

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551
2. กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 คำถามที่นำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.4 การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัด
4. แบบทดสอบความเรียง (Essay Test)
 - 4.1 นิยามของแบบทดสอบความเรียง
 - 4.2 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง
 - 4.3 การสร้างแบบทดสอบความเรียง
5. เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)
6. คุณภาพของเครื่องมือ
 - 6.1 ค่าความยาก อำนาจจำแนก
 - 6.2 ความเชื่อมั่น
 - 6.3 ความเที่ยงตรง
7. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2. หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ
3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น
4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้
5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายสามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

3. จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพจึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้อันเป็นสากลและมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต
3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย
4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข
5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนา สิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกัน ในสังคมอย่างมีความสุข

4. ระดับการศึกษา

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จัดระดับการศึกษาเป็น 3 ระดับ ดังนี้

4.1 ระดับประถมศึกษา (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6)

การศึกษาระดับนี้เป็นช่วงแรกของการศึกษาภาคบังคับมุ่งเน้นทักษะพื้นฐาน ด้านการอ่าน การเขียน การคิดคำนวณ ทักษะการคิดพื้นฐาน การติดต่อสื่อสาร กระบวนการเรียนรู้ ทางสังคมและพื้นฐานความเป็นมนุษย์ การพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างสมบูรณ์และสมดุลทั้งในด้าน ร่างกายสติปัญญา อารมณ์ สังคม และวัฒนธรรม โดยเน้นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

4.2 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3)

เป็นช่วงสุดท้ายของการศึกษาภาคบังคับมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สำรวจความถนัด และความสนใจของตนเองส่งเสริมการพัฒนาบุคลิกภาพส่วนตน มีทักษะในการคิดอย่างมี วิจัยญาณ คิดสร้างสรรค์ และคิดแก้ปัญหา มีทักษะในการดำเนินชีวิต มีทักษะการใช้เทคโนโลยี เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ มีความรับผิดชอบต่อสังคม มีความสมดุลทั้งด้านความรู้ ความคิด ความดีงาม และมีความภูมิใจในความเป็นไทย ตลอดจนใช้เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพ หรือการศึกษาต่อ

4.3 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6)

การศึกษาระดับนี้เน้นการเพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้าน สนองตอบ ความสามารถ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนแต่ละคนทั้งด้านวิชาการและวิชาชีพ มีทักษะ ในการใช้วิทยาการและเทคโนโลยี ทักษะการคิดขั้นสูง สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิด

ประโยชน์ในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพ มุ่งพัฒนาตนและประเทศ ตามบทบาทของตน สามารถเป็นผู้นำและผู้ให้บริการชุมชนในด้านต่าง ๆ

5. การวัดและประเมินการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการคือ การประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนและเพื่อตัดสินผลการเรียน ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้ประสบผลสำเร็จนั้นผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาและประเมินตามตัวชี้วัดเพื่อให้บรรลุตาม มาตรฐานการเรียนรู้ สะท้อนสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนซึ่งเป็น เป้าหมายหลักในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระดับชั้นเรียน ระดับ สถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็น กระบวนการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โดยใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลและสารสนเทศที่แสดง พัฒนาการความก้าวหน้า และความสำเร็จทางการเรียนของผู้เรียน ตลอดจนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับชั้นเรียน ระดับ สถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ มีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินระดับชั้นเรียน

เป็นการวัดและประเมินผลที่อยู่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนดำเนินการเป็น ปกติและสม่ำเสมอในการจัดการเรียนการสอน ใช้เทคนิคการประเมินอย่างหลากหลาย เช่น การ ซักถาม การสังเกต การตรวจการบ้าน การประเมินโครงงาน การประเมินชิ้นงาน/ภาระงาน แฟ้ม สะสมงาน การใช้แบบทดสอบ ฯลฯ โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินเองหรือเปิด โอกาสให้ผู้เรียนประเมิน ตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน ผู้ปกครองร่วมประเมิน

การประเมินระดับชั้นเรียนเป็นการตรวจสอบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการความก้าวหน้าใน การเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือไม่ และมากน้อยเพียงใด สิ่ง ที่จะต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุงและส่งเสริมในด้านใด นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลให้ผู้สอนใช้ ปรับปรุงการเรียนการสอนของตนด้วย ทั้งนี้โดยสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

2. การประเมินระดับสถานศึกษา

เป็นการตรวจสอบผลการเรียนของผู้เรียนเป็นรายปี/รายภาค ผลการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน และเป็นการประเมิน เกี่ยวกับการจัดการศึกษาของสถานศึกษาว่าส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายหรือไม่

ผู้เรียนมีสิ่งที่ต้องการพัฒนาในด้านใดรวมทั้งสามารถนำผลการเรียนของผู้เรียนในสถานศึกษา เปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับชาติ และระดับเขตพื้นที่การศึกษา ผลการประเมินระดับสถานศึกษา จะเป็นข้อมูลและสารสนเทศเพื่อการปรับปรุงนโยบาย หลักสูตร โครงการ หรือวิธีการจัดการเรียน การสอน ตลอดจนเพื่อการจัดแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาของสถานศึกษาตามแนวทางการประกัน คุณภาพการศึกษา และการรายงานผลการจัดการศึกษาต่อคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้ปกครองและชุมชน

3. การประเมินระดับเขตพื้นที่การศึกษา

เป็นการประเมินคุณภาพผู้เรียนในระดับเขตพื้นที่การศึกษา ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาคุณภาพ การศึกษาของเขตพื้นที่การศึกษาตามภาวะความรับผิดชอบ สามารถดำเนินการ โดยประเมินคุณภาพ ผู้เรียนด้วยวิธีการและเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานที่จัดทำและดำเนินการ โดยเขตพื้นที่การศึกษา หรือด้วยความร่วมมือกับหน่วยงานต้นสังกัด และหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังได้ จากการตรวจสอบทบทวนข้อมูลจากการประเมินระดับสถานศึกษาในเขตพื้นที่การศึกษา

4. การประเมินระดับชาติ

เป็นการประเมินคุณภาพผู้เรียนในระดับชาติตามมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน สถานศึกษาต้องจัดให้ผู้เรียนทุกคนที่เรียนในประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เข้าร่วมการประเมิน ผลจากการ ประเมินใช้เป็นข้อมูลในการเทียบเคียงคุณภาพการศึกษาในระดับต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผน ยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา ตลอดจนข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในระดับนโยบาย ของประเทศ

สถานศึกษาในฐานะผู้รับผิดชอบจัดการศึกษาจะต้องจัดระเบียบว่าด้วยการวัด และประเมินผลการเรียนของสถานศึกษาให้สอดคล้องและเป็นไปตามหลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติ ที่เป็นข้อกำหนดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ถือปฏิบัติร่วมกัน

6. มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุ ปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

7. สาระและการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge – base Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. ทดลองและอธิบายการรักษาคุณภาพของเซลล์สิ่งมีชีวิต
2. ทดลองและอธิบายกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในพืช
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการควบคุมคุณภาพของน้ำ แร่ธาตุ และอุณหภูมิของมนุษย์และสัตว์อื่น ๆ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
4. อธิบายเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และนำความรู้ไปใช้ในการดูแลรักษาสุขภาพ

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ
 2. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
 3. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์
 4. อธิบายกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
- สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. อธิบายคุณภาพของระบบนิเวศ
2. อธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต
3. อธิบายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และเสนอแนะแนวทางในการดูแลรักษา

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. วิเคราะห์สภาพปัญหา สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก
2. อภิปรายแนวทางในการป้องกันแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
3. วางแผนและดำเนินการเฝ้าระวังอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. สืบค้นและอธิบายโครงสร้างอะตอม และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ
2. วิเคราะห์อธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุ และการเกิดปฏิกิริยา
3. อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ
4. วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีใน โครงผลึกและใน โมเลกุลของสาร
5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. ทดลอง อธิบาย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
2. ทดลองและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ
4. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
5. ทดลองและอธิบายการเกิดพอลิเมอร์ สมบัติของพอลิเมอร์

6. อธิบายการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลที่เกิดจากการผลิตและใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

7. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยาบางชนิดของคาร์โบไฮเดรต

8. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ และปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมัน

9. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยาบางชนิดของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้อง และมีคุณธรรม

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็ก และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. วิเคราะห์และอธิบายแรงนิวเคลียร์และแรงไฟฟ้าระหว่างอนุภาคในนิวเคลียส

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะของการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์แบบวงกลมและแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

3. อธิบายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์แบบวงกลมและแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิต สิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น
2. อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
3. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีสุขภาพของมนุษย์ และการเสนอวิธีป้องกัน
4. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์และการป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
5. อธิบายปฏิกริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน
6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกริยานิวเคลียร์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
7. อภิปรายผล สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และนำความรู้ไปใช้ได้
8. อธิบายชนิดและสมบัติของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี
9. อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และลักษณะของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. สืบค้นและอธิบายหลักการในการแบ่งโครงสร้างโลก
2. ทดลองเลียนแบบและอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีภาคของโลก

3. ทดลองเลียนแบบและอธิบายกระบวนการเกิดภูเขา รอยเลื่อน รอยคดโค้ง แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด

4. สืบค้นและอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

5. สำรวจ วิเคราะห์และอธิบายการลำดับชั้นหินจากการวางตัวของชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ และ โครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่ออธิบายประวัติความเป็นมาของพื้นที่

6. สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายประโยชน์ของข้อมูลทางธรณีวิทยา

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบน โลกมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. สืบค้นและอธิบายการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี และเอกภพ

2. สืบค้นและอธิบายธรรมชาติและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. สืบค้นและอธิบายการส่ง และคำนวณความเร็วในการ โคจรของดาวเทียมรอบ โลก

2. สืบค้นและอธิบายประโยชน์ของดาวเทียมในด้านต่าง ๆ

3. สืบค้นและอธิบายการส่งและสำรวจอวกาศโดยใช้ยานอวกาศและสถานีอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

1. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้นที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้
2. สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
3. ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อบัญชีอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ
4. เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้อง ทั้งทางกว้างและทางลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ
5. รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล
6. จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม
7. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
8. พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะวิธีการสำรวจตรวจสอบ
9. นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง
10. ตระหนักในความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบ การอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนถูกต้อง
11. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่
12. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และหรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการ หรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

คุณภาพผู้เรียน จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. เข้าใจการรักษาคุณภาพของเซลล์และกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต
2. เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ
3. เข้าใจกระบวนการความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
4. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
5. เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว
6. เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
7. เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล
8. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
9. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
10. เข้าใจการเกิดวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
11. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
12. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
13. วางแผนการตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

14. สื่อสารความคิดความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

15. อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาค้นคว้าความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่นรับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

17. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ่างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

18. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใยมีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

19. แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ หรือแก้ปัญหาได้

20. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิง และเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนา และการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ผู้วิจัยได้ยึดเอาเนื้อหาสาระตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 มาตรฐาน ว 8.1 ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4-6 มาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการวิจัยครั้งนี้

กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สรศักดิ์ แพรดำ (2544 : 14 – 26) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่สำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Science Method)

เป็นวิธีการสืบเสาะแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์แบบมีลำดับขั้นตอน โดยวิธีการนี้เชื่อว่าการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะคล้ายกันหรือแตกต่างกันบ้างแต่มีลักษณะร่วมกันที่ทำให้สามารถจัดเป็นขั้นตอนได้ กล่าวคือ เมื่อพบปัญหาแล้วเขาจะใช้วิธีการแก้ปัญหาในแนวทางเดียวกัน จะมีการเริ่มต้น ณ จุด ๆ หนึ่ง แล้วทำต่อเนื่องกันไปตามลำดับขั้นจนถึงจุดสุดท้ายก็จะครบวงจรของการแก้ปัญหา

2. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Science Attitude)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมหรือแนวคิดของบุคคลที่แสดงออกถึงความเป็นผู้มีความรู้ ความเข้าใจ หรือความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นในตัวบุคคลแล้วจะประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าหรือความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะสำคัญของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ อาจจำแนกเป็น 9 ประการ ได้แก่

- 2.1 ความมีเหตุผล
- 2.2 ความอยากรู้อยากเห็น
- 2.3 ความรับผิดชอบ
- 2.4 ความร่วมมือในการทำงาน
- 2.5 ความใจกว้าง
- 2.6 ความซื่อสัตย์
- 2.7 ความมีระเบียบรอบคอบ
- 2.8 ประหยัด
- 2.9 ความคิดสร้างสรรค์

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process Skills)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นคำที่ประกอบด้วยคำ 3 คำ คือทักษะ (Skills) กระบวนการ (Process) และวิทยาศาสตร์ (Science) ซึ่งมีความหมายดังนี้

ทักษะ หมายถึง ความสามารถในการกระทำ (คิดและ/หรือปฏิบัติ) ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว หรือคล่องแคล่ว ถูกต้องแม่นยำ

กระบวนการ หมายถึง แบบแผนที่มีระเบียบวิธีการ ลำดับก่อนหลังอย่างมีระเบียบ อันทำให้เกิดผลในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือขั้นตอนการปฏิบัติเป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง

วิทยาศาสตร์ หมายถึง ส่วนที่เป็นองค์ความรู้ (Body of Knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตรวจสอบอย่างเป็นระบบเชื่อถือได้ และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of Science Inquiry)

ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงหมายถึงความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การคำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง

และแม่นยำ เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิด
อย่างเป็นระบบ

อิสรระ ชันติแก้ว. (2553 : ไม่มีเลขหน้า) ได้กล่าวถึงกระบวนการแสวงหาความรู้
ทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วย 3 สิ่ง ได้แก่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ และค่านิยมทางวิทยาศาสตร์

1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 1.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา
- 1.2 การตั้งสมมุติฐานที่จะนำไปสู่คำตอบที่สงสัย
- 1.3 การทดลองเพื่อตรวจสอบสมมุติฐานและการเก็บข้อมูล
- 1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.5 การสรุปผล (ซึ่งในบางกรณีอาจนำไปสู่การตั้งเป็นทฤษฎี)

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีหลายประการดังนี้

- 2.1 ทักษะในการสังเกต
- 2.2 ทักษะในการเลือกและการใช้เครื่องมือ ทั้งเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเครื่องมือ

ที่เป็นหลักเกณฑ์ กฏ นิยาม

- 2.3 ทักษะในการบันทึกข้อมูลและการสื่อความหมาย
- 2.4 ทักษะในการจัดการข้อมูลที่จะนำไปสู่การแปลความหมาย
- 2.5 ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและสรุป
- 2.6 ทักษะในการตั้งสมมุติฐานและการคาดการณ์อย่างมีเหตุผล
- 2.7 ทักษะในการออกแบบการทดลองที่นำไปสู่การตรวจสอบสมมุติฐานได้อย่างดี
- 2.8 ทักษะในการคิดคำนวณ
- 2.9 ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

3. ค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 3.1 มีความละเอียดถี่ถ้วน และมีความมุ่งมั่นในการสังเกตหรือการทดลอง
- 3.2 การไม่ตัดสินใจง่าย ๆ โดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ
- 3.3 มีความละเอียดถี่ถ้วน และมีความมุ่งมั่นในการสังเกตหรือการทดลอง
- 3.4 การไม่ตัดสินใจง่าย ๆ โดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ
- 3.5 มีความซื่อสัตย์สุจริตทั้งในการคิดและการกระทำในการคิดค้น ค้นคว้า การ

ทดลอง และการเผยแพร่ข้อมูล

- 3.6 ความมีเหตุผล ไม่ด่วนสรุปหรือเชื่ออย่างงมงาย

3.7 การมีความอยากรู้อยากเห็นและกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาความรู้ให้กว้างขวาง

3.8 ความมีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม โดยไม่ยึดมั่น

ในความคิดของตนฝ่ายเดียว

3.9 ยอมรับในข้อจำกัดของการแสวงหาความรู้

3.10 ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าทางวิชาการ

3.11 สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี

3.12 มีความรักในธรรมชาติ ชอบค้นหาคำความจริงในธรรมชาติ

จากการศึกษากระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าลักษณะการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลง สะสม การตรวจสอบปริมาณ หรือเพิ่มพูนความรู้ การคาดการณ์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะค่อย ๆ เสริมสร้างความเชื่อมั่นในความรู้เดิม สร้างปัญหา ตั้งสมมติฐานและพบความรู้ใหม่ ซึ่งกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำผลการศึกษาไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนต่อไป

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1978 : 127 - 132) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ความหมายที่สำคัญของกระบวนการในการเสาะแสวงหาความรู้ ทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญา

ปีเตอร์สัน (Peterson. 1978 : 153) กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นปฏิบัติการสืบเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง การเปรียบเทียบ การสรุปหลักเกณฑ์ การสื่อความหมาย และการนำไปใช้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 1) ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 14) ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา (Intellectual Skills) และได้สรุปไว้ว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบไปด้วยความรู้ และกระบวนการแสวงหาความรู้ ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และต้องมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือการค้นคว้าทดลองเพราะในขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลองมีโอกาสนำไปฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาความคิดด้วย เช่น การสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการทดลอง เป็นต้น พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบนี้เรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เคะขุปต์ (2542 : 3) ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) หรือเป็นทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2544 : บทนำ) กล่าวว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill) หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การคำนวณ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่วและถูกต้องแม่นยำ จากการศึกษานิยามความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านที่กล่าวมา ผู้วิจัยสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นปฏิบัติการหรือวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้พฤติกรรมที่เกิดจากการการฝึกฝน ความคิดอย่างมีระบบ และฝึกปฏิบัติจนเกิดความชำนาญเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหา และสืบเสาะหาความรู้

2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526 : 1 – 16) ได้จัดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท 13 ทักษะ ดังต่อไปนี้

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) ประกอบด้วย

1.1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ

หรือเหตุการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

1.2 การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอ

1.3 การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ดังกล่าว อาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

1.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

1.5 การใช้ตัวเลข (Using Number) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนับตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ มาคิดคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

1.6 การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communicating) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียน บรรยาย เป็นต้น

1.7 การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

1.8 การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุปการพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

2. ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) ประกอบด้วย

2.1 การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบ

ล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยหลักการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การกำหนด

ความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

2.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย ตัวแปรควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

2.4 การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ

หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลอง จะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

2.4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือ

ทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง อุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

2.4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง

2.4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลจากการทดลอง

2.5 การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making

Conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

สมาคมส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (American Association for Advancement of Science ; AAAS) ได้พัฒนาโครงการปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับอนุบาลถึงระดับประถมศึกษา โดยเน้นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โครงการนี้แล้วเสร็จเมื่อ

ปี ค.ศ. 1970 และตั้งชื่อโครงการนี้ว่า วิทยาศาสตร์กับการใช้กระบวนการ (Science A Process Approach) หรือเรียกชื่อย่อว่า โครงการซาปา (SAPA) โครงการนี้ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) 5 ทักษะ ดังนี้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2542 : 3 – 6)

1. ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) จัดไว้ 8 ทักษะดังนี้

1.1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสซึ่งได้แก่ จมูก ตา หู ลิ้น และผิวหนัง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คุณลักษณะ และรายละเอียดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์ อย่างใดอย่างหนึ่งทั้งที่เป็นเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.2 การวัด (Measurement) หมายถึง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการกะประมาณค่าที่ควรจะวัดได้

1.3 การใช้ตัวเลข (Using Number) หมายถึง การนำตัวเลขมากำหนดคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร หรือจำนวนต่าง ๆ รวมทั้งการคำนวณเบื้องต้น เช่น การหาค่าเฉลี่ยหรืออัตราส่วน

1.4 การจัดจำพวก (Classifying) หมายถึง การจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือต่างกันของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งอาจมีวิธีแบ่งได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้

1.5 การสื่อความหมายข้อมูล (Communicating) หมายถึง การพูดหรือการแสดงสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ สมการ กราฟ หรือตัวอักษร เป็นต้น เพื่อให้บุคคลอื่นเข้าใจหรือรับทราบความคิด ความรู้สึกต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

1.6 การใช้ความสัมพันธ์เกี่ยวกับมิติกับเวลา (Using Space – Time Relationship) หมายถึง การนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หรือมิติกับมิติ หรือเวลากับเวลา มาอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ในที่นี้มิติหมายถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับความกว้าง ความยาว ความหนา รูปร่าง สมมาตร หรือตำแหน่งที่อยู่ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจังหวะการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกากับจังหวะการเดินของชีพจร ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเวลา เช่น การหาตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

1.7 การสรุปอ้างอิง (Inferring) หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลที่สังเกตได้ประกอบกับประสบการณ์เดิม

1.8 การทำนาย (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต น่าจะเป็นอย่างไร โดยอาศัยหลักฐานส่วนใหญ่ที่ได้จากการสังเกต ประกอบกับการสรุปอ้างอิง

2. ทักษะขั้นบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) จัดไว้ 5 ทักษะ ดังนี้

2.1 การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การให้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ในรูปที่สังเกต วัด หรือนำมาปฏิบัติการได้และบอกด้วยว่า ในสถานการณ์หนึ่ง ๆ จะมีวิธีสังเกตหรือวิธีวัดสิ่งนั้น ได้อย่างไร

2.2 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying Controlling and Manipulating Variable) การกำหนดตัวแปร หมายถึง การแยกตัวแปรต่าง ๆ ออกเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องควบคุม การควบคุมตัวแปร หมายถึง การพยายามทำให้สรุปได้ว่าผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลจากตัวแปรต้น โดยการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

2.3 การสร้างสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคาดการณ์ว่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไรเป็นการลงสรุปของคำอธิบายโดยอาศัยการสังเกต หรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

2.4 การประมวลผลและการตีความหมายข้อมูล (Data Processing and Interpreting) การประมวลผลข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในรูปของตาราง ข้อความ หรือข้อความถึงตารางหรือกราฟและการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานจากข้อมูลการตีความหมายข้อมูล หมายถึง การบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลที่ประมวลผลมาแล้ว หรือการให้ความหมายของข้อมูลเชิงปริมาณเป็นเชิงคุณภาพ

2.5 การออกแบบการทดลอง (Designing and Investigation) หมายถึง การกำหนดโครงการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน โดยคำนึงถึงนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การควบคุมตัวแปรต่างๆ เครื่องมือและวิธีการที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สรศักดิ์ แพรดำ (2544 : 39 – 40) ได้จัดประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภท 13 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญเป็นพื้นฐาน ก่อนที่จะไปฝึกทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 8 ทักษะ ดังนี้

1.1 ทักษะการสังเกต (Observing)

1.2 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

1.3 ทักษะการวัด (Measuring)

1.4 ทักษะการคำนวณ (Using Numbers)

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา
(Space/Space and Space/Time Relationships)

1.6 ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communicating)

1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)

1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

2. ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ (Integrated Scientific Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก่อนจึงจะทำให้ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

2.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variable Operationally)

2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting)

2.5 ทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจำเป็นต้องนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อช่วยพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามเจตนารมณ์ของหลักสูตรได้อย่างมีคุณภาพ อย่างไรก็ตามในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในแต่ละครั้งก็ไม่จำเป็นต้องให้นักเรียนฝึกครบทุกทักษะ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางทักษะ เช่น ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลาอาจจะมีโอกาสนำมาใช้ในกิจกรรมได้น้อยมาก ในขณะที่ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการทดลอง ทักษะการสื่อความหมาย ทักษะการคำนวณ อาจจะต้องนำมาเกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมเกือบทุกกิจกรรม เพราะเป็นทักษะที่นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนให้เกิดความชำนาญก่อนที่จะฝึกทักษะอื่น ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ขอบข่ายเนื้อหาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526 : 1 – 16) ประกอบด้วย 5 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลองและทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป เป็นกรอบเนื้อหาในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นับว่าเป็น

พื้นฐานสำคัญในการดำรงชีวิต เป็นเครื่องมือพัฒนาคนให้คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น ผู้วิจัยได้นำเอาพฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแต่ละทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

1.1 หากคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยการอาศัยประสบการณ์เดิมได้

1.2 การให้คำตอบล่วงหน้าในสถานการณ์ใหม่ที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน ได้อย่างเหมาะสม

และสามารถนำไปทดสอบได้

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.1 สามารถกำหนดความหมายของคำต่าง ๆ หรือตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ในสมมติฐานให้สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยการสังเกตหรือการวัด หรือการทดลอง

2.2 สามารถกำหนดขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

3.1 สามารถชี้บ่งหรือกำหนดสิ่งที่เป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานได้

3.2 บอกวิธีจัดการและควบคุมตัวแปรในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานได้

4. ทักษะการทดลอง

4.1 ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้อง เหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองได้

4.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

4.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

5.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

3. คำถามที่นำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นอกจากครูจะจัดการเรียนรู้ในด้านสาระการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนแล้ว ยังต้องกระตุ้นให้เกิดการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไปโดยการนำคำถามที่นำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2546 : 26 – 33)

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

คำถามที่ทำนายผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยไม่ทราบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำนายมาก่อน

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

คำถามที่กำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม เพื่อให้เข้าใจตรงกัน

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

คำถามที่ให้กำหนดหรือชี้แจงตัวแปรในการทดลอง

4. ทักษะการทดลอง

4.1 คำถามที่ให้ออกแบบการทดลอง

4.2 คำถามที่ให้บอกวิธีปฏิบัติการขณะทำการทดลอง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1 คำถามที่ให้บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่

5.2 คำถามที่ให้บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

4. การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หน่วยทดสอบและประเมินผลของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2518 : 5) ได้เสนอแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้คุณภาพของสตรัคเจอร์ค่า (2544 : 254) ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม โดยผู้สอนต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะ ให้เข้าใจแล้วมาแจกแจงให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีทั้ง ภาคสถานการณ์ ภาคพฤติกรรมที่คาดหวัง และภาคเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นที่ขาดเสียไม่ได้ ในบทหนึ่ง ๆ ควรจะกำหนดว่าทักษะใดเนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ทักษะนั้นเนื้อหานั้นก็ควรจะปรากฏในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรม ทักษะซึ่งจะมีความมุ่งหมายที่กำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมอย่างละกี่ข้อจะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนี้ผู้ออกข้อสอบ ยังจะทราบต่อไปว่าข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีส่วนมากน้อยเพียงใด

4. การเลือกแนวทางในการออกข้อสอบควรจะถือหลักว่าจะใช้การสอบแบบใด จึงจะตรวจวัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมที่สุด ตลอดทั้งเหมาะสมกับวัย ของนักเรียน ระยะเวลา และง่ายต่อการปฏิบัติด้วย

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2518 : 10) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้าน สอดคล้อง กับสรรศักดิ์ แพรดำ (2544 : 26) ดังนี้

1. สถานการณ์

1.1 สถานการณ์ที่สร้างขึ้นจะเป็นสถานการณ์สมมติ หรือนำมาจากเอกสารอื่นใดก็ตามจะต้องมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

1.2 ใช้คำพูดที่เข้าใจง่าย ศัพท์เทคนิคต้องไม่นอกเหนือไปจากที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

1.3 สถานการณ์ต้องไม่ใช่สถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้ ต้องสมเหตุสมผล

1.4 ถ้าเป็นเรื่องที่มีหน่วยการวัด จะต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นหน่วยใด

1.5 สถานการณ์ที่ออกมาต้องสั้น กระชับ อ่านเข้าใจง่าย และแต่ละสถานการณ์ควรใช้ตอบคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ เพื่อให้ นักเรียนไม่เสียเวลาในการอ่านมาก

2. คำถามที่จะให้ตอบสถานการณ์ที่ยกมาจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 ถามในเรื่องที่ต้องใช้ความสามารถในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถามในเรื่องความรู้ความจำ

2.2 ไม่ถามถึงปัญหาหรือสมมติฐานที่เคยอภิปรายหรือสรุปมาแล้ว เพราะจะกลายเป็นความจำ ทั้ง ๆ ที่คำถามเหมือนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 ใช้คำถามที่รัดกุมบ่งชี้ชัดว่าจะให้ตอบในเรื่องใด แม้ว่าบางคำถามจะมีความคิดเห็นได้แตกต่างกัน แต่ต้องเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องนั้น โดยเฉพาะ

2.4 ข้อความที่จะให้ตอบแต่ละคำถามควรเป็นตอนละเรื่องและกำหนดคะแนนให้เหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ควรจะให้คะแนนเป็น 1 ถ้าตอบถูก และให้เป็น 0 เมื่อตอบผิด

3. การตรวจ ถ้าเป็นข้อสอบให้ตอบสั้น ๆ แม้จะตั้งคำถามที่ผู้ตอบคิดว่าจำเพาะเจาะจงคำตอบ แต่ในการตรวจจะต้องดูเหตุผลของนักเรียนบางคนที่ตอบแตกต่างไปจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ด้วย ถ้าเหตุผลถูกต้องก็ต้องยอมรับ

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพ จะต้องกำหนดขอบเขตการวัดให้ชัดเจนเพื่อให้ได้แบบวัดทักษะที่วัดได้ครบถ้วนซึ่งประกอบด้วย การกำหนดจุดมุ่งหมาย การเลือกเนื้อหาที่จะวัด การสร้างตารางกำหนดเนื้อหา และการเลือกแนวทางในการออกข้อสอบ

5. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัด

ทิตานา แชมมณี (2552 : 237) กล่าวถึงรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนา ด้านจิตพิสัยของบลูม (Bloom) ซึ่งได้จำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้หรือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านเจตคติหรือความรู้สึก (Affective Domain) และด้านทักษะ (Psycho-motor Domain) ในด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูม ได้จัดระดับจุดมุ่งหมายตามระดับความรู้จากต่ำไปสูงไว้ 6 ระดับ คือ ระดับความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดในระดับที่สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ เช่น เมื่อถามคำถามแล้วพบว่า ผู้เรียนมีความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้ว ผู้สอนควรตั้งคำถามในระดับที่สูงขึ้น คือระดับความเข้าใจ หรือถ้าผู้เรียนมีความเข้าใจแล้ว ก็ควรจะตั้งคำถามในระดับที่สูงขึ้นไปอีกคือระดับการนำไปใช้ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องเข้าใจ ลักษณะของความรู้แต่ละระดับและพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ นั้น ดังนี้

1. การเรียนรู้ในระดับความรู้ ความจำ (Knowledge)

การเรียนรู้ในระดับนี้เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้ มีสาระอะไรบ้าง ซึ่งการที่สามารถตอบได้นั้น ได้มาจากการจดจำเป็นสำคัญ ดังนั้นคำถามที่ใช้ในการทดสอบการเรียนรู้ในระดับนี้จึงมักเป็นคำถามที่ถามถึงข้อมูลสาระ รายละเอียด ของสิ่งที่เรียนรู้ และให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าตนมีความรู้ความจำในเรื่องนั้น ๆ

2. การเรียนรู้ในระดับความเข้าใจ (Comprehension)

หมายถึงการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนเข้าใจความหมาย ความสัมพันธ์ และโครงสร้างของสิ่งที่เรียนและสามารถอธิบายสิ่งที่เรียนรู้นั้นได้ด้วยคำพูดของตนเอง ผู้เรียนที่มีความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหลังจากได้ความรู้ในเรื่องนั้นมาแล้วจะสามารถแสดงออกได้หลายทาง เช่น สามารถตีความได้ แปลความได้ เปรียบเทียบได้ บอกความแตกต่างได้ เป็นต้น ดังนั้นคำถามในระดับนี้จึงมักเป็นคำถามที่ช่วยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความเข้าใจของตนในเรื่องนั้น ๆ

3. การเรียนรู้ในระดับนำไปใช้ (Application)

หมายถึงการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถนำข้อมูล ความรู้ และความเข้าใจ ที่ได้เรียนรู้มาไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นคำถามในระดับนี้จึงมักประกอบด้วยสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องดึงความรู้ ความเข้าใจ มาใช้ในการหาคำตอบ โดยผู้เรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้ในระดับสามารถนำไปใช้ได้

4. การเรียนรู้ในระดับการวิเคราะห์ (Analysis)

หมายถึงการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดที่ลึกซึ้งขึ้น เนื่องจากไม่สามารถหาคำตอบได้จากข้อมูลที่มีอยู่โดยตรง ผู้เรียนต้องใช้ความคิดหาคำตอบจากการแยกแยะข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่แยกแยะนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถจับได้ว่าอะไรเป็นสาเหตุ เหตุผล หรือแรงจูงใจที่อยู่เบื้องหลังปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง

5. การเรียนรู้ในระดับการสังเคราะห์ (Synthesis)

หมายถึงการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับที่ผู้เรียนสามารถ คิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ขึ้นมาได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ ความคิด หรือภาษา ทำนายสถานการณ์ในอนาคตได้คิดวิธีแก้ปัญหาได้ (แต่แตกต่างจากการแก้ปัญหาในขั้นนำไปใช้ซึ่งจะมีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว แต่วิธีการแก้ปัญหาในขั้นนี้อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ)

6. การเรียนรู้ในระดับการประเมินผล (Evaluation)

หมายถึงการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่าซึ่งก็หมายความว่าผู้เรียนจะต้องสามารถตั้งเกณฑ์ในการประเมินหรือตัดสินคุณค่าต่าง ๆ ได้ และแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้นได้

วิวัฒน์ ชัตติยะมาน และฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2549 : 34 – 42) ได้กล่าวถึงการปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม เนื่องจากผู้ที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาได้นำจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูมไปใช้ในระยะเวลาที่ผ่านมาได้พบจุดอ่อนและข้อจำกัดหลายประการ เช่น โลริน แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ได้นำเสนอข้อค้นพบว่าจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูมแบบเดิมซึ่งได้แบ่งออกเป็นกระบวนการทางปัญญาเรียงตามลำดับทั้ง 6 ชั้น นั้นทำให้เกิดความเข้าใจว่าขั้นตอนดังกล่าวไม่สามารถทับซ้อนหรือเหลื่อมล้ำกันได้และการที่ผู้เรียนจะสามารถบรรลุถึงกระบวนการทางปัญญาในระดับที่ซับซ้อนหรือสูงขึ้นได้นั้นจะต้องบรรลุกระบวนการทางปัญญาในระดับต่ำกว่าทั้งหมดเสียก่อนซึ่งในเรื่องนี้ ออร์เมล (Ormell) ได้พบว่าบางครั้งสิ่งที่ต้องการสำหรับกระบวนการทางปัญญาในขั้นความรู้ความจำยังมีความซับซ้อนมากกว่าสิ่งที่ต้องการในกระบวนการทางปัญญาในขั้นการวิเคราะห์หรือการประเมินค่า นอกจากนี้ ไครเซอร์ (Kreitzer) ได้อ้างว่า ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างจุดมุ่งหมายทางการศึกษานี้ได้ยอมรับว่าพวกเขาไม่สามารถให้คำจำกัดความเพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมในกระบวนการทางปัญญาของระดับขั้นต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และ ไครเซอร์เองก็ได้พบว่ากระบวนการทางปัญญาในขั้นการประเมินค่าไม่ได้มีความซับซ้อนกว่ากระบวนการทางปัญญาในขั้นของการสังเคราะห์ และในบางครั้งการสังเคราะห์ก็มีความเกี่ยวเนื่องกับการประเมินค่าด้วย

จากข้อค้นพบดังกล่าวในปี ค.ศ. 1990 – 1999 เดวิด แครทวอท์ (David Krathwohl) และโลริน แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ได้รวบรวมนักจิตวิทยานักทฤษฎีหลักสูตร นักวิจัย ทางด้านการเรียนการสอนและผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อปรับปรุงจุดมุ่งหมาย การศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม ผลของการปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษานี้ได้เกิดการ ปรับเปลี่ยนที่สำคัญทั้งในส่วน โครงสร้างและคำศัพท์ที่ใช้เป็นชื่อกระบวนการทางปัญญา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบกระบวนการทางปัญญาที่ใช้คำศัพท์เดิมและคำศัพท์ใหม่

คำศัพท์เดิม	คำศัพท์ใหม่
1. ความรู้ (Knowledge)	1. จำ (Remembering)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2. เข้าใจ (Understanding)
3. การนำไปใช้ (Application)	3. ประยุกต์ใช้ (Applying)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	4. วิเคราะห์ (Analysis)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)	5. ประเมินค่า (Evaluating)
6. การประเมินค่า (Evaluation)	6. คิดสร้างสรรค์ (Creating)

ที่มา : วิทวัฒน์ ขัตติยะมาน และฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. การปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ของบลูม (Revised Bloom's Taxonomy)

ลำดับชั้นของกระบวนการทางปัญญาในจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัย ของบลูมที่ปรับปรุงใหม่ยังคงมีลำดับชั้น 6 ชั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. จำ (Remembering) หมายถึงความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ ระบุ บอกชื่อได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้
2. เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้
3. ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไข ปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาได้
4. วิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ การจัดการ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้
5. ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจารณ์ ตัดสิน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผน ผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

ทิสนา แคมมณี (2552 : 51 – 52) กล่าวถึงทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไคด์ (Thorndike's Classical Connectionism) และทฤษฎีการเรียนรู้ของกานเย (Gagné) ดังนี้

ธอร์นไคด์ (ค.ศ. 1814 – 1949) เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองซึ่งมีหลายรูปแบบ บุคคลจะมีการลองผิดลองถูก (Trail and error) ปรับเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบรูปแบบการตอบสนองที่สามารถให้ผลที่พึงพอใจมากที่สุดเมื่อเกิดการเรียนรู้แล้วบุคคลจะใช้รูปแบบการตอบสนองที่เหมาะสมเพียงรูปแบบเดียวและจะพยายามใช้รูปแบบนั้นเชื่อมโยงกับสิ่งเร้าในการเรียนรู้ต่อไปเรื่อย ๆ

กฎการเรียนรู้ของธอร์นไคด์ สรุปได้ดังนี้

1. กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ถ้าผู้เรียนมีความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจ
2. กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) การฝึกหัดหรือกระทำบ่อย ๆ ด้วยความเข้าใจจะทำให้การเรียนรู้นั้นคงทนถาวร ถ้าไม่ได้กระทำซ้ำบ่อย ๆ การเรียนรู้จะไม่คงทนถาวร และในที่สุดอาจลืมได้

3. กฎแห่งการใช้ (Law of Use and Disuse) การเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง ความมั่นคงของการเรียนรู้จะเกิดขึ้นหากได้มีการนำไปใช้บ่อย ๆ หากไม่มีการนำไปใช้อาจมีการลืมเกิดขึ้นได้

4. กฎแห่งความพึงพอใจ (Law of Effect) เมื่อบุคคลได้รับผลที่พึงพอใจย่อมอยากจะเรียนรู้ต่อไป แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจจะไม่อยากเรียนรู้ ดังนั้นการได้รับผลที่พึงใจจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้

ทฤษฎีการเรียนรู้ของกานเย (ทิสนา แคมมณี. 2552 : 73 -76)

1. กานเย ได้จัดประเภทของการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นจากง่ายไปหายากไว้ 8 ประเภท ดังนี้

- 1.1 การเรียนรู้สัญญาณ (Signal – Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นไปโดยอัตโนมัติอยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ ผู้เรียนไม่สามารถบังคับพฤติกรรมไม่ให้เกิดขึ้นได้ การเรียนรู้แบบนี้เกิดจากการที่คนเรานำเอาลักษณะการตอบสนองที่มีอยู่แล้วมาสัมพันธ์กับสิ่งเร้าใหม่ที่มีความใกล้เคียงกับสิ่งเร้าเดิม

1.2 การเรียนรู้สิ่งเร้า – การตอบสนอง (Stimulus – Response Learning)

เป็นการเรียนรู้ต่อเนื่องจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง แตกต่างจากการเรียนรู้ที่สัญญา เพราะผู้เรียนสามารถควบคุมพฤติกรรมตนเองได้ ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเนื่องจากได้รับการเสริมแรง

1.3 การเรียนรู้การเชื่อมโยงแบบต่อเนื่อง (Chaining) เป็นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองที่ต่อเนื่องกันตามลำดับ เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกระทำการเคลื่อนไหว

1.4 การเชื่อมโยงทางภาษา (Verbal Association) เป็นการเรียนรู้ในลักษณะคล้ายกับการเรียนรู้แบบต่อเนื่อง แต่เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้ภาษา การเรียนรู้แบบสิ่งเร้า การตอบสนองเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้แบบต่อเนื่องและการเชื่อมโยงทางภาษา

1.5 การเรียนรู้ความแตกต่าง (Discrimination Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถมองเห็นความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ โดยเฉพาะความแตกต่างตามลักษณะของวัตถุ

1.6 การเรียนรู้ความคิดรวบยอด (Concept Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถจัดกลุ่มสิ่งเร้าที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน โดยสามารถระบุลักษณะที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันได้ พร้อมทั้งสามารถขยายความรู้ไปยังสิ่งอื่นที่นอกเหนือจากที่เคยเห็นมาก่อนได้

1.7 การเรียนรู้กฎ (Rule Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการรวมหรือเชื่อมโยงความคิดรวบยอดตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปและตั้งเป็นกฎเกณฑ์ขึ้น การที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้กฎเกณฑ์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำการเรียนรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

1.8 การเรียนรู้การแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหา โดยการนำเอากฎเกณฑ์ต่าง ๆ มาใช้ การเรียนรู้แบบนี้เป็นกระบวนการที่เกิดภายในตัวผู้เรียน เป็นการนำกฎเกณฑ์ในขั้นสูงเพื่อการแก้ปัญหาค่อนข้างซับซ้อนและสามารถนำกฎเกณฑ์ในการแก้ปัญหานี้ไปใช้กับสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้

2. กานเย่ ได้แบ่งสมรรถภาพการเรียนรู้ของมนุษย์ไว้ 5 ประการดังนี้

2.1 สมรรถภาพในการเรียนรู้ข้อเท็จจริง (Verbal Information) เป็นความสามารถในการเรียนรู้ข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยอาศัยความจำและความสามารถในการระลึกได้

2.2 ทักษะเขาวนปัญญา (Intellectual Skills) หรือทักษะทางสติปัญญา เป็นความสามารถในการใช้สมองคิดหาเหตุผลโดยใช้ข้อมูล ประสบการณ์ ความรู้ ความคิด

ในด้านต่าง ๆ นับตั้งแต่การเรียนรู้ขั้นพื้นฐานซึ่งเป็นทักษะง่ายๆ ไปสู่ทักษะที่ยากสลับซับซ้อนมากขึ้น ทักษะเหล่านี้เป็นสิ่งที่ควรได้รับการฝึกคือ ความสามารถในการจำแนก ความสามารถในการคิดรวบยอด ความสามารถในการเข้าใจกฎและใช้กฎและความสามารถในการแก้ปัญหา

2.3 ยุทธศาสตร์ในการคิด (Cognitive Strategies) เป็นความสามารถของกระบวนการทำงานภายในสมองของมนุษย์ซึ่งควบคุมการเรียนรู้ การแปลความ และการดึงความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และประสบการณ์เดิมออกมาใช้ ผู้มียุทธศาสตร์ในการคิดสูงจะมีเทคนิคเคล็ดลับในการดึงความรู้ ความจำ ความเข้าใจและประสบการณ์เดิมที่สะสมเอาไว้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถแก้ปัญหาที่มีสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างสร้างสรรค์

2.4 ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills) เป็นความสามารถความชำนาญในการปฏิบัติ หรือการใช้อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ผู้มีทักษะการเคลื่อนไหวที่ดีนั้น พฤติกรรมที่แสดงออกมามีลักษณะรวดเร็ว คล่องแคล่ว

2.5 เจตคติ (Attitude) เป็นความรู้สึกนึกคิดของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจของบุคคลนั้นในการที่จะเลือกกระทำหรือไม่กระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยอาศัยทฤษฎีพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของบลูม และทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์น ไคค์และกานเย มาเป็นแนวทางในการออกแบบสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียน

แบบทดสอบความเรียง (Essay Test)

1. นิยามของแบบทดสอบความเรียง

ชาญวิทย์ จรัสสุทธิอิสร์ (2545 : 31) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบความเรียงว่า แม้ว่าจะกล่าวว่าแบบทดสอบแบบความเรียงจะไม่มีประสิทธิภาพในการวัดผลการเรียนรู้ แต่ข้อสอบแบบนี้จะให้อิสระในการตอบซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในการวัดผลที่ซับซ้อน รวมไปถึงการวัดความสามารถในการสร้าง การจัดระเบียบการรวมเป็นหนึ่งเดียวการแสดงออกและพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันซึ่งก่อให้เกิดการสร้างและการสังเคราะห์ความคิด

สมนึก ภัททิยชนิ (2551 : 73) ให้นิยามแบบทดสอบความเรียงไว้ว่าเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรีเขียนบรรยายตามความรู้ ข้อคิดเห็นของแต่ละคน

พิชิต ฤทธิจรรยา (2551 : 62) ให้นิยามแบบทดสอบความเรียงว่าเป็นแบบทดสอบที่ให้
อิสระในการตอบมากที่สุด โดยให้ผู้สอบเขียนบรรยายตอบยาว ๆ ภายในเวลาที่กำหนดแบบทดสอบ
ประเภทนี้ในแต่ละข้อสามารถวัดได้หลาย ๆ ด้าน เช่นความรู้ การใช้ภาษา ความคิดเห็น เป็นต้น

เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552 : 231) กล่าวว่าแบบทดสอบความเรียง
เป็นแบบทดสอบที่ให้โอกาสให้ผู้สอบได้แสดงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้รวมทั้ง
วิเคราะห์สังเคราะห์และประเมินผลความรู้ที่ได้เรียนมา ดังนั้นข้อกระทงของแบบทดสอบความเรียง
จะต้องเป็นคำถามที่ให้โอกาสผู้สอบได้สร้างและเรียบเรียงคำตอบในรูปแบบเชิงสัมพันธ์ตามขอบข่าย
ความรู้ที่กว้าง ทั้งนี้เพื่อให้แบบสอบความเรียงสามารถวัดกระบวนการคิดในระดับสูงตามแนวคิด
ของบลูม คือระดับการเรียนรู้ขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินผลเป็นส่วนใหญ่ หรือวัดใน
ระดับการนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

ไพศาล วรคำ (2552 : 230) ให้นิยามแบบทดสอบความเรียงว่าเป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบ
จะต้องเขียนบรรยายคำตอบ โดยอาศัยความสามารถทางด้านภาษาในการสังเคราะห์ความรู้
ความเข้าใจ และความคิดส่วนตัวอย่างอิสระ จึงเหมาะสำหรับการวัดความรู้ระดับลึก ในการบริหาร
การสอบจะต้องให้เวลาอย่างเพียงพอเพราะผู้ตอบจำเป็นต้องใช้เวลามาก แบบทดสอบนี้จึงไม่เหมาะ
ที่จะใช้กับข้อคำถามจำนวนมาก

จากการศึกษานิยามของแบบทดสอบความเรียงจากนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสรุป
ได้ว่าแบบทดสอบความเรียงเป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบมีอิสระในการตอบอย่างเต็มที่ตามความคิด
ของตนเอง โดยอาศัยความสามารถด้านการใช้ภาษา ในการสังเคราะห์ความรู้ความเข้าใจ ซึ่ง
แบบทดสอบแบบนี้เหมาะสำหรับใช้วัดกระบวนการคิดระดับสูง คือการเรียนรู้ระดับการวิเคราะห์
การสังเคราะห์ และการประเมินผล

2. ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง

ภัทรา นิคมานนท์ (2540 : 67) ได้สรุปถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบ
ความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัย ดังนี้

ข้อดีของแบบทดสอบความเรียง

1. ผู้สอบมีโอกาสใช้ความรู้ความคิดรวมทั้งความสามารถในการใช้ภาษา
2. สร้างได้ง่ายและรวดเร็ว
3. ผู้สอบไม่มีโอกาสเดาหรือเดาได้น้อยมาก
4. ประหยัดค่าใช้จ่ายในสร้างข้อสอบ

ข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง

1. ถามได้บางเรื่องไม่ครอบคลุมเนื้อหา
2. การตรวจให้คะแนนไม่คงที่แน่นอน ก่อให้เกิดความลำเอียงได้ง่าย
3. คำถามแต่ละข้อไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ ได้โดยวิธีการทางสถิติ
4. มักขาดความเที่ยงตรง

สมนึก ภักทิษณี (2551 : 74) ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียงดังนี้

ข้อดีของแบบทดสอบความเรียง

1. สามารถวัดพฤติกรรมต่าง ๆ ได้ทุกด้าน โดยเฉพาะพฤติกรรมด้านการ
สังเคราะห์
2. ผู้ตอบได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นหรือเจตคติของตน
3. โอกาสในการตอบ โดยไม่มีความรู้ในเรื่องนั้นแล้วได้คะแนนมีน้อยมาก
4. วัดความสามารถในการเขียนและส่งเสริมการใช้ภาษาได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง

1. ออกคำถามวัดได้น้อยข้อเนื่องจากแต่ละข้อจะต้องใช้เวลาตอบนานจึงไม่
ครอบคลุมหลักสูตรหรือเนื้อหาสาระที่สำคัญ ๆ
2. การตรวจให้คะแนนมักจะมีอคติคลาดเคลื่อน ควบคุมให้เกิดความยุติธรรม
ได้ยาก
3. ไม่เหมาะที่จะใช้สอบกับนักเรียนจำนวนมากๆ เพราะใช้เวลาในการตรวจ
4. ลายมือของผู้ตอบและประสิทธิภาพในการเขียนบรรยายอาจจะมีผล
ต่อคะแนน

เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552 : 230) ได้กล่าวว่าข้อดีที่สำคัญของแบบทดสอบความเรียงคือ ข้อคำถามต่างๆ มีประสิทธิภาพในการวัดความสามารถของนักเรียนในด้านการจัดระเบียบความคิดและการสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วแบบสอบความเรียงจะให้โอกาสนักเรียนได้แสดงทักษะในการจัดระเบียบความรู้หรือไม่ขึ้นอยู่กับขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบสอบ คือถ้าแบบสอบนั้นมิได้สร้างขึ้นเป็นอย่างดีแล้วก็อาจจะไม่มีประสิทธิภาพดังกล่าวเลยก็ได้

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง พบว่าข้อดีที่เด่นชัดของแบบทดสอบความเรียงคือสามารถใช้วัดทักษะขั้นสูง นักเรียนได้แสดงทักษะในการจัดระเบียบความรู้เพื่อใช้ในการตอบคำถาม แต่มีจำกัดในเรื่องความเที่ยงตรงของข้อสอบและอาจเกิดความ

ถ้าเพียงในการตรวจให้คะแนนได้ ดังนั้นในการสร้างแบบทดสอบความเรียงจึงต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน

3. การสร้างแบบทดสอบความเรียง

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543 : 86) ได้กล่าวถึงหลักสำคัญในการสร้างข้อคำถามของแบบทดสอบความเรียง ดังนี้

1. จุดประสงค์ของการสอบก่อนแล้วจึงเขียนข้อคำถาม เช่น จุดประสงค์ต้องการให้นักเรียนอธิบายทฤษฎีที่สอนมาแล้วว่านักเรียนสามารถจำได้ถูกต้องหรือไม่ การเขียนข้อสอบก็ต้องเน้นให้นักเรียนจำทฤษฎีที่สอนมา ไม่ใช่ถามให้หาเหตุผลเปรียบเทียบ

2. ควรใช้คำถามที่มีความกระชับด้วยหลักการถามและหลักภาษา ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผู้สอบเข้าใจผิดพลาดหรือมั่วตีความหมายของคำถามที่เป็นได้หลายแง่หลายมุมจนเกินไป เพราะคำถามเพื่อถามวิชานั้น ๆ ไม่ใช่เขียนคำถามเพื่อหลอกล่อทางภาษา

3. คำถามหนึ่ง ๆ ควรเป็นเรื่องเดียวทั้งนี้เพื่อให้ผู้ตอบสามารถตอบตรงเป้าหมายที่ผู้ถามต้องการ

4. คำถามควรคำนึงถึงเวลาให้ผู้ตอบทำการตอบ คำถามบางข้อใช้เวลาตอบหลายชั่วโมง ขณะที่ผู้สอบมีเวลาแค่ 1 ชั่วโมง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการให้คะแนน

5. คำถามทุกคำถามผู้สอบควรทำเฉลยไว้และวางแผนการให้คะแนนแต่ละส่วนว่าเป็นเท่าไร ในเวลาที่จำกัดไว้ คำตอบที่สมบูรณ์ที่สุดควรเป็นอย่างไร เพื่อใช้เปรียบเทียบ นอกจากนั้นจะต้องพิจารณาคำตอบที่มีโอกาสเป็นไปได้ ไม่จำเป็นจะต้องตรงกันเลยทุกตัว แต่ก็ถูกสามารถให้คะแนนได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547 : 38 – 40) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบความเรียง และตัวอย่างแบบทดสอบความเรียง ดังนี้

แบบทดสอบความเรียงเป็นการเขียนในลักษณะความเรียง ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถและความคิดระดับสูงในลักษณะของการสรุปความ การเปรียบเทียบ การประยุกต์หลักวิชาหรือนำความรู้ไปใช้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการเขียน การจัดระเบียบหมวดหมู่ การเชื่อมโยงความคิด การแสดงความคิดเห็น การวิพากษ์วิจารณ์ การจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานและการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่สำคัญของการสร้างแบบทดสอบความเรียง มีดังนี้

1. การกำหนดเนื้อหาสาระเพื่อใช้เป็นปัญหาหรือคำถามสาระสำคัญประกอบด้วยแนวคิดหลักหรือความรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

2. การตั้งปัญหาหรือคำถามควรหลีกเลี่ยงคำถามที่ให้เขียนสิ่งที่จดจำได้แต่ควรเป็นคำถามที่ให้โอกาสผู้เรียนสามารถแสดงออกได้ตามจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะคำถามต้องชัดเจนสื่อความให้ผู้เรียนเข้าใจตรงกัน เมื่อเขียนคำถามแล้วต้องพิจารณาซ้ำ ๆ ว่าผู้เรียนคิดไปทางอื่นได้หรือไม่ และแก้ไขคำถามให้รัดกุม ชัดเจน ประเด็นสำคัญที่มีอยู่ในคำถาม ประกอบด้วย

- 2.1 การเปรียบเทียบด้วยการบอกความเหมือนกันหรือต่างกัน
- 2.2 การให้นิยาม การอธิบาย การบรรยาย
- 2.3 การทำนาย การแสดงความคิดเห็น การวิพากษ์วิจารณ์
- 2.4 การพิสูจน์ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์
- 2.5 การแสดงภาพประกอบ การแสดงแบบจำลอง
- 2.6 การบอกลำดับขั้นในการปฏิบัติงาน

3. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบความเรียงทุกข้อควรมีแนวการตอบเพื่อนำไปใช้ในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความรู้ความสามารถ

การสร้างแบบทดสอบความเรียงควรมีการบันทึกการสร้างข้อสอบแต่ละข้อ ประกอบด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ ระดับพฤติกรรมที่วัด ปัญหาหรือคำถาม แนวการตอบ และเกณฑ์การประเมิน ตัวอย่างการเขียนแบบทดสอบความเรียง ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 39 – 40)

ตัวอย่างการเขียนแบบทดสอบความเรียง

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. ระดับชั้น | ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 – ม.6) |
| 2. สาระการเรียนรู้ | ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม |
| 3. จุดประสงค์การเรียนรู้ | สามารถแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลเสียที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ได้ |
| 4. พฤติกรรมที่วัด | ความรู้ความคิดและการนำความรู้ไปใช้ |
| 5. คำชี้แจง/ปัญหา | จงตอบคำถามตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ |

ถ้าประชาชนที่อาศัยอยู่ในละแวกชุมชนแออัดแห่งหนึ่ง เทนน้ำมันเหลือใช้จากการทำอาหารในครัวเรือนลงในท่อน้ำทิ้งซึ่งไหลลงสู่แหล่งน้ำหลังบ้านเป็นระยะเวลานาน ๆ จะเกิดผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมอย่างไร เพราะเหตุใด

6. แนวการตอบ

6.1 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และตายลงในที่สุด เหตุผลคือพืชและสัตว์ไม่มีแก๊สออกซิเจนใช้ในการหายใจ รวมทั้งพืชไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ทั้งนี้เพราะน้ำมันหรือไขมันที่ทิ้งจากครัวเรือนสะสมมากขึ้นจนปกคลุมผิวหน้าแหล่งน้ำทำให้ไม่มีแก๊สออกซิเจนและแสงแดดผ่านลงไปใต้น้ำ

6.2 ผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมเกิดภาวะน้ำเสียและอากาศเสีย เหตุผล คือ สิ่งมีชีวิตตายลงปริมาณมากในเวลารวดเร็ว แบคทีเรียตามธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายให้หมดไปได้ จึงเกิดการทับถมเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็น เป็นมลพิษทางน้ำและอากาศ

7. เกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนทำได้โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินและแบบบันทึกผลการประเมิน เกณฑ์การให้คะแนนอาจกำหนดในลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ดังนี้

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมได้บางส่วนเท่านั้นและไม่สามารถบอกเหตุผลได้	ต้องปรับปรุง 1
อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถบอกเหตุผล	พอใช้ 2
อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	ดี 3
อธิบายผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง สามารถบอกเหตุผลได้ถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์	ดีมาก 4

สมนึก กัททิษณี (2551 : 73) ได้กล่าวถึงหลักในการสร้างแบบทดสอบความเรียง ดังนี้

- เขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน
- เนื่องจากข้อสอบแบบนี้มีเฉพาะคำถามและแต่ละข้อมักจะให้คะแนนมาก ดังนั้นควรเขียนคำถามให้ชัดเจนเพื่อไม่ให้ไขว้เขวในการตอบ

3. ไม่ควรตั้งคำถามเฉพาะประเภทความรู้ความจำหรือถามปัญหาที่มีคำตอบในหนังสือซึ่งเป็นการให้ตอบแบบจำกัด (Restricted Response) แต่พยายามถามประเภทสูงกว่าความรู้ความจำ คือถามให้ใช้ความคิดซึ่งเป็นการให้ตอบแบบขยาย (Unrestricted Response) มักขึ้นต้นด้วยคำว่า จงอธิบาย จงอภิปราย จงเปรียบเทียบ จงบรรยาย จงวิเคราะห์ เป็นต้น

4. กำหนดเวลาให้ตอบนานพอสมควร เพราะผู้ตอบต้องใช้เวลาในการรวบรวมความคิด จัดระบบความคิด และเขียนคำตอบด้วยถ้อยคำของตนเอง หากกำหนดเวลาน้อย ไม่สามารถใช้พลังความคิดให้เต็มความสามารถ

5. เลือกถามเฉพาะจุดที่สำคัญของเรื่อง เพราะไม่สามารถถามได้ทุก ๆ เนื้อหา

6. ไม่ควรให้มีการเลือกทำเป็นบางข้อ เช่น 7 ข้อ ให้เลือกทำ 6 ข้อ เหตุผลมีดังนี้

6.1 ไม่สามารถวัดเรื่องที่สำคัญได้ทุกเรื่อง

6.2 คำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายไม่เท่ากัน จะมีปัญหาในการจัดตำแหน่งผู้เข้าสอบว่าใครเก่งกว่ากัน โดยเฉพาะการประเมินผลแบบอิงกลุ่ม

6.3 ไม่ยุติธรรมกับผู้ที่สามารถตอบได้ทุกข้อ ซึ่งมีโอกาสได้คะแนนเท่ากับผู้ที่ตอบได้เพียงบางข้อ

7. การตรวจให้คะแนน ควรปฏิบัติดังนี้

7.1 เขียนแนวคำตอบไว้ก่อน และระบุคะแนนว่าประเด็นใด ตอนใด ควรได้กี่คะแนน

7.2 ควรตรวจเฉพาะข้อเดียวจนครบทุกคน แล้วตรวจข้อต่อไป

7.3 ไม่ควรดูชื่อผู้สอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการให้คะแนน

ไพศาล วรคำ (2552 : 233) ได้กล่าวถึงหลักการที่ควรคำนึงในการสร้างแบบทดสอบความเรียงดังนี้

1. กำหนดค่าชี้แจงให้ชัดเจนเกี่ยวกับจำนวนข้อ เวลา คะแนนแต่ละข้อและคะแนนรวมทั้งฉบับ

2. ใช้ภาษาที่ชัดเจนเข้าใจง่าย

3. พยายามตั้งคำถามที่ครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมด ซึ่งจะมีลักษณะค่อนข้างกว้าง โดยอาจจะระบุประเด็นย่อยที่ต้องการให้ตอบให้ชัดเจน

4. ไม่ควรให้เลือกตอบเพียงบางข้อ เพราะการให้ทำงานที่แตกต่างกันจะไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ นอกจากนี้จะมั่นใจว่าข้อสอบทุกข้อมีลักษณะเป็นข้อสอบถ่วงน้ำหนักกันจริง

5. ควรกำหนดประเด็นคำตอบที่ถูกต้อง เพื่อให้การตรวจเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

6. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้ตรวจทุกคนให้คะแนน
ได้ใกล้เคียงกัน

7. ควรตรวจข้อสอบข้อเดียวกันของผู้เข้าสอบให้ครบทุกคน แล้วจึงเริ่มตรวจ
ในข้อต่อไป

8. ไม่ควรออกข้อสอบจำนวนมากและใช้เวลาในการสอบนานเกินไป

เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552 : 245) ได้เสนอแนวทางการสร้างแบบทดสอบ
ความเรียงดังนี้

1. การวางแผนการสร้างข้อกระทงของแบบสอบความเรียง ผู้สร้างจะต้องอุทิศเวลา
ในการสร้างให้เพียงพอ โดยพิจารณาถึงตัวคำถามทั้งในด้านแนวความคิด ความกระชับ
ของตัวคำถามและภาษาที่ใช้ในตัวคำถามว่าสื่อความหมายได้ดีเพียงไร นอกจากนั้นตัวคำถาม
จะต้องบอกทิศทางและขอบเขตของเนื้อหาสาระด้วย

2. ในขณะที่สร้างข้อกระทงจะต้องมีการเฉลยคำตอบ และกำหนดเกณฑ์
การให้คะแนนตามขั้นตอนและน้ำหนักที่ต้องการเน้นไว้ด้วย

3. ข้อกระทงที่สร้างควรพิจารณาให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของผู้ตอบ

4. การกำหนดเวลาในการสอบ จะต้องสอดคล้องกับลักษณะของคำถาม

ที่ต้องการ

5. ควรสร้างจำนวนข้อกระทงให้มากข้อ เพื่อคำตอบที่ต้องการจะไม่ยาวเกินไป
ไม่ควรถามคำถามเดียวที่ต้องการคำตอบหลายเรื่อง ในทางปฏิบัติมีข้อเสนอแนะว่าควรมีคำถาม
ตั้งแต่ 12 – 15 ข้อ ซึ่งปกติข้อสอบแบบความเรียงมักจะมีเพียง 5 – 6 ข้อ เท่านั้น

6. การตรวจให้คะแนน ผู้ตรวจไม่ควรทราบชื่อผู้ตอบเพื่อไม่ให้มีการลำเอียงเกิดขึ้น

7. การตรวจควรตรวจทีละข้อของทุก ๆ คนจนครบจึงตรวจข้อต่อไป

8. การตรวจเมื่อขึ้นข้อใหม่ ควรจะตรวจคนใหม่จากการสุ่มเรียงสมุดคำตอบใหม่
เพื่อให้ทุกคนมีโอกาสที่จะได้รับการตรวจก่อนหรือหลังในลักษณะสุ่ม

จากการศึกษาแนวคิด หลักการ และขั้นตอน ในการสร้างแบบทดสอบความเรียง
ของนักการศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่าการสร้างแบบทดสอบความเรียงต้องกำหนดจุดประสงค์
ของการวัดให้ชัดเจน เขียนคำถามให้ชัดเจนว่าต้องการถามอะไร กำหนดเวลาในการตอบ
ให้เหมาะสม และสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือต้องเตรียมคำตอบสำหรับการตรวจให้คะแนน
ให้ชัดเจนมากที่สุดเพื่อให้มีความเป็นปรนัยและเกิดความลำเอียงในการตรวจให้คะแนนน้อยที่สุด
ผู้วิจัย ได้นำหลักแนวคิดนี้ไปใช้ในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นบูรณาการ เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ

เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)

1. ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนน

กรมวิชาการ (2539 : 54 – 59) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนนว่าเป็นแนวทางในการให้คะแนน (Scoring Guide) ซึ่งจะต้องกำหนดเป็นมาตรวัด (Scale) และรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตรวัดอย่างชัดเจน จึงมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยทำให้เป้าหมายการแสดงผลของนักเรียนมีความชัดเจนขึ้น นำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์หรือสมรรถภาพที่สำคัญของมาตรฐานการศึกษาได้

กลุ่มงานวัดและประเมินผลการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1 (2550 : 2) กล่าวถึง Rubric ว่าหมายถึง สมรรถภาพหรือรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น เพื่อใช้เป็นแนวทางที่ชัดเจนในการให้คะแนนนักวิชาการสมัยใหม่อธิบายว่า คำว่า “Rubrics” หมายถึง “กฎ” หรือ “กติกา” (Rule) ส่วนคำว่า “Rubrics Assessment” นั้น หมายถึง แนวทางในการให้คะแนน (Scoring Guide) ซึ่งสามารถที่จะแยกแยะระดับต่างๆ ของความสำเร็จในการเรียน หรือการปฏิบัติของนักเรียนได้อย่างชัดเจนจากระดับดีมากไปจนถึงระดับต้องปรับปรุงแก้ไข ดังนั้น Rubric จึงเป็นเครื่องมือในการให้คะแนน ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์ด้านต่าง ๆ ที่ใช้พิจารณาชิ้นงานหรือการปฏิบัติงาน และระดับคุณภาพของเกณฑ์แต่ละด้านซึ่งมีตั้งแต่ระดับดีเยี่ยมจนถึงระดับต้องปรับปรุง

ส่วนเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) คือ เกณฑ์การให้คะแนนที่ถูกพัฒนาโดยครูหรือผู้ประเมินที่ใช้วิเคราะห์ผลงานหรือกระบวนการที่ผู้เรียนได้พยายามสร้างชิ้นงานประเมินผลงานของนักเรียนจะมี 2 ลักษณะ คือ ผลงานที่ได้จากกระบวนการของนักเรียน และกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อให้เกิดผลงานจะประเมินในลักษณะใดขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ อาจจะประเมินลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือประเมินทั้งสองลักษณะก็ได้ ผู้ประเมินจะต้องตัดสินคุณภาพของผลงานหรือกระบวนการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละคนที่มีระดับที่แตกต่างกันหลายระดับ ระดับที่แตกต่างกันอาจจะเป็นระดับคุณภาพของชิ้นงานที่ได้สร้างขึ้นหรือระดับของกระบวนการต่าง ๆ ที่นักเรียนแต่ละคนได้ใช้เพื่อเกิดผลงาน

กิ่งกาญจน์ สิริสุคนธ์ (2550 : 2) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนนก็คือ Rubric หรือ Rubric การให้คะแนน (Rubrics or Scoring Rubrics) Rubric เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) ที่ใช้ประเมินการปฏิบัติ ซึ่งตรงกันข้ามกับแบบสำรวจรายการ (Checklists) โดยปกติจะเรียกว่า แนวทางการให้คะแนน (Scoring guides) ประกอบด้วยเกณฑ์การประเมินการปฏิบัติที่มีลักษณะเฉพาะใช้ในการประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียน หรือประเมินผลผลิตซึ่งเป็นผลจากการ

ปฏิบัติงาน กล่าวโดยสรุปได้ว่ารูบริกเป็นเครื่องมือให้คะแนนชนิดหนึ่งใช้ในการประเมินการปฏิบัติงานหรือผลงานของนักเรียน รูบริกประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมินการปฏิบัติหรือผลผลิตของนักเรียน และระดับคุณภาพหรือระดับคะแนน เกณฑ์จะบอกผู้สอนหรือผู้ประเมินว่าการปฏิบัติงานหรือผลงานนั้น ๆ จะต้องพิจารณาสิ่งใดบ้างระดับคุณภาพหรือระดับคะแนน จะบอกว่าการปฏิบัติหรือผลงานที่สมควรจะไ้ระดับคุณภาพหรือระดับคะแนนนั้น ๆ ของเกณฑ์ แต่ละตัวมีลักษณะอย่างไร รูบริกจึงเป็นเหมือนการกำหนดลักษณะเฉพาะ (Specification) ของการปฏิบัติหรือผลงานนั้น ๆ ในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ หรือทั้ง 2 ประการรวมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการประเมิน

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2544 : ไม่มีเลขหน้า) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ว่าคือเกณฑ์การให้คะแนนที่ถูกพัฒนาโดยครูหรือผู้ประเมินที่ใช้วิเคราะห์ผลงานหรือกระบวนการที่ผู้เรียนได้พยายามสร้างขึ้น การประเมินผลงานของนักเรียนจะมี 2 ลักษณะคือ ประเมินผลงานที่ได้จากกระบวนการของนักเรียนและประเมินกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อให้เกิดผลงาน จะประเมินในลักษณะใดขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ว่าจะประเมินลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือประเมินทั้งสองลักษณะก็ได้

จากการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) หมายถึง แนวทางที่กำหนดขึ้นเพื่อชี้บอกระดับที่ใช้วิเคราะห์ผลงานที่ถูกพัฒนาโดยครูหรือผู้ประเมินที่ใช้วิเคราะห์ผลงานหรือกระบวนการที่ผู้เรียนได้พยายามสร้างขึ้นเกณฑ์อาจจะอยู่ในเชิงคุณภาพหรือปริมาณซึ่งจะต้องมีการกำหนดเป็นมาตรวัดและรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตรวัดอย่างชัดเจนซึ่งจะทำให้ผู้ตรวจให้คะแนนมีความเข้าใจตรงกัน

2. ประเภทของเกณฑ์การให้คะแนน

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2544 : ไม่มีเลขหน้า) กล่าวว่าเกณฑ์การให้คะแนนมี 3 ชนิด ดังนี้

1. Holistic Rubrics เป็นเกณฑ์การให้คะแนนผลงานหรือกระบวนการที่ไม่ได้แยกส่วนหรือแยกองค์ประกอบการให้คะแนน คือจะประเมินในภาพรวมของผลงานหรือกระบวนการนั้น
2. Analytic Rubrics เป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่แยกส่วนหรือองค์ประกอบคุณลักษณะของผลงานหรือกระบวนการ แล้วนำแต่ละส่วนหรือองค์ประกอบของคุณลักษณะมารวมกันเป็นคะแนนรวม

3. Annotated Holistic Rubrics ผู้ประเมินจะประเมินแบบ Holistic Rubrics ก่อนแล้ว จึงประเมินแยกส่วนอีกบางคุณลักษณะที่เด่นๆ เพื่อให้เป็นผลสะท้อนในบางคุณลักษณะของผู้เรียน การให้คะแนนแบบ Holistic Rubrics ใช้ได้ง่ายและใช้เพียงไม่กี่ครั้งต่อผู้เรียน 1 คน จะเป็นการประเมินในภาพรวมของทุกคุณลักษณะในการปฏิบัติงานส่วนการให้คะแนนแบบ Analytic Rubrics จะใช้บ่อยครั้ง โดยประเมินแยกในแต่ละคุณลักษณะของงานซึ่งการประเมินแบบนี้ จะมีประโยชน์เมื่อสนใจจะวินิจฉัยหรือช่วยเหลือผู้เรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจในแต่ละส่วนหรือ แต่ละคุณลักษณะของการปฏิบัติงานนั้นๆ หรือไม่ ซึ่งจะมีส่วนให้ครูได้ช่วยเสริมสร้างหรือ พัฒนาการเรียนรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น ส่วนแบบ Annotated Rubrics จะรวม ข้อจำกัดของ Holistic และ Analytic ไว้ด้วยกัน เริ่มด้วยการประเมินในภาพรวมของการปฏิบัติงาน ด้วย Holistic แล้วผู้ประเมินเลือกประเมินอีกเพียงบางคุณลักษณะของงานแบบ Analytic ซึ่งการ ประเมินเพียงบางคุณลักษณะนี้จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคะแนนที่ประเมินแบบ Holistic ประโยชน์ก็คือจะมีความรวดเร็วในการประเมินและเป็นการให้ผู้ประเมินได้เลือกประเมินเฉพาะ บางคุณลักษณะที่โดดเด่นเพียงไม่กี่องค์ประกอบเพื่อเป็นผลสะท้อน (Feedback) แก่ผู้เรียน แต่ไม่มี ประโยชน์ในการวินิจฉัยผู้เรียนว่าบกพร่องในคุณลักษณะใดเพราะหลาย ๆ คุณลักษณะไม่ได้ถูก ประเมิน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 ข : 80 – 82) กล่าวถึงเกณฑ์ การให้คะแนนมี 2 แบบ ดังนี้

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม เป็นการให้คะแนนในลักษณะของการสรุปผล การเรียนรู้ในส่วนที่เป็นประเด็นสำคัญ โดยไม่พิจารณาถึงองค์ประกอบย่อย
 2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ การให้คะแนนแบบนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม จึงให้คะแนนแยกออกเป็น องค์ประกอบย่อยครอบคลุมทุกจุดประสงค์โดยกำหนดรายการประเมินอย่างชัดเจน ถ้าต้องการให้ ความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบไม่เท่ากัน การให้คะแนนก็จะเป็นไปตามสัดส่วนที่กำหนดได้
- เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมและแบบแยกองค์ประกอบ ที่ใช้ประเมินการทำ โครงการงานวิทยาศาสตร์ในลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมที่ใช้ประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ใช้เวลานานมากในการทำความเข้าใจปัญหา ต้องอาศัยการแนะนำเกี่ยวกับการวางแผนวิธีการทำโครงการ มีความยากลำบากในการลงมือปฏิบัติ และเขียนรายงานที่สับสนไม่ชัดเจน	ต้องปรับปรุง 1
มีหลักฐานร่องรอยที่แสดงถึงความเข้าใจปัญหา การวางแผนวิธีการทำโครงการถูกต้องบางส่วน ลงมือปฏิบัติประสบความสำเร็จบางส่วนและเขียนรายงานยังไม่ชัดเจน	พอใช้ 2
มีหลักฐานร่องรอยที่แสดงถึงความเข้าใจปัญหา การวางแผนวิธีการทำโครงการได้ถูกต้อง ลงมือปฏิบัติจนเสร็จและประสบความสำเร็จและเขียนรายงานได้ชัดเจน	ดี 3
มีการแสดงออกถึงความเข้าใจปัญหา การวางแผนวิธีการทำโครงการโดยออกแบบหรือคิดค้นขึ้นเอง ลงมือปฏิบัติจนทำโครงการได้เสร็จและประสบความสำเร็จ เขียนรายงานเป็นลำดับได้ชัดเจนและครบถ้วน	ดีมาก 4

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 80)

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบที่ใช้ประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
1. การกำหนดปัญหาและการตั้งสมมติฐาน	
1.1 สมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหา	1
1.2 สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุ	2
1.3 สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลแต่ยังไม่ชัดเจน	3
1.4 สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลอย่างชัดเจน	4
2. ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงประกอบการทำโครงการ	
2.1 มีการศึกษาหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้องกัปัญหา	1
2.2 มีการศึกษาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพียงบางส่วน	2

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
2.3 มีการศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แต่ยังไม่ครอบคลุม	3
2.4 มีการศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหา อย่างชัดเจนและครอบคลุม	4
3. การออกแบบการทดลอง	
3.1 สอดคล้องกับสมมติฐานแต่ไม่มีการควบคุมตัวแปร	1
3.2 สอดคล้องกับสมมติฐานและควบคุมตัวแปรบางส่วน	2
3.3 สอดคล้องกับสมมติฐานและควบคุมตัวแปรได้ครบสมบูรณ์	3
3.4 สอดคล้องกับสมมติฐานและควบคุมตัวแปรถูกต้องสมบูรณ์ และมีแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล	4
4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	
4.1 เลือกใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม	1
4.2 เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องบางส่วน	2
4.3 เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
4.4 เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องครบสมบูรณ์	4
5. การดำเนินการทดลอง	
5.1 ดำเนินการทดลองไม่เหมาะสม	1
5.2 ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	2
5.3 ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
5.4 ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องครบสมบูรณ์	4
6. การบันทึกข้อมูล	
6.1 บันทึกข้อมูลบางส่วนไม่ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา	1
6.2 บันทึกข้อมูลตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา	2
6.3 บันทึกข้อมูลตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาและถูกต้อง	3
6.4 บันทึกข้อมูลตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาถูกต้อง และครบสมบูรณ์	4
7. การจัดกระทำข้อมูล	
7.1 มีการจัดกระทำข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเป็นส่วนมาก	1
7.2 มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจนพอ	2

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
7.3 มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้องชัดเจน แต่ยังไม่ครบสมบูรณ์	3
7.4 มีการจัดกระทำข้อมูลถูกต้องชัดเจน ละเอียด และครบสมบูรณ์	4
8. การแปลความหมายและการสรุปผลของข้อมูล	
8.1 แปลความหมายไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่สรุปผล	1
8.2 แปลความหมายถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูล	2
8.3 แปลความหมายถูกต้องแต่สรุปผลไม่สอดคล้องกับข้อมูลบางส่วน	3
8.4 แปลความหมายถูกต้อง และสรุปผลสอดคล้องกับข้อมูล	4
9. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	
9.1 โครงงานคล้ายคลึงกับสิ่งที่เคยทำมาแล้ว	1
9.2 โครงงานบางส่วนมีความแปลกใหม่จากโครงงานที่มีผู้ทำมาแล้ว	2
9.3 โครงงานแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	3
9.4 โครงงานแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้	4
10. การเขียนรายงานหรือการแสดงผลงาน	
10.1 มีการนำเสนอไม่ชัดเจน ไม่เป็นขั้นตอน	1
10.2 มีการนำเสนอบางส่วนเป็นขั้นตอนแต่ยังไม่ชัดเจน	2
10.3 มีการนำเสนอเป็นขั้นตอนแต่ยังไม่ชัดเจน	3
10.4 มีการเสนอเป็นขั้นตอนสมบูรณ์และชัดเจน	4

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 81 – 83)

กลุ่มงานวัดและประเมินผลการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1 (2550 : 5) กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนว่ามี 2 ชนิด ดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Rubrics) คือแนวทางการให้คะแนนโดยพิจารณาจากภาพรวมของชิ้นงาน โดยจะมีคำอธิบายลักษณะของงานในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน เกณฑ์การประเมินในภาพรวมนี้เหมาะที่จะใช้ในการประเมินทักษะการเขียนที่สามารถที่จะตรวจสอบความต่อเนื่อง ความคิดสร้างสรรค์และความสละสลวยของภาษาที่เขียนได้

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubrics) คือแนวทางการให้คะแนนโดยพิจารณาจากแต่ละส่วนของงาน ซึ่งแต่ละส่วนจะต้องกำหนดแนวทางการให้คะแนนโดยมีคำนิยามหรือคำอธิบายลักษณะของงานในส่วนนั้น ๆ ในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน

กึ่งกาญจน์ สิริสุนทร (2550 : 9 – 11) กล่าวว่าเกณฑ์การให้คะแนนมี 2 ชนิด คือแบบภาพรวมและแบบแยกองค์ประกอบ

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Rubrics) ครูต้องให้คะแนนโดยดูภาพรวมของกระบวนการหรือผลงานไม่แยกพิจารณาเป็นส่วน ๆ จะใช้เมื่อต้องการดูคุณภาพโดยรวมมากกว่าจะดูข้อบกพร่องส่วนย่อย ๆ เหมาะสมกับการปฏิบัติที่ต้องการให้นักเรียนสร้างสรรค์การตอบสนองและไม่มีคำตอบที่ถูกต้องชัดเจน จุดเน้นของการรายงานคะแนนคือคุณภาพโดยรวม ความคล่องแคล่ว หรือความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระเฉพาะแต่ละทักษะซึ่งเป็นการประเมินระดับมิติเดียว การใช้รูบริกแบบภาพรวมทำให้กระบวนการให้คะแนนเร็วกว่าการใช้รูบริกแบบแยกองค์ประกอบ ดังนั้นครูจึงต้องอ่าน พิจารณาและตรวจสอบการปฏิบัติของนักเรียนโดยตลอด เพื่อให้รู้สึกรับรู้ถึงภาพรวมว่านักเรียนทำอะไรได้และยังใช้เป็นการประเมินสรุป (Summative) ได้ด้วย แต่นักเรียนจะได้รับทราบผลสะท้อนกลับน้อยมาก

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubrics) ครูจะให้คะแนนแยกทีละส่วนหรือทีละองค์ประกอบ แล้วรวมคะแนนแต่ละส่วนนั้นเข้าด้วยกันเป็นคะแนนรวมนิยมใช้เมื่อต้องการเน้นชนิดหรือลักษณะเฉพาะของการตอบสนอง นั่นคือใช้สำหรับการปฏิบัติงานที่ยอมรับการตอบสนอง 1 หรือ 2 ลักษณะ และความคิดสร้างสรรค์ไม่ได้เป็นประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการตอบสนองของนักเรียน นอกจากนี้ผลลัพธ์ขั้นต้นจะมีคะแนนหลายตัวตามด้วยคะแนนรวมซึ่งใช้เป็นตัวแทนการประเมินหลายมิติ การใช้รูบริกแบบแยกองค์ประกอบทำให้กระบวนการให้คะแนนช้า เนื่องจากการประเมินหลายทักษะหรือหลายคุณลักษณะเป็นรายบุคคลทำให้ครูต้องใช้เวลาตรวจสอบผลงานหลายครั้งหลายหนการสร้างและการใช้รูบริกแบบแยกองค์ประกอบจึงใช้เวลามาก ซึ่งมีกฎทั่ว ๆ ไปว่าผลงานของแต่ละคนต้องพิจารณาแยกแต่ละด้าน ในแต่ละครั้งตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังนั้นการใช้รูบริกแบบแยกองค์ประกอบจึงได้ผลค่อนข้างสมบูรณ์ผลสะท้อนกลับที่มีต่อนักเรียนและครูจึงมีความหมายมากนักเรียนจะรับทราบผลสะท้อนกลับของการปฏิบัติของตนตามเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งถ้าใช้รูบริกแบบภาพรวมจะไม่ปรากฏรายละเอียด ครูที่ใช้รูบริกแบบแยกองค์ประกอบจึงสามารถสร้างเส้นภาพ (Profile) จุดเด่นจุดด้อยของนักเรียนแต่ละคนได้

จากการศึกษาประเภทของเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนมี 2 ประเภท คือแบบภาพรวมและแบบแยกองค์ประกอบ เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม

เป็นการให้คะแนนในลักษณะของการสรุปผลการเรียนรู้ในประเด็นสำคัญโดยไม่พิจารณาถึงองค์ประกอบย่อย ส่วนเกณฑ์ให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบจะให้คะแนนแยกออกเป็นองค์ประกอบย่อยครอบคลุมทุกจุดประสงค์โดยกำหนดรายการประเมินอย่างชัดเจน และถ้าต้องการให้ความสำคัญแต่ละองค์ประกอบไม่เท่ากันการให้คะแนนก็เป็นไปตามสัดส่วนคะแนนที่กำหนดได้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubrics) กำหนดระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ในแต่ละข้อคำถามที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. ขั้นตอนการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน

กึ่งกาญจน์ สิริสุคนธ์ (2550 : 17 – 18) กล่าวถึงการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนว่ามี 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องใช้ในการทำงาน เป็นการจับคู่แนวทางการให้คะแนนกับจุดประสงค์และการชี้แนะตามความเป็นจริง

ขั้นที่ 2 อธิบายคุณลักษณะที่ต้องสังเกตเป็นพิเศษซึ่งครูต้องการเห็นนักเรียนแสดงออกในผลผลิต (และที่ไม่ต้องการเห็น) กระบวนการหรือการปฏิบัติ นั่นคืออธิบายคุณลักษณะทักษะหรือพฤติกรรมที่ต้องการเห็นรวมทั้งข้อผิดพลาดทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการให้เกิด

ขั้นที่ 3 หาวิธีการต่าง ๆ ที่จะอธิบายลักษณะการปฏิบัติที่สูงกว่าระดับค่าเฉลี่ย ระดับค่าเฉลี่ย และต่ำกว่าระดับค่าเฉลี่ย สำหรับแต่ละคุณลักษณะที่สังเกตจากขั้นที่ 2

ขั้นที่ 4 สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม เขียนคำบรรยายลักษณะงานที่ดีและงานที่ไม่ดีโดยรวมทุกเกณฑ์เข้าด้วยกันเป็นข้อความเดียว สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบเขียนคำบรรยายลักษณะงานที่ดีและงานที่ไม่ดี โดยแยกต่างหากแต่ละเกณฑ์

ขั้นที่ 5 สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม เขียนรายละเอียดการปฏิบัติที่อยู่ในระหว่างกลางของระดับสูงกว่าค่าเฉลี่ย ระดับค่าเฉลี่ย และระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย เพื่อให้เกณฑ์การให้คะแนนสมบูรณ์ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน เขียนรายละเอียดสำหรับการปฏิบัติที่อยู่ระหว่างกลางของทุกเกณฑ์

ขั้นที่ 6 รวบรวมตัวอย่างผลงานของนักเรียน ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละระดับ ซึ่งจะช่วยการให้คะแนนของครูในอนาคต

ขั้นที่ 7 ทบทวนเกณฑ์การให้คะแนนที่ทำแล้ว

กลุ่มงานวัดและประเมินผลการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1 (2550 : 20) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

1. เกณฑ์หรือประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) เป็นการพิจารณาว่าภาระงานหรือชิ้นงานนั้น ๆ ประกอบด้วยคุณภาพกี่ด้าน อะไรบ้าง
 2. ระดับความสามารถหรือระดับคุณภาพ (Performance Level) เป็นการกำหนดจำนวนระดับของเกณฑ์ ส่วนมากจะประกอบด้วย 3 – 6 ระดับ
 3. การบรรยายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Description) เป็นการเขียนคำอธิบายความสามารถให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างชัดเจนในแต่ละระดับ
- สำหรับขั้นตอนการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนนั้น ครูสามารถเริ่มต้นด้วยวิธีการที่ง่าย ๆ คือพิจารณามาตรฐานการเรียนรู้ที่นำมากำหนดหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐานโดยพิจารณาคำสำคัญ (Keywords) ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือความสามารถหรือทักษะกระบวนการ และความรู้ในเนื้อหา ดังตัวอย่าง

มาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4 – 6

ทดลองและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

คำถามที่ควรตอบ ได้แก่

คำถามที่ 1 : อะไรคือทักษะกระบวนการหรือความรู้ความสามารถ ที่เราต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนในมาตรฐานการเรียนรู้ในเชิงคุณภาพ (วิเคราะห์จากคำสำคัญในมาตรฐาน) เช่น สังเกตได้ ตั้งคำถามได้ อภิปรายได้ อธิบายได้ นำความรู้ไปใช้ได้

คำถามที่ 2 : สังเกตอะไร อะไรที่นำมาให้สังเกต ทำอย่างไร (ดูรายละเอียด คู่มือการทำงาน ดูความสัมพันธ์เชื่อมโยงเกี่ยวเนื่อง ดูความสำคัญ) ตั้งคำถามอย่างไร ใครถามใครตอบ ถามกันหลายคนหรือถามคนเดียว ตอบคนเดียว อภิปรายอย่างไร แบ่งกลุ่มเล็ก ๆ หรือมีกลุ่มเพียงกลุ่มเดียวมาอภิปรายให้กลุ่มใหญ่ฟัง มีประเด็นอะไรบ้างที่จะนำมาอภิปราย อธิบายได้คืออะไร ใครอธิบาย คนเดียวหรือหลายคนช่วยกันอธิบาย อธิบายเกี่ยวกับอะไร นำความรู้ไปใช้ได้ แสดงว่านักเรียนต้องรู้ในสิ่งที่จะนำไปใช้และรู้อาจจะนำไปใช้ได้อย่างไร (บอกแนวทางข้อกำหนด เงื่อนไข การปฏิบัติ)

คำถามที่ 3 : ผลที่ได้หรือเกิดจากการสังเกตคืออะไร (คำพูด คำอธิบาย รูปภาพ) ผลที่ได้หรือเกิดจากการตั้งคำถามคืออะไร ผลที่ได้หรือเกิดจากการอภิปราย อธิบายและนำความรู้ไปใช้คืออะไร (คำตอบของสิ่งเหล่านี้ คือ ผลงาน / ชิ้นงานที่ให้นักเรียนปฏิบัติ)

คำถามที่ 4 : ลักษณะสำคัญอะไรที่เป็นรายละเอียดของการปฏิบัติที่เสร็จสมบูรณ์ หรือ ผลงานที่เสร็จสมบูรณ์ ลักษณะสำคัญที่ให้รายละเอียดเหล่านี้ คือ เกณฑ์ (Criteria) ที่จะใช้ประเมิน เช่น ภาษาที่ใช้ การนำเสนอความคิดเรียงเรียงเป็นระบบ บทสรุปเชื่อมโยง/ความสัมพันธ์ ความถูกต้องในเนื้อหา รายละเอียดในการนำเสนอ เป็นต้น

คำถามที่ 5 : ระดับการปฏิบัติ (Performance Level) ของเกณฑ์แต่ละตัวหรือแต่ละ ด้าน ควรจะมีกี่ระดับ (ผ่าน - ไม่ผ่าน , 0 - 1 หรือ 1 , 2 , 3 หรือ ระดับเริ่มต้น ระดับผ่าน ระดับ ขำนาญ ระดับเชี่ยวชาญ)

คำถามที่ 6 : ในแต่ละระดับการปฏิบัติจะเขียนคำอธิบายคุณภาพของงาน/การปฏิบัติ (Performance Description) ให้มองเห็นความแตกต่างของแต่ละระดับ ได้อย่างไร

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

หลังจากที่ครูตรวจให้คะแนนแล้ว (ถือว่าเป็นการวัด) ครูควรกำหนดการตัดสิน ขั้นสุดท้ายในรูปของระดับคุณภาพ (ถือว่าเป็นการประเมิน) เช่น ดี พอใช้ หรือ ควรปรับปรุง โดยสามารถกำหนดการตัดสินขั้นสุดท้ายของคุณภาพได้ตามสูตรดังนี้

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

ตัวอย่าง การเขียนเกณฑ์การให้คะแนนและการกำหนดเกณฑ์ตัดสินคุณภาพ

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับ คุณภาพ
1. สมมติฐานการทดลอง	
1.1 ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและถูกต้องสมบูรณ์	3
1.2 ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและถูกต้องบางส่วน	2
1.3 ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาแต่ไม่ถูกต้อง	1
1.4 ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและไม่ถูกต้อง	0
2. จุดประสงค์การทดลอง	
2.1 กำหนดจุดประสงค์การทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาถูกต้อง	3
2.2 กำหนดจุดประสงค์การทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและส่วนใหญ่ถูกต้อง	2

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับ คุณภาพ
2.3 กำหนดจุดประสงค์การทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษา บางส่วนและส่วนใหญ่ถูกต้อง	1
2.4 กำหนดจุดประสงค์การทดลองไม่สอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษา และไม่ถูกต้อง	0
3. การบันทึกผลการทดลอง	
3.1 ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง	3
3.2 ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและส่วนใหญ่บันทึกผลการทดลอง ได้ถูกต้องหรือไม่ออกแบบตารางแต่บันทึกผลโดยเขียนบรรยายได้ถูกต้อง	2
3.3 ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองแต่บันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้อง หรือไม่ออกแบบตารางแต่บันทึกผล โดยเขียนบรรยายได้ถูกต้องบางส่วน	1
3.4 บันทึกผลการทดลองโดยเขียนบรรยายไม่ถูกต้อง	0
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน	3
4.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปการทดลองได้ถูกต้องส่วนมาก	2
4.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปการทดลองได้ถูกต้องแต่ไม่ครบ	1
4.4 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปการทดลองไม่ถูกต้อง	0

ที่มา : กลุ่มงานวัดประเมินผลการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1(2550 : 101)

จากตัวอย่าง

1. เกณฑ์การให้คะแนนนี้ มี 4 เกณฑ์
2. แต่ละเกณฑ์ มี 4 ระดับคุณภาพคือ ดีมาก (3) ดี (2) ควรปรับปรุง (1) และไม่ผ่าน (0)
3. เกณฑ์การให้คะแนนนี้ คะแนนเต็ม (คะแนนสูงสุด) = 12 คะแนน

(3 เกณฑ์ × 3 คะแนน)

4. เกณฑ์การให้คะแนนนี้ คะแนนต่ำสุด = 0 คะแนน (4 เกณฑ์ × 0 คะแนน)
5. แทนค่าตามสูตร จะได้

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{12 - 0}{4} = 3$$

6. จากข้อ 5 แสดงว่า เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ มีช่วงคะแนนของเกณฑ์การตัดสิน ห่างกันช่วงละ 3 คะแนน ดังนี้

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 – 12	ดีมาก
6 – 9	ดี
3 – 5	พอใช้
0 – 2	ควรปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ตั้งแต่ระดับคุณภาพดีขึ้นไป

จากการศึกษาขั้นตอนการเขียนเกณฑ์การให้คะแนนผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการที่สร้างขึ้นโดยกำหนดให้มี 4 เกณฑ์

คุณภาพของเครื่องมือ

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของเครื่องมือไว้ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2545 : 81) กล่าวว่า เครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะต้องมีคุณภาพหลายประการประกอบกัน ดังนี้

1. ทุกข้อต้องมีคุณภาพเข้าเกณฑ์ในด้านระดับความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา
2. เมื่อนำทุกข้อที่มีคุณภาพตามข้อ 1 มารวมกันเป็นฉบับเครื่องมือทั้งฉบับนั้นจะต้องมีคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 193) กล่าวถึงคุณภาพของแบบทดสอบว่าหมายถึง การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่ามีคุณภาพดีเพียงใดทั้งลักษณะเป็นรายข้อและทั้งฉบับ ถ้าข้อสอบข้อใดหรือฉบับใดมีคุณภาพดีก็ควรนำไปใช้แต่ถ้าบกพร่องก็ควรปรับปรุง

พิชิต ฤทธิจรูญ (2551 : 134) กล่าวถึงเครื่องมือวัดผลที่ควรจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพจึงจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้องเชื่อถือได้และผลการประเมินที่ได้ย่อมเชื่อถือได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงจึงควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทุกครั้ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือในเรื่องความยาก อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น เครื่องมือวัดผลบางชนิดจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพให้ครบทั้ง 5 ประการ แต่เครื่องมือบางชนิดอาจตรวจสอบเพียงบางประการแล้วแต่ลักษณะเครื่องมือ

ไพศาล วรคำ (2552 : 254) กล่าวว่า คุณภาพของเครื่องมือหมายถึงคุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนก เป็นต้น คุณสมบัติที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นเป็นหลักส่วนอำนาจจำแนกนั้นจะใช้เฉพาะในกรณีของแบบทดสอบและแบบสอบถาม และความยากจะใช้เฉพาะกรณีแบบทดสอบเท่านั้น

จากแนวความคิดข้างต้นสรุปได้ว่าคุณภาพของเครื่องมือจะเชื่อถือได้ ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพรายข้อด้านความยาก และอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับด้านความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง

1. ความยากและอำนาจจำแนก

พิชิต ฤทธิจรูญ (2551 : 138) กล่าวถึง ความยากและอำนาจจำแนกดังนี้
ความยาก (Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อยถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบข้อนั้นก็ง่าย ถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบข้อนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีมีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คน และไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูกคนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

ไพศาล วรรค (2552 : 287) กล่าวถึงความยากและอำนาจจำแนก ดังนี้

ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบ แต่ละข้อที่บ่งบอกถึง โอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้น ได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบ จึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูกถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย หรือมีค่าดัชนีความยาก (Item Difficulty Index : p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ

การหาค่าความยากของข้อสอบ โดยทั่วไปนิยมหาเฉพาะในการทดสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ ข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมี ดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้นต้องพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) หรือไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบแต่จะพิจารณา พฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่า การหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อให้ทราบระดับความยากเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์ ก็มักจะหาทั้งดัชนีความยากก่อนเรียนและดัชนีความยากหลังเรียน โดยใช้สูตรเดียวกับการหาดัชนี ความยากแบบอิงกลุ่ม

สำหรับข้อสอบอัตนัยการหาดัชนีความยากจะมีวิธีการแตกต่าง ไปจากข้อสอบปรนัย บ้างเนื่องจากคะแนนที่เป็นไปได้ของข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อไม่ใช่ 0 กับ 1 เหมือนกับข้อสอบปรนัย การหาดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยทำได้โดยการแบ่งผู้เข้าสอบออกเป็นสองกลุ่มเท่า ๆ กัน คือ กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ จากนั้นคำนวณหาดัชนีความยากจากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) ส่วนการแปลผลดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยก็ใช้เกณฑ์เดียวกับดัชนีความยากของ ข้อสอบปรนัย

อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึงคุณลักษณะของข้อคำถามที่สามารถแยก ปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบ ข้อสอบที่มี อำนาจจำแนกก็คือข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้ เครื่องมือที่นิยมหาอำนาจ จำแนกได้แก่ แบบทดสอบและแบบสอบถาม เทคนิคการหาอำนาจจำแนกก็มีหลายวิธีตามลักษณะ ของเครื่องมือดังนี้

1. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม มีหลายวิธีดังนี้
 - 1.1 เทคนิคร้อยละ 50
 - 1.2 เทคนิคร้อยละ 27
 - 1.3 การหาสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม
 - 1.4 การหาสหสัมพันธ์แบบ Point Bi-serial

2. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ หาได้ 2 แบบ ดังนี้

2.1 ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนนัน (Brennan's Index : B-Index)

2.2 ดัชนีความไวของข้อสอบ (Sensitive Index : S)

3. การหาอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัย

ในกรณีของข้อสอบอัตนัยค่าคะแนนในแต่ละข้อจะมีได้หลายค่า การหาอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัยสามารถหาได้จากสูตรวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney & Sabers)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 225) กล่าวถึงความยากและอำนาจจำแนก ดังนี้

ความยาก (Difficulty) หรือระดับความยากของข้อสอบ หมายถึง สัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เช่น ข้อสอบข้อหนึ่งมีคนตอบ 100 คน ปรากฏว่าตอบถูกเพียง 30 คนแสดงว่าข้อสอบข้อนี้มีระดับความยาก (p) เท่ากับ 0.30 หรือ 30% ดังนั้นระดับความยากของข้อสอบจึงมีค่าตั้งแต่ 0.00 – 1.00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีคนตอบถูกมาก p จะมีค่าสูง (เข้าใกล้ 1) แสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้าข้อสอบข้อใดมีคนตอบถูกน้อย p จะมีค่าต่ำ (เข้าใกล้ 0) แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่า p ระหว่าง 0.20 - 0.80 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะ และข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยประมาณ 0.50

อำนาจจำแนก (Discrimination) หรืออำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนก ความแตกต่างระหว่างผู้สอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้ โดยถือว่าคนเก่งหรือมีความสามารถควรทำข้อสอบนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนหรือไม่มีความสามารถไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าเป็นบวกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนกดังตารางที่ 2 (ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552 : 228)

ตารางที่ 2 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก

ความยาก (p)	ความหมาย	อำนาจจำแนก (D)	ความหมาย
0.80 – 1.00	ง่ายมาก	0.60 – 1.00	ดีมาก
0.60 – 0.79	ค่อนข้างง่าย	0.40 – 0.59	ดี
0.40 – 0.59	ปานกลาง	0.20 – 0.39	พอใช้
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก	0.10 – 0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00 – 0.19	ยากมาก	0.00 – 0.09	ต่ำมาก ต้องปรับปรุง

ที่มา : ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 228)

จากการศึกษาเกี่ยวกับความยากและอำนาจจำแนกของเครื่องมือ สรุปได้ว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องตรวจสอบคุณภาพรายข้อในเรื่องค่าความยากและอำนาจจำแนก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20 - 0.80 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยประมาณ 0.50 ส่วนอำนาจจำแนกที่ดีต้องมีค่าเป็นบวกและมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ยังมีค่าสูงยิ่งดี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้หาค่าดัชนีความยากและอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบความเรียงจากสูตรของวิทนีเย่และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ, 2552 : 288)

2. ความเชื่อมั่น

เยวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552 : 88) กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่าตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Reliability” ซึ่งหมายถึง “Stability and Consistency” ของคะแนนสอบ จึงเป็นที่เข้าใจของกลุ่มนักวัดผลคนไทยว่า Reliability นั้นหมายถึงระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของคะแนนสอบจากการทดสอบเรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ดีสำหรับการใช้คำนั้นก็อาจใช้คำที่ต่างกันไป เช่น ความเชื่อมั่น ความเที่ยง เป็นต้น

ไพศาล วรคำ (2552 : 267 - 268) ให้ความหมายของความเชื่อมั่นว่าหมายถึงความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้ง การหาความเชื่อมั่นของแบบวัดพัฒนามาจากนิยาม คือเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าการวัดหลาย ๆ ครั้ง แต่ด้วยเหตุที่คุณลักษณะที่ต้องการวัดของบุคคลนั้นมักจะมีการเปลี่ยนแปลงเสมอเมื่อเวลาผ่านไปจึงได้มีการพัฒนาวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธีภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคิดคือ

1. การวัดความคงที่ซึ่งจะเป็นการวัดความคงที่ของผลการวัดหลาย ๆ ครั้ง
2. การวัดความสมมูลกัน เป็นการวัดด้วยแบบวัดที่คู่ขนานกันเพื่อเลี่ยงการวัดซ้ำ
3. การวัดความสอดคล้องภายใน ซึ่งเป็นการพิจารณาความเชื่อมั่นจากการวัดเพียงครั้งเดียวแล้วหาความสอดคล้องของผลการวัดภายในแบบวัดนั้น

ศิริชัย กาญจนวาที (2552 : 59 – 60) ให้นิยามเชิงทฤษฎีของความเชื่อมั่นไว้ว่า ความเชื่อมั่นหมายถึงความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ โดยมีความหมายและวิธีการประมาณค่าดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประเภทของความเชื่อมั่น ความหมาย และวิธีการประมาณค่า

ประเภท	ความหมาย	วิธีประมาณค่า
1. ความเชื่อมั่นแบบคงที่ (Measure of stability)	ความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบถามเดิม (Test – retest method)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากคนกลุ่มเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน โดยทำการวัดซ้ำสองครั้งในช่วงเวลาที่ต่างกัน
2. ความเชื่อมั่นแบบความสมมูล (Measure of equivalent)	ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้แบบสอบถามที่สมมูลกัน (Equivalent forms method)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาเดียวกันจากคนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ทดสอบกัน
3. ความเชื่อมั่นแบบคงที่และสมมูล (Measure of stability and equivalent)	ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบถามที่สมมูลกัน (Test – retest equivalent forms)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาต่างกันจากคนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ทดสอบกัน
4. ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of internal consistency)	ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหาข้ออื่นเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัด ดังนี้ 4.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split – half method)	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกพันธ์ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อสอบ 2 กลุ่ม จากการวัดด้วยแบบสอบถามเดียวกัน คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากการแบ่งครึ่งข้อสอบที่สมมูลกัน เช่น แบ่งเป็นข้อคู่และข้อคี่ จากนั้นจึงใช้สูตรของ สเปียร์แมน บราวน์

ประเภท	ความหมาย	วิธีประมาณค่า
	4.2 วิธีของคูเคอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson method)	คำนวณค่าสถิติของคะแนนราย ข้อ (ซึ่งให้คะแนนแบบ 0, 1) และคะแนนรวม จากนั้นจึงใช้ สูตรของคูเคอร์ – ริชาร์ดสัน
	4.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method)	คำนวณค่าสถิติของคะแนน รายข้อและคะแนนรวม จากนั้น จึงใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์ แอลฟาของครอนบาค
	4.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ของฮอยท์ (Hoyt's analysis of variance method)	วิเคราะห์ความแปรปรวน แบบสองทางจากนั้นจึงใช้สูตร ของฮอยท์

ที่มา : ศิริชัย กาญจนวาที (2552 : 60 – 61)

ดัชนีความสอดคล้องของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI)

ไพศาล วรคำ (2552 : 283) ได้ศึกษาดัชนีความสอดคล้องกันของผู้ประเมินของเบอร์รี สตอกก์ และคนอื่น ๆ (Burry – Stock & others) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ระดับความพ้องกันหรือสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมินหรือผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน หรือมากกว่า เป็นดัชนีที่บ่งบอกความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน ในกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบความเรียง (Essay tests) ที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ ผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคนอาจให้คะแนนที่แตกต่างกันความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนจึงสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดลักษณะนี้ วิธีการง่าย ๆ ในการหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือให้ผู้ตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ให้คะแนนแบบทดสอบเดียวกันหรือพฤติกรรมเดียวกันแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากผู้ตรวจ โดยการหาสัมประสิทธิ์ความพ้องกันหรือดัชนีความสอดคล้องกันของผู้ประเมิน ซึ่งจะมีพิสัยตั้งแต่ 0 – 1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินมีความเห็นสอดคล้องกันมาก (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2553) ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนที่เชื่อถือได้ควรจะมีค่าประมาณ 0.85 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2552 : 287)

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement : SEM)

ไพศาล วรคำ (2552 : 287) กล่าวถึงความคลาดเคลื่อนของการวัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของเครื่องมือ กล่าวคือถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดค่าความเชื่อมั่นจะสูง ในทางกลับกันถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดสูงความเชื่อมั่นจะต่ำ หมายความว่าถ้าแบบทดสอบใดมีความเชื่อมั่นอย่างแท้จริงคะแนนที่สอบได้นั้นจะเป็นคะแนนจริง (True score) ถ้ามีการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกับกลุ่ม ๆ เดียว หลายครั้ง คะแนนของผู้สอบแต่ละคนที่สอบได้ในแต่ละครั้งจะแตกต่างกันไป การที่คะแนนแตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หรือถ้าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของคะแนนจะน้อยถ้ามีความเชื่อมั่นต่ำความแตกต่างหรือความแปรปรวนของคะแนนจะมากการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด จึงเป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนที่สอบได้ (Obtained scores) กับคะแนนจริง (True scores) สอดคล้องกับ เขาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552 : 97) ที่กล่าวว่า โดยปกติความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจะมีค่าน้อยมาก และมีความสัมพันธ์กับค่าความเชื่อมั่น ค่า SEM จึงเป็นดัชนีที่จะชี้ให้เห็นว่าเมื่อความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดมีค่าน้อยก็ย่อมจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบสูงขึ้น

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดใช้เป็นดัชนีชี้ความเชื่อมั่นของแบบวัดได้อีกวิธีหนึ่ง โดยถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดมีค่าน้อยก็แสดงว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดมีค่าสูงในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของการทดสอบนั้น เราต้องหาค่าความเชื่อมั่นก่อนแล้วจึงคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

จากการศึกษาวิธีการหาคุณภาพรายฉบับด้านความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้นโดยการหาความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดและหาค่าดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) กรณีหลายพฤติกรรมหลายตัวอย่างหลายผู้ประเมิน

3. ความเที่ยงตรง

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเที่ยงตรง (Validity) หรือความตรง (Validity) ดังนี้

พิชิต ฤทธิงกูญ (2551 : 134 – 135) กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่าเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดความเที่ยงตรงของแบบทดสอบนั้นมีสิ่งที่ควรพิจารณาดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องที่อ้างถึงการตีความหมายของผลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหรือการประเมินผลมิใช่เป็นความเที่ยงตรงของเครื่องมือแต่เป็นความเที่ยงตรงของการตีความหมายที่ได้จากผลของการทดสอบ
2. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องของระดับ (Matter of degree) มิใช่เป็นเรื่องมีหรือไม่มี การบอกความเที่ยงตรงของแบบทดสอบควรเสนอในรูประดับที่เฉพาะเจาะจง เช่น มีความเที่ยงตรงสูง ปานกลาง หรือต่ำ
3. ความเที่ยงตรงจะเป็นความเที่ยงตรงเฉพาะเรื่องที่ต้องการวัดเสมอ (Specific to some particular use) ไม่มีแบบทดสอบใดที่มีความเที่ยงตรงทุกวัตถุประสงค์ เช่น แบบทดสอบเลขคณิตอาจมีความเที่ยงตรงสูงในการวัดทักษะการคำนวณ แต่มีความเที่ยงตรงต่ำในการวัดเหตุผลเชิงตัวเลข และอาจมีความเที่ยงตรงปานกลางในการคาดคะเนผลการเรียน
4. ความเที่ยงตรงเป็นมโนทัศน์เดี่ยว (Unitary concept) หมายความว่า ความเที่ยงตรงเป็นค่าตัวเลขตัวเดียวที่ได้มาจากหลักฐานหลายแหล่ง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 99) กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของแบบทดสอบสามารถจำแนกความตรงเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง การตรวจสอบความเที่ยงตรงเป็น “กระบวนการรวบรวมและวิเคราะห์หลักฐานเพื่อการสนับสนุนความเหมาะสมและความถูกต้องของการนำคะแนนจากเครื่องมือวัดไปสรุปอ้างอิงถึงคุณลักษณะที่มุ่งวัด” วิธีตรวจสอบความเที่ยงตรงแต่ละประเภทดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประเภทของความเที่ยงตรง ความหมาย และวิธีการตรวจสอบ

ประเภท	ความหมาย	วิธีการตรวจสอบ
1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)	ความสามารถในการวัดกลุ่มตัวอย่าง เนื้อเรื่องวัดได้ครอบคลุม และเป็นตัวแทนของมวลเนื้อเรื่องหรือประสบการณ์ที่มุ่งวัด	<ol style="list-style-type: none"> 1. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของนิยามและขอบเขตของมวลเนื้อเรื่องหรือประสบการณ์ 2. ตรวจสอบกลุ่มตัวอย่าง เนื้อเรื่องหรือพฤติกรรมที่นำมาใช้วัดในเครื่องมือว่ามีความครอบคลุมเนื้อเรื่องหรือประสบการณ์ทั้งหมดหรือไม่ 3. เปรียบเทียบสัดส่วนของข้อคำถามว่ามีความสอดคล้องกับน้ำหนัก

ประเภท	ความหมาย	วิธีการตรวจสอบ
		ความสำคัญของแต่ละลักษณะเนื้อเรื่อง ที่มุ่งวัดมากน้อยเพียงไร
2. ความเที่ยงตรงตาม เกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion – related validity)	ความสามารถในการวัด ลักษณะที่สนใจได้ สอดคล้องกับเกณฑ์ ภายนอก	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือกับ คะแนนจากเกณฑ์ภายนอก ซึ่งวัดได้จาก เครื่องมืออิสระอื่นที่เชื่อถือได้
2.1 ความเที่ยงตรง ตามสภาพ หรือความ ร่วมสมัย (Concurrent validity)	ความสามารถในการวัด ลักษณะที่สนใจได้ตรงตาม สมรรถนะของสิ่งนั้นใน สภาพปัจจุบัน	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือ กับคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือ มาตรฐานอื่น ซึ่งสามารถวัดสิ่งนั้น ได้ในสภาพปัจจุบัน
2.2 ความเที่ยงตรง เชิงทำนาย (Predictive validity)	ความสามารถในการวัด ลักษณะที่สนใจได้ตรงตาม สมรรถนะของสิ่งนั้นที่จะ เกิดขึ้นในอนาคต	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือ กับคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือ มาตรฐานอื่นซึ่งสามารถวัดสิ่งนั้นได้ ในเวลาต่อมาหรือในอนาคต
3. ความเที่ยงตรง เชิงโครงสร้าง (Construct validity)	ความสามารถในการวัดได้ ตรงตามลักษณะที่มุ่งวัด โดยผลการวัดมีความ สอดคล้องกับ โครงสร้าง และความหมายทางทฤษฎี ของลักษณะที่มุ่งวัดนั้น	ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัด ที่ได้จากเครื่องมือกับ โครงสร้างและคำ ทำนายทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัด โดยอาศัยข้อสนับสนุนเชิงสะสมของ หลักฐานจากวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ เช่น 1) วิธีตัดสิน โดยผู้เชี่ยวชาญ 2) วิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่ม ที่ทราบผล 3) วิธีวิเคราะห์เมตริกซ์พหุลักษณะ – พหุวิธี 4) วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ

ไพศาล วรคำ (2552 : 254) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงหมายถึงความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่องหรือเกณฑ์หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกประเภท เพราะเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือความเที่ยงตรงเป็นความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริงถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงเพียงใดก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเพียงนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดได้เที่ยงตรงและครอบคลุมเนื้อหาวิชามากน้อยเพียงใด โดยการเทียบกับตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือตารางกำหนดข้อสอบซึ่งกำหนดตัวอย่างหัวข้อเนื้อหาสาระวิชาและพฤติกรรมจากเนื้อหาสาระทั้งหมดและถือว่าเป็นตัวแทนที่ดีแล้ว การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวัดสามารถพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของวิชา (ซึ่งจะครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด) โดยคำนวณจากดัชนีความสอดคล้องของระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ ค่า IOC ที่มีค่า 0.50 ขึ้นไป แสดงว่ามีความสอดคล้องหรือเป็นตัวแทนจุดประสงค์ของวิชา

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) เป็นความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนจากเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ภายนอก (Criterion) ที่สามารถใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการนั้นได้ เกณฑ์ภายนอกนี้อาจเป็นคะแนนจากแบบวัดอื่นหรือวิธีการอื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบันหรือสภาพในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างได้ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ความเที่ยงตรงเชิงสภาพหรือความเที่ยงตรงร่วมสมัย (Concurrent Validity) หมายถึงความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดที่สร้างขึ้นกับคะแนนที่ได้จากแบบวัดอื่น ๆ ที่กำหนดไว้แล้วในช่วงเวลาเดียวกัน หรือวิธีการอื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบันของกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึงความสามารถของเครื่องมือที่จะบ่งบอกผลที่วัดในขณะนั้น ได้ถูกต้องตามสภาพที่แท้จริงในอนาคต โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของเครื่องมือกับคะแนนเกณฑ์สัมพันธ์ซึ่งจะปรากฏในอนาคต เช่น แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อทำนายผลการเรียนในอนาคตก็อาจใช้คะแนนเฉลี่ยสะสมปีสุดท้ายเป็นเกณฑ์สัมพันธ์ ซึ่งการคำนวณหาความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์นี้อาจต้องเสียเวลารอคอย

3. ความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีหรือความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการหาว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมายหรือคุณลักษณะประจำตามโครงสร้างทางทฤษฎีที่สมมุติขึ้นนั้นได้เพียงใด ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจัดว่าเป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดลักษณะที่เป็นนามธรรม

จากการศึกษาวิธีการหาคุณภาพรายฉบับด้านความเที่ยงตรง พบว่าความเที่ยงตรงของเครื่องมือจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้นโดยการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item – Objective Congruence Index : IOC) โดยใช้การตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องและหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)

ศิริชัย กาญจนวาสิ (2552 : 118 – 120) กล่าวถึงความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างไว้ว่า ในกรณีที่ต้องการแปลผลคะแนนสอบเพื่อสรุปอ้างอิงถึงลักษณะทั่วไปของบุคคลที่สนใจอาจเป็นลักษณะทางจิตวิทยา เช่น เขavnปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะคิด ความสามารถ หรือคุณภาพด้านต่าง ๆ ของบุคคลลักษณะเหล่านี้ถือว่าเป็นโครงสร้างความคิดหรือภาวะสันนิษฐาน (Construct) ซึ่งเป็นลักษณะภายในและเป็นนามธรรมไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เมื่อนักวัดผลทำการวัดลักษณะภายในใดก็ตามแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงบนพื้นฐานของข้อตกลงเบื้องต้นว่าลักษณะนั้นมีอยู่จริง ลักษณะนั้นมีความแตกต่างจากลักษณะอื่น ๆ และลักษณะนั้นมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมที่ปรากฏหรือคะแนนที่ได้จากการทดสอบ แบบทดสอบที่จะนำมาใช้วัดลักษณะเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจัดว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดลักษณะที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงต้องทำการวัดทางอ้อมจึงจำเป็นต้องใช้การพิจารณาลักษณะนั้นในบริบทของทฤษฎีโดยอาศัยแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับการนิยามลักษณะที่มุ่งวัด เสนอ โครงสร้างการวัด และกำหนดแนวทางตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดลักษณะนั้นกับลักษณะอื่น ๆ เพื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องและค่านายตามทฤษฎี กระบวนการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจึงมีความจำเป็นต้องใช้แนวคิดเชิงทฤษฎี ถ้าปราศจากบริบทและการเสนอแนวทางของทฤษฎีที่แวดล้อมลักษณะที่มุ่งวัดแล้วการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของการวัดลักษณะดังกล่าวก็เป็นไปไม่ได้ เพราะว่าทฤษฎีเป็นแหล่งขององค์ความรู้ที่นำไปที่สมเหตุสมผลในการให้แนวคิด โครงสร้างนิยามและคำทำนายทฤษฎี

จึงช่วยให้ทิศทางและแนวทางของการทดสอบเชิงประจักษ์เกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจึงจำเป็นต้องอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีอันเป็นที่ยอมรับและอาจใช้หลายทฤษฎีประกอบกันเพื่อให้ได้สมมติฐานหรือคำนำยด้านต่างๆ ที่หลากหลายเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อใช้สนับสนุนทฤษฎีหรือสนับสนุนความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมมีดังนี้ (ไพศาล วรคำ. 2552 : 260 – 267)

1. วิธีตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นวิธีพิจารณาเทียบกับโครงสร้างที่กำหนด เครื่องมือวัดผลการเรียนที่เขียนข้อสอบวัดตามตารางลักษณะเฉพาะหรือตารางวิเคราะห์หลักสูตรสามารถหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ความสอดคล้อง

2. วิธีเปรียบเทียบคะแนนจากกลุ่มที่รู้จัก การศึกษาว่าเครื่องมือวัด โครงสร้างของสิ่งที่จะวัดได้โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันสองกลุ่มที่รู้แน่ชัดว่ากลุ่มหนึ่งมีคุณลักษณะในสิ่งที่ต้องการวัดส่วนอีกกลุ่มหนึ่งไม่มีคุณลักษณะในสิ่งนั้น แล้วเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากทั้งสองกลุ่มแล้วใช้ t - test ทดสอบ ก็สามารถสรุปว่าเครื่องมือวัดนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

3. วิธีเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน ค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือมาตรฐานที่วัดคุณลักษณะเดียวกันสามารถบ่งชี้หลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างได้

4. วิธีการวิเคราะห์เมทริกซ์พหุลักษณะ - พหุวิธี (Multi-trait Multi-methods Matrix : MTMM) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างที่อาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดหลาย ๆ ลักษณะ (Multi - trait) โดยใช้วิธีการวัดหลาย ๆ วิธีหรือแบบวัดหลาย ๆ ชุด (Multi - method) โดยมุ่งตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือหลาย ๆ ชุดในการวัดลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่สนใจ

5. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้หาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างที่ตรงประเด็นมากที่สุด (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2552 : 131) การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคทางสถิติสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตค่าได้เพื่อหาลักษณะร่วมกันของชุดตัวแปรเหล่านั้น ลักษณะร่วมกันนี้เรียกว่าองค์ประกอบ (Factor) ซึ่งเป็นลักษณะที่คาดว่ามิอิทธิพลต่อคะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวแปรหรือเป็นลักษณะที่ใช้อธิบายความผันแปรร่วมของกลุ่มตัวแปร องค์ประกอบเป็นตัวแปรเชิงสมมติฐานที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่คาดว่าป็นลักษณะหรือ โครงสร้างที่เกิดจากการเกาะกลุ่มของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูง การวิเคราะห์องค์ประกอบทำให้ได้ตัวประกอบซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรง

เชิงโครงสร้างของเครื่องมือหรือแบบทดสอบได้ใน 2 ลักษณะได้แก่ แบบทดสอบนั้นมุ่งวัดลักษณะ ได้สอดคล้องกับโครงสร้างทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัดนั้นเพียงใด และแบบทดสอบนั้นมุ่งวัด ลักษณะได้เที่ยงตรงตามลักษณะที่ต้องการนั้นได้เพียงใด การวิเคราะห์องค์ประกอบในปัจจุบัน มี 2 โมเดล ได้แก่การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) และการ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

จากการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างมีหลายวิธี ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้น โดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่มีหลักการเชิงวิชาการเป็นประ โยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย ทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์จนได้รับการยกย่องว่าเป็นวิธีการที่เยี่ยมยอดทางการ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งปวงคือการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกวีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีวิธีการและเป้าหมายการวิเคราะห์ต่างกัน คือการวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเหล่านี้ไม่ว่าวิธีใดวิธีหนึ่ง ต่างก็เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ต่อนักวิจัยทั้งสิ้น

เสรี ชัดแจ้ง (2547 : 2 – 3) กล่าวถึงแนวคิดในการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ไปใช้วิเคราะห์เครื่องมือวัดเพื่อช่วยให้สามารถศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องวัด ได้อย่างน้อย 3 ประเด็น ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสนับสนุนการใช้ทฤษฎีเป็นแนวทางในการ ศึกษาความเที่ยงตรงเชิง โครงสร้าง (คุณลักษณะของเครื่องมือที่ให้ผลการวัดสอดคล้องกับ คุณลักษณะที่มุ่งวัดในทางทฤษฎี) ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบว่าคำถามแต่ละข้อในเครื่องมือใช้วัด ได้ตรงตามองค์ประกอบที่คาดหวังไว้หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยต้องสร้างข้อคำถามในแบบทดสอบ ตามคุณลักษณะของทฤษฎีแล้วตรวจสอบว่าข้อคำถามวัดตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้หรือไม่ คุณลักษณะใดในทฤษฎีควรสัมพันธ์กันสูงและคุณลักษณะใดควรสัมพันธ์กันต่ำ การวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยันมีสถิติวัดความสอดคล้องของ โมเดลสำหรับเสนอแนะว่า โมเดลองค์ประกอบ สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ในความเป็นจริงแล้วความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับ องค์ประกอบตามทฤษฎีก็คือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์ (ความแปรปรวนร่วมของ ข้อคำถาม) นั่นเอง

2. การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้ในการประมาณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือวัดทางจิต เช่น ความเชื่อมั่นแบบความคงที่ภายใน ความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำ ซึ่งแตกต่างกันไปจากวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นแบบดั้งเดิมดังเช่นวิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน หรือวิธีการของครอนบาค กล่าวคือวิธีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันขจัดความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement error) ออกจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผลการประมาณค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือถูกต้องมากขึ้น

3. การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้เปรียบเทียบ โครงสร้างองค์ประกอบ ของเครื่องมือระหว่างกลุ่มประชากรตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปพร้อม ๆ กันได้ เป็นการตรวจสอบว่า โครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือคงที่หรือไม่เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันเพื่อยืนยันว่าโครงสร้างองค์ประกอบหรือคุณลักษณะที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรเป็นองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2542 : 122) กล่าวถึงการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบว่าเป็นวิธีการอธิบายข้อมูลให้ง่ายขึ้นด้วยการลดจำนวนตัวแปร (Variable Reduction) โดยการพยายามหาโครงสร้างตัวประกอบจำนวนน้อย ๆ ที่จะแทนตัวแปรจำนวนมาก ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยทางสังคมศาสตร์และการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์นั้นเรามุ่งเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นลักษณะภายในที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงหรืออาจเรียกว่าตัวแปรแฝง และต้องศึกษาคุณลักษณะดังกล่าวนี้จากพฤติกรรม การแสดงออกของบุคคล โดยการวัดหรือการสังเกตพฤติกรรมเหล่านั้นแทนคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา ในทางปฏิบัตินักวิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลได้เป็นตัวแปรสังเกตได้หลายตัวและใช้การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้องค์ประกอบอันเป็นคุณลักษณะที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา เทคนิคการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบที่มีการปรับปรุงจุดอ่อนของการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงสำรวจได้เกือบทั้งหมด โดยข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันมีความสมเหตุสมผลตรงตามความเป็นจริงมากกว่าการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงสำรวจ นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสนับสนุนในการกำหนดเงื่อนไขบังคับซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ห้หาค่าน้ำหนักองค์ประกอบและเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วยังมีการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการใช้การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันมี 3 ประการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542 : 122)

1. นักวิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบนี้ เพื่อตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบ
2. ใช้เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบ

3. ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่ แต่เทคนิคนี้สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูล โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นน้อยกว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เช่น ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนอาจสัมพันธ์กันได้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ศิริชัย กาญจนวาที (2552 : 137) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ดังนี้

1. กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ของโมเดลองค์ประกอบ (Specification of the confirmatory factor model) ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดรายละเอียดรูปแบบของโมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันที่ต้องการนำมาตรวจสอบดังนี้

1.1 จำนวนองค์ประกอบรวมและจำนวนตัวแปรสังเกตได้

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วมกับตัวแปรสังเกตได้

และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับองค์ประกอบส่วนที่เหลือ

1.3 ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบรวม

1.4 ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบส่วนที่เหลือ

2. ศึกษาคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ โมเดล

(Identification of the confirmatory factor model) การประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวในโมเดลจะเป็นเอกลักษณ์ (Unique) ก็ต่อเมื่อ โครงสร้างของโมเดลอยู่ในเงื่อนไขที่สามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจทุกตัวได้ (Identify) ถ้าโมเดลไม่ Identify ก็เป็นไปได้ที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของ โมเดลอย่างเป็นเอกลักษณ์ เงื่อนไขที่จะทำให้โครงสร้าง โมเดลสามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์มีดังนี้

2.1 เงื่อนไขที่จำเป็น (Necessary) สำหรับ โครงสร้างของโมเดลคือจะต้องมีจำนวนหน่วยของข้อมูลมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่สนใจประมาณค่า

2.2 เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอ (Necessary and sufficient) สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลคือพารามิเตอร์อิสระที่สนใจประมาณค่าทุกตัวจะต้องสามารถคำนวณหรือหาค่าได้โดยการจัดกระทำทางพีชคณิตในเทอมของค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้

3. ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ โมเดล (Estimation of the confirmatory factor model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น LISREL ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ โมเดล โดยใช้หลักความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้อง

ระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมของประชากรและของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \Sigma &= \Lambda \quad \phi \quad \Lambda' + \Theta && \dots\dots\dots(1) \\ (p \times p) &= (k \times p) (p \times p) (p \times k) (p \times p) \end{aligned}$$

เมื่อ Σ แทน เมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้จากประชากร

Λ แทน เมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้บนองค์ประกอบร่วม

ϕ แทน เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วม

Θ แทน เมทริกซ์ของค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบค่าประมาณพารามิเตอร์ดังนี้

3.1 เมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้บนองค์ประกอบ

3.2 เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3.3 เมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบ

ส่วนที่เหลือ

4. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล (Assessment of fit in the confirmatory factor model)

5. แปลความหมายผลการวิเคราะห์ (Interpretation of the confirmatory factor model) ทำการแปลความหมายและสรุปผลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยันอันถ้าผลที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานเชิงโครงสร้างตามโมเดลองค์ประกอบที่นำมาตรวจสอบก็เป็นหลักฐานสำหรับการยืนยันองค์ประกอบหรือลักษณะที่มุ่งวัด แต่ถ้าผลที่ได้ไม่สอดคล้องจะต้องหาแนวทางอธิบายสำหรับการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องมือ ทฤษฎี หรือ โมเดลเพื่อทำการตรวจสอบต่อไป

2. คำศัพท์สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เช่น LISREL EQS AMOS เป็นต้น ในจำนวนนี้โปรแกรมลิสเรล (LISREL) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบแต่เนื่องจากโปรแกรมใช้สัญลักษณ์ภาษากรีกและส่วนใหญ่ต้องเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในรูปเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ประกอบกับมีค่าราส่วนใหญ่ใช้

สัญลักษณ์ภาษากรีก ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องทราบคำศัพท์ในการวิเคราะห์คำศัพท์เหล่านี้เป็นคำที่ใช้อยู่แล้วในโมเดลสมการโครงสร้างที่สำคัญดังนี้ (เสรี ชัดแจ้ง, 2547 : 4 – 6)

1. ตัวแปรแฝง (Latent variables)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนิยมเรียกองค์ประกอบ (Factors) เป็นตัวแปรวัดค่าโดยตรงไม่ได้ (Unmeasured variables) หรือตัวแปรแฝง (Latent variables) เพราะว่ามีผู้วิจัยไม่สามารถวัดหรือสังเกตค่าได้โดยตรง ในความเป็นจริงแล้วตัวแปรแฝงก็คือปริมาณของภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีที่อยู่วิสัยคาดการณ์ว่าเป็นสาเหตุของข้อคำถามหรือกลุ่มข้อคำถามที่มีค่าแน่นอน ในโมเดลการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงเขียนแทนด้วยตัวอักษรกรีกพิมพ์เล็ก ξ (ξ_i) ในรูปวงกลมหรือวงรี

2. ตัวแปรสังเกตได้ (Observed variables)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้คำว่า ตัวแปรสังเกตได้ (Observed variables) เมื่อก้าวถึงข้อคำถามในเครื่องมือ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถวัดหรือสังเกตอิทธิพลของตัวแปรแฝง (องค์ประกอบ) ได้โดยตรง ต้องวัดหรือสังเกตอิทธิพลของตัวแปรแฝงจากพฤติกรรมการแสดงออกของบุคคล เช่น คะแนนที่ได้จากแบบวัด และเรียกตัวแปรสังเกตได้ว่า ตัวบ่งชี้ (Indicators) เพราะสามารถชี้บ่งถึงความมีอยู่จริงของตัวแปรแฝงได้ ในโมเดลการวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตได้เขียนแทนด้วยตัวอักษรโรมันพิมพ์ใหญ่ X ลงในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3. เศษเหลือ (Residuals)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้คำว่า เศษเหลือ (Residuals) เมื่อก้าวถึงคะแนนเศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อนในการวัด ตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเศษเหลือหมายถึง องค์ประกอบเฉพาะ เพราะในกระบวนการวัดผู้วิจัยทำให้เศษเหลือเป็นค่าเดียวและไม่สัมพันธ์กับตัวแปรแฝง เศษเหลือจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรสังเกตได้ ในโมเดลการวิเคราะห์เศษเหลือเขียนแทนด้วยตัวอักษรกรีกตัวพิมพ์เล็ก δ (δ_i)

4. พารามิเตอร์ (Parameters)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์หรือตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลและค่าเศษเหลือได้ทุกค่า เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วตัวแปรแฝงสัมพันธ์กันหรือความคลาดเคลื่อนในการวัดสัมพันธ์กันได้ นอกจากนี้อาจตั้งสมมติฐานว่าตัวแปรสังเกตได้ตัวใดเป็นตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบใดก็ได้ ความสัมพันธ์เหล่านี้จะเชื่อมโยงกันเป็นโครงสร้างเชิงเส้นตรงในโมเดลองค์ประกอบใช้ตัวอักษรกรีกจำแนกประเภทของพารามิเตอร์ตามเส้นทางโมเดล เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง 2 ตัว แทนด้วยพารามิเตอร์ที่ใช้สัญลักษณ์ ϕ เรียกว่า phi การกำหนดค่าสำหรับเมทริกซ์พารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เมทริกซ์พารามิเตอร์ใน LISREL การกำหนดรูปแบบและค่า

ชื่อ	สัญลักษณ์ ทาง คณิตศาสตร์	ชื่อทาง LISREL	สัญลักษณ์ของ ค่าพารามิเตอร์	ขนาดของ เมทริกซ์	รูปแบบที่ เป็นไปได้	รูปแบบที่ ถูกกำหนด	สถานะที่ ถูกกำหนด
Lambda-Y	Λ_y	LY	$\lambda^{(y)}$	NY×NE	ID,IZ,ZI, DI,FU	FU	FI
Lambda-X	Λ_x	LX	$\lambda^{(x)}$	NX×NK	ID,IZ,ZI, DI,FU	FU	FI
Beta	B	BE	β	NE×NE	ZE,SD,FU	ZE	FI
Gamma	Γ	GA	γ	NE×NK	ID,IZ,ZI, DI,FU	FU	FR
Phi	Φ	PH	ϕ	NK×NK	ID,DI, SY,ST	SY	FR
Psi	Ψ	PS	ψ	NE×NE	ZE,DI,SY	DI	FR
Theta- Epsilon	Θ_ϵ	TE	$\theta^{(\epsilon)}$	NY×NY	ZE,DI,SY	DI	FR
Theta-Delta	Θ_δ	TD	$\theta^{(\delta)}$	NX×NX	ZE,DI,SY	DI	FR

ที่มา : ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548 : 11)

3. การประเมินความสอดคล้องของโมเดล

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2543 : 28) กล่าวว่า ส่วนสำคัญที่สุดในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL คือการประเมินความสอดคล้องและการปรับแก้โมเดลให้เหมาะสม การประเมินความสอดคล้องโดยการประมาณค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดล (Measures of overall fit) ดังนี้ (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2543 : 28 ; นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 54 – 59)

1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi – Square Statistics) เป็นค่าสถิติใช้ทดสอบสมมติฐานความสอดคล้อง ถ้าค่าสถิติไค – สแควร์มีค่าสูงมากจนมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลไม่สอดคล้อง และถ้าหากมีค่าน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลสอดคล้อง

2. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index ; GFI) ค่าดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าหากค่าดัชนี GFI มีค่ามากกว่า 0.9 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index ; AGFI) เมื่อนำค่าดัชนี GFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดขององศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom ; df) ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าดัชนี AGFI ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 ถ้ามีค่ามากกว่า 0.9 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Squared Residual ; RMR) ค่าดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดลเฉพาะกรณีที่เป็นกรเปรียบเทียบ โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ค่าดัชนี RMR มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 หรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation ; RMSEA) ค่าดัชนี RMSEA เป็นค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ มีลักษณะการประมาณค่าเช่นเดียวกับค่าดัชนี RMR นั่นคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 หรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สุภมาศ อังสุโชติ และคณะ (2552 : 25) กล่าวว่า โมเดลการวัดเป็นโมเดลที่ใช้ตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝง ดังนั้นในการแปลผลการวิเคราะห์ควรจะพิจารณาด้วยว่าตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝงได้มากน้อยเพียงใด การพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลการวัดต้องพิจารณาทั้งความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

ความเที่ยงตรง หมายถึงความสามารถของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ใช้วัดตัวแปรแฝงในโมเดลโดยพิจารณาจากความมีนัยสำคัญของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ในเมทริกซ์ LX หรือ LY ค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ (t – value มากกว่า 1.96) นอกจากนี้สามารถเปรียบเทียบความสำคัญของตัวแปรว่าตัวแปรใดใช้วัดตัวแปรแฝงได้ดีที่สุดโดยการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardize loading)

ความเชื่อมั่น หมายถึงความคงเส้นคงวาของการวัดหรือระดับที่ตัวแปรปราศจากความคลาดเคลื่อน การพิจารณาความเชื่อมั่นของตัวแปรพิจารณาที่ผลการวิเคราะห์ในส่วนของ SQUARE MULTIPLE CORRELATION เป็นสัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรที่อธิบายได้โดยตัวแปรแฝง

4. การปรับโมเดล (Model Modification)

สุภมาศ อังศุโชติ และคณะ (2552 : 27) กล่าวถึงการปรับ โมเดลของการวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยันว่าจะใช้เมื่อ โมเดลการวิจัยยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การปรับ โมเดลจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะให้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ขึ้นใหม่จนกว่า โมเดลที่วิเคราะห์ ใหม่จะสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในการปรับ โมเดลจะพิจารณาค่า Modification Index หรือ MI ในผลการวิเคราะห์ เพราะค่าของ MI จะแสดงให้เห็นคร่าว ๆ ว่าหากมีการเพิ่มพารามิเตอร์ ในโมเดลและทำการวิเคราะห์ใหม่ ค่า χ^2 จะลดลงเท่ากับค่าของ MI ทั้งนี้ควรเลือกรับ โมเดลที่ค่า MI มากที่สุด โดยค่า MI ที่มากกว่า 3.84 ถือว่ามาก หลักการปรับ โมเดลมีดังนี้

1. ต้องมีเหตุผลเชิงทฤษฎีและสามารถอธิบายได้ว่าทำจึงปรับ โมเดลได้
2. ปรับทีละ 1 พารามิเตอร์ แล้ววิเคราะห์ใหม่
3. พิจารณาร่วมกับ EPC (expected parameter change) ซึ่งเป็นค่าที่บอกขนาดและ ทิศทางของพารามิเตอร์ที่กำลังจะปรับ พารามิเตอร์ที่ควรปรับควรมีค่า EPC สูง ๆ และมีค่า MI สูง ๆ

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2541 : 8) กล่าวถึงดัชนีการปรับ โมเดล (Model Modification Index) ว่าเป็นการวัดที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์คงที่และพารามิเตอร์อิสระของ โมเดล ดัชนีการปรับ โมเดลจะเป็นการทำนายค่าที่ลดลงของ χ^2 ถ้าพารามิเตอร์กำหนดหรือคงที่ตัวหนึ่งถูกทำให้เป็น อิสระเมื่อดำเนินการแก้ไขพารามิเตอร์แล้วประมาณค่าใหม่จะมีผลให้โมเดลมีความสอดคล้องกับ ข้อมูลมากขึ้น ดังนั้นดัชนีการปรับ โมเดลจะเท่ากับผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่าง 2 โมเดล คือ โมเดลแรกจะมีพารามิเตอร์ตัวหนึ่งเป็นพารามิเตอร์กำหนดหรือคงที่กับอีก โมเดลหนึ่งมีพารามิเตอร์ ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ ดังนั้นดัชนีการปรับ โมเดลที่มีค่ามากแสดงว่าพารามิเตอร์นั้นมีส่วน ช่วยให้มีโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเมื่อถูกกำหนดให้เป็นอิสระ

ดัชนีการปรับ โมเดลจะเกี่ยวข้องกับค่าคาดหวังของการเปลี่ยนพารามิเตอร์ (Expected Parameter Change : EPC) ซึ่งจะบ่งบอกถึงความเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่คาดหวังว่าจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางบวกหรือลบเมื่อกำหนดพารามิเตอร์ตัวหนึ่งให้เป็นอิสระ เมื่อ ดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแล้วผลปรากฏว่าไม่มีความสอดคล้องของ โมเดลกับ ข้อมูล ผู้วิจัยสามารถหาวิธีการเพื่อแก้ไข โมเดลได้โดยอาจปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นพารามิเตอร์ อิสระให้เป็นพารามิเตอร์คงที่ หรือปรับแก้ค่าพารามิเตอร์คงที่ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับขั้นที่หนึ่งและลำดับขั้นที่สอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับขั้นที่หนึ่งต้องมีสมมติฐานวิจัยที่แน่นอนว่า องค์ประกอบใดส่งอิทธิพลไปยังตัวแปรสังเกตได้ กล่าวอีกอย่างหนึ่งก็จะต้องว่าทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกำหนดเป็น โมเดลการวิจัยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันคือการตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับ โมเดลตามสมมติฐานการวิจัย สมการของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542 : 26)

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \quad \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ X (Eks) แทน เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ X ขนาด $(NX \times 1)$
 Λ_x (Lambda-X) แทน เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ X บน K ขนาด $(NX \times NK)$
 ξ (Xi) แทน เวกเตอร์ตัวแปรนอกแฝง K ขนาด $(NK \times 1)$
 δ (delta) แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X ขนาด $(NX \times 1)$
 โดยที่ NX แทน จำนวนตัวแปรภายนอกสังเกตได้
 NK แทน จำนวนตัวแปรนอกแฝง

กรณีที่มีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งมีจำนวนองค์ประกอบจำนวนมากและองค์ประกอบดังกล่าวอาจสามารถถูกอธิบายจากตัวแปรแฝงอื่น ๆ ที่ไม่มีอิทธิพลทางตรงกับตัวแปรสังเกต (ชาญวิทย์ จรัสสุทธิอิสร, 2550 : 51 อ้างอิงมาจาก Bollen, 1989 : 313 – 314) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สองจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดจำนวนองค์ประกอบที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ลงได้ อย่างไรก็ตามก็มีการกำหนดองค์ประกอบของตัวแปรลำดับขั้นที่สองยังคงยึดหลักการเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งก็ต้องมีทฤษฎีหรืองานวิจัยสนับสนุนองค์ประกอบดังกล่าวมาอย่างดี

การศึกษาองค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สองนั้น จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลเป็นอย่างดี และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งได้ผลแล้วยังมีองค์ประกอบจำนวนมากและทุกองค์ประกอบต่างก็มีความสัมพันธ์กัน (ชาญวิทย์ จรัสสุทธิอิสร, 2550 : 51) สมมติฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบลำดับขั้นที่สองนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง แต่องค์ประกอบลำดับขั้นที่สองจะเป็นตัวแปรนอกแฝงที่ส่งอิทธิพลไปยังตัวแปรภายในแฝง (องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง) สมการของ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สอง ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542 : 27)

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$Y = \Lambda_y\eta + \varepsilon \quad \dots\dots\dots(4)$$

- เมื่อ η (Eta) แทน เวกเตอร์ของตัวแปรภายในแฝง E ขนาด (NE × 1)
- β (Beta) แทน เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในแฝง (E) ขนาด (NE × NE)
- Γ (Gamma) แทน เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (K) ไปตัวแปรภายในแฝง (E) ขนาด (NE × NK) ในที่นี้คือเมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loadings) ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สอง
- ξ (Xi) แทน เวกเตอร์ของตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NK × 1)
- ζ (Zeta) แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ของตัวแปรภายในแฝง (E) ขนาด(NE × 1)
- Y (Wi) แทน เวกเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ Y ขนาด (NY × 1)
- Λ_y (Lambda – Y) แทน เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ถดถอยของ Y บน E ขนาด (NY × NE) ในที่นี้คือเมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loadings) ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง
- ε (Epsilon) แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y ขนาด (NY × 1) จากการศึกษาคูณภาพด้านความเที่ยงตรงของเครื่องมือ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพด้านความเที่ยงตรงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้น โดยการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item – Objective Congruence Index : IOC) โดยใช้การตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง และหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ลำดับขั้นที่หนึ่งและลำดับขั้นที่สอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

จรัญ ไชยศักดิ์ (2540 : 58 - 61) ได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชนและสังกัดกรมสามัญศึกษา จำนวน 473 คน และ 225 คน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 13 ทักษะ จำนวน 73 ข้อ มีค่าความยากง่ายโดยเฉลี่ยเท่ากับ .51 อำนาจจำแนกเท่ากับ .35 ความเชื่อมั่นเท่ากับ .8031 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 ขึ้นไป

2. ผู้วิจัยได้สร้างตารางคะแนนที่ปกติ จำแนกตามโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชนและโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนในอำเภอเชียงใหม่เท่ากับ 38 คะแนน คะแนนเฉลี่ยโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาเท่ากับ 36 คะแนน โดยคะแนนเต็มทั้งหมดเท่ากับ 73 คะแนน

ชาวุฒิชัย จรัสสุทธิอิสร์ (2545 : 96 - 100) ได้พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบุญวัฒนา 2 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 50 คน ผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบเป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 ทักษะ ผลการวิจัยพบว่า

1. เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและประสิทธิภาพ โดยการพิจารณาความสอดคล้องของการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจ เมื่อคำนวณค่าความเชื่อมั่นจากผู้ตรวจแต่ละคนเท่ากับ .9677 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดเท่ากับ .3957

2. ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงรูปแบบที่ผู้ตรวจทุกคนตรวจแบบทดสอบทุกทักษะของผู้เข้าสอบทุกคนเท่ากับ .7052 และรูปแบบที่ผู้ตรวจทุกคนตรวจแบบทดสอบทุกทักษะเฉพาะผู้เข้าสอบบางคนเท่ากับ .6432 ทดสอบความแตกต่างของการตรวจให้คะแนนทั้งสองรูปแบบพบว่ามีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชูสกุล คำขาว (2546 : 117 - 124) ได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงาน การประถมศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 831 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นจากนักเรียนในโรงเรียนโครงการขยายโอกาส ทางการศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ แบบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะข้อคำถามเป็นข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 13 ทักษะ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทางด้านสติปัญญาหรือความรู้ ความคิดในวิชา วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าเกณฑ์ปกติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 3 มีช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง T10 ถึง T89 ระดับความสามารถในการมีทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เท่ากับสูง T50 – T 52 ระดับความสามารถในการมีทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับปานกลาง และโดย T 49 ลงมา

เบญจมาศ ปทุมวัน (2546 : 72 - 91) ได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดยโสธร กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2545 จำนวน 600 คน เลือกมาโดยวิธีการสุ่ม หลายชั้นตอน ผลการศึกษาพบว่าแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย 13 ทักษะ ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.28 ถึง 0.66 และ 0.20 ถึง 0.73 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับอยู่ในช่วง 0.41 ถึง 0.61 และ 0.87 ตามลำดับ และเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบอยู่ในช่วง T_{12} ถึง T_{94}

ชบา ประยูรพัฒน์ (2547 : 50 - 53) ได้สร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโปรแกรมวิทย์ – คณิต ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง และโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 201 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ มีค่าความเชื่อมั่น 0.52 ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.52 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.64 ค่าความยากง่ายของข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.33 ถึง 0.78 และมีช่วงคะแนนที่ปกติ ตั้งแต่ T_{22} ถึง T_{75}

วรพจน์ กาแก้ว (2548 : 62 - 65) ได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในอำเภอพบพระ จังหวัดตาก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ในอำเภอพบพระ จังหวัดตาก จำนวน 285 คน ได้ผลดังนี้

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 13 ทักษะ มีข้อสอบทั้งหมด 60 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวมีค่าความยากง่ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบเท่ากับ 0.47 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.92 และความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป และเมื่อนำแบบทดสอบมาวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อจำแนกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน สามารถจำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ 13 องค์ประกอบ สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 3.09

2. ความสัมพันธ์ของผลสอบจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลจากการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันในทางบวก

ประสิทธิ์ เชื้อชัย (2549 : 108 - 127) ได้สร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 จำนวน 600 คน จาก 9 โรงเรียน เลือกมาโดยวิธีสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 1 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่ายรายข้อตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.78 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.70 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่า 0.29 ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบซึ่งได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบมีค่านำหนักทั้ง 3 องค์ประกอบตั้งแต่ 0.334 ถึง 0.830

นพวรรณ ศรีเกตุ (2550 : 92 - 99) ศึกษาการแสดงผลหลักฐานด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น แบบวัดด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 185 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอนผลการวิจัยพบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพใช้ได้ตามเกณฑ์ โดยมีหลักฐานการแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง ด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตรด (Heise and Bohrnstedt)

มีค่า .70 มีหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในฉบับด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งและลำดับขั้นที่สอง โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความเหมาะสมกันพอดี คำนีความสอดคล้องของผู้ประเมิน 3 คน มีค่า .93 ความเชื่อมั่นที่ประมาณค่าด้วยสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีค่า .68 ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง

2. งานวิจัยต่างประเทศ

พีเรซ (Perez. 1978 : 3496 – A) ศึกษาลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วยทักษะการสังเกต 11 ข้อ การเปรียบเทียบ 6 ข้อ การหาจำนวน 8 ข้อ การจำแนกประเภท 11 ข้อ การลงข้อสรุป 7 ข้อ การทำนาย 5 ข้อ และการทดลอง 11 ข้อ เมื่อคำนวณค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยสูตร KR – 20 ได้เท่ากับ 0.87 ค่าความยากง่ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 และข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้มีจำนวน 48 ข้อ เป็นแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นให้มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอก คือ The Individual Competency Measures อยู่ในระดับสูงและแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่งมีความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้กับเกณฑ์การทำวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เพทท์ส และฮาเลย์ (Pettus and Haley. 1980 : 273 -277) ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับการปฏิบัติด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเกรด 9 ถึง 12 ในรัฐเวอร์จิเนีย ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มตามระดับชั้นเรียนที่เพิ่มขึ้น และนักเรียนหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชาย

ซาร์แมนน์ (Schamann. 1989 : 715 – 726) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการพัฒนาการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาพบว่าการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใน 1 ภาคเรียน จะทำให้พัฒนาการในการรับความรู้พื้นฐานทางด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

รูบิน (Rubin. 1989 : 3469 – A) ได้ศึกษายุทธศาสตร์การสอนทำค้นแบบเป็นระบบ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ และความสามารถในการใช้เหตุผลในเชิงพุทธิพิสัยแบบเป็นทางการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับกลางในเมือง นักเรียนกลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลา 3 เดือนจากครูซึ่งได้รับการฝึกกลยุทธ์การสอนแบบเชิงระบบทดลอง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนจากครูที่ฝึกกลยุทธ์การควบคุม วงจรการเรียนรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมได้รับการสอนวิทยาศาสตร์ตามแบบเดิม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนกลุ่มที่ 2 และ 3

มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสรุปกลยุทธ์การสอนการทำค้นแบบเป็นระบบจัดเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการของนักเรียน

รอท และรอยเชาด์ฮิวรี (Royh and Roychoudhury, 1993 : 127 – 152) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสิ่งแวดล้อมจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 157 คน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการสอนโดยวิธีชี้แนะแนวทางในวิชาฟิสิกส์ กลุ่มที่สองได้รับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับสูงและกลุ่มที่สาม ได้รับการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มจะเป็นศูนย์กลางในการเรียน โดยจะได้รับการฝึกให้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการอย่างอิสระเหมือนกัน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น คือทักษะการแปลความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการให้คำนิยาม และทักษะการทดลอง

จากการศึกษาผลงานวิจัยในด้านการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เครื่องมือที่ใช้จะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบส่วนการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบความเรียงยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ผู้วิจัยในฐานะเป็นครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจึงสนใจที่จะศึกษาทักษะกระบวนการคิดการเรียนรู้ระดับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผลของนักเรียนโดยการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นแบบความเรียง ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความสามารถในการถ้อยแถลง จัดระเบียบความรู้ความคิดจัดมวลประสบการณ์ในการเรียนรู้แล้วนำมาตอบคำถาม เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และนำผลการการวัดไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการเรียนการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลในรายวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป