้านพุทธพิสัย

2.5.6 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2546, น.64-77) ได้สรุปหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์และชัดเจนในเนื้อหา
2. เน้นเรื่องที่จะถามให้ชัดเจน ไม่คลุมเครือ และมีความเป็นปรนัย
3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด ไม่ควรถามเฉพาะความจำตามตำรา
4. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ
5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง ให้รัดกุม และชัดเจนขึ้น
6. เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพจน์ ให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง
7. ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ ได้แก่ คำถามที่เป็นตัวเลขนิยมเรียงจากน้อยไปมาก
8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่า ไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมดทุกข้อ และสรุปแน่นอนไม่ได้
9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียวและต้องสร้างข้อตัวลวงให้รัดกุม
10. เขียนตัวถูกและตัวผิดให้ถูกต้องตามหลักวิชา เช่น ให้สอดคล้องกับความเชื่อของสังคม หรือ คำพังเพยทั่ว ๆ ไปไม่ได้ เนื่องจากการเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาเป็นสำคัญจะนำความเชื่อมาอ้างอิงไม่ได้
11. เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง
12. อย่าแนะนำคำตอบให้มีหลายกรณี เช่น การใช้ข้อความคำตอบที่ถูกซ้ำกับคำถาม หรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

2.5.7 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญเชิด ภิญ โยอนันตพงษ์ (2526, น. 21-30) กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. พิจารณาถึงจุดประสงค์ของการนำแบบทดสอบไปใช้ ซึ่งจำเป็นต้องเรียนรู้ก่อนว่าเรานำแบบทดสอบไปใช้เพื่ออะไรและต้องสัมพันธ์กับการสอน เช่น การตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อวินิจฉัยถึงข้อบกพร่อง และตรวจสอบความก้าวหน้าหลังเรียน
2. พิจารณาถึงเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยให้มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันกับเนื้อหาที่เรียน เช่น การวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์ ความยากง่ายของเนื้อหา
3. สร้างข้อสอบโดยศึกษาจากตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์ เพื่อสร้างเป็นฉบับทดลอง
4. นำไปทดลองสอบเพื่อวิเคราะห์ประเมินผลของแบบทดสอบ เช่น ความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น
5. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบและสร้างแบบทดสอบฉบับจริง

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 59-61) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์และเนื้อหา โดยการวิเคราะห์ดูว่ามีเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้
2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ แล้วพิจารณาว่าต้องออกข้อสอบเกินไว้หัวข้อละไม่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซนต์ เพราะเมื่อนำไปทดสอบและวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายชื่อแล้วจะตัดข้อที่มีคุณภาพไม่เข้าเกณฑ์ออก จะได้ไม่น้อยกว่าข้อที่ต้องการจริง
3. กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ
4. สร้างแบบทดสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
5. ตรวจสอบข้อสอบโดยการพิจารณาข้อคำถามและตัวเลือกรีกครั้ง โดยเฉพาะด้านความถูกต้องตามหลักวิชาและภาษาที่ใช้เขียน
6. นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นส่งให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ไม่ต่ำกว่า 3 คน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามและจุดประสงค์
7. ทดลองใช้ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบแล้วนำไปปรับปรุง
8. สร้างแบบทดสอบฉบับจริง โดยเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่อยู่ในเกณฑ์มาสร้างเป็นแบบทดสอบฉบับจริง

2.5.8 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดดูว่านักเรียนมีพฤติกรรมต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ มากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง

ไพศาล หวังวานิช (2526, น. 89) กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้ 2 แบบตามจุดมุ่งหมายและลักษณะของวิชาที่สอน ดังนี้

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสาารถและทักษะในการปฏิบัติของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถในรูปแบบการกระทำจริง การวัดแบบนี้ต้องใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ (Performance Test)

2. การวัดเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสาารถเกี่ยวกับเนื้อหาของวิชา อันเป็นประสบการณ์และพฤติกรรมของผู้เรียนรวมทั้งความสาารถด้านต่าง ๆ การวัดแบบนี้ต้องใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test)

เนื่องจากการวัดและการประเมินผลเป็นการพิจารณาถึงความสามารถของผู้เรียน ในการวัดและประเมินผลของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการวัดและการประเมินผลซึ่งมุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้านคือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, น. 110-114) กล่าวถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านวิชาการตามหลักของคลอเฟเฟอร์ วัดจากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

2. ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและการดำเนินงาน เช่น การใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ

3. ด้านจิตพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ คารินและซันด์ได้เสนอวิธีการวัดผู้ที่มีพฤติกรรมด้านเจตคติวิทยาศาสตร์ด้วยการสังเกตโดยใช้แบบสังเกตทั่วไป วัดด้วยแบบมาตราประมาณค่า

จากแนวคิดของการการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักการศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่าเป็นการวัดผลทั้ง 3 ด้านคือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย เป็นการวัดถึงความสามารถและสมรรถนะของผู้เรียนที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและความสาารถของผู้เรียน ในงานวิจัยนี้ เป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย 5 ตัวเลือก

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

วิไลลักษณ์ หิงชาติ (2551, น. 46) เพื่อศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบนิเวศ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการวิจัยแบบไม่เข้าขั้นทดลอง (Pre-Experimental Designs) กลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมด มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 40 คะแนน และนักเรียนร้อยละ 98 ของนักเรียนทั้งหมด มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 40

ธิดารัตน์ ดรหลายคำ (2553, น. 32-38) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ระบบนิเวศ โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการวิจัยแบบไม่เข้าขั้นทดลอง (Pre-Experimental Designs) กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 84.21 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดมีการคิดวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 30 คะแนน

นินนาท์ จันทรสุรีย์ (2553, น. 1) ทำการศึกษาการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับของผู้เรียนเคมีโดยใช้ชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ศึกษาแนวคิดในระดับจุลภาค 2) พัฒนาหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง 35 คน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีแนวคิดในระดับจุลภาค เรื่อง สารบริสุทธิ์ และของผสม โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมีมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 นักเรียนทำกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรนันท์ หาญยุทธ (2553, น. 43-44) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านผู้เรียน ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักศึกษาพยาบาลหลักสูตรพยาบาลศาสตรบัณฑิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 ถึงชั้นปีที่ 4 ของคณะพยาบาลศาสตรมหาวิทาลัยอีสเทิร์นเอเชีย จำนวน 176 คน วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน การวิเคราะห์ t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาพยาบาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วันทนีย์ ประจะนัง (2555, น. 103) ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงรอบ โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการจะมีการสะท้อนผลการปฏิบัติการโดยผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และนักเรียน เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีวิจารณญาณคิดเป็นร้อยละ 80.34 และนักเรียนร้อยละ 93.01 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

สุนันท์ ชาติ (2554, น. 53) ที่ศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง นานาวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการวิจัยแบบไม่เข้าขั้นทดลอง (Pre-Experimental Designs) กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 29 คนผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดเป็นร้อยละ 75.86 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

ชนิดาพร พลนามอินทร์ (2555, น. 18) ที่ทำการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กลุ่มเป้าหมาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 52 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 23.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.54 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ไสว วีระพันธ์ (2555, น. 177) ทำการพัฒนาความสามารถของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง งานและพลังงาน ให้นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมายจำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ฉัฐนันท์ สาราณสุข (2556, น. 259) ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถทางการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและการจำแนก ด้วยแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มและการสุ่มแบบอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถทางการคิดวิเคราะห์หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่มี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ที่สูงจะแสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนปานกลาง และต่ำ

วิทยัตร์ พูนพิพัฒน์ (2557, น. 378-380) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสารและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 46 คน และกลุ่มควบคุม 44 คน เก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่าการเรียนด้วยรูปแบบตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดที่หลากหลายจะทำให้ นักเรียนเกิดความสนใจในมโนทัศน์ และช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยความเข้าใจ เนื่องจากตัวแทนความคิดจะช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้จากมุมมองที่หลากหลาย สามารถใช้แทนความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้

รัชณี เจนกลาง (2558, น. 1658) ทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียน เรื่อง ประเภทของพอลิเมอร์ โดยการให้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 45 คน เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิด และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดระดับความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดตามเกณฑ์ของ Michalchik (2008) ผลการวิจัยพบว่าการเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 53.33 อธิบายความหมายของพอลิเมอร์แต่ละประเภทในระดับมหภาคเท่านั้น ผู้วิจัยจึงใช้ตัวอย่างจริงและแบบจำลองประกอบการอภิปราย พบว่า หลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 37.78 อธิบายความหมายของพอลิเมอร์แต่ละประเภทในระดับโมเลกุลได้

อภิวัฒน์ ศรีกันหา (2558, น. 213) ทำการศึกษามโนคติระหว่างเรียนและหลังเรียนและตัวแทนความคิดหลังเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยระบุระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดของนักเรียนตามแนวคิด ของ Kozma ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับความสามารถที่ส่วนใหญ่มีความสามารถในการแสดงออกตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 5 ความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่สูง

จร ลวนางกูร (2560, น 369-370) ทำการศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองสำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบวัดก่อนและหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนและความสามารถในการคิดขั้นสูงสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ขั้นสูงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีพัฒนาการในด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Hudgin (1988, pp. 262-273) ที่ศึกษาผลทักษะการสอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้เทคนิคการนำตนเองของผู้เรียนเกรด 4 และ 5 ผู้เรียนกลุ่มทดลองได้ฝึกทักษะการนำตนเอง ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการควบคุมและกระบวนการตรวจสอบการคิดของตนเอง ซึ่งผู้เรียนจะต้องนำมาใช้ในการควบคุมความสามารถในการกำหนดเป้าหมายในชีวิตของงาน การปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้ การติดตามผลการปฏิบัติงานตลอดจนการตรวจสอบการคิดตนเอง ผลการศึกษาพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มควบคุม

Treagust (2007, pp. 1353-1368) ทำการศึกษาเพื่อประเมินวิธีการสอนของครูในการส่งเสริมให้นักเรียนใช้ระดับตัวแทนความคิดที่หลากหลายโดยใช้ตัวแทนความคิด 3 ระดับ ในการอธิบายเรื่อง ปฏิกริยาเคมี กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนเกรด 9 จำนวน 65 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาประเทศสิงคโปร์ โดยใช้การสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้ระดับของตัวแทนความคิดที่หลากหลายเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัยพร้อมให้เหตุผล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนมากมีการใช้ระดับของตัวแทนความคิดที่หลากหลายมาใช้ในการอธิบาย

Demirci (2009, pp. 24-36) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับกลุ่มที่จัดการเรียนการสอนปกติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง เพื่อน ครู และสิ่งแวดล้อม จะส่งผลต่อการแสดงออกของตัวแทนความคิดได้อย่างหลากหลาย นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนเข้าใจทักษะกระบวนการต่าง ๆ จะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูง แผนการจัดการเรียนรู้จะสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสุข และมีการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ