บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้ารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
   - 1.1 วิสัยทัศน์
   - 1.2 หลักการ
   - 1.3 จุดหมาย
   - 1.4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 1.5 คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่3
   - 1.6 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
   - 1.7 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1
2. ความหมายของวิทยาศาสตร์
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.3 คุณลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.4 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.5 การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.6 คำถามที่นำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.7 คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.8 ขั้นตอนในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 3.9 การหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. การวิเคราะห์องค์ประกอบ
   - 4.1 ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ
   - 4.2 ประเภทของการวิเคราะห์องค์ประกอบ
   - 4.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ
   - 4.4 ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ
   - 4.5 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5. โมเดลสมการโครงสร้าง
   5.1 ตัวแปรที่ใช้ในโมเดลการวิจัย
   5.2 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล
   5.3 การประเมินโมเดลการวัด
6. เกณฑ์ปกติ (Norms)
   6.1 ความหมายของเกณฑ์ปกติ (Norms)
   6.2 หลักในการสร้างเกณฑ์ปกติ
   6.3 ชนิดของเกณฑ์ปกติ
   6.4 หลักการสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms)
   6.5 วิธีสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) โดยอาศัยสมการพยากรณ์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   7.1 งานวิจัยในประเทศ
   7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2. หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญดังนี้

2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

3. จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมาย เพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.1 คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

3.2 มีความรู้อันเป็นสากลและมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และการพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

4. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHANAKHORN UNIVERSITY

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

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

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพการปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

5. คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่3

5.1 เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่างๆ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

5.2 เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5.3 เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเหและความเข้มของแสง

5.4 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าและหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.5 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

5.6 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของการพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

5.7 ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลและสร้างองค์ความรู้

5.8 สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.9 ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

5.10 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

5.11 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

5.12 แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

5.13 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

6. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. สังเกตและอธิบายรูปร่าง ลักษณะของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ 2. สังเกตและเปรียบเทียบส่วนประกอบสำคัญของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	- เซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เช่น เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีรูปร่าง ลักษณะแตกต่างกัน - นิวเคลียส ไซโทพลาซึม และเยื่อหุ้มเซลล์เป็นส่วนประกอบสำ คัญของเซลล์ที่เหมือนกันของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ - ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ เป็น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
3. ทดลองและอธิบายหน้าที่ของส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	ส่วนประกอบ ที่พบได้ในเซลล์พืช - นิวเคลียส ไซโทพลาซึม เยื่อหุ้มเซลล์ แวคิวโอล เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์สัตว์ มีหน้าที่แตกต่างกัน - นิวเคลียส ไซโทพลาซึม เยื่อหุ้มเซลล์ แวคิวโอล ผนังเซลล์ และคลอโรพลาสต์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์พืช มีหน้าที่
4. ทดลองและอธิบายกระบวนการสารผ่านเซลล์ โดยการแพร่และออสโมซิส	- การแพร่เป็นการเคลื่อนที่ของสาร จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ - ออสโมซิสเป็น การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเข้าและออกจากเซลล์ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง โดยผ่านเยื่อเลือกผ่าน
5. ทดลองหาปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และอธิบายว่าแสง คลอโรฟิลล์แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง	- แสง คลอโรฟิลล์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
6. ทดลองและอธิบายผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	- น้ำตาล แก๊สออกซิเจนและน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
7. อธิบายความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม 8. ทดลองและอธิบายกลุ่มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช	- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและต่อสิ่งแวดล้อมใน ด้านอาหาร การหมุนเวียนของแก๊สออกซิเจนและแก๊ส - เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำเป็นกลุ่มเซลล์เฉพาะเรียงต่อเนื่องกันตั้งแต่ราก ลำต้น จนถึงใบ ทำหน้าที่ ในการลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร
9. สังเกตและอธิบายโครงสร้างที่เกี่ยวกับระบบลำเลียงน้ำและอาหารของพืช 10. ทดลองและอธิบายโครงสร้างของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของพืช 11. อธิบายกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช โดยใช้ส่วนต่างๆ ของพืชเพื่อช่วยในการขยายพันธุ์ 12. ทดลองและอธิบายการตอบสนองของพืชต่อแสง น้ำและการสัมผัส	- เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ และธาตุอาหารจากรากสู่ใบ ส่วนเนื้อเยื่อลำ เลียงอาหารทำ หน้าที่ลำ เลียงอาหารจากใบสู่ส่วนต่างๆ ของพืช - การคายน้ำมีส่วนช่วยในการลำเลียงน้ำของพืช - เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชดอก - กระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกเป็นการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์ไข่ในออวุล - การแตกหน่อ การเกิดไหล เป็นการสืบพันธุ์ของพืชแบบไม่อาศัยเพศ โดยไม่มีการปฏิสนธิ - ราก ลำต้น ใบ และกิ่งของพืชสามารถนำไปใช้ขยายพันธุ์พืชได้ - พืชตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก โดยสังเกตได้จากการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบของพืช ที่มีต่อแสง น้ำ และการสัมผัส

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
13. อธิบายหลักการและผลของการใช้เทคโนโลยี ชีวภาพในการขยายพันธุ์ ปรับปรุงพันธุ์ เพิ่มผลผลิตของพืชและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เทคโนโลยีชีวภาพ เป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อ ทำให้สิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต มีสมบัติตามต้องการ - การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช พันธุวิศวกรรม เป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ในการขยายพันธุ์ ปรับปรุงพันธุ์ และเพิ่มผลผลิตของพืช

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลองและจำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้เนื้อสารหรือขนาดอนุภาคเป็นเกณฑ์ และอธิบายสมบัติของสารในแต่ละกลุ่ม	- เมื่อใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ จำแนกสารได้เป็นสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม ซึ่งสารแต่ละกลุ่มจะมีสมบัติแตกต่างกัน - เมื่อใช้ขนาดอนุภาคของสารเป็นเกณฑ์ จำแนกสารเป็นสารแขวนลอย คอลลอยด์และสารละลาย ซึ่งสารแต่ละกลุ่มจะมีสมบัติแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. อธิบายสมบัติและการเปลี่ยนสถานะของสารโดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสาร	- สี รูปร่าง ขนาด ความแข็ง ความหนาแน่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว เป็นสมบัติทางกายภาพของสาร ความเป็นกรด- เบส ความสามารถในการรวมตัวกับสารอื่น ๆ การแยกสลายของสารและการเผาไหม้ เป็นสมบัติทางเคมี - สารในสถานะต่าง ๆ มีลักษณะการจัดเรียงอนุภาค ระยะห่างระหว่างอนุภาค และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสารอธิบายสมบัติบางประการของสารได้
3. ทดลองและอธิบายสมบัติความเป็นกรด เบส ของสารละลาย	- สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย อาจจะมีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเบส ซึ่งสามารถทดสอบได้ด้วยกระดาษลิตมัส หรืออินดิเคเตอร์
4. ตรวจสอบค่า pH ของสารละลายและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ความเป็นกรด - เบสของสารละลายระบุเป็นค่า pH ซึ่งตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือวัดค่า pH หรือยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ - ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำ วันอาจมีความเป็นกรดเบสแตกต่างกัน จึงควรเลือกใช้ให้ถูกต้องปลอดภัยต่อตนเองและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลายการเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลองและอธิบายวิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นร้อยละ และอภิปรายการนำความรู้เกี่ยวกับสารละลายไปใช้ประโยชน์	- สารละลายประกอบด้วยตัวละลายและตัวทำละลาย สารละลายที่ระบุความเข้มข้นเป็นร้อยละหมายถึงสารละลายที่มีอัตราส่วนของปริมาณตัวละลาย ละลายอยู่ในสารละลายร้อยส่วน - ในชีวิตประจำวัน ได้มีการนำความรู้เรื่องสารละลายไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร การแพทย์ และด้านอื่น ๆ
2. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติมวลและพลังงานของสาร เมื่อสารเปลี่ยนสถานะและเกิดการละลาย	- เมื่อสารเกิดการเปลี่ยนสถานะและเกิดการละลาย มวลของสารจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่สมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลง รวมทั้งมีการถ่ายโอนพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม
3. ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะ และการละลายของสาร	- อุณหภูมิ ความดัน ชนิดของสารมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะ และการละลายของสาร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1.สืบค้นข้อมูลและอธิบายปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	- ปริมาณทางกายภาพแบ่งเป็นปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ ปริมาณสเกลาร์เป็นปริมาณที่มีแต่ขนาด ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง
2. ทดลองและอธิบายระยะทาง การกระจัด อัตราเร็วและ ความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ	- การเคลื่อนที่ของวัตถุเกี่ยวข้องกับระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ระยะทาง คือ ความยาวที่วัดตามแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย การกระจัด คือ เวกเตอร์ที่ชี้จำ แหน่งสุดท้ายของวัตถุเทียบกับตำแหน่งเริ่มต้น อัตราเร็ว คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่ว ยเวล า ความเร็ว คือ การกระจัดของวัตถุในหนึ่งหน่วยเวลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ 2. สังเกตและอธิบายการถ่ายโอนความร้อน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การวัดอุณหภูมิเป็นการวัดระดับความร้อนของสาร สามารถวัดด้วยเทอร์มอมิเตอร์ - การถ่ายโอนความร้อนมีสามวิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน - การนำความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของโมเลกุล - การพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปด้วย - การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า - การนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนไปใช้ประโยชน์
3. อธิบายการดูดกลืน การคายความร้อน โดยการแผ่รังสี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- วัตถุที่แตกต่างกันมีสมบัติในการดูดกลืนความร้อนและคายความร้อนได้ต่างกัน - การนำความรู้เรื่องการดูดกลืนความร้อนและการคายความร้อนไปใช้ประโยชน์
4. อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสาร และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- เมื่อวัตถุสองสิ่งอยู่ในสมดุลความร้อน วัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน - การขยายตัวของวัตถุเป็นผลจากความร้อนที่วัตถุได้รับเพิ่มขึ้น - การนำความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนไปใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

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

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบและการ แบ่งชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมผิวโลก	- บรรยากาศของโลกประกอบด้วยส่วนผสมของแก๊สต่าง ๆ ที่อยู่รอบโลกสูงขึ้นไปจากพื้นผิวโลกหลายกิโลเมตร - บรรยากาศแบ่งเป็นชั้นตามอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงจากพื้นดิน
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและความกดดันที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ	- อุณหภูมิ ความชื้นและความกดอากาศมีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ
3. สังเกต วิเคราะห์และ อภิปรายการเกิดปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศที่มีผลต่อมนุษย์	- ปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ ได้แก่ การเกิดเมฆ ฝน พายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน ลมมรสุมฯลฯ
4. สืบค้น วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูลจากการพยากรณ์อากาศ	- การพยากรณ์อากาศอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นปริมาณเมฆ ปริมาณน้ำฝนและนำมาแปลความหมายเพื่อใช้ในการทำนายสภาพอากาศ
5. สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายผลของลมฟ้าอากาศต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	- สภาพลมฟ้าอากาศที่เปลี่ยนแปลงบนโลก ทำ ให้เกิดพายุ ปรากฏการณ์เอลนิโญ ลานีญา ซึ่งส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้
6. สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบาย ปัจจัยทางธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก รูโหว่โอโซน และฝนกรด 7. สืบค้น วิเคราะห์และอธิบายผลของภาวะโลกร้อน รูโหว่โอโซน และฝนกรด ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- ปัจจัยทางธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ เช่นภูเขาไฟระเบิด การตัดไม้ทำลายป่า การเผาไหม้ของเครื่องยนต์และการปล่อยแก๊สเรือนกระจก มีผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน รูโหว่ของชั้นโอโซนและฝนกรด - ภาวะโลกร้อนคือปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น - ภาวะโลกร้อนทำให้เกิดการละลายของธารน้ำแข็ง ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น การกัดเซาะชายฝั่งเพิ่มขึ้น น้ำท่วม ไฟป่า ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดสูญพันธุ์และทำ ให้สิ่งแวดล้อมปลี่ยนแปลงไป - รูโหว่โอโซน และฝนกรดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้	-

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี 3. เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม 4. รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ 5. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐานและความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ 6. สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ 7. สร้างคำ ถามที่นำ ไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ 8. บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม 9. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
10. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้	-

จากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้น ม. 1 ทั้ง 8 สาระ ผู้วิจัยได้นำไปประกอบการวางแผนจัดสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

7. คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1

ศึกษา สังเกต วิเคราะห์ อธิบายรูปร่าง ลักษณะของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ ส่วนประกอบสำคัญของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ หน้าที่ของส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ การแพร่และออสโมซิส ปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม กลุ่มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช โครงสร้างที่เกี่ยวกับระบบลำเลียงน้ำและอาหารของพืช โครงสร้างของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของพืช กระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช โดยใช้ส่วนต่างๆ ของพืชเพื่อช่วยในการขยายพันธุ์ การตอบสนองของพืชต่อแสง น้ำ และการสัมผัส การใช้เทคโนโลยี ชีวภาพในการขยายพันธุ์ ปรับปรุงพันธุ์ เพิ่มผลผลิตของจำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้เนื้อสารหรือขนาดอนุภาคเป็นเกณฑ์ สมบัติของสารในแต่ละกลุ่ม การเปลี่ยนสถานะของสาร โดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสาร สมบัติความเป็นกรด - เบส ของสารละลาย ตรวจสอบค่า pH ของสารละลาย วิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นร้อย การเปลี่ยนแปลงสมบัติมวลและพลังงานของสารเมื่อสารเปลี่ยนสถานะและเกิดการละลาย ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะและการละลายของสาร

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิธีทางวิทยาศาสตร์ การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล อภิปรายและการทดลองโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ความคิด ความเข้าใจ ตระหนัก และเห็นคุณค่าของการศึกษาวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้และหลักการที่ได้ไปใช้อธิบายโครงสร้างของเซลล์ การแพร่และออสโมซิส กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การสืบพันธุ์ของพืช การตอบสนองของพืช สารและสมบัติของสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ สามารถตัดสินใจ มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ความหมายของวิทยาศาสตร์

ได้มีผู้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน พอที่จะประมวลได้ดังนี้

สุวิทย์ หิรัณยกานท์และคณะ (2540 : 231) ได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้โดยการสังเกตและค้นคว้าจากการประจักษ์ทางธรรมชาติ แล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ วิชาที่ค้นคว้าได้หลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 2) ได้สรุปความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า "วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สืบค้นหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

สุนันท์ บุราณรมย์ และคณะ (2542 : 2-3) ได้ให้ความหมายไว้ว่า วิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ที่แสดงหรือพิสูจน์ได้ว่าถูกต้อง เป็นความจริง ซึ่งความรู้ดังกล่าวได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือจากการทดลอง โดยเริ่มต้นจากการสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดลองอย่างมีแบบแผน แล้วจึงสรุปเป็นทฤษฎีหรือกฎขึ้น แล้วนำแล้วนำทฤษฎีหรือกฎที่ได้ไปใช้ศึกษาหาความรู้ต่อไปเรื่อยๆ

ทวี หอมชง (2545 : 10-11) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์ (Science) คือ ความรู้ (Knowledge) ความจริง (Fact) ได้แก่สิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตจัดเป็นวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological Science) ความรู้เกี่ยวกับสิ่งไม่มีชีวิตจัดเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) ความรู้เกี่ยวกับสสาร อินทรีย์สาร อนินทรีย์สารจัดเป็นวิทยาศาสตร์เคมี (Chemical Science) ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราจัดเป็น

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (Environmental Science) หรือความรู้เกี่ยวกับทะเลและมหาสมุทร จัดเป็นวิทยาศาสตร์ทางทะเล (Marine Science) เป็นต้น

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2546 : 1075) ได้ให้ความหมายว่า วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้โดยการสังเกต และค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ, วิชาที่ค้นคว้าได้หลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ"

บุญสม นุชสาย (2551 : 10) ให้ความหมายว่า องค์ความรู้ของธรรมชาติ ซึ่งจัดรวบรวมไว้อย่างเป็นระเบียบแบบแผนและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกต

โดยสรุป วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งสามารถแสดงหรือพิสูจน์ได้ว่าถูกต้องและเป็นความจริง โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แล้วจัดความรู้นั้นเข้าเป็นระเบียบเป็นหมวดหมู่

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544 : 3-6) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 : 2) ได้อธิบายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความพยายามในการใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ (Scientific inquiry) การแก้ปัญหา โดยแก้ปัญหาผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (Investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบและการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา ความรู้และกระบวนการมีการถ่ายทอดอย่างต่อเนื่อง

วรพงษ์ กาแก้ว (2548 : 8) ได้สรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นทักษะที่ใช้แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิชัย พะวงษ์ (2549 : 8-9) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะในการแสวงหาความรู้ การคิด การค้นคว้า และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะสำคัญ ๆ ได้แก่ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการสื่อความหมาย ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการใช้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผล

ชมนาด พรมมิจิตร (2550 : 7) ได้สรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ใหม่หรือแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งจำเป็นที่จะต้องปลูกฝังให้เกิดกับนักเรียนทุกระดับชั้นตั้งแต่ประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา

นพวรรณ ศรีเกตุ (2550 : 50) ได้สรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้พฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบและฝึกปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหา และสืบเสาะหาความรู้

นันทพร สงวนหงษ์ (2551 : 25) ได้สรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการแสวงหาความรู้ การคิด ค้นคว้าและแก้ปัญหาอย่างมีระบบ แบบแผน มีขั้นตอน ทั้งนี้ต้องเกิดจากการฝึกฝน การปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ ความคล่องแคล่ว และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันประกอบด้วยกระบวนการและทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นบูรณาการเพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมา

จากความหมายของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมา พอสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบและปฏิบัติอย่างเป็นระเบียบแบบแผน มีขั้นตอนในการสืบค้นข้อมูล แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่

2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีการแบ่งออกเป็นหลายแบบด้วยกัน เช่น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2535 : 13-16)ได้แบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึงทักษะในการประสานสัมผัสทั้ง 5 คือ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เพื่อรวบรวมข้อมูลจากวัตถุหรือสถานการต่าง ๆ

2. ทักษะการวัด หมายถึงการใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลในเชิงปริมาณที่ศึกษาที่ถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต การวัดเป็นการบอกผลการสังเกตออกมาเป็นตัวเลข

3. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึงกระบวนการที่ใช้จัดจำพวกวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ โดยหาเกณฑ์หรือสร้างเกณฑ์ในการจัดจำพวก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่ศึกษาอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปส และสเปสกับเวลา หมายถึงการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ เพราะที่ว่างหมายถึงลักษณะ ความยาว ความหนา ตำแหน่ง ที่อยู่และการเคลื่อนที่

5. ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จากการวัด การสังเกต การทดลอง มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก การลบ การคูณ การหาร และการหาค่าเฉลี่ยเป็นต้น และค่าที่ได้จาการคำนวณใช้ประโยชน์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป

6. ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปตาราง แผนภูมิ สมการ แผนภาพ ไดอะแกรม และวงจรเป็นต้น

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงความสามารถในการอธิบายหรือสรุปข้อมูล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึงการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยการสังเกตความรู้ ประสบการณ์เกิดเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ที่มีอยู่ในสมมติฐานที่จะทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถที่จะวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึงการชี้บ่งบอกตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในการตั้งสมมติฐาน

12. ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป หมายถึงการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544 : 3-6) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม แต่ละทักษะมีความหมายดังนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสารทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวกายเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น

2. การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีใช้เครื่องมือได้ถูกต้องพร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือรวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่ปนอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา (Using Space/Time Relationships) สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียว

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กับวัตถุนั้นโดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติกับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

5. การใช้ตัวเลข (Using Numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม สมการ การเขียนบรรยาย เป็นต้น

7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เข้ามาช่วย

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ

9. การตั้งสมมติฐาน (Formulating) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้า ก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการเป็นกฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐาน คือ คำตอบล่วงหน้ามักกล่าวไว้ในข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบจากการสนับสนุนหรือค้นคว้าสมมติฐานที่ตั้งไว้สิ่งที่ควรคำนึงในการตั้งสมมติฐาน คือการบอกชื่อตัวแปรต้น ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตามและในการตั้งสมมติฐานต้องทราบตัวแปรจากสภาพปัญหาและสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น สมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง และจำเป็นต้องทราบว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้ โดยใช้คำอธิบายที่เกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

11. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) การกำหนดตัวแปรหมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองว่าเป็นสาเหตุ ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้เกิดผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้

13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ ด้วย เช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึงการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

วรพงษ์ กาแก้ว (2548 : 10-11 ; อ้างอิงมาจาก รุจิระ สุภรณ์ไพบูล์. 2523 : 30-31) ได้เสนอทักษะที่ควรส่งเสริมในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ทักษะในการสังเกต
2. ทักษะในการจำแนก
3. ทักษะในการสื่อความหมาย
4. ทักษะในการทำนาย
5. ทักษะในการบันทึกและจัดกระทำข้อมูล
6. ทักษะในการทดลอง
7. ทักษะในการแปลความหมายข้อมูล
8. ทักษะในการสรุป
9. ทักษะในการคิดคำนวณ
10. ทักษะในการวัด
11. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ
12. ทักษะในการเปรียบเทียบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

13. ทักษะในการตรวจสอบ

14. ทักษะในการตั้งคำถาม

วิชัย พะวงษ์ (2549 : 11 ; อ้างอิงมาจาก ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 58-59) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการคำนวณ
4. ทักษะการจำแนกประเภท
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา
6. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
7. ทักษะการสื่อความหมาย
8. ทักษะการพยากรณ์
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
10. ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร
11. ทักษะการควบคุมตัวแปร
12. ทักษะการทดลอง
13. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สมาคมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science-AAAS) (จุฑารัตน์ ศรีงาม. 2553 : http:// images. puizaza02. multiply. multiplycontent.com) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทั้งสิ้น 13 ทักษะ โดยจัดแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ

1. ทักษะพื้นฐาน หรือทักษะเบื้องต้น (Basic Science Process Skill) ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 1-8

2. ทักษะขั้นบูรณาการ หรือ ทักษะเชิงซ้อน (Intergrated Science Process Skill) ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 9-13

ความหมายที่เกี่ยวข้องในแต่ละทักษะ สรุปได้ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความเห็นของผู้สังเกต

2. ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึงความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม และความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

3. ทักษะการคำนวณ (Using numbers) หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่คำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/space Relationship and Space/Time Relationship) สเปส (Space) ของวัตถุ หมายถึงที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ (Dimensions) ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัตถุทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ

5.2 สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร

5.3 ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

5.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือสเปสของวัตถุ ที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำใหม่โดยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การแยกประเภท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจมากขึ้น อาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอยู่อาจได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลอง คำอธิบายนั้นได้ มาจาก ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของ ผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิม ให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตข้อมูล (Interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (Extrapolating)

9. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมุติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมุติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกตความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน การคาดคะเนคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบ หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน ข้อความของสมมุติฐานต้องสามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลองและแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่ได้

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตและวัดได้ คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่ายๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็น การวัด การทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมุติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

12. ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่นๆ

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpretting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (American Association of Science : AAAS ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) กระทรวงศึกษาธิการนำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนการสอนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เพื่อทำการวิจัย ซึ่งได้แบ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. คุณลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.1 ทักษะการสังเกต (Observing)

การสังเกตเป็นทักษะพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความชำนาญ ความละเอียดถี่ถ้วนในการสังเกต ซึ่งบางครั้งอาจใช้เครื่องมือ เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ ช่วยในการสังเกตเพื่อให้เกิดความแน่ชัดและมั่นใจได้มากขึ้น การสังเกต หมายถึง การกระทำ ดังต่อไปนี้

3.1.1 บ่งชี้สมบัติของวัตถุ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง5 ได้แก่ ผิวกาย ตา หู จมูก และลิ้น

การมองเห็น เป็นการสังเกตที่ใช้ตาช่วยในการสังเกตลักษณะและสมบัติของวัตถุ เช่น ขนาด รูปร่าง และสีของวัตถุและสังเกตว่าวัตถุเหล่านั้นอาจมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไร

การได้ยิน เป็นการสังเกตที่ใช้หูช่วยในการสังเกตลักษณะและสมบัติของวัตถุ เช่น ความดัง ระดับเสียง และจังหวะของเสียง

การสัมผัส เป็นการสังเกตที่ใช้ผิวกายช่วยในการสังเกตถึงความหมาย หรือความละเอียดของเนื้อวัตถุถึงขนาดและรูปร่างของวัตถุอีกด้วย

การชิม เป็นการสังเกตที่ใช้ลิ้นช่วยในการสังเกตสมบัติของสิ่งนั้นว่ารสขม เค็ม เปรี้ยว และหวานเป็นอย่างไร

การได้กลิ่น เป็นการสังเกตที่ใช้จมูกช่วยในการสังเกตความสัมพันธ์ของวัตถุกับกลิ่นที่ได้พบนั้น แต่เนื่องจากการบรรยายเกี่ยวกับกลิ่นเป็นเรื่องยาก จึงมักบอกในลักษณะที่แสดงความสัมพันธ์ของกลิ่นที่ได้รับนั้นกับกลิ่นของวัตถุที่คุ้นเคย เช่น กลิ่นกล้วยหอม กลิ่นมะนาว กลิ่นชา และกลิ่นกาแฟ เป็นต้น

3.1.2 รายงานผลการสังเกตออกมาเป็นรูปจำนวน ผลของการสังเกตจะออกมาในรูปจำนวนได้ ต้องเกิดจากการสังเกตที่อ้างอิงไปกับหน่วยต่าง ๆ เช่น หน่วยวัดขนาดน้ำหนัก ความสูง เป็นต้น

3.1.3 อธิบายการเปลี่ยนลักษณะสมบัติของวัตถุที่สังเกต หรือ สถานการณ์หรือปรากฏการณ์ การสังเกตมักจะเกี่ยวข้องกับการกระทำอย่างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่วัตถุ สิ่งที่ควรสังเกต คือ ลักษณะของสถานการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และลำดับของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3.1.4 แยกข้อสังเกต ออกจากข้อวินิจฉัยได้

วัตถุประสงค์ของการสังเกต

1. เพื่อตรวจสอบลักษณะต่าง ๆ ของวัตถุ ทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยเลือกใช้ประสาทสัมผัสให้ถูกต้องและเหมาะสม

2. เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ

3. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ของวัตถุ หรือสถานการณ์ประเภทเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตควรเป็นข้อมูลประเภท

1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ เช่น สี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลักษณะผิว รูปร่าง กลิ่น รส เสียง ฯลฯ เช่น ลักษณะของลูกปิงปอง มีสีขาว ผิวเรียบและมีรอยต่อ ทรงกลม

2. ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) เป็นการบอกปริมาณหรือขนาดที่ได้จากการสังเกตโดยไม่ได้ทำการวัด ข้อมูลประเภทนี้จึงเป็นการกะประมาณ จำนวน ความกว้าง ความยาว ความสูง น้ำหนัก อุณหภูมิ ฯลฯ หรือการเปรียบเทียบ เช่น เมื่อนำน้ำตาลทรายไปใส่ถุงขนาด 6 X 8 นิ้ว จนเต็มจะมีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม เป็นต้น

3. ข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง บอกลักษณะหรือผลการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ ข้อมูลประเภทนี้บางครั้งเกิดจากการกระทำของผู้สังเกต จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น เมื่อนำลูกเหม็นไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถระเหิดได้ เป็นต้น

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการสังเกต

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการสังเกต จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ เช่น น้ำหนัก ขนาด อุณหภูมิ เป็นต้น

3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้เช่นลักษณะของสถานการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ลำดับขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.2 ทักษะการวัด (Measuring)

ทักษะการวัด คือ ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย เครื่องมือสำหรับการวัด ค่าที่ได้จากการวัดต้องเป็นตัวเลข และมีหน่วยกำกับตัวเลขที่ได้จากการวัด สามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้อง และใกล้เคียงความเป็นจริง รูปแบบของการวัดมี 3 แบบ คือ

1. การนับจำนวน (Counting measurement) เป็นการวัดจำนวนของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะนับออกมาเป็นจำนวนเต็ม จะมีเศษไม่ได้ ถือว่าเป็นการวัดอย่างง่ายที่สุด

2. การวัดโดยตรง (Direct measurement) เป็นการใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวและวัดได้โดยตรง เช่น การวัดความยาวโดยใช้ไม้บรรทัด การวัดเวลาโดยใช้นาฬิกา การชั่งมวลของวัตถุโดยใช้เครื่องชั่ง การวัดอุณหภูมิร่างกายโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

3. การวัดโดยอ้อม (Indirect measurement) แยก ได้ 2 อย่าง คือ

3.1 การวัดโดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งวัด แล้วมีการคำนวณโดยใช้สูตรอีกชั้นหนึ่ง จึงจะได้ค่าที่ต้องการทราบ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดโยตรง เช่น การหาพื้นที่ห้อง ต้องวัดความกว้างและความยาวแล้วนำมาคูณกันจึงจะได้ปริมาณพื้นที่

3.2 การวัดที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กมาก หรืออยู่ไกลมากจนไม่สามารถวัดได้โดยตรง เช่น ขนาดของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และอะตอม หรือระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ เส้นรอบโลกการวัดสิ่งเหล่านี้โดยใช้การเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทราบค่าแล้ว

สิ่งจำเป็นที่ควรทราบในการวัดได้แก่

1. วัดออกมาเป็นกลุ่มหรือประเภท (Norminal scale) เป็นการวัดง่ายที่สุด โดยวัดออกมาเป็นกลุ่ม หมู่ พวก หรือประเภท

2. วัดออกมาเป็นลำดับ (Ordinal scale) การวัดแบบนี้ จะต้องมีเกณฑ์อยู่ในใจว่า จะวัดอะไร ในแง่ไหน เป็นการเปรียบเทียบความสำคัญ หรือการเรียงลำดับ อย่างมีความหมาย เช่น เงินนำไฟฟ้าได้ดีเป็นอันดับ 1 ทองแดงนำไฟฟ้าได้ดีเป็นอันดับ 2

3. วัดออกมาเป็นเลขจำนวนศูนย์แท้ (Ratio scale) ได้แก่ การวัดน้ำหนัก ความยาว ความสูง และปริมาตร

4. วัดออกมาเป็นเลขจำนวนศูนย์สมมติ (Interval scale) หมายถึง ศูนย์ที่สมมติขึ้นไม่ใช่ศูนย์แห่งความว่างเปล่า เช่น นายแดงสอบได้คะแนน 0 ไม่ได้หมายความว่านายแดงไม่มีความรู้เลย แต่เป็นการออกข้อสอบแบบสุ่มเนื้อหามาออกข้อสอบ

ในการวัดปริมาณใด ๆ ต้องใช้เครื่องมือวัด การเลือกและการใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมจะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ดังนั้นในการที่จะทำการวัดปริมาณใด ๆ ผู้ทำการวัดจะต้องสามารถใช้เครื่องมือวัดเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดย

1. เลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับปริมาณที่ต้องการวัด เช่น ต้องการวัดความกว้างของห้อง ก็เลือกใช้ตลับเมตรแทนที่จะเลือกใช้ไม้บรรทัด เป็นต้น

2. ใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง รู้วิธีการใช้เครื่องมือและข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้

3. อ่านค่าที่วัดได้จากเครื่องมือพร้อมทั้งระบุหน่วยได้อย่างถูกต้อง ในการอ่านค่าจากหน้าปัดของเครื่องมือวัดใด ๆ ควรจะต้องศึกษาก่อนว่าค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นอะไร ต้องเริ่มอ่านอย่างไร และเข็มของเครื่องมือวัดเริ่มต้นที่ขีดศูนย์หรือไม่ เพื่อให้ค่าที่อ่านออกถูกต้องมากที่สุด ในการอ่านค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด สายตาของผู้อ่านจะต้องอยู่ในระดับเดียวกันกับเข็มที่ชี้สเกล หรือตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ตรงสเกลของเครื่องมือวัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. สามารถคิดวิธีการที่จะหาค่าปริมาณตาง ๆ ในกรณีที่วัตถุไม่สามารถใช้เครื่องวัดหาปริมาณได้เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือหรือรูปร่างของวัตถุ เช่น การหาปริมาตรของวัตถุที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงเรขาคณิต อาจจะหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ

5. ทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งด้วยเครื่องมือชนิดเดียวกัน ถ้าค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้งแตกต่างกันไป แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งอาจมากกว่าค่าจริงบ้าง น้อยกว่าค่าจริงบ้าง และเมื่อวัดหลาย ๆ ครั้งแล้วรวมหาค่าเฉลี่ย ผลรวมของความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มจะหักล้างกันเป็นศูนย์ การทำการวัดหลาย ๆ ครั้งและนำค่าเฉลี่ยไปใช้จึงเป็นการแก้ความคลาดเคลื่อนอีกวิธีหนึ่ง

การวัดสิ่งใดสิ่งหนึ่งมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้เสมอ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการวัดมี 2 แบบ ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนโดยบังเอิญ ที่เกิดขึ้นจากการอ่านค่าที่วัดได้ผิดพลาด หรืออ่านค่าที่ได้ถูกต้องแต่บันทึกผิดพลาด กับความคลาดเคลื่อนเป็นระบบ ที่เกิดขึ้นจากการใช้วิธีการวัดโดยไม่ถูกต้องในการเก็บรวบรวมข้อมูล เราสามารถแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีสาเหตุ ดังนี้

1. จากเครื่องมือที่ใช้วัด เช่น เครื่องมือมีความละเอียดพอที่จะวัดกับสิ่งที่เราจะวัดได้หรือไม่

2. จากสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความไม่แน่นอน เช่น การวัดความยาวของไส้เดือน ความสูงของต้นไม้ยืนต้น

3. จากความสามารถของผู้วัด ผู้วัดจะต้องมีความชำนาญในการวัดสิ่งของนั้น

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการวัด จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด
2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้
3. บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องวัดได้ถูกต้อง
4. ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง ปริมาตร น้ำหนัก และอื่น ๆ ได้ถูกต้อง
5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3.3 ทักษะการคำนวณ (Using number)

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการคำนวณ จะต้องมีความสามารถ ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. คำนวณได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว
2. บอกหรือแสดงวิธีการคิดคำนวณได้
3. ระบุหน่วยที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง
4. นับและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนสิ่งของที่นับได้ถูกต้อง

3.4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

ทักษะการจำแนกประเภท เป็นความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ และเหตุการณ์เป็นพวก ๆ การจำแนกและการเรียงลำดับอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง

เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทสิ่งของ หรือเหตุการณ์มีอยู่ 3 อย่าง ได้แก่

1. ความเหมือน
2. ความแตกต่าง
3. ความสัมพันธ์

นอกจากนี้ ยังใช้ความสามารถในการจำแนกประเภท มี 4 กรณี ได้แก่

1. สามารถจำแนกหรือเรียบเรียงลำดับวัตถุ หรือเหตุการณ์ตามที่กำหนดมาให้ได้
2. สามารถบอกเกณฑ์ที่คนอื่นใช้จำแนกหรือเรียบเรียงลำดับวัตถุ หรือเหตุการณ์ที่กำหนดให้
3. สามารถจำแนกหรือเรียบเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ที่ตนเองกำหนดขึ้น
4. สามารถเขียนแผนผังจำแนกประเภทได้ทุกกรณี

ตัวอย่างการจำแนกประเภท เช่น

1. การแบ่งสัตว์ ใช้กระดูกสันหลังเป็นเกณฑ์ แบ่งสัตว์ออกเป็น สัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
2. การแบ่งพืช ใช้ลักษณะของเส้นใบเป็นเกณฑ์ แบ่งพืชเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่
3. การแบ่งตัวกลางของแสง ใช้ลักษณะการให้แสงผ่านเกณฑ์ แบ่งเป็นตัวกลางทึบแสง ตัวกลางโปร่งแสง ตัวกลางโปร่งใส ฯลฯ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การจำแนกประเภทและการเรียงลำดับขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น การตั้งเกณฑ์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการจำแนกประเภท ดังนั้นสิ่งของกลุ่มเดียวกันอาจจำแนกประเภทได้หลายวิธี เช่น การจำแนกประเภทของนักศึกษาในกลุ่มเรียนอาจจะใช้ เพศเป็นเกณฑ์ ใช้โปรแกรมวิชาเป็นเกณฑ์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกณฑ์เปลี่ยนไป จำนวนกลุ่มที่ถูกจำแนกออกก็จะเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้กลุ่มย่อยที่ได้จำแนกแล้วยังสามารถจำแนกประเภทต่อไปได้อีกหลาย ๆ ขั้น การจำแนกหมวดหมู่ในทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการศึกษาอย่างยิ่ง เช่น การจัดธาตุเป็นหมวดหมู่ในตารางธาตุ ทำให้นักเคมีและนักฟิสิกส์สามารถนำตารางธาตุไปใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้อีกมากมาย การจัดพืชและสัตว์ออกเป็นไฟลัม คลาส ออเดอร์ แฟมมิลี ก็เป็นประโยชน์ในการศึกษาทางด้านชีววิทยา เป็นต้น นอกจากนี้ในชีวิตประจำวันของเรา ก็จะพบว่าการจัดหมวดหมู่มีอยู่ทั่วไปในสาขาต่าง ๆ เช่น การจำแนกประเภทของร้านค้า การจำแนกประเภทของสถานศึกษา การประเมินผลการเรียน การจำแนกประเภทของหนังสือในสำนักวิทยบริการ การจัดแบ่งหน่วยงาน ฯลฯ ซึ่งมีผลต่อการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวันให้สะดวกยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ทักษะการจำแนกประเภทยังมีความหมายรวมไปถึงการจัดเรียงลำดับสิ่งของหรือเหตุการณ์ด้วยโดยการกำหนดเกณฑ์และจัดลำดับสิ่งของหรือเหตุการณ์ตามเกณฑ์ เช่น ใช้ลำดับพยัญชนะเป็นเกณฑ์ในการจัดเรียงรายชื่อ นั้นก็คือให้เรียงรายชื่อจาก อักษร ก. ไปตามลำดับจนถึง ฮ. ใช้ขนาดเป็นเกณฑ์ในการจัดเรียงสิ่งของซ้อนกันโดยให้สิ่งของน้ำหนักมากอยู่ด้านล่างสุด และวางสิ่งของที่น้ำหนักน้อยกว่าซ้อนกันขึ้นไปตามลำดับ ใช้คะแนนสอบในการจัดลำดับผู้สอบเข้าทำงาน เป็นต้น

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการจำแนกประเภทต่าง ๆ จากเกณฑ์จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. เรียงลำดับหรือบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้
2. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้
3. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

3.5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Speace and space}space and time relaionships)

สเปส (Space) หมายถึง ลักษณะเกี่ยวกับระยะทาง ขนาด ความกว้าง ความยาว ความหนา รูปร่าง ตำแหน่งที่อยู่ การเคลื่อนที่ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอง ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุมี 3 ติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง

ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความชำนาญในการสังเกตรูปร่างของวัตถุ โดยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งของผู้สังเกตกับการมองในทิศทางต่าง ๆ กัน โดยการเคลื่อนที่ การผ่า การหมุน การตัดวัตถุ ผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงได้ สังเกตการเคลื่อนไหวของวัตถุโดยสามารถนึกเห็นและจัดกระทำกับวัตถุ และเหตุการณ์เกี่ยวกับรูปร่าง เวลา ระยะทาง ความเร็ว ทิศทาง และการเคลื่อนไหว เพื่อบอกความสัมพันธ์ของมิติ และภาวะการณ์นั้น หรือ ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุ หนึ่งระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

การหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับสเปส และเวลา นั้น มี 3 อย่าง คือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุ เช่น การดูภาพ 2 มิติ การวาดภาพ 3 มิติ ซึ่งจะต้องประกอบด้วย ความกว้าง ความยาว และความหนา การหารูปร่างของวัตถุ โดยดูจากภาพหน้าตัด เช่น ในทางชีววิทยาต้องตัดวัตถุที่จะดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ให้เป็นแผ่นบาง ๆ จะได้เฉพาะหน้าตัดเท่านั้น วิธีการเช่นนี้ คล้ายกับการหารูปร่างของวัตถุอันหนึ่ง โดยการสังเกตจากเงาหลาย ๆ เงาของวัตถุนั้น โดยใช้แสงกระทบวัตถุหลาย ๆ ด้าน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา เราอาจบอกเวลาได้ โดยใช้ลักษณะของสเปส เช่น บอกเวลาโดยการดูเงาเสาธง การที่จะบอกเวลาได้จะต้องทราบว่าเงานั้นทอดไปในทางตรงข้ามกับต้นกำเนิดของแสงเสมอ และต้องทราบว่าเงานั้นทิศตะวันออกอยู่ด้านใด เพื่อจะประมาณว่า เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งนั้น ควรจะเป็นเวลาเท่าใด

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเวลา เราสามารถนำเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 อย่างมาสัมพันธ์ได้ เช่น เวลาที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก 1 รอบ สัมพันธ์กับเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองได้ 1 รอบ

พฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา จะมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้
2. ชี้บ่งรูป 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้
3. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.1 ระบุรูปทรง 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากหมุนรูป 2 มิติ ได้

3.2 เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ได้

3.3 เขียนรูปฉายจากวัตถุ 3 มิติได้

3.4 เขียนรูป 3 มิติจากรูปฉายได้

3.5 เขียนรูปคลี่ของวัตถุ 3 มิติได้

3.6 เขียนรูปตัดที่เกิดจากการตัดวัตถุรูปทรง 3 มิติ ได้

4. หาเส้นสมมาตรหรือระนาบสมมาตรของวัตถุได้

5. บอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุโดยการใช้ตัวเองหรือวัตถุอื่นเป็นเกณฑ์

6. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของวัตถุ กับเวลาได้

3.6 ทักษะการจัดการกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Manupulating and communicating data)

การจัดกระทำข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การหาความถี่ การแยกประเภท การจัดเรียงลำดับ

การสื่อความหมาย หมายถึง ความสามารถในการใช้ภาษาพูด หรือภาษาท่าทาง เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ ในสิ่งที่ต้องการสื่อความหมายให้ชัดเจนและรวดเร็ว องค์ประกอบของการสื่อความหมาย มี 4 ชนิด ได้แก่ ผู้ส่งสาร ผู้รับสาร สาร ช่องทางรับสาร

ลักษณะการสื่อสารที่ดี ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้อง รวดเร็ว ผู้รับสารมีปฏิสัมพันธ์ตรงตามความต้องการของผู้ส่งสาร

การสื่อสารมีหลายรูปแบบ โดยเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล เช่น

1. การบรรยาย

2. การใช้แผนภาพ

3. การใช้ตารางเหมาะกับข้อมูลที่ประกอบด้วยปริมาณต่าง ๆ หลาย ๆ จำนวน โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นตัวเลข นิยมนำเสนอแบบตาราง เพราะทำให้ง่ายต่อการเข้าใจและสื่อความหมาย การสร้างตารางไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว ข้อมูลชุดเดียวกันอาจนำเสนอด้วยตารางได้หลายแบบ ตารางแสดงข้อมูลที่ดีควร เป็นตารางที่กะทัดรัด เหมาะสมกับหน้ากระดาษที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นำเสนออ่านง่าย และสามารถเปรียบเทียบข้อมูลที่ต้องการทราบได้รวดเร็ว องค์ประกอบที่สำคัญของตาราง คือ

3.1 ชื่อตาราง เป็นข้อความกะทัดรัดแต่ทำให้ผู้อ่านรู้ว่าตารางนี้นำเสนอเกี่ยวกับอะไร ที่ไหน และเมื่อไร

3.2 หัวตาราง บอกให้รู้ว่าสิ่งที่อยู่ในตารางเป็นปริมาณอะไร ถ้าปริมาณในตารางเป็นตัวเลขก็จะเขียนหน่วยกำกับไว้ที่หัวตารางด้วย

3.3 ตัวเรื่อง ก็คือข้อมูลที่นำเสนอ ข้อมูลที่เป็นตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันจะมีหน่วยเหมือนกัน

3.4 หมายเหตุ เขียนไว้ด้านล่างของตารางเพื่ออธิบายข้อความบางตอนในตารางให้ชัดเจนขึ้น หมายเหตุนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้

3.5 แหล่งที่มา ในกรณีที่นำข้อมูลมาจากแหล่งอื่น ๆ จะต้องบอกแหล่งที่มาของข้อมูลด้วย เพื่อช่วยให้ผู้อ่านสามารถตรวจสอบข้อมูล หรือค้นคว้าเพิ่มเติมได้

4. กราฟ ใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้แกนอ้างอิงที่ตั้งฉากกัน (แกน X และแกน Y) กราฟที่ใช้แสดงมีหลายประเภท เช่น กราฟรูปภาพ กราฟเส้นตรง กราฟแท่ง

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ได้
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้
5. บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ใด ๆ ด้วยข้อความที่เหมาะสมกะทัดรัด และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้
6. บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

3.7 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

ทักษะการพยากรณ์เป็นความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการกฎหือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายหรือการคาดคะเนอาจเป็นการพยากรณ์ทั่วไป ซึ่งเป็นการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูล หลักการ กฎ ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เช่น การพยาการณ์อากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จะเก็บข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศที่ได้วัดปริมาณฝน ความเร็วและทิศทางลม อุณหภูมิ ความกดอากาศ ฯลฯ แล้วนำมาหาความสัมพันธ์ของลักษณะอากาศในวันนั้นเพื่อพยากรณ์ลักษณะอากาศในวันต่อไป หรือเป็นการพยากรณ์จากข้อมูลซึ่งมีสองลักษณะ คือ

3.7.1 การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา เป็นการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่

3.7.2 การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา เป็นการทำนายค่าที่น้อยหรือมากว่าข้อมูลที่มีอยู่

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการพยากรณ์ จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่

3.8 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)

ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล เป็นความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรือปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น การลงความเห็นจากข้อมูลอาจจำแนกประเภทเป็น 2 ประเภท คือ การลงความเห็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์ ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลถ้าฝึกจนเป็นความชำนาญจะช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลจะต้องมีความสามารถ ดังต่อไปนี้คืออธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

การลงความคิดเห็นจากข้อมูลในเรื่องเดียวกัน อาจลงความคิดเห็นได้หลายอย่าง ซึ่งอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ความละเอียดของข้อมูล ความถูกต้องของข้อมูล ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ลงความคิดเห็น ความสามารถในการสังเกต

3.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing)

การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกต

ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านี้ มักเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น สมมติฐานจึงเป็นเครื่องกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นนั้นเป็นที่ยอมรับ หรือไม่ยอมรับ สมมติฐานที่ตั้งขึ้น อาจจะถูก หรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบภายหลังการทดลองหาคำตอบแล้ว ในสถานการณ์ทดลองหนึ่งอาจมี 1 สมมติฐาน หรือหลายสมมติฐานก็ได้ การตั้งสมมติฐานมักนิยมเขียนในรูป ถ้า ..... ดังนั้น.....

ตัวอย่างการตั้งสมติฐาน

1. ถ้าฮอร์โมนมีผลต่อสีของปลาสวยงาม ดังนั้นปลาที่เลี้ยงโดยให้ฮอร์โมนจะมีสีเร็วกว่าปลาที่เลี้ยงโดยไม่ให้ฮอร์โมนในช่วงอายุเท่ากัน

2. ถ้าควันบุหรี่มีผลต่อการเกิดมะเร็ง คนที่สูบบุหรี่หรือคุลกคลีกับคนสูบบุหรี่จะมีโอกาสเป็นโรคมะเร็งได้มากว่าคนที่ไม่สูบบุหรี่ หรือไม่คลุกคลีกับคนสูบบุหรี่

3. ถ้าความร้อนมีผลต่อการสุกของผลไม้ ดังนั้นผลไม้ที่ผ่านการอบไอน้ำจะมีอายุการสุกนานกว่าผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการตั้งสมมติฐานจะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. คิดคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

2. หาคำตอบล่วงหน้าโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้

3.10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational defining of the variable)

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยการบรรยายในเชิงรูปธรรม หลักสำคัญในการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ จะต้องกำหนดนิยามในลักษณะที่ว่า

1. ต้องทำความสามารถอะไร
2. ต้องปฏิบัติอย่างไร
3. จะสังเกตอะไรจากการทดลองหรือสำรวจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการจะแตกต่างจากการกำหนดนิยามทั่ว ๆ ไป เพราะการกำหนดนิยามทั่ว ๆ ไป เป็นการให้ความหมายของคำหรือข้อความอย่างกว้าง ๆ ส่วนการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นการกำหนดความหมายให้เข้าใจตรงกันสามารถสังเกตและวัดได้ในสถานการณ์นั้น ๆ เช่น การให้นิยามของก๊าซออกซิเจน

นิยามทั่ว ๆ ไป

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 8 และมวลอะตอมเท่ากับ 16 (ทุกคนเข้าใจตรงกันแต่สังเกต และวัดไม่ได้)

นิยามเชิงปฏิบัติการ

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ช่วยในการติดไฟ เมื่อนำก้อนถ่านที่คุแดงแหย่ลงไปในก๊าซนั้นแล้วก้อนถ่านนั้นจะลุกเป็นเปลวไฟ (ทุกคนเข้าใจตรงกัน สังเกตและวัดได้)

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการจะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้ คือกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

3.11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Operational defining of the variables)

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้นที่จะไปมีผลให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน จึงต้องควบคุมให้เหมือนกันทุกกลุ่มทดลอง

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความชำนาญในการจำแนกตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบ และเลือกตัวแปรที่ต้องการควบคุมให้คงที่ (ตัวแปรควบคุม) จัดตัวแปรที่ต้องให้แตกต่างกัน (ตัวแปรอิสระ) เพื่อดูผลที่เกิดขึ้นการการทดลอง (ตัวแปรตาม)

การกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นส่วนสำคัญยิ่งในการทดลอง ทั้งนี้เพื่อจะให้ได้ผลสรุปที่ถูกต้องแน่นอนกว่า ผลที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นจากตัวแปรที่เราต้องการจะศึกษาหรือไม่ ในสถานการณ์การทดลองหนึ่ง ๆ ผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรอาจจะมาจากหลายสาเหตุ จึงมีความจำเป็นต้องควบคุมสิ่งที่เราไม่ต้องการศึกษา (ตัวแปรควบคุม) ให้เหลือเฉพาะตัวแปรที่เราต้องการจะทราบ (ตัวแปรอิสระ) เพื่อสะดวกในการศึกษาเฉพาะสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งก่อน เช่น เราต้องการศึกษาชนิดของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่การเจริญเติบโตของพืช

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกนอกจากดิน เช่น แสงแดด ปุ๋ย น้ำ การดูแล เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่เรายังไม่ต้องการศึกษา จึงต้องมีการควบคุมเพื่อสะดวกต่อการศึกษาเฉพาะสาเหตุใด สาเหตุหนึ่งก่อน เพื่อจะสรุปผลจากการทดลองได้ได้ตรงตามสาเหตุที่แท้จริง (ตัวแปรอิสระ)

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรจะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้ คือในปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ เราสามารถแบ่งตัวแปร ออกได้ 3 ประเภท ด้วยกัน คือ

1. ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นต้นเหตุ ไม่อยู่ในความควบคุมของตัวแปรใด ๆ ทั้งสิ้น ตัวแปรนี้เป็นตัวแปรที่เรากำหนดขึ้นหรือใส่ลงไปเพื่อดูผลที่จะเกิดขึ้น เช่น ถ้าเราต้องการดูว่าปุ๋ยจะมีส่วนทำให้ต้นกุหลาบเติบโตเร็วหรือไม่ ปุ๋ยก็จะเป็นตัวแปรอิสระ เพราะเป็นสิ่งที่เราจะดูผลของมันที่มีต่อต้นกุหลาบ

2. ตัวแปรตามหรือตัวแปรซึ่งเป็นผลของตัวแปรอิสระ (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่ควบคุมโดยตัวแปรอิสระไม่มีความเป็นอิสระในตัวของมันเอง ต้องเปลี่ยนไปตามตัวแปรอิสระ เพราะมันเป็นผลของตัวแปรอิสระ ดังตัวอย่างข้างต้นนี้ การเจริญของต้นกุหลาบจะเป็นตัวแปรตาม

3. ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) หมายถึง ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้ได้ตลอดการทดลอง เพื่อต้องการดูผลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตาม จากตัวอย่างข้างต้น ถ้าเราต้องการดูผลของการใส่ปุ๋ย เราต้องควบคุมดินความเข้มข้นของแสงแดดและอื่น ๆ ให้อยู่ในสภาพเหมือนเดิมตลอดการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการดำเนินการทดลอง ผู้ทดลองจะต้องนำเอากระบวนการขั้นอื่น ๆ มาใช้ประกอบกัน ความสำเร็จของการทดลองจึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน ในการทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง เป็นการวางแผนการปฏิบัติงานก่อนลงมือทดลอง การออกแบบการทดลองจะต้องสัมพันธ์กับสมมติฐานที่จะตรวจสอบ ในการออกแบบการทดลอง จะต้องกำหนดสิ่งต่อไปนี้

1.1 วิธีทดลอง ต้องระบุตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม หรือวิธีควบคุม และเขียนวิธีทดลองตามลำดับขั้นตอนการปฏิบัติก่อนหลัง

1.2 วิธีวัดหรือสังเกตผลการทดลองรวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการบันทึกผลแต่ละครั้ง

1.3 ออกแบบบันทึกผลการทดลองให้สอดคล้องกับสิ่งที่วัดได้จากการทดลอง

1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2. ปฏิบัติการทดลองจริงตามที่กำหนดไว้ในวิธีการทดลอง

3. บันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองที่ได้ออกแบบไว้แล้ว การออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับสมมติฐาน และปัญหา การเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับการดำเนินการทดลอง รวมทั้งการบันทึกผลการทดลอง

การทดลองเป็นการพิสูจน์ความจริงบางอย่าง หรือเป็นการพิสูจน์สมมติฐาน มีปัญหาบางอย่างทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่จำเป็นต้องมีการทดลอง ก็สามารถบอกคำตอบได้แต่บางปัญหาต้องมีการทดลอง

พฤติกรรมที่แสดงว่ามีทักษะการทดลองจะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปร
2. ระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้
3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion)

การตีความหมายข้อมูล คือ การแปรความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ในการตีความหมายข้อมูลจะต้องใช้ทักษะอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการลงความเห็น เป็นต้น ส่วนการลงข้อสรุป เป็นการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ส่วนการ

ลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการตีความหมายข้อมูล แล้วนำสู่การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรศึกษาได้เป็นความรู้ใหม่

พฤติกรรมที่แสดงว่ามีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจะมีความสามารถ ดังต่อไปนี้

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลได้ (ทักษะการตีความหมายข้อมูล)

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (ทักษะการลงข้อสรุป)

4. ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราเป็นกระบวนการที่นำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ต่อไปได้ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญที่ทุกคนต้องเรียนรู้ โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนวิทยาศาสตร์ได้นำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 : 10) และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ว่าผู้เรียนต้องใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้ ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 : 96) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ให้กับเยาวชนของชาติจะต้องเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและทักษะในการค้นคว้าหาความรู้และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้หลายๆ ด้าน ซึ่งเป็นความรู้แบบองค์รวมอันจะนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ได้ จึงควรได้ช่วยกันฝึกฝนนักเรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้ เพื่อจะได้เป็นคนช่างสังเกต รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีระบบและรู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองเป็นการส่งเสริมให้คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ เพื่อการดำรงชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข (ฉลอง ศิริขำ. 2540 : 1)

5. การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หน่วยทดสอบและประเมินผล สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

(เบญจมาศ ปทุมวัน. 2546 : 20-21)

5.1 การสร้างสถานการณ์

5.1.1 สถานการณ์ที่สร้างขึ้น จะต้องมีความยากง่ายและเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้ตอบแบบทดสอบ

5.1.2 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

5.1.3 สถานการณ์ที่สร้างขึ้น จะต้องไม่ใช่สถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้ จะต้องสมเหตุสมผล

5.1.4 สถานการณ์ที่ยกมาจะต้องสั้น กะทัดรัด อ่านเข้าใจง่าย แต่สถานการณ์ควรใช้สำหรับคำถามมากกว่า 1 ข้อ เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการอ่านเกินความจำเป็น

5.2 การสร้างคำถาม คำถามที่จะให้ตอบตามสถานการณ์ที่ยกมา จะมีคุณสมบัติดังนี้

5.2.1 ถามในสิ่งที่ต้องใช้ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถามเรื่องที่เป็นความรู้ความจำ

5.2.2 ไม่ถามถึงปัญหาหรือสมมติฐานที่เคยอภิปรายหรือสรุปร่วมกันมาแล้ว

5.2.3 ใช้คำถามรัดกุมบ่งชัดว่าจะให้ตอบเรื่องใด

5.2.4 ข้อความที่จะให้ตอบในแต่ละคำถามควรเป็นตอนละเรื่องและกำหนดคะแนนให้เหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ถ้าตอบถูกควรให้คะแนนเป็น 1 ถ้าตอบผิดควรให้คะแนนเป็น 0

5.3 การตรวจ ถ้าเป็นข้อสอบแบบสั้นๆ แม้จะตั้งคำถามที่ผู้ถามคิดว่าจำเพาะเจาะจง คำตอบน่าจะแน่นอน แต่ในการตรวจจะต้องดูเหตุผลของนักเรียนบางคนที่ตอบแตกต่างไปจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ด้วย ถ้าเหตุผลถูกก็ต้องยอมรับ

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) ยังได้เสนอแนวทางในการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ (วิชัย พะวงษ์. 2549 : 29-30 ; อ้างมาจาก กรมวิชาการ. 2536 : 78-79)

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งต้องแจกแจงให้ชัดเจน โดยครูต้องศึกษาจุดหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วนำมาแจกแจงให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีทั้งภาคสถานการณ์ ภาคพฤติกรรมที่คาดหวังและภาคเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2. เลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึงการเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นในบทหนึ่งๆ ควรกำหนดว่าทักษะใดเนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดมิได้ ทักษะนั้นและเนื้อหา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นั้นก็ควรปรากฏในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้อย่างไร อย่างละกี่ข้อจะไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังทราบต่อไปว่า ข้อสอบพฤติกรรมวัดทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

4. การเลือกแนวทางในการออกข้อทดสอบ ควรถือหลักว่า ควรใช้การสอนแบบใดจึงสามารถตรวจวัดพฤติกรรมนั้นได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมที่สุด ตลอดทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลาและง่ายต่อการปฏิบัติด้วย

จากเอกสารดังกล่าว สรุปได้ว่า การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควรดำเนินการดังนี้

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน

2. สร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะ เพื่อกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมใด อย่างละกี่ข้อ

3. สร้างสถานการณ์และข้อคำถาม ที่ต้องการวัดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. การตรวจข้อสอบ จะต้องมีความเป็นปรนัยในการให้คะแนน และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน

6. คำถามที่นำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้นั้น ต้องมีการทดลองควบคู่เสมอไป ดังนั้นนอกจากครูจะจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนในด้านสาระการเรียนรู้ยังต้องฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะโดยการใช้คำถามดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. 2546 : 26-33)

6.1 ทักษะการสังเกต

6.1.1 คำถามที่ให้ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือประสาทสัมผัสทั้ง 5 สังเกตวัตถุสิ่งของโดยตรง

6.1.2 คำถามที่ให้ใช้ประสาทสัมผัสสังเกตลักษณะของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป

6.1.3 คำถามที่ให้กะประมาณขนาดหรือจำนวนของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6.2 ทักษะการวัด

6.2.1 คำถามที่ให้เลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสมและถูกต้อง

6.2.2 คำถามที่ให้อธิบายวิธีวัดว่าอย่างไรจึงจะถูกต้องและแม่นยำ

6.2.3 คำถามที่ให้ใช้เครื่องมือทำการวัดได้ถูกต้อง แม่นยำ ตลอดจนสามารถอ่านข้อมูลที่ได้อย่างรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริง

6.3 ทักษะการจำแนกประเภท

6.3.1 คำถามที่แบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้

6.3.2 คำถามที่แบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ของตนเอง

6.3.3 คำถามให้บอกเกณฑ์ในการแบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของที่จัดไว้

6.4 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

6.4.1 คำถามที่ให้บอกจำนวนเส้นสมมาตรและระนาบสมมาตรของรูปและรูปทรงเรขาคณิต

6.4.2 คำถามที่ให้บอกจำนวนมิติของวัตถุที่พบเห็น

6.4.3 คำถามที่ให้บอกชื่อของรูปทรงเรขาคณิต

6.4.4 คำถามที่ให้บอกรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ

6.4.5 คำถามที่ให้บอกรูป 2 มิติที่เกิดจากรอยตัดเมื่อตัดวัตถุ 3 มิติ

6.4.6 คำถามที่ให้บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

6.4.7 คำถามให้บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจก

6.4.8 คำถามที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส

6.4.9 คำถามที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา

6.5 ทักษะการคำนวณ

6.5.1 คำถามที่ให้วัดจำนวน

6.5.2 คำถามที่ให้ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับ

6.5.3 คำถามที่ให้บอกวิธีคำนวณ

6.5.4 คำถามที่ให้คิดคำนวณ

6.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

6.6.1 คำถามที่ให้เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6.6.2 คำถามที่ให้บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการนำเสนอข้อมูล

6.6.3 คำถามที่ให้ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้

6.6.4 คำถามที่ให้เปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลให้เข้าใจยิ่งขึ้น

6.6.5 คำถามที่ให้บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

คำถามที่ต้องตอบโดยมีการสรุปหรืออธิบายเกินข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง

6.8 ทักษะการพยากรณ์

คำถามที่ให้ทำนายผลหรือเหตุการณ์หรือสิ่งที่เกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูล ความสัมพันธ์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่เป็นแนวทาง

6.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

คำถามที่ให้ทำนายผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยไม่ทราบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำนายหมาก่อน

6.10 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

คำถามที่ให้กำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรต้น และตัวแปรตาม เพื่อให้เข้าใจตรงกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6.11 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

คำถามที่ให้กำหนดหรือชี้บ่งตัวแปรในการทดลอง

6.12 ทักษะการทดลอง

6.12.1 คำถามที่ให้ออกแบบการทดลอง

6.12.2 คำถามที่ให้บอกวิธีปฏิบัติขณะทำการทดลอง

6.13 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

6.13.1 คำถามที่บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่อยู่

6.13.2 คำถามที่ให้บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

7. คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือประเภทหนึ่งที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินว่านักเรียนที่เข้าสอบมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับใด ดังนั้นก่อนที่จะนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดนั้นเสียก่อน เพื่อให้แน่ใจว่ามีคุณภาพสูง การสร้างแบบทดสอบต้องทำตามขั้นตอนการสร้าง รวมทั้งในเรื่องของการเขียนคำชี้แจง วัตถุประสงค์ของการทดสอบ และข้อคำถามที่เขียนต้องเขียนให้ตรงประเด็นและครบตามทักษะที่ต้องการวัด เมื่อสร้างแบบวัดทักษะเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องนำมาตรวจสอบคุณภาพก่อนว่าแบบวัดทักษะมีคุณภาพในด้านต่างๆ เช่นความเที่ยงตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นเป็นอย่างไร ซึ่งแบบวัดทักษะที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ (ชมนาด พรมมิจิตร. 2550 : 21-22 ; อ้างมาจาก บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2535 : 203-214)

1. ความตรง (Validity) เครื่องมือรวบรวมที่ดีจะต้องมีความตรงในการวัด ซึ่งหมายความว่าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด วัดได้ครอบคลุมครบถ้วนตามเนื้อหาที่ต้องการวัด และวัดได้ถูกต้องตรงตามความเป็นจริง

2. ความเที่ยง (Reliability) การจะวัดสิ่งใดก็ตามจะต้องคำนึงถึงเครื่องมือและผลของการวัด ว่ามีความเที่ยงตรงคงเส้นคงวาเพียงใด หากวัดซ้ำอีกได้ผลเหมือนเดิมหรือไม่ เครื่องมือที่ดีต้องมีความเที่ยงสูง ใช้วัดกี่ครั้งก็ได้ผลใกล้เคียงกัน ผลที่ได้มีความเที่ยงตรง (Stability) ไม่เปลี่ยนแปลง (Consistency) มีความถูกต้อง (Accuracy) เชื่อถือได้ (Dependability)

3. ความยากง่าย (Difficulty) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ดี จะต้องมีความยากง่ายเหมาะกับผู้ตอบ ทั้งความยากง่ายในด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ถ้ายากเกินไปจนทุกคนตอบผิดหมด เครื่องมือชนิดนั้นไม่สามารถใช้วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้

4. อำนาจจำแนก (Discrimination) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ดี จะต้องมีอำนาจในการแบ่งแยกสิ่งที่ต้องการวัดออกเป็นกลุ่ม เป็นประเภทได้ชัดเจน เช่นแยกคนที่รู้กับคนที่ไม่รู้ออกจากกันได้ คนตอบข้อนั้นถูกจะเป็นคนที่มีความรู้เรื่องนั้น ถ้าตอบผิดแสดงว่าไม่รู้เรื่องนั้น ไม่ใช่ตอบถูกหรือตอบผิดก็สามารถบอกไม่ได้ว่ามีหรือไม่มีความรู้เรื่องนั้น

5. ความเป็นปรนัย (Objective) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ดีจะต้องมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือจะต้องมีความเป็นปรนัยใน 3 ประเด็น ได้แก่

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.1 ความถูกต้องทางวิชาการ คือผู้รู้ ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น เห็นว่าถูกต้องตามหลักวิชาการ ทั้งตัวคำถามและตัวคำตอบ ไม่มีข้อโต้แย้งทางหลักวิชา

5.2 การให้คะแนน จะต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่แน่นอน ไม่ขึ้นอยู่กับอารมณ์และเวลาของผู้ตรวจ จะตรวจเวลาใดก็ให้ผลคะแนนคงเดิม

5.3 ภาษา ภาษาที่ใช้ต้องชัดเจน อ่านเข้าใจตรงกันทุกครั้งทุกคน ไม่ว่าใครอ่านหรืออ่านเวลาใดก็ตาม จะเข้าใจความหมายได้ตรงกันเสมอ

6. ความหมายในการวัด (Meaningfulness) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ดี ข้อคำถามที่ใช้วัดจะต้องมีความหมายสอดคล้องกับความเป็นจริงให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

7. ความสามารถนำไปใช้ (Usability) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ดีจะต้องสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ที่ต้องการวัดได้ดี คือ

7.1 นำไปใช้ได้ง่าย สะดวกไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถปฏิบัติได้โดยง่ายทั้งผู้ดำเนินการและผู้ตอบ

7.2 ใช้เวลาพอเหมาะ ไม่สั้นหรือนานเกินไป เหมาะสมกับผู้ตอบ ถ้าใช้เวลานานจะทำให้เบื่อหน่าย ขาดการจูงใจให้ตอบ ถ้าใช้เวลาน้อยไปมีเนื้อหามากหรือมีข้อคำถามมาก จะทำให้ผู้ตอบเครียด หรือทำอย่างเร่งรีบ ไม่พิจารณาให้ดีจึงไม่ได้พฤติกรรมที่ต้องการวัด

7.3 ให้คะแนนง่าย สะดวก รวดเร็วและยุติธรรม

7.4 คุ้มค่ากับเวลา แรงงานและงบประมาณที่เสียไป

7.5 แปลผลง่ายและนำผลไปใช้ได้สะดวก

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 67-72) กล่าวว่าลักษณะของแบบทดสอบที่ดีมีดังต่อไปนี้

1. ความตรง หรือความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึงแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องวัด หรือวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ จำแนกได้ 4 ลักษณะ ดังนี้

1.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึงแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือตรงตามเนื้อหาที่ได้ทำการสอน การเขียนตัวคำถามให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจะต้องเขียนตัวคำถามให้มีความสอดคล้องกับน้ำหนักของความสำคัญกับเนื้อหา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.2 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construction validity) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมและสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ หรือตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้น การเขียนตัวคำถามให้มีความเที่ยงตรงตามโครงสร้างจะต้องให้สอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม

1.3 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึงแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงกับสภาพที่เป็นจริงของผู้ถูกวัดขณะนั้น ๆ ซึ่งแบบทดสอบทั่วไปจะมีความเที่ยงตรงตามสภาพน้อยมาก

1.4 ความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ (Prediction Validity) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถวัดได้หรือสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของผู้ที่ถูกวัด

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึงลักษณะขอแบบทดสอบที่สามารถวัดได้คงที่คงวาไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตาม การวัดในแต่ละครั้งให้ผลที่สอดคล้องกัน

3. ความยุติธรรม (Fair) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้การได้เปรียบเสียเปรียบระหว่างผู้เข้าทดสอบด้วยกัน ไม่เปิดโอกาสให้ทดสอบได้โดยการเดา

4. ความลึกของคำถาม (Searching) หมายถึงแบบทดสอบที่คำถามแต่ละข้อต้องไม่ถามเพียงผิวเผิน หรือถามคำถามประเภทความรู้ความจำ แต่ต้องเป็นคำถามที่ให้นำความรู้ความเข้าใจไปคิดวิเคราะห์ปัญหาแล้วจึงจะได้คำตอบ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สูงกว่าความรู้ความจำ

5. ความยั่วยุ (Exemplary) หมายถึงแบบทดสอบที่ยั่วยุให้ผู้ตอบอยากตอบด้วยความสนุกเพลิดเพลิน ไม่เบื่อหน่าย ซึ่งวิธีการเขียนแบบทดสอบอาจจะเรียงจากข้อง่ายไปหาข้อยาก ถามข้อละปัญหาหรืออาจใช้รูปภาพประกอบ

6. ความจำเพาะเจาะจง (Definition) หมายถึงแบบทดสอบที่มีแนวทางหรือทิศทางการถาม การตอบที่ชัดเจน ไม่คลุมเครือ

7. ความเป็นปรนัย (Objective) แบบทดสอบที่มีความเป็นปรนัยจะต้องมีลักษณะดังนี้

7.1 ความเป็นปรนัยในเรื่องความถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งหมายถึงผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ เห็นว่าถูกต้องทั้งตัวคำถามและตัวคำตอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7.2 ความเป็นปรนัยในการให้คะแนน ซึ่งจะต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่แน่นอน

7.3 ความเป็นปรนัยในด้านภาษา หมายถึงผู้ที่ตอบแบบทดสอบนั้นทุกคนเมื่ออ่านข้อสอบนั้นแล้วจะต้องเข้าใจความหมายของเนื้อหา ความชัดเจนและความถูกต้องกับวัตถุประสงค์ของผู้สร้างแบบทดสอบ

8. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมากพอ ใช้เวลาในการทดสอบพอเหมาะ ประหยัดค่าใช้จ่าย ตรวจให้คะแนนได้รวดเร็วสามารถนำไปใช้ได้หลายครั้งอย่างเหมาะสม

9. อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึงความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ แบบทดสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูง อำนาจจำแนกของแบบทดสอบตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Measurement) หมายถึงความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Measurement) หมายถึงความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

10. ความยากง่าย (Difficulty) หมายถึง จำนวนผู้ตอบแบบทดสอบได้ถูกมากน้อยเพียงใด หรืออัตราส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบถูกกับจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม แบบทดสอบที่ดีคือแบบทดสอบที่ไม่ยาก ไม่ง่ายเกินไป ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ถือว่าแบบทดสอบที่ดีคือแบบทดสอบที่สามารถวัดได้กว่าผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ แม้ว่าจะเป็นข้อสอบที่ง่ายก็ตาม

ไพศาล วรคำ (2552 : 226 - 227) กล่าวว่า เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยควรมีลักษณะดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) เครื่องมือที่ดีต้องสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังนั้นความเที่ยงตรงจึงมีคุณสมบัติที่สำคัญเป็นอันดับแรกที่เครื่องมือวัดจำเป็นต้องมี เพราะถ้าเครื่องมือวัดไม่มีความเที่ยงตรงแล้ว ผลที่ได้จากการวัดย่อมไม่ใช่สิ่งที่ผู้วิจัยต้องการ

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) เครื่องมือที่ดีจะต้องให้ผลการวัดที่มีความเชื่อมั่นสูง หรือมีความแน่นอนคงเส้นคงวา นั่นคือหากคุณลักษณะที่ต้องการวัดนั้นไม่ได้มีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เมื่อใช้เครื่องมือที่มีความเชื่อมั่นวัดก็จะได้ค่าคุณลักษณะนั้นเท่าเดิม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การใช้เครื่องมือที่มีความเชื่อมั่นสูงในการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ได้ก็จะมีความเชื่อถือได้ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนควรมีความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า .09 เพราะเป็นแบบวัดที่ต้องการความเชื่อมั่นสูง

3. มีความเป็นปรนัย (Objectivity) เครื่องมือที่ดีควรมีความเป็นปรนัยสูง คือมีความชัดเจนทั้งในข้อคำถาม คำตอบและการให้คะแนน ที่ทำให้ทุก ๆ คนสามารถเข้าใจและตีความได้เหมือน ๆ กันทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นใครทำ ทำเวลาใด จะต้องเข้าใจตรงกันว่าถามอะไร คำตอบที่ถูกต้องเป็นอย่างไร เมื่อตอบเช่นนั้นแล้วจะได้คะแนนเท่าใด ซึ่งจะให้ใครเป็นผู้ตรวจก็จะได้คะแนนเท่ากันและสามารถแปลผลคะแนนที่ได้ตรงกัน

4. มีความจำเพาะเจาะจง (Definite) เครื่องมือที่ดีควรมีความเฉพาะเจาะจง กล่าวคือในหนึ่งข้อคำถามหรือรายการคำถามใด ๆ ควรถามเพียงประเด็นเดียวเป็นการเฉพาะ ไม่ควรมีประเด็นอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง

5. มีประสิทธิภาพ (Efficiency) เครื่องมือที่ดีควรมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวก ประหยัดและคุ้มค่า เช่น มีคำชี้แจงที่เข้าใจง่าย สะดวกในการตอบและจัดเก็บข้อมูล รายการที่ถามไม่ยาวเกินไป เวลาที่กำหนดเหมาะสมกับจำนวนข้อคำถาม

6. มีอำนาจจำแนก (Discrimination) เครื่องมือที่ดีควรจะสามารถแยกแยะบุคคลออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามปริมาณคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้ เช่นแยกคนที่มีความสามารถสูงกับคนที่มีความสามารถต่ำออกจากกันได้

7. มีความยากง่ายเหมาะสม (Difficulty) เครื่องมือที่ดีควรมีความยากง่ายที่เหมาะกับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ทั้งคำชี้แจงในการตอบและเนื้อหาสาระที่ถามโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบ ข้อสอบที่มีความยากง่ายเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้หาคุณภาพของแบบทดสอบด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)
2. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)
3. ค่าความยากง่าย (Difficulty)
4. ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index)
5. ความเชื่อมั่น (Reliability)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

8. ขั้นตอนในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อใช้ในการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ (สุรวาท ทองบุ. 2550 : 92-93)

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ขั้นนี้เป็นการวางโครงการล่วงหน้า ว่าการวิจัยนั้นจะต้องศึกษาพฤติกรรมอะไร กับใคร และศึกษาเพื่ออะไร

2. กำหนดลักษณะของแบบทดสอบที่จะใช้ ขั้นนี้เป็นการกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย โดยกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบประเภทใดจึงจะสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการศึกษา จำนวนข้อเท่าใด และเวลาที่ใช้ควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสม

3. การสร้างแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการพิจารณาว่าพฤติกรรมที่ต้องการศึกษานั้นมีองค์ประกอบของพฤติกรรมใดบ้าง โดยสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นแนวทางในการสร้าง

4. การสร้างตัวคำถาม ยึดหลักใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ชัดเจนและมีความเป็นปรนัย ถ้าข้อสอบนั้นเป็นข้อสอบแบบปรนัย การสร้างตัวเลือกต้องให้เป็นอิสระจากกัน มีความชัดเจน ไม่แนะคำตอบ

5. การประเมินคุณภาพข้อสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดูว่าเนื้อหาและพฤติกรรมต่างๆ ที่นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบนั้นเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดหรือไม่ โดยตรวจสอบคุณภาพที่สำคัญ ๆ คือ ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น และความเป็นปรนัย

นอกจากนี้ ไพศาล วรคำ (2552 : 238 - 239) ยังได้กำหนดขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์ปัญหาการวิจัยเพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องการวัด และเลือกชนิดของแบบทดสอบที่จะใช้วัดตัวแปรนั้นๆ

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการวัด

3. กำหนดนิยามเชิงทฤษฎีและนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัดว่าตัวแปรนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง (นิยามเชิงทฤษฎี)และแต่ละองค์ประกอบสามารถวัดได้อย่างไรบ้าง (นิยามเชิงปฏิบัติการ)

4. ทำตารางโครงสร้างแบบทดสอบเพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา /พฤติกรรม หรือความสามารถ / รูปแบบคำถามที่ต้องการวัด

5. เขียนข้อคำถามตามลักษณะและจำนวนในโครงสร้างแบบทดสอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6. พิจารณาปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้เหมาะสม เช่นการใช้ภาษา สัญญลักษณ์ รูปภาพ ให้เข้าใจง่ายและกระชับชัดเจน

7. นำเสนอผู้เชี่ยวชาญให้พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณได้จากความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อคำถามที่สร้างขึ้น ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้คือข้อคำถามต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 ขึ้นไป

8. ปรับปรุงแก้ไขข้อสอบตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ หรือตามที่ผู้วิจัยเห็นสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญ

9. นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 3 – 5 คน ที่ระดับความสามารถแตกต่างกัน เช่น เก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้ภาษาว่าสามารถสื่อสารกับผู้ตอบได้ตรงกันหรือไม่ แล้วนำมาปรับปรุงการใช้ภาษาในแบบทดสอบต่อไป

10. นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ประมาณ 100 คน เพื่อหาความยาก ค่าอำนาจจำแนก และประมาณค่าความเชื่อมั่น

11. ถ้าค่าสถิติของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ดี ก็สามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ แต่หากมีข้อใดที่มีคุณภาพยังไม่ถึงเกณฑ์ก็ต้องนำมาปรับปรุงให้ดีก่อนนำไปใช้จริง หรือผู้วิจัยอาจออกข้อสอบให้มากกว่าความต้องการใช้จริง แล้วค่อยทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพมาใช้ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์พฤติกรรมชี้วัดด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. วิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละทักษะ

4. เขียนข้อสอบ

5. นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อขอรับข้อเสนอแนะและนำไปปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสม

6. นำเสนอผู้เชี่ยวชาญให้พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณได้จากความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อคำถามที่สร้างขึ้น ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้คือข้อคำถามต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 ขึ้นไป

7. นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เป็นรายข้อ

8. นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เพื่อหาความยาก ค่าอำนาจจำแนก และประมาณค่าความเชื่อมั่น

9. ถ้าค่าสถิติของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ดี ก็สามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้

9. การหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ไพศาล วรคำ (2552 : 253-301) กล่าวว่า การหาคุณภาพเครื่องมือ เป็นกระบวนการที่ทำให้ได้มาซึ่งดัชนีหรือตัวบ่งชี้คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย คุณสมบัติหรือดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของเครื่องมือได้แก่ ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยากและอำนาจจำแนก ซึ่งเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละชนิดจะมีตัวบ่งชี้คุณภาพแตกต่างกัน

9.1 การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นแบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ สามารถหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาได้เช่นเดียวกัน การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหานี้จะต้องดำเนินการก่อนนำไปทดลองใช้ โดยการกำหนดนิยามเชิงทฤษฎี นิยามเชิงปฏิบัติการ โครงสร้างของคำถาม (รวมทั้งคำตอบสำหรับกรณีกำหนดให้ผู้ตอบเลือก) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการวัด วัตถุประสงค์หรือนิยามศัพท์ ในแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบเครื่องมือ

สำหรับจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่จะให้ทำการตรวจสอบความสอดคล้องควรจะมีตั้งแต่ 3 คน ขึ้นไป เพื่อหลีกเลี่ยงความเห็นที่แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนั้นควรจะให้จำนวนผู้เชี่ยวชาญเป็นจำนวนคี่ เช่น 3 คน 5 คน หรือ 7 คน เป็นต้น ส่วนคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญจะสอดคล้องกับสาขาวิชาของเครื่องมือที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งจะสามารถประเมินความสอดคล้องและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องมือครบทั้งในส่วนเนื้อหา ลักษณะคำถามและความเหมาะสมของภาษา จากนั้นนำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาดัชนีที่บ่งบอกถึงความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งคำนวณได้จากความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อคำถามที่สร้างขึ้น ดัชนีนี้เรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index : IOC) โดยแปลงความสอดคล้องเป็น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สอดคล้องมีคะแนนเป็น 1 ไม่แน่ใจ มีคะแนน เป็น 0 ไม่สอดคล้องมีคะแนนเป็น -1 เกณฑ์ในการพิจารณานั้นควรพิจารณาจากเสียงส่วนใหญ่ของผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสอดคล้อง ก็จะถือว่าคำถามนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เช่นผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เสียงส่วนใหญ่ก็คือตั้งแต่ 3 ใน 5 ขึ้นไป ดังนั้นเกณฑ์ที่ใช้ในกรณีนี้ก็คือดัชนีสอดคล้องตั้งแต่ .60 ขึ้นไป หากมีค่าต่ำกว่า .60 ก็ถือว่าใช้ไม่ได้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน

9.2 การหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึงความสามารถวัดเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามขอบเขต หรือครบตามคุณลักษณะย่อยของสิ่งที่ต้องการวัดที่ระบุไว้ในทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะมักจะมีโครงสร้างขององค์ประกอบในเชิงทฤษฎี การหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างนิยมใช้กับเครื่องมือวัดตัวแปรคุณลักษณะ หรือตัวแปรแฝงที่มีการนิยามเชิงทฤษฎี สามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น วิธีตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ วิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มรู้ชัด วิธีการเปรียบเทียบคะแนนจากการทดลอง วิธีวิเคราะห์เมตริกซ์ลักษณะหลากวิธีหลาย วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสำหรับเทคนิคลักษณะหลากวิธีหลาย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ

9.3 การหาความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้ง

แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นแสดงให้เห็นว่าแบบวัดนั้นไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด เพราะว่าวัดกี่ครั้ง ๆ ก็จะได้ผลการวัดคงที่ ความเชื่อมั่นจึงมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error valiance) กล่าวคือ ถ้าแบบวัดมีความเชื่อมั่นสูงความคลาดเคลื่อนของการวัด (Error of measurement) จะต่ำนั่นเอง นอกจากนั้นความเชื่อมั่นยังมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงสูงด้วย เช่นกรณีแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรง ย่อมวัดความสามารถของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง เมื่อความสามารถของนักเรียนไม่เปลี่ยนแปลงจะวัดซ้ำกี่ครั้งก็จะได้ค่าเดิมหรือใกล้เคียงกับค่าเดิม ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเชื่อมั่น การหาความเชื่อมั่นของแบบวัดมีหลายวิธี เช่น การวัดความคงที่ การวัดความสมมูลกัน การวัดความสอดคล้องภายใน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การวัดความสอดคล้องภายในโดยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์สัน (Kuder-Richadson Method) ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาของการประมาณค่าความเชื่อมั่นแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ ซึ่งมักจะให้ค่าความเชื่อมั่นแตกต่างกันตามวิธีที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ใช้ในการแบ่งครึ่งข้อสอบ โดยการขยายแนวคิดจากการแบ่งครึ่งข้อสอบไปใช้แทนที่จะแบ่งแบบทดสอบออกเป็นสองส่วน ก็แบ่งเป็น k ส่วนเท่ากับจำนวนข้อสอบ คูเดอร์และริชาร์สันได้พัฒนาสูตรในการประมาณค่าความเชื่อมั่นขึ้นมาหลายสูตร แต่สูตรที่เป็นที่รู้จักกันคือ KR20 และ KR21 ซึ่งสามารถใช้ได้กับข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบ 0,1 (ตอบผิดได้ 0 ตอบถูกได้ 1) เท่านั้น

การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นนิยมใช้เกณฑ์พิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้นมีนัยสำคัญทางการปฏิบัติ นั่นคือพิจารณาความแปรปรวนของเครื่องมือวัดที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของค่าที่ได้จากการวัดได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 นั่นก็หมายความว่า กำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะต้องไม่ต่ำกว่า .50 ($r^2 > .50$) หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือค่าความเชื่อมั่นต้องมากกว่า .70 ขึ้นไป ($r = .70$, $r^2 = .49$) แต่สำหรับกรณีของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ควรต่ำกว่า .90 เพราะเป็นแบบวัดที่ต้องการความเชื่อมั่นสูง

9.4 การหาความยาก

ความยากของข้อสอบ เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย หรือมีค่าดัชนีความยาก (Item difficulty index : p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก หรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ การหาความยากของข้อสอบโดยทั่วไปนิยมหากันเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ ข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง .20-.80 เนื่องจากข้อสอบที่ยากเกินไป ($p < .20$) หรือง่ายเกินไป ($p > .80$) จะไม่สามารถจำแนกความสามารถของกลุ่มผู้สอบได้ ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้น ต้องการพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) ไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบ แต่จะพิจารณาพฤติกรรมหรือเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่า การหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อทราบระดับความยากเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์ก็มักจะหาทั้งดัชนีความยากก่อนเรียนและดัชนีความยากหลังเรียน โดยใช้สูตรเดียวกับการหาแบบอิงกลุ่ม

9.5 การหาอำนาจจำแนก (Discrimination)

อำนาจจำแนก หมายถึงคุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เครื่องมือที่นิยมหาอำนาจจำแนก ได้แก่ แบบทดสอบและแบบสอบถาม เทคนิคการหาอำนาจจำแนกมีหลายวิธี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้เทคนิค 27% ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1. นำกระดาษคำตอบที่ตรวจให้คะแนนมาเรียงลำดับคะแนนจากสูงไปต่ำ

2. คำนวณร้อยละ 27 ของผู้เข้าสอบทั้งหมดว่าเป็นเท่าใด โดยถ้า b เป็นจำนวนร้อยละ 27 ของผู้สอบทั้งหมด

$$b = \frac{27 \times n}{100}$$

3. แบ่งผู้เข้าสอบออกเป็นกลุ่มสูงกลุ่มต่ำกลุ่มละ b คน โดยกลุ่มสูงนับจากผู้ได้คะแนนสูงสุดลงไป ส่วนกลุ่มต่ำนับจากผู้ได้คะแนนต่ำสุดขึ้นมา

4. แจกแจงความถี่ของการเลือกตัวเลือกแต่ละตัวในแต่ละกลุ่ม แต่ละข้อก็จะมีความถี่ของผู้ตอบได้อยู่ในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ในแต่ละตัวเลือก

5. คำนวณหาสัดส่วนของการเลือกในแต่ละข้อ ซึ่งก็คือค่าความยาก ในแต่ละกลุ่ม

6. นำค่าความยากของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมาหาค่าอำนาจจำแนก ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ .20-1.00

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis)

1. ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

Factor analysis มีชื่อเรียกในภาษาไทย หลายคำ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ตัวประกอบ การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นต้น สำหรับในการเขียนรายงานครั้งนี้จะใช้คำว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2543 : 160) สรุปว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการวัดโดยใช้เครื่องมือหรือเทคนิคหลายชุด หรือหลายด้าน ผลการวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบว่าเครื่องมือหรือเทคนิคเหล่านั้นวัดในสิ่งเดียวกัน หรือที่เรียกว่าวัดองค์ประกอบร่วมกันหรือไม่ มีกี่องค์ประกอบ เครื่องมือหรือเทคนิคเหล่านั้นวัดองค์ประกอบได้มากน้อยเพียงใด

สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์ (2554 : 93) สรุปว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นวิธีการทางสถิติที่ช่วยให้นักวิจัยสร้างองค์ประกอบจากตัวแปรหลายๆ ตัว โดยรวมกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์อาจเป็นทางบวกหรือทางลบก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละองค์ประกอบจะไม่มีความสัมพันธ์หรือมีความสัมพันธ์กันน้อย องค์ประกอบหนึ่ง ๆ จะแทนตัวแปรแฝงอันเป็นคุณลักษณะที่นักวิจัยต้องการศึกษา

จำเริญ จิตรหลัง (2554 : http : //www. trg1.obec.go.th / trang1/news_file/ p53945951146.) สรุปว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง เทคนิควิธีทางสถิติที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่ม หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์เป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ตัวแปรภายในองค์ประกอบเดียวกัน จะมีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรที่ต่างองค์ประกอบ จะสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มี สามารถใช้ได้ทั้งการพัฒนาทฤษฎีใหม่ หรือการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎีเดิม

โดยสรุป การวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง วิธีการทางสถิติที่จะรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเป็นกลุ่มเดียวกันหรือเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์อาจเป็นทางบวกหรือทางลบก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละองค์ประกอบจะมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ

เทคนิคของการวิเคราะห์องค์ประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท (จำเริญ จิตรหลัง. 2554 : http : //www. trg1.obec.go.th / trang1/news_file/ p53945951146.)คือ

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาไม่มีความรู้ หรือมีความรู้น้อยมากเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวแปรและลดจำนวนตัวแปรที่มีอยู่เดิมให้มีการรวมกันได้

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจะใช้กรณีที่ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรควรจะเป็นรูปแบบใด

หรือคาดว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันมากและควรอยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน หรือคาดว่ามีตัวแปรใดที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ควรจะอยู่ต่างองค์ประกอบกัน หรือกล่าวได้ว่า ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดไว้ว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นอย่างไรและจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมาตรวจสอบหรือยืนยันความสัมพันธ์ว่าเป็นอย่างที่คาดไว้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์หาความตรงเชิงโครงสร้างนั่นเอง

3. วัตถุประสงค์การวิเคราะห์องค์ประกอบ

วัตถุประสงค์สำคัญของการวิเคราะห์องค์ประกอบมีอยู่ 2 ประการ (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. 2554 : 94) คือ

3.1 เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบ (Exploratory Factor Analysis Model: EFA)การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีวัตถุประสงค์นี้ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อสร้างแบบจำลองของคุณลักษณะที่สนใจศึกษาตามโครงสร้างสมมติฐาน โดยใช้ตัวแปรหลายๆตัวหรือตัวชี้วัด (Indicator) ที่สามารถวัดได้โดยตรงเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่สนใจเพื่อต้องการทราบว่ามีคุณลักษณะนั้นกี่องค์ประกอบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบตามวัตถุประสงค์นี้ จะช่วยให้ลดตัวแปรลงและได้องค์ประกอบซึ่งทำให้เข้าใจลักษณะของข้อมูลได้ง่าย และสะดวกในการแปลความหมาย รวมทั้งได้ทราบแบบแผน (Pattern) และโครงสร้าง (Structure) ความสัมพันธ์ของข้อมูล

3.2 เพื่อยืนยันองค์ประกอบ (Confirmatory Factor Analysis Model : CFA) การวิเคราะห์องค์ประกอบตามวัตถุประสงค์นี้ ผู้วิจัยต้องมีสนมมติฐานก่อนว่า คุณลักษณะที่ศึกษามีกี่องค์ประกอบ แล้วใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับสมมติฐานเพียงใด

4. ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. 2554 : 95-97) มีดังนี้

4.1 ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเครื่องมือวัดตัวแปรแฝง โดยนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมาสร้างตัวแปรแฝง แล้วนำตัวแปรแฝงนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

4.2 ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเครื่องมือตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ของตัวแปรว่ามีโครงสร้างตามนิยามทางทฤษฎีหรือไม่และสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงอย่างไร

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

4.3 ใช้ในการแก้ปัญหาการที่ตัวแปรอิสระของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณมีความสัมพันธ์กัน โดยนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันโดยการสร้างตัวแปรใหม่จากคะแนนองค์ประกอบ แล้วนำองค์ประกอบนั้นไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ถดถอย

5. ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมีหลายแนวคิดสรุปได้ดังนี้

5.1 พิจารณาการใช้ขนาดตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบอย่างเดียว

5.1.1 เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย (2549 : 71 ; อ้างอิงมาจาก Comrey & Lee, 1992) ได้เสนอแนะขนาดตัวอย่างดังนี้

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 50 ราย ถือว่า แย่มาก (Very poor)

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 100 ราย ถือว่า ไม่ดี (Poor)

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 200 ราย ถือว่า พอใช้ได้ (Fair)

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 300 ราย ถือว่า ดี (As a good)

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 500 ราย ถือว่า ดีมาก (As exellent)

5.1.2 ตามกฎหัวแม่มือหรือกฎอย่างง่าย (Rule of thumb) การวิเคราะห์องค์ประกอบควรมีขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 300 ราย

5.2 การใช้ขนาดตัวอย่างขึ้นอยู่กับจำนวนองค์ประกอบที่ต้องการวิเคราะห์

5.2.1 ถ้าการวิจัยนั้นมีจำนวนองค์ประกอบน้อย (2-3 องค์ประกอบ) และ/หรือมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่ำมาก จำนวนกลุ่มตัวอย่างแค่ 150 ราย ก็พอ

5.2.2 กรณีมีจำนวนองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ หรือมีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า 0.6 หรือจำนวนองค์ประกอบมีเท่ากับ 10 องค์ประกอบหรือน้ำหนักองค์ประกอบน้อยกว่า 0.4 จำนวนกลุ่มตัวอย่างควรมากกว่า 150 ราย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์องค์ประกอบตามหลักของคอมเลย์และลี

โมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้างประกอบด้วย 2 โมเดล คือ โมเดลการวัด (Measurement model) และโมเดลโครงสร้าง (Structural model) (จำเริญ จิตรหลัง. 2554 : http : //www. trg1.obec.go.th / trang1/news_file/ p53945951146.) ดังนี้

1. โมเดลการวัด (Measurement Model) เป็นโมเดลแสดงสัมประสิทธิ์ถดถอยระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Variables) กับตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) ประกอบด้วย โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายนอก และโมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายใน ในโมเดลการวัดนี้มีวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญ 2 วิธี คือ

1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวแปรแฝงที่ไม่สามารถสังเกตได้

1.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Analysis) เป็นการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าสถิติที่ช่วยทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริง และค่าตัวแปรที่วัดได้จะบอกค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดในแต่ละตัวแปร

2. โมเดลโครงสร้าง (Structural Model) เป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกัน ซึ่งในโมเดลนี้มีวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญ คือการวิเคราะห์เส้นทาง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกและตัวแปรแฝงภายใน การวิเคราะห์เส้นทางโดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Standard Regression Coefficient) หรือค่า Beta ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) หรือค่าอิทธิพลระหว่างตัวแปร ดังนั้นค่าขนาดอิทธิพลทางตรงของตัวแปรที่เป็นสาเหตุต่อตัวแปรที่เป็นผล ก็คือ ค่า Beta (β) ที่ปรากฏอยู่ในสมการพยากรณ์

สำหรับหลักการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลได้แก่ การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโดยวิเคราะห์เป็นภาพรวมตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) และการวิเคราะห์อิทธิพล (Path analysis) ไปพร้อม ๆ กัน และมีการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พร้อมทั้งรายงานดัชนีความสอดคล้องด้วย ลักษณะสำคัญของโมเดลลิสเรล คือโมเดลใหญ่จะประกอบไปด้วยโมเดลการวัด (Measurement model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation model) โมเดลการวัดช่วยแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement error) ได้โดยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) ในการประมาณค่าตัวแปรแฝง (Latent variable) ส่วนโมเดลสมการโครงสร้างจะครอบคลุมลักษณะความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างแบบเส้นทุกรูปแบบ ดังนั้นโปรแกรมลิสเรลจึงสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้เกือบทุกรูปแบบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตัวแปรที่ใช้ในโมเดลการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในโมเดลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท (จำเริญ จิตรหลัง. 2554 : http : //www. trg1.obec.go.th / trang1/news_file/ p53945951146.) คือ

1. ตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) หมายถึง ตัวแปรที่นักวิจัยไม่สนใจศึกษาสาเหตุของตัวแปรเหล่านี้ ตัวแปรสาเหตุของตัวแปรภายนอกจึงไม่ปรากฏในโมเดล

2. ตัวแปรภายใน (Endogenous variables) หมายถึง ตัวแปรที่นักวิจัยสนใจศึกษาว่าได้รับอิทธิพลจากตัวแปรใด สาเหตุของตัวแปรภายในจะแสดงไว้ในโมเดลอย่างชัดเจน

เมื่อแบ่งประเภทของตัวแปรในโมเดลการวิจัยตามลักษณะการวัดตัวแปร จะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือตัวแปรแฝง (Latent or unobserved variables) เป็นตัวแปรสังกับเชิงสมมติฐาน (Hypothesis variables) ที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรงแต่มีโครงสร้างตามทฤษฎีแสดงผลออกมาในรูปของพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ ตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรที่ปลอดจากความคลาดเคลื่อนในการวัด นักวิจัยศึกษาตัวแปรแฝงโดยการวัดตัวแปรพฤติกรรมที่สังเกตได้แทน และประมาณค่าตัวแปรแฝงได้จากการนำกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงนั้นมาวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) ตัวแปรสังเกตได้ (Observed or manifest variables) เป็นตัวแปรที่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น

ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล (จำเริญ จิตรหลัง. 2554 : http : //www. trg1.obec.go.th / trang1/news_file/ p53945951146.) มีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน (Relation of specification Model)

การกำหนดลักษณะของโมเดลที่จะวิเคราะห์ โดยโมเดลนี้ได้มาจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับตัวแปรต่างๆที่กำหนดไว้ในโมเดลและนำมาเขียนเป็นโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (Specification of the model)

การวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรลนั้น สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งโมเดลที่มีตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ วิเคราะห์ได้ทั้งข้อมูลที่เป็นโมเดลความสัมพันธ์ทางเดียวและความสัมพันธ์ย้อนกลับดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีนี้ จึงต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งสามารถกำหนดข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จำเพาะได้ 3 รูปแบบ

1. พารามิเตอร์กำหนด (Fixed Parameter : FI) หมายถึง พารามิเตอร์ในโมเดลการวิจัยที่ไม่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปรซึ่งสามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกซ์ด้วยสัญลักษณ์ "0 "

2. พารามิเตอร์บังคับ (Constrained Parameter : ST) หมายถึง พารามิเตอร์ในโมเดลการวิจัยที่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร และพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลนั้นเป็นค่าที่จะต้องมีการประมาณแต่มีเงื่อนไขกำหนดให้ พารามิเตอร์บางตัวมีค่าเฉพาะคงที่ ซึ่งถ้าบังคับให้เป็น 1 ก็สามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกด้วยสัญลักษณ์ "1"

3. พารามิเตอร์อิสระ (Free Parameter : FR) หมายถึง พารามิเตอร์ในโมเดลการวิจัยที่ต้องการประมาณค่าและไม่ได้บังคับให้มีค่าอย่างใดอย่างหนึ่ง ใช้สัญลักษณ์ " * "

การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลเป็นการกำหนดรูปแบบ (Form) และสถานะ (Mode) ของเมทริกซ์พารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับโมเดลสมมติฐานการวิจัย เพื่อเขียนคำสั่งให้โปรแกรมสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ การกำหนดลักษณะพารามิเตอร์ว่าเป็นพารามิเตอร์กำหนด พารามิเตอร์บังคับหรือพารามิเตอร์อิสระในเมตริกซ์ทั้ง 8 มีความสำคัญต่อการใช้โปรแกรมลิสเรลมาก ในการเขียนคำสั่งต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของพารามิเตอร์ที่เขียนในรูปเมตริกซ์ทั้ง 8 ด้วยว่ามีรูป(Form) และสถานะ (Mode) ของพารามิเตอร์เป็นแบบใด

การใช้สัญลักษณ์แทนเมตริกซ์พารามิเตอร์ทั้ง 8 เมตริกซ์ สัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ตัวแปร 4 เวกเตอร์และสัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนอีก 3 เวกเตอร์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้ใช้เป็นอักษรกรีก แต่ในการเขียนคำสั่งเพื่อการวิเคราะห์และผลในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ตัวย่อเป็นภาษาอังกฤษ

รูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลองสมมติฐานการวิจัย เป็นความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นชนิดมีความคลาดเคลื่อนในการวัดที่มีตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ ประกอบด้วยเมทริกซ์ทั้งหมด 8 เมทริกซ์ คือ เมทริกซ์พารามิเตอร์อิทธิพลเชิงสาเหตุหรือเมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย (Causal Effects or Regression Coefficients) 4 เมทริกซ์

ในการวิจัย ถ้าไม่มีเส้นทางอิทธิพลระหว่างคู่ตัวแปรใด สมาชิกในเมทริกซ์ซึ่งแทนพารามิเตอร์ระหว่างในเมทริกซ์จะมีสถานะเป็นพารามิเตอร์อิสระ (*) ต้องทำการประมาณค่าในเมทริกซ์มีค่าเป็นศูนย์ (0) มีสถานะเป็นพารามิเตอร์กำหนด ไม่มีการประมาณค่า ถ้ามีเส้นทางอิทธิพล สมาชิกพารามิเตอร์ทุกเมทริกซ์ต้องกำหนดสถานะ (Mode) และรูปแบบของเมทริกซ์ให้มีความสอดคล้องกับเส้นทางอิทธิพลตามรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรตามสมมติฐาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร PHRANAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

การวิจัย สถานะของสมาชิกในเมทริกซ์ กำหนดขึ้นตามเส้นทางอิทธิพลในสมมติฐาน รูปแบบของเมทริกซ์พารามิเตอร์เป็นรูปแบบตามหลักเมทริกซ์พีชคณิต การกำหนดรูปแบบของเมทริกซ์พารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับสถานะของสมาชิกในเมทริกซ์นั้น ว่ามีสถานะเป็นพารามิเตอร์กำหนดหรือพารามิเตอร์อิสระ

ขั้นตอนที่ 3 การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดล (Identification of the model)

โมเดลสมการโครงสร้างทุกชนิด เมื่อนำมาวิเคราะห์ประมาณค่าพารามิเตอร์จะต้องมีการระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของพารามิเตอร์ที่จะประมาณค่า

การประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยการแก้สมการโครงสร้างเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นตัวไม่ทราบค่าในสมการ ถ้ามีจำนวนสมการโครงสร้างเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า จะแก้สมการหารากของสมการได้ค่าเดียว

การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล คือ การระบุว่าโมเดลนั้นสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียวหรือไม่ ถ้าจำนวนสมการโครงสร้างเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล จะประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ค่าเดียวสำหรับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าแต่ละตัว เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวพอดี หรือโมเดลระบุพอดี (Just Identified Model) ถ้าจำนวนสมการมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักวิจัยมีเงื่อนไขบังคับ (Constrains) เพิ่มเติม หรืออาจเนื่องมาจากการที่นักวิจัยปรับโมเดลการวิจัยจากโมเดลเต็มรูปเป็นโมเดลลดรูป อันเป็นการเพิ่มเงื่อนไขยังคับให้พารามิเตอร์ ซึ่งแทนเส้นอิทธิพลบางตัวมีค่าเป็นศูนย์ กรณีนี้เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวเกินพอดี หรือโมเดลระบุเกินพอดี (Over identified model) และถ้าจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี (Under identified model) และโมเดลประเภทนี้จะไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้

เงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดี (Necessary condition)

การตรวจสอบเงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดี นั้น จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง เงื่อนไขข้อนี้เรียกว่า กฎที (t-rule) เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นแต่ไม่พอเพียงที่จะระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล การตรวจสอบเงื่อนไขข้อนี้ทำได้

โดยสะดวก เมื่อใช้โปรแกรมลิสเรลเพราะผลการวิเคราะห์จะให้จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า(t) และจำนวนตัวแปรสังเกตได้ (N1) ซึ่งนำมาคำนวณจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมได้ กฎทีกล่าวว่า โมเดลระบุค่าได้พอดีเมื่อ $t < (1/2)(N1)(N1 + 1)$

ขั้นตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (Parameter estimation from the model)

หลักการสำคัญในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล คือ การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลลิเสเรลที่เป็นสมมติฐานวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การเปรียบเทียบใช้เมริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นตัวเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยนำเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างอันเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ (แทนเมริกซ์ด้วยสัญลักษณ์ S) มาเปรียบเทียบกับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่ถูกสร้างขึ้นจากพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานการวิจัย (แทนเมริกซ์ด้วยสัญลักษณ์ Sigma) ถ้าเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน หมายความว่า โมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานวิจัยมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล คือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยการแก้สมการโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นตัวที่ไม่ทราบค่าในสมการ ซึ่งการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรลสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ 7 วิธี

1. วิธีตัวแปรอินสตรูเม็นทัล (Instrumental Variables :IV)
2. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองขั้นตอน (Two-Stage Least Squares :TSLS)
3. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Least Squares : ULS)
4. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดวางนัยทั่วไป (Generalized Least Squares: GLS)
5. วิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood : ML)
6. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Squares : WLS)
7. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักแนวทแยง (Diagonally Weighted Least Square: DWLS)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิธีการทั้ง 7 ชนิดนี้จะให้ความสอดคล้องในการประมาณค่าพารามิเตอร์ หมายความว่าเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกันด้วยวิธีการทั้ง 7 วิธี จะประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ใกล้เคียงกันข้อแตกต่างในแต่ละวิธีมีดังนี้

1. TSLS และ IV จะเป็นวิธีการที่ไม่มีการทำซ้ำ (Iterative) และวิเคราะห์ได้เร็วมาก เป็นการประมาณค่าพื้นฐานของตัวแปรอ้างอิง ซึ่งตัวแปรอ้างอิงของตัวแปรแฝงก็คือตัวแปรสังเกต

2. ULS จะใช้ได้ดีเมื่อตัวแปรทั้งหมดที่ถูกวัดอยู่ในหน่วยเดียวกัน

3. GLS อาจจะใช้คำนวณการประมาณค่าพารามิเตอร์เสมอถ้าการแจกแจงของตัวแปรสังเกตเบี่ยงเบนไปจากความเป็นปกติ

4. ML เป็นวิธีที่มาจากหลักการ Maximum likelihood บนพื้นฐานข้อตกลงเบื้องต้นว่า ตัวแปรสังเกตมีการแจกแจงเป็นปกติ

5. WLS เป็นวิธีการที่ควรจะใช้เมื่อสหสัมพันธ์ Polychoric (Tetrachoric) ถูกใช้เป็นข้อมูลนำเข้าวิเคราะห์

6. DWLS พัฒนามาจากวิธี WLS โดยพยายามลดเวลาคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ กล่าวคือ แทนที่จะคำนวณจากทุกสมาชิกในเมทริกซ์ ก็คำนวณเฉพาะสมาชิกในแนวทแยงของเมทริกซ์

7. ULS, GLS และ ML จะแสดงความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในพารามิเตอร์แต่ละตัวที่ถูกประมาณค่า

8. IV และ TSLS จะไม่แสดงความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่นิยมกันมาก คือ วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood : ML) หรือวิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี ML เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลที่แพร่หลายมากที่สุด วิธีนี้ใช้ฟังก์ชั่นความกลมกลืนที่ไม่ใช่ฟังก์ชั่นแบบเส้นตรง แต่ก็เป็นฟังก์ชั่นที่บอกความแตกต่างระหว่างเมตริกซ์ S กับ Sigma ได้ ถ้าเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน เทอมแรกของฟังชั้นก์จะมีค่าเท่ากับเทอมที่สามในขณะที่เทอมกลางมีค่าเป็นศูนย์ นอกจากนี้การประมาณค่าด้วยวิธี ML นี้มีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากมาตรวัด การแจกแจงสุ่มของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี ML เป็นแบบปกติและความแกร่งของค่าประมาณขึ้นอยู่กับขนาดของค่าพารามิเตอร์

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบเทียบความกลมกลืนหรือความสอดคล้อง (Goodness of fit test)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การทดสอบความสอดคล้อง (Goodness of Fit Test) ระหว่างข้อมูลจากกก ลุ่มตัวอย่างหรือข้อมูลเชิงประจักษ์ กับแบบจำลองสมมติฐานการวิจัย เป็นการเปรียบเทียบเมท ริกซ์ที่ได้จากแบบจำลองสมมติฐานการวิจัย (สัญลักษณ์ Σ) กับเมทริกซ์ที่เป็นข้อมูลเชิง ประจักษ์ (สัญลักษณ์ S) เพื่อตรวจสอบความตรงของแบบจำลอง (Model Validation) สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ Ho : Σ = S ค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความตรงของแบบจำลอง เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดระดับความกลมกลืนเพื่อทดสอบความสอดคล้องของรูปแบบสมมติฐานการ วิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังนี้ (Joreskog and Sorbom. 1973 : 122-125 ; อ้างถึงใน จำเริญ จิตรหลัง. 2554 : http : //www. trg1.obec.go.th / trang1/news_file/ p53945951146.)

1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi –Square Statistics :χ^2) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ สมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชั่นความสอดคล้องมีค่าเป็นศูนย์ ถ้าค่าสถิติไคสแควร์ มีค่าต่ำมาก หรือยิ่งเข้าใกล้ศูนย์มากเท่าไรแสดงว่าข้อมูลโมเดลลิสเรลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิง ประจักษ์ ในการใช้ค่าไค-สแควร์ เป็นค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องหรือความไม่สอดคล้อง นั้น ถ้าหากมีค่ามากจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ รูปแบบไม่สอดคล้อง (bad fit) และถ้า หากมีค่าน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า รูปแบบสอดคล้อง (good fit) ค่า df เป็น มาตรฐานที่ใช้ในการตัดสินค่าไค-สแควร์ ว่า มีค่ามากหรือน้อย ค่าไค-สแควร์ จึงอ่อนไหวต่อ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างและอ่อนไหวมากเมื่อมีตัวแปรที่สังเกตได้หลายตัว ขนาดของกลุ่ม ตัวอย่างที่ใหญ่และตัวแปรที่สังเกตได้หลายตัว จะเพิ่มค่าไค-สแควร์ ให้มีค่ามากขึ้น เหตุอันหนึ่ง ที่ใช้ในการวัดไค-สแควร์ ในการเปรียบเทียบโมเดลนั้นคือ ถ้าค่าไค-สแควร์ มีค่าสูงจนมี นัยสำคัญทางสถิติก็อาจจะตรวจสอบความสอดคล้องและประเมินโมเดล โดยใช้ส่วนเหลือ มาตรฐานและดัชนีการปรับโมเดล ซึ่งจะแนะนำวิธีการในการปรับแก้โมเดลที่จะช่วยให้ ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลสูงขึ้น โดยปกติโมเดลที่ปรับใหม่จะให้ค่าไค-สแควร์ ที่ลดต่ำลง

2. ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness –of –Fit Index : GFI) เป็นดัชนี ที่ใช้ในการเปรียบเทียบระดับความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดล หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ดัชนี GFI เป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชั่นความกลมกลืนจาก โมเดลก่อนปรับและหลังปรับโมเดลกับฟังก์ชั่นความกลมกลืนก่อนปรับโมเดล ค่า GFI มีค่า อยู่ระหว่าง 0 และ 1 หากมีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิง ประจักษ์ (ค่า GFI จะไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง)

3. ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องที่ปรับแล้ว (Adjusted Goodness-of –Fit Index : AGFI) ซึ่งนำ GFI มาปรับแก้และคำนึงถึงขนาดของตัวแปรและกลุ่มตัวอย่าง ค่านี้ใช้

เช่นเดียวกับ GFI ค่า GFI และAGFI ที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแบบมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ค่า RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความไม่สอดคล้องของตัวแบบที่สร้างขึ้นกับเมทริกความแปรปรวนร่วมของประชากร ค่า RMSEA ที่ใช้ได้และถือว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับตัวแบบไม่ควรเกิน 0.08

5. ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Square Residual: RMR) เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล เฉพาะกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ดัชนี RMR บอกขนาดของส่วนที่เหลือโดยเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลสองโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และจะใช้ได้ดีต่อเมื่อตัวแปรภายนอกและตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแปรมาตรฐาน ค่าดัชนี RMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนีที่นิยมใช้ในการพิจารณาความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. 2554 : 29)

ค่าดัชนี	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณา
χ^2	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
χ^2/df	< 2.00 สอดคล้องกลมกลืนดี 2.00-5.00 สอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
GFI	$\geq$ 0.95 สอดคล้องกลมกลืนดี 0.90-0.95 สอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
AGFI	$\geq$ 0.95 สอดคล้องกลมกลืนดี 0.90-0.95 สอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
RMSEA	< 0.05 สอดคล้องกลมกลืนดี 0.05-0.08 สอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้ 0.08-0.10 สอดคล้องกลมกลืนไม่ค่อยดี > 0.10 สอดคล้องกลมกลืนไม่ดี
CFI	$\geq$ 0.95 สอดคล้องกลมกลืนดี 0.90-0.95 สอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การปรับโมเดล (Model Adjustment)

ถ้าผลการเปรียบเทียบตัวแบบเบื้องต้นและตัวแบบสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า แบบจำลองสมมติฐานการวิจัยไม่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับทฤษฎี ต้องมีการปรับแก้แบบจำลองสมมติฐานตามคำแนะนำของโปรแกรม และนำมาดำเนินการวิเคราะห์ใหม่ตั้งแต่ต้นจนกว่าผลการเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างกัน

ในการปรับแบบจำลองของโมเดลนี้ ผู้วิจัยสามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นให้มีความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อน d และ e โดยการเพิ่มเมทริกซ์พารามิเตอร์ TH (Theta-Delta-Epsilon) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน d และ e ในทางปฏิบัติจะลากเส้นความแปรปรวนร่วมระหว่าง d กับ e ได้ในคำสั่ง MO ต้องระบุเมทริกซ์ TH ก่อน ส่วนใหญ่กำหนด TH = FU,FI แล้วจึงกำหนดเป็นพารามิเตอร์อิสระ (FR) ในคู่ที่ต้องการประมาณค่าความแปรปรวนร่วม การปรับแบบจำลองสามารถทำได้โดยใช้ค่าดัชนีดัดแปรโมเดล (Model Modification Indices)

ค่าดัชนีดัดแปรโมเดล ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ว่า โมเดลที่กำหนดหรือตั้งตามทฤษฎีนั้นสามารถทำการเปลี่ยนแปลงโมเดลให้สอดคล้องกับความเป็นจริงได้อีกหรือไม่ โดยค่าดัชนีดัดแปรต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แต่ถ้าค่าที่ได้มากกว่าหรือน้อยกว่าศูนย์ก็อาจต้องทำการปรับโมเดลของการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยการพิจารณาเส้นทางของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดเส้นทางก็ได้ แล้วทำการวิเคราะห์เส้นทางตั้งแต่แรกอีกครั้ง ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าดัชนีดัดแปรมีค่าเป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์ จึงจะสามารถนำค่าประมาณขนาดอิทธิพลไปใช้ในการอธิบายโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลได้

การปรับเส้นทางโดยการพิจารณาจากค่าดัชนีดัดแปรแบบจำลอง (Model Modification Indices) จะทำควบคู่ไปกับการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในทางทฤษฎี โปรแกรมจะไม่แนะนำให้มีการปรับเส้นทางในสมการโครงสร้างระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกและตัวแปรแฝงภายใน จะมีการปรับเส้นทางในเมทริกซ์ LX, LY, TE, TD และ TH ซึ่งเป็นตัวแปรสังเกตได้ การเพิ่มเส้นทางตามคำแนะนำของโปรแกรมจะเพิ่มในเส้นทางที่มีค่าดัชนีดัดแปรแบบจำลองมากที่สุด และยังไม่ตัดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกก่อน เนื่องจากผู้วิจัย พบว่า เมื่อทำการเพิ่มเส้นทางตามคำแนะนำของค่าดัชนีดัดแปรแบบจำลอง จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางและค่านัยสำคัญทางสถิติของแต่ละเส้นทางจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย การพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างตัวแปร มีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ สามารถ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตรวจสอบค่า Beta > SE 2 เท่า แสดงว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหาก ค่า Beta > SE 3 เท่า แสดงว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การตัดเส้นทางจะดำเนินการเมื่อโปรแกรมไม่แนะนำให้เพิ่มเส้นทางอีก จึงทำการตัดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออก แล้วเพิ่มเส้นทางใหม่ตามคำแนะนำของโปรแกรม ซึ่งจะทำให้ค่า ไค-สแควร์และค่าองศาอิสระลดลง ผู้วิจัยดำเนินการในลักษณะนี้ควบคู่ไปกับการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางให้มีนัยสำคัญทางสถิติทุกเส้นทาง ค่าสถิติ

เมื่อปรับแบบจำลองสมมติฐานการวิจัยจนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วจึงแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการจำแนกค่าอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อมและอิทธิพลรวม ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรผลตามรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของปัจจัยการจัดการความรู้ที่ส่งผลต่อองค์การแห่งการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 6 การแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Translation of Result Analysis)

การแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Translation of Result Analysis) หมายถึง การนำค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้จากการคำนวณที่นำมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติมาแทนค่าในโมเดล ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจะบอกขนาดอิทธิพลและทิศทางของตัวแปรเหตุต่อตัวแปรผล โดยทิศทางของความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลนั้นมี 2 ประเภท คือ อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การประเมินโมเดลการวัด

โมเดลการวัด (Measurement model) (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. 2554 : 30) เป็นตัวแปรที่ใช้ตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝง ดังนั้นในการแปลผลการวิเคราะห์ควรจะพิจารณาด้วยว่าตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝงได้มากน้อยเพียงใด การพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลการวัดต้องพิจารณาทั้งความตรง (Validity) และความเที่ยง (Rreliability)

ความตรง (Validity) หมายถึงความสามารถของตัวแปรสังเกตได้หรือตัวบ่งชี้ที่ใช้วัดตัวแปรแฝงในโมเดลโดยพิจารณาจากความมีนัยสำคัญของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ในเมทริกซ์ LX หรือ LY ค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-value มากกว่า $|1.96|$) นอกจากนี้สามารถเปรียบเทียบความสำคัญของตัวแปรว่าตัว

แปรใดใช้วัดตัวแปรแฝงได้ดีที่สุด โดยการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน ตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสำคัญมากๆ จะมีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานสูง ๆ

เที่ยง (Reliability) หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการวัด หรือระดับที่ตัวแปรปราศจากความคลาดเคลื่อน การพิจารณาความเที่ยงของตัวแปรพิจารณาที่ผลการวิเคราะห์ในส่วนของSQUARE MULTIPLE CORRELATION (R^2) เป็นสัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรที่อธิบายได้โดยตัวแปรแฝงซึ่งมีค่าเท่ากับค่าการร่วมกัน (Communality) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

เกณฑ์ปกติ (Norms)

1. ความหมายของเกณฑ์ปกติ (Norms)

กระทรวงศึกษาธิการ (2542 : 372) ได้ให้ความหมายว่า เกณฑ์ปกติ (Norms) เป็นเกณฑ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและแปลความหมายคะแนนที่ได้จากแบบวัด จะต้องสร้างขึ้นมาจากนักเรียนจำนวนมาก ซึ่งมีสภาพที่แตกต่างกันและเป็นตัวแทนของนักเรียนทั้งหมด

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548 : 182-183) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์ปกติไว้ว่า เกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึง ข้อเท็จจริงทางสถิติที่บรรยายแจกแจงของคะแนนจากประชากรที่นิยามไว้อย่างดีแล้ว และเป็นคะแนนที่บอกระดับความสามารถของผู้สอบว่าอยู่ระดับใดของกลุ่มประชากร แต่ในทางปฏิบัติประชากรที่นิยามไว้อย่างดีแล้วเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดีของประชากร แต่ต้องมีจำนวนมากพอที่จะเป็นตัวแทนของประชากร ไม่อย่างนั้นเกณฑ์ปกติก็จะเชื่อถือไม่ได้

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 269) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์ปกติไว้ว่า เกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึง ข้อเท็จจริงทางสถิติที่บรรยายแจกแจงของคะแนนจากประชากรที่นิยามไว้อย่างดีแล้ว และเป็นคะแนนที่บอกระดับความสามารถของผู้สอบว่าอยู่ระดับใดของกลุ่มประชากร

จากความหมายของเกณฑ์ปกติที่รวบรวมมา พอสรุปได้ว่าเกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึงเกณฑ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและแปลความหมายคะแนนที่ได้จากแบบวัดเป็นคะแนนที่บอกระดับความสามารถของผู้สอบว่าอยู่ระดับใดของกลุ่มประชากร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. หลักการสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms)

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548 : 183 ; อ้างมาจาก ล้วน และอังคณา สายยศ. 2539 : 313-315) กล่าวว่า

1. ความเป็นตัวแทนที่ดี การสุ่มตัวอย่างของประชากรที่นิยามทำได้หลายวิธี เช่น สุ่มแบบธรรมดา สุ่มแบบแบ่งชั้น สุ่มแบบเป็นระบบ หรือสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม เป็นต้น เลือกสุ่มตามความเหมาะสมโดยการพิจารณาประชากรเป็นสำคัญ ถ้าประชากรมีลักษณะอันหนึ่งอันเดียวกัน ไม่มีคุณสมบัติอะไรที่แตกต่างกันมากนัก ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random Sampling) จะดีที่สุด แต่ถ้ามีลักษณะที่แตกต่างกันมาก เช่น ขนาดโรงเรียนแตกต่างกัน ระดับความสามารถแตกต่างกัน ทำเลที่ตั้งแตกต่างกันและมีผลต่อการเรียน การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random Sampling) จึงจะเหมาะสม ถ้าแต่ละหน่วยการสุ่ม เช่น โรงเรียน หรือห้องเรียน มีคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน คือมีปะปนกันทั้ง เด็กเก่ง เด็กอ่อน อาจใช้การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random Sampling) จะดีที่สุด การสุ่ม 3 วิธีนี้ใช้เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติมากที่สุด ดังนั้นก่อนสร้างเกณฑ์ปกติต้องวางแผนการสุ่มให้ดีก่อน เพื่อให้เกณฑ์ปกติเชื่อมั่นได้

2. มีความเที่ยงตรง การนำคะแนนดิบไปเทียบกับเกณฑ์ปกติที่ทำไว้แล้ว สามารถแปลความหมายได้ตรงกับความเป็นจริง เช่นคนสอบคณิตศาสตร์ได้ 20 คะแนน ตรงกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 และตรงกับคะแนนที (T) 50 แปลว่า เป็นความสามารถปานกลางของกลุ่ม ดังนั้นความสอดคล้องของคะแนนการสอบกับเกณฑ์ปกติตามความเป็นจริง จึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ในการแปลความหมายของคะแนนการสอบแต่ละครั้ง

3. มีความทันสมัย เกณฑ์ปกตินั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของประชากรกลุ่มนั้น เกณฑ์ปกติที่ศึกษาไว้นานแล้วหลายปี อาจมีความผิดพลาดจากความเป็นจริงจำเป็นต้องศึกษาใหม่หรือเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัยอยู่เรื่อย ๆ โดยทั่วไปแล้วเกณฑ์ปกติควรเปลี่ยนทุก ๆ 5 ปี จึงจะทันสมัย แต่ถ้าเนื้อหาในหลักสูตรเปลี่ยนแปลงเมื่อไรข้อสอบทั้งหลายก็ต้อง เปลี่ยนแปลงด้วย

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 270-272) กล่าวถึงหลักการสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) ว่า การเปลี่ยนคะแนนสอบเป็นคะแนน T ปกติ (Normalized T-Score) โดยสุ่มตัวอย่างมาจากประชากรให้มีจำนวนมากๆ คะแนนสอบ จะกระจายจากสูงสุดไปหาต่ำสุดเข้าลักษณะโค้งปกติ คะแนนสอบทุกคะแนนหรือเกือบทุกคะแนนจะถูกเปลี่ยนเป็นคะแนน T ปกติ การนำแบบทดสอบวัดฉบับนี้ไปใช้ก็ไม่มีปัญหา เพราะสามารถเทียบคะแนนสอบเป็นคะแนน T

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปกติ ได้ทุกคะแนน หรือเกือบทุกคะแนน แต่ถ้าผู้เข้าสอบมีไม่มากพอหรือข้อสอบยากง่ายเกินไปจะเกิดปัญหาการสร้างเกณฑ์ปกติ กล่าวคือ คะแนน T ปกติ จะไม่ครอบคลุมคะแนนดิบทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด หรือแม้จะสุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนมากๆ เป็นจำนวนนับพัน ก็อาจไม่มีนักเรียนคนใดเลยได้คะแนนใกล้เคียงหรือคะแนนเต็มหรือได้คะแนนเข้าใกล้ 0 จึงจำเป็นต้องขยายคะแนน T ปกติ ให้ครอบคลุมคะแนนสอบทุกคะแนนหรือเกือบทุกคะแนน เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้และเป็นหลักเกณฑ์หนึ่งในการทำคะแนน T ปกติ

หลักการขยายคะแนน T ปกติ กระทำโดยเขียนกราฟจากคู่อันดับ ระหว่างคะแนนสอบกับคะแนน T ปกติ จากนั้นพิจารณาแนวโน้มจากจุดกราฟแต่ละตำแหน่ง แล้วลากเส้นตรงให้ผ่านจุดกราฟต่างๆ ที่มีอยู่ให้มากที่สุด ทั้งนี้ต้องพยายามลากเส้นตรงให้ผ่านคะแนน T ปกติ ที่ 50 ด้วย เส้นตรงที่คาดว่าครอบคลุมคะแนนผลการสอบทุกคะแนน (Extrapolate) ดังกล่าว ถ้าใช้มือและสายตาประมาณก็ไม่มีหลักฐานที่สามารถยืนยันได้ว่าเส้นตรงดังกล่าวเป็นเส้นตรงที่มีความเหมาะสม (Fit a Straight Line) ทำให้เกณฑ์ปกติมีความคลาดเคลื่อนได้

3. ชนิดของเกณฑ์ปกติ

เกณฑ์ปกติแบ่งชนิดได้ตามลักษณะของประชากรและตามลักษณะของการใช้สถิติเปรียบเทียบดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 270-272)

3.1 แบ่งตามลักษณะของประชากร ได้แก่

3.1.1 เกณฑ์ปกติระดับชาติ (National Norms) การสร้างเกณฑ์ปกติระดับชาตินั้นใช้ ประชากรที่นิยามไว้มากมายทั่วประเทศ เช่น หาเกณฑ์ปกติของวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระดับชาติ ก็จะต้องสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ทั่วประเทศ หรือสุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วประเทศ จำนวนนักเรียนที่จะต้องสอบจึงมีมากมาย เพื่อให้รู้ว่าสร้างเมื่อไร จึงต้องกำหนด วันเดือนปีในการสร้างไว้ด้วย เพื่อคนใช้เกณฑ์ปกติจะได้รู้ว่าทันสมัยหรือไม่

3.1.2 เกณฑ์ปกติระดับท้องถิ่น (Local Norms) เป็นการสร้างเกณฑ์ปกติระดับเล็กลงมา เช่น ระดับจังหวัด หรือระดับอำเภอการสร้างเกณฑ์ปกติระดับนี้ค่าใช้จ่ายจะน้อยลงและเป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบคะแนนของผู้สอบกับคนทั้งจังหวัดหรืออำเภอในการจัดการศึกษาบางครั้งจังหวัดแต่ละจังหวัดอาจเน้นเนื้อหาวิชาบางวิชาไม่เหมือนกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โดยเฉพาะทางด้านวิชาชีพ บางจังหวัดเน้นการเกษตร บางจังหวัดเน้นอุตสาหกรรม บางจังหวัดเน้นการประมง เป็นต้น

3.1.3 เกณฑ์ปกติของโรงเรียน (School Norms) โรงเรียนบางแห่งมีขนาดใหญ่นักเรียนแต่ละชั้นมีจำนวนมาก เวลาสร้างข้อสอบแต่ละวิชา แต่ละระดับชั้นได้ดีมีมาตรฐานแล้ว จะสร้างเกณฑ์ปกติของโรงเรียนตนเองก็ได้ กรณีสร้างเกณฑ์ปกติของโรงเรียนเดียวหรือ กลุ่มโรงเรียนในเครือ เรียกว่าเกณฑ์ปกติของโรงเรียน ใช้ประเมินเปรียบเทียบนักเรียนแต่ละคนกับนักเรียนส่วนรวมของโรงเรียน และใช้เกณฑ์การพัฒนาของโรงเรียนได้ด้วย โดยดูได้จากการศึกษาแต่ละปีว่า เด่นหรือด้อยกว่าปีที่สร้างเกณฑ์ปกติเอาไว้

3.2 แบ่งชนิดตามลักษณะของการใช้สถิติเปรียบเทียบ ได้แก่

3.2.1 เกณฑ์ปกติเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile Norms) เกณฑ์แบบนี้สร้างจากคะแนนดิบที่มาจากประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี แล้วดำเนินการตามวิธีการสร้างเกณฑ์ปกติ เมื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์เสร็จก็หยุดแค่นั้น เกณฑ์ปกติแบบนี้เป็นคะแนนจัดอันดับเท่านั้น จะนำไปบวกลบกันไม่ได้ แต่สามารถเปรียบเทียบและแปลความหมาย

3.2.2 เกณฑ์ปกติคะแนนที (T – score Norms) นิยมใช้กันมากเพราะเป็นคะแนนมาตรฐานสามารถนำมาบวกลบและเฉลี่ยได้ มีค่าเหมาะสมในการแปลความหมาย คือ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 มีคะแนนเฉลี่ย 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

3.2.3 เกณฑ์ปกติสเตไนน์ (Staninies Norms) คะแนนแบบนี้เป็นคะแนนมาตรฐาน ชนิดหนึ่ง แต่มีค่าเพียง 9 ตัว (Standard Nine Points) ค่าตั้งแต่ 1 ถึง 9 คะแนน เฉลี่ยอยู่ที่คะแนน 5 มีความเบี่ยงเบน มาตรฐานประมาณ 2 แต่ละสเตไนน์จะถูกกำหนดตามอัตราส่วนร้อยละของการแจกแจงโค้งปกติ

สเตไนน์ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ร้อยละของจำนวนคนที่อยู่ในสเตไนน์	4	7	12	17	20	17	12	7	4

3.2.4 เกณฑ์ปกติตามอายุ (Age Norms) แบบทดสอบมาตรฐานบางอย่างหาเกณฑ์ปกติตามอายุ เพื่อดูพัฒนาการในเรื่องเดียวกันว่า อายุต่างกันจะมีพัฒนาการอย่างไร โดยมากจะเป็นแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา และความถนัดจะหาเกณฑ์ปกติโดยวิธีนี้ ส่วนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จะหาเฉพาะแบบทดสอบวิชาที่เป็นพื้นฐานจริง ๆ เช่น ภาษา และ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คณิตศาสตร์ เป็นต้น

3.2.5 เกณฑ์ปกติตามระดับชั้น (Grade Norms) เป็นการหาเกณฑ์ปกติตามระดับชั้นว่าคะแนนเท่าไรควรอยู่ระดับชั้นไหนจึงจะเหมาะสม แบบทดสอบที่จะทำเกณฑ์ปกติชนิดนี้ได้ต้องเป็นเนื้อหาเดียวกัน ดังนั้นการวัดที่มีเนื้อหาแตกต่างกันตามระดับชั้นจะทำไม่ได้ ดังนั้นวิชาที่นิยมมักจะเป็นวิชาพื้นฐานในการสร้างเกณฑ์ปกติตามอายุนั่นเอง เช่น คำศัพท์คณิตศาสตร์เบื้องต้น แบบทดสอบก็จะเป็นความรู้ที่กว้าง เช่น ศัพท์ก็จะคลุมตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

4. วิธีสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) โดยอาศัยสมการพยากรณ์

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 272-276) กล่าวถึงวิธีสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) โดยอาศัยสมการพยากรณ์ว่า เมื่อพิจารณาคะแนนสอบและคะแนน T ปกติ แต่ละคู่ จะพบว่ามีลักษณะเป็นตัวแปรคู่อันดับ (Ordered Pairs) ที่มีความสัมพันธ์กันสูง ระหว่างคะแนนสอบกับคะแนน T ปกติ ย่อมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสามารถเขียนเป็นฟังก์ชันในรูปของคะแนนสอบและคะแนน T ปกติ (T_C) ที่เป็นสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$T_C = a + bX \qquad \text{.....} (1)$$

เมื่อ $$b = \frac{N\sum XY - \sum X\sum Y}{N\sum X^2 - (\sum X)^2} \qquad \text{.....} (2)$$

และ $$a = \overline{Y} - b\overline{X} \qquad \text{.....} (3)$$

T_C แทน คะแนน T ปกติที่คำนวณจากสมการเส้นตรงอยู่ในรูปฟังก์ชันของคะแนนสอบ

a แทน Y-intercept (ตำแหน่งที่เส้นตรงตัดแกน Y)

b แทน ความชันของเส้นตรง (ค่าสัมประสิทธิ์การทำนายหรือการพยากรณ์)

X แทน คะแนนสอบ

N แทน จำนวนคู่ของ X กับ Y

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบ

Y แทน คะแนน T ปกติ

$\overline{Y}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนน T ปกติ

จากสมการที่ 1 ข้างต้น ต้องหา b และ a ตามลำดับเพื่อพยากรณ์คะแนน T ปกติ (T_C) จากสมการเส้นตรง โดยเส้นตรงดังกล่าวเป็นเส้นถดถอย (Regression Line) กล่าวคือ เมื่อลากเส้นถดถอยผ่านพิกัดของคะแนนสอบ และคะแนน T ปกติ (T_C) ผลรวมกำลังสองของความเบี่ยงเบนจากเส้นถดถอยของคะแนน T ปกติ (T_C) มีค่าต่ำสุด (Least Squares)

ก่อนที่จะสร้างสมการเส้นตรง สมการที่ 1 ที่เหมาะสำหรับพยากรณ์คะแนน T ปกติ (T_C) ต้องหา $\sum X$, $\sum Y$, $\sum XY$ และ $\sum X^2$ โดยใช้คะแนนสอบ (X) และคะแนน T ปกติ (Y) มาแทนค่าในสมการที่ 2 และ 3 เพื่อหาค่า b และ a ตามลำดับ ขั้นตอนในการแปลงคะแนนสอบเป็นคะแนน T ปกติ (T_C) เป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แปลงคะแนนสอบเป็นคะแนน T ปกติ

ขั้นตอนที่ 2 หาค่า a และ b เพื่อนำไปสร้างสมการพยากรณ์ $T_C = a + bX$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าคะแนน T ปกติ (T_C)

ขั้นตอนที่ 4 ขยายคะแนน T ปกติ (T_C) โดยใช้สมการพยากรณ์ $T_C = a + bX$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

วรพงษ์ กาแก้ว (2548 : 62-65) ได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในอำเภอพบพระ จังหวัดตาก ผลการวิจัยพบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.54 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.47 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.92 และความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป และเมื่อนำแบบทำสอบมาวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อจำแนกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน สามารถจำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ 13 ทักษะ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดทั้งฉบับเท่ากับ 3.09

วิชัย พะวงษ์ (2549 : 67-70) ได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 2 ผลการวิจัยพบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่พัฒนาแล้วมีจำนวน 60 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .21 – .60 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่า .21 - .61 มีค่าความตรงเหมาะสมและมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ .89

ชมนาด พรมมิจิตร (2550 : 102-108) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยสารพัดช่างเชียงใหม่ สาขาสารภี ผลการศึกษา ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.143 ถึง 0.871 และ 0.191 ถึง 0.767 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคำนวณโดยใช้สูตร Kuder-Richardson KR-20 โดยมีค่าความเชื่อมั่นแต่ละทักษะและทั้งฉบับอยู่ในช่วง -0.519 ถึง 0.506 และ 0.842 ตามลำดับ และเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบอยู่ในช่วง T_{11} ถึง T_{84}

นพวรรณ ศรีเกตุ (2550 : 78-98) ได้ศึกษาหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชิโนรสวิทยาลัย โรงเรียนสตรีวัดระฆัง โรงเรียนสวนอนันต์ และโรงเรียนมหรรณพาราม ผลการศึกษาพบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพใช้ได้ โดยมีหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงคำนวณด้วยสูตรของ ไฮซน์และบอร์นสเตรดต์ มีค่า .70 ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์สูง และมีหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในฉบับด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้งอันดับแรกและอันดับสอง โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความเหมาะเจาะพอดี ซึ่งแต่ละทักษะมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .83-.95 ค่าความเที่ยงตรงอยู่ระหว่าง .68-.93 หลักฐานแสดงความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการใช้ดัชนีความสอดคล้องของผู้ประเมิน 3 คน มีค่า 0.93 และหลักฐานแสดงความเชื่อมั่นด้วยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง มีค่า 0.68

นันทพร สงวนหงส์ (2551 : 72-94) ได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตราด ผลการวิจัยพบว่าได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะมีค่าความตรงระหว่าง .60-1.00 ค่าความเที่ยงเท่ากับ .84 ค่าความยากระหว่าง .21-.78 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .21-.79

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี BA IARBHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. งานวิจัยต่างประเทศ

เพททัส และฮาเลย์ (Pettus and haley. 1980 : 273-277) ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับการปฏิบัติด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 9 ถึง 12 ในรัฐเวอร์จิเนีย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นตามระดับชั้นเรียนที่เพิ่มขึ้น และนักเรียนหญิงมีทักษะกระบวนการสูงกว่านักเรียนชาย

พาดิลาและดิลาซอ (Padila and Dillashaw. 1983 : 239-246) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการคิดค้นด้านนามธรรมเพื่อจะทดสอบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กับการคิดค้นด้านนามธรรมเพียงใด โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7-12 จำนวน 500 คน ด้วยแบบทดสอบเขียนตอบ พบว่า ความสามารถในการคิดของนักเรียนในด้านการปฏิบัติแบบนามธรรมกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดค้นนามธรรมเกี่ยวกับการคิดอย่างมีเหตุผลทางตรรกศาสตร์

พาดิลาและคณะ (Padila and Others. 1984 : 277-287) ได้ทำการสร้างแบบเรียนจำลองทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขึ้นใช้กับนักเรียนเกรด 6 และเกรด 8 ผลปรากฏว่าใช้ได้ดีในทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

สตอวิทซ์และมาโลน (Strawitz and Malone. 1987 : 53) ได้ศึกษาความคงทนของจำลองทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักศึกษาฝึกหัดครู ประถมศึกษาที่ได้รับการสอนโดยตรงจากครู (Teacher - Direct Strategy) และการเรียนด้วยตนเอง (Self – instructional Strategy) พบว่านักศึกษาฝึกหัดครูที่ได้เรียนด้วยตนเองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมากกว่าที่ได้รับการสอนจากครูโดยตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านความคงทนของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของทั้ง 2 วิธีนั้นพบว่ามีความคงทนทั้ง 2 วิธี

รูบิน (Rubin. 1989 : 3469-A) ได้ศึกษายุทธศาสตร์การสอนทำต้นแบบเป็นระบบเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ และความสามารถในการใช้เหตุผลในเชิงพุทธิพิสัยแบบเป็นทางการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับกลางในเมือง นักเรียนกลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลา 3 เดือน จากครูซึ่งได้รับการฝึกกลยุทธการสอนแบบเชิงระบบทดลอง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนจากครูที่ฝึกกลยุทธการควบคุม วงจรการเรียนรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่ม

ควบคุมได้รับการสอนวิทยาศาสตร์ตามแบบเดิม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนกลุ่มที่ 2 และ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสรุปกลยุทธการสอนการทำต้นแบบเป็นระบบจัดเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รอท และรอยเชาด์ฮิวรี่ (ธิดา สนองนารถ. 2542 : 33 ; อ้างอิงมาจาก Royh and Roychoudhury. 1993 : 127-152) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 157 คน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการสอนโดยวิธีชี้แนะแนวทางในวิชาฟิสิกส์ กลุ่มที่สองได้รับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับสูง และกลุ่มที่สามได้รับการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยนักเรียนทั้งสามกลุ่มจะเป็นศูนย์กลางในการเรียน โดยจะได้รับการฝึกให้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการอย่างอิสระเหมือนกัน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่ม มีพัฒนาการทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

พีเรซ (นพวรรณ ศรีเกตุ. 2550 : 61 ; อ้างอิงมาจาก Perez. 1978 : 3496-A) ได้สร้างแบบทดสอบขึ้นสำหรับใช้ในประเทศฟิลิปปินส์ ลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วยทักษะการสังเกต 11 ข้อ การเปรียบเทียบ 6 ข้อ การหาจำนวน 8 ข้อ การจำแนกประเภท 11 ข้อ การลงข้อสรุป 7 ข้อ การทำนาย 5 ข้อ และการทดลอง 11 ข้อ เมื่อคำนวณค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยสูตร KR-20 ได้เท่ากับ .87 ค่าความยากง่ายเฉลี่ยเท่ากับ .39 และข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้มีจำนวน 48 ข้อ เป็นแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นให้มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอก คือ The Individual Competency Measures อยู่ในระดับสูง สามารถนำไปใช้กับเกณฑ์การทำวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากการประมวลทฤษฎีของนักการศึกษาและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่จะสอดคล้องและสนับสนุนซึ่งกันและกันว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้ได้ผลดีนั้น จะต้องให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงควรมีแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการวัดผลประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และนำผลการทดสอบมาใช้พัฒนาผู้เรียนด้านวิทยาศาสตร์ต่อไป ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY