บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบทดสอบ คู่ขนาน จากลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นหัวข้อเรื่องตามลำดับดังนี้

1. วิวัฒนาการของลักษณะเฉพาะของข้อสอบ
2. การกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ
3. คุณลักษณะของแบบทดสอบคู่ขนาน
4. คุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดี
5. พฤติกรรมที่มุ่งวัดในวิชาวิทยาศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วิวัฒนาการของลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ เป็นเทคโนโลยีการเขียนข้อสอบชนิดหนึ่ง ซึ่งสงบ ลักษณะเป็นผู้ที่คิดดัดแปลงขึ้น โดยได้พัฒนารูปแบบการเขียนมาจากต่างประเทศ ซึ่งลักษณะเฉพาะของข้อสอบได้มีวิวัฒนาการ ดังนี้

วิวัฒนาการของ ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ เริ่มต้นขึ้น ราวปี ค.ศ. 1968 (ชูศักดิ์ ชัมภลิขิต อ้างใน สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ, 2540, หน้า 32-37) ที่มหาวิทยาลัยมินเนโซต้า ไฮฟลี่ (Hively) และคณะ ได้พัฒนาแบบทดสอบคู่ขนานขึ้นหลายฉบับ เพื่อใช้วิจัยควบคู่ไปกับการพัฒนาหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา ในการนี้ ไฮฟลี่ (Hively) และคณะ สร้างเครื่องทุ่นแรงชนิดหนึ่งชื่อ "ฟอร์ม ข้อสอบ" (Item form) ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือชิ้นแรกของพัฒนาการของเทคโนโลยีการเขียนข้อสอบ ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ที่มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เมืองลอสแอลเจลิส (UCLA) ภายใต้การนำของ พ็อปแฮม (Popham) ได้ตั้งสถาบันผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced test) ชื่อ Institute of objectives Exchange (IOX) สถาบันนี้ เดิมมีจุดมุ่งหมายที่จะเป็นผู้เชี่ยวชาญทาง

ด้านจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กล่าวคือ จัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นศูนย์รวบรวมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของกระบวนการเรียนการสอนหลาย ๆ หมวดวิชาให้ครอบคลุมมากที่สุดและได้จัดพิมพ์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละรายวิชา และข้อสอบไว้บริการครู หรือผู้สนใจทั่วไป แต่ก็ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายนี้ได้ เพราะจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละข้อความที่กำหนดไว้อย่างหลวม ๆ และไม่ได้กำหนดแนวทางเฉพาะให้กับผู้เขียนข้อสอบอย่างชัดเจน จึงได้ดัดแปลง ฟอร์ม ข้อสอบ (Item - form) ของ ไฮฟลี่ (Hively) และคณะ โดยสร้างเครื่องทุ่นแรงขึ้นมาใหม่สองอย่างเรียกว่า จุดประสงค์ขยายความ (Amplified objectives) และ ลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ (Test specifications)

บอร์มัท (Bormuth) เสนอเทคนิคเก่าแก่ของการเขียนข้อสอบอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า "การแปลงประโยคข้อความเป็นข้อสอบ" (Item for prose learning) ซึ่งมีหลักและวิธีการแปลงประโยคสำคัญของเนื้อหาวิชา ให้เป็นองค์ประกอบของมวลความรู้ (Domain) แล้วเขียนข้อสอบจากประมวลความรู้ดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีการเขียนข้อสอบใหม่เกิดขึ้นอีกหลายแนวความคิด เช่น การประยุกต์ทฤษฎีแง่มุมปัญหา (Facet theory) ของกัตแมน (Guttman) เอามาใช้เป็นเทคนิคการเขียนข้อสอบตามแนว อิงเกณฑ์ (Criterion-referenced) ซึ่งเรียกว่า "การตรวจสอบความรู้ตามลำดับขั้น" (Th mapping-Sentence Method) นอกจากนี้ ไทแมนน์ และมาเคล (Tiemann and Makle) ได้เสนอเทคนิคการสอบวัดเทคนิคทางด้านความรู้ความคิด (Cognitive) ในระดับ ความคิดรวบยอด (Concept) ชื่อ "แบบวัดสังกัปความรู้ในเนื้อหาวิชา" (Domain-Base Concept testing) เทคโนโลยีการเขียนข้อสอบแบบต่าง ๆ ข้างต้นผู้วิจัยจะเสนอรายละเอียดของรูปแบบเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นที่มาของลักษณะเฉพาะของข้อสอบเท่านั้น ดังนี้

1.1 **ฟอร์มข้อสอบ** (Item form)

ไฮฟลี่ (Hively) และคณะได้พัฒนาเทคนิคใหม่ขึ้นมาให้ชื่อว่า "Item form" และให้นิยามของ ฟอร์มข้อสอบ (Item form) ว่า เป็นเครื่องมือสำหรับกำหนดกฎเกณฑ์ในการเขียนข้อสอบให้ได้มาก ๆ ข้อ และโดยที่ข้อสอบเหล่านี้ มุ่งวัดความรู้เดียวกันอย่างครอบคลุม (Hively et al., 1968, pp. 14-15)

คุณลักษณะที่สำคัญของ ฟอร์ม ข้อสอบ (Item form) (ต่าย เชี่ยงฉี, มปป, หน้า 1)

1. ช่วยให้เขียนข้อสอบได้มากขึ้น โดยที่ภาษาของข้อสอบ (Stem) ไม่เปลี่ยนแปลง

2. มีส่วนประกอบที่เปลี่ยนแปลงได้ (Variable element)

การสร้างฟอร์มข้อสอบนั้นมีเงื่อนไข 2 ประการ (ดาวรุ่ง วีระกุล, 2529, หน้า 8) คือ

1. ก่อนสร้างข้อสอบจะต้องวิเคราะห์หลักสูตรไว้ล่วงหน้า ซึ่งอยู่ในรูปของเนื้อหาพฤติกรรม

2. ข้อสอบที่สร้างขึ้น จะต้องเป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่สุ่มมาจากข้อสอบที่มีอยู่ทั้งหมด ฟอร์มข้อสอบมีอยู่ทั้งหมด มีทั้งแบบง่ายและแบบละเอียดพิสดาร ในที่นี้ จะนำเสนอฟอร์มข้อสอบแบบง่ายที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

ส่วนประกอบของฟอร์มข้อสอบแบบง่ายได้แก่

1. โจทย์คำถาม หรือตัวข้อสอบหลัก (Existing item)

2. ตัวข้อสอบ (Simple, Item form) ซึ่งยึดโจทย์คำถามเป็นหลัก แต่ใส่เครื่องหมายวงเล็บ ในส่วนประกอบที่แปรเปลี่ยน

3. คำนิยามสิ่งที่จะเปลี่ยน (Replacement sets) ซึ่งจะมีคำอธิบาย กฎเกณฑ์ การเปลี่ยนไว้ด้วย

4. คำอธิบายการให้คะแนน (Scoring) ซึ่งจะอธิบายคำตอบถูกของนักเรียน

ตัวอย่างฟอร์มข้อสอบแบบง่าย (Roid and Haladyna , 1982, หน้า 118)

โจทย์คำถาม

สุ่มตัวอย่างรถบรรทุกมา 100 คัน ณ ที่ตรวจทางหลวง มีน้ำหนักเฉลี่ย 40,250 ปอนด์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักเท่ากับ 2,500 ปอนด์ จงคำนวณหาขอบเขตของค่าเฉลี่ยจริงของน้ำนักรถบรรทุก ด้วยความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์

ตัวข้อสอบ

สุ่มตัวอย่าง (N) (วัตถุสิ่งของ) ณ ที่ตรวจทางหลวง (M) (มิติหรือคุณลักษณะ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) จงคำนวณหาขอบเขตของค่าเฉลี่ยจริงของ (มิติหรือคุณลักษณะ) ของ (วัตถุสิ่งของ) ด้วยความเชื่อมั่นที่ระดับ (95 เปอร์เซนต์, 99 เปอร์เซนต์)

คำนิยามสิ่งที่จะเปลี่ยน

N = จำนวนของวัตถุหรือสิ่งของซึ่งควรจะใช้จำนวน 30 ขึ้นไป ตามกลุ่มตัวอย่างใหญ่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้ตัวเลขเต็ม หรือ เลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง วัตถุสิ่งของหรือ

คุณลักษณะอาจจะเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้เกี่ยวกับคน สัตว์ สิ่งของ เป็นน้ำหนัก ส่วนสูง หรือ อุณหภูมิการให้คะแนน

นักเรียนสามารถใช้สูตรที่ใช้ขอบเขตของค่าเฉลี่ย + 1.96 (สำหรับ 95%) และ + 2.58 (สำหรับ 99 %) คูณด้วย S.D และหารด้วย N

ในราวปี ค.ศ. 1971 พ็อปแฮม ได้ทดลองใช้ฟอร์มข้อสอบกับวิชาอื่นๆ นอกเหนือจาก คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ โดยทดลองใช้ทางด้านภาษา พบว่าผู้ใช้บริการของสถาบันไอโอเอกซ์ (IOX: Institute of Objective Exchange) ที่มหาวิทยาลัยเมืองแคลิฟอร์เนีย เมืองลอสแอลเจลลีส ภายใต้การนำของพ็อปแฮม เองนั้น ไม่ให้ความสำคัญกับฟอร์มข้อสอบเท่าที่ควร เพราะว่า มีจุดอ่อน สำคัญที่ว่า ฟอร์มข้อสอบของวิชาภาษาที่มีอยู่นั้น ผู้เขียนข้อสอบมักจะเขียนข้อสอบออกมาในวง จำกัด และวัดพฤติกรรมอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำเสียเป็นส่วนใหญ่ (ชูศักดิ์ ขัมภลิขิต, 2528, หน้า 8)

ข้อดี และข้อจำกัดของการใช้ฟอร์มข้อสอบ (บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์, 2527, หน้า 58)

ข้อดี

1. ทำให้ได้ข้อสอบที่วัด "กลุ่มของพฤติกรรม" เดียวกันได้อย่างชัดเจนและมีความเป็นเอกพันธ์กัน
2. สามารถผลิตข้อสอบได้เป็นจำนวนมากโดยลงทุนลงแรงไม่มากนัก
3. นำไปเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้

ข้อจำกัด

1. ฟอร์มข้อสอบจะทำได้ดีเฉพาะวิชาที่มีลักษณะเนื้อหาวิชา ที่มีลักษณะเป็นปรนัยในตัวหรือเนื้อหาวิชาที่เป็นตัวเลขและข้อเท็จจริง เช่นคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เท่านั้น
2. การคิดฟอร์มข้อสอบให้สามารถสะท้อนถึงสิ่งที่ครูตั้งใจสอน หรือต้องการวัด เป็นงาน ที่ค่อนข้างยาก และต้องฝึกฝนมาอย่างดี

1.2 จุดประสงค์ขยายความ (Amplified Objectives)

วิวัฒนาการขั้นต่อไปของ พ็อปแฮม และคณะก็คือการผสมผสานระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กับ ฟอร์มข้อสอบเข้าด้วยกัน โดยที่จุดอ่อนสำคัญของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นอยู่ที่ต้องเขียนข้อสอบ จำนวนมากข้อ และโดยที่ ฟอร์มข้อสอบมีจุดอ่อนอยู่ที่

คุณภาพของข้อสอบมุ่งวัดความสามารถระดับต่ำ เครื่องมือที่ผลิตขึ้นใหม่นี้ เรียกว่า " จุดประสงค์ขยายความ" (Amplified Objective) ซึ่ง พ็อปแฮม เชื่อว่าเครื่องมือชนิดนี้ จะสามารถช่วยแก้ปัญหาการเขียนจุดประสงค์ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น (ชูศักดิ์ ขัมภลิขิต, 2525)

จุดประสงค์ขยายความประกอบด้วย ส่วนประกอบ 5 ส่วนดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์, 2527, หน้า 61- 62)

1. คำบรรยายที่ต้องการวัด ส่วนนี้จะระบุมโนมติของความรู้ที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นเสมือนจุดประสงค์หลัก

2. จุดประสงค์ ส่วนนี้ เป็นการแปลงมโนมติของความรู้ หรือจุดประสงค์หลัก ให้เป็นจุดประสงค์เฉพาะ หรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3. ส่วนขยายความจุดประสงค์ ส่วนนี้เป็นการขยายความจุดประสงค์ให้ละเอียดยิ่งขึ้น โดยการอธิบายฟอร์มข้อสอบ ทั้งภาคคำถามและภาคคำตอบ

4. เกณฑ์การตอบถูก ส่วนนี้จะระบุถึง รายละเอียด ของเงื่อนไขที่ตอบถูก

5. ข้อสอบตัวอย่าง ส่วนนี้เป็นการอธิบายตัวข้อสอบให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเขียนข้อสอบให้เป็นตัวอย่างไว้

ตัวอย่าง การใช้จุดประสงค์ขยายความเขียนข้อสอบ

1. คำบรรยายสิ่งที่ต้องการวัด

ทักษะในการเรียบเรียงคำที่มีลักษณะชัดเจน และไม่คลุมเครือ

2. จุดประสงค์

เมื่อกำหนด ประโยคข้อความ ซึ่งละคำนามหรือคำกริยาไว้ นักเรียนสามารถเลือกคำที่กำหนดไว้ให้คำใดคำหนึ่งจากสองคำ

3. ส่วนขยายความจุดประสงค์

ภาคคำถาม

1. ให้นักเรียน เลือกคำใดคำหนึ่งจากคู่ที่กำหนดไว้ เพื่อนำไปใส่ประโยคที่กำหนดให้มีความสมบูรณ์ชัดเจน โดยกาเครื่องหมาย X ทับคำที่ต้องการนั้น

2. ประโยคที่กำหนดให้ต้องเป็นประโยคง่าย ๆ ที่ละคำนาม หรือคำกริยา

3. แบบทดสอบแต่ละฉบับ ต้องละคำนาม หรือคำกริยาในจำนวนที่เท่ากัน

4. คำศัพท์ ที่เป็นคำนาม คำกริยา ต้องเป็นคำศัพท์ที่เด็กนักเรียน ป.3-4 คุ้นเคย

ภาคคำตอบ

1. กำหนดคำนามทั้งคู่ หรือคำกริยาทั้งคู่ ซึ่งมีความหมายชัดเจนต่างกัน ให้นักเรียนเลือกเพียงคำตอบเดียว

2. ถ้าเป็นคำกริยา ต้องมีคำหนึ่งที่บ่งบอกกิริยาอาการเคลื่อนไหว เช่น ตะเกียก ตะกาย กระโดด อีกคำต้องเป็นคำกริยาทั่ว ๆ ไป ที่ไม่บ่งกิริยาอาการเคลื่อนไหวชัดเจนนัก ซึ่งมักจะเป็นคำที่ใช้ เชื่อมข้อความ เช่น เป็น ไป เป็นต้น

3. ถ้าเป็นคำนาม ต้องมีคำหนึ่งที่เฉพาะเจาะจง และชัดเจนกว่า เช่น ช่างไม้ ช่างปูน ส่วนอีกคำหนึ่งเป็นคำทั่วไปไม่ชัดเจน มีความเป็นนามธรรม เช่น คน สิ่งของ เป็นต้น

4. เกณฑ์การตอบถูก คำตอบถูกต้องกาเครื่องหมาย X ทับคำนามที่มีความหมายชัดเจน หรือคำที่บ่งบอกกิริยาอาการเคลื่อนไหวชัดเจน

5. ข้อสอบตัวอย่าง

คำชี้แจง : ให้เลือกคำที่ต้องการ ที่อยู่ในวงเล็บโดยกาเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรหน้าคำนั้นซึ่งจะทำให้ข้อความของประโยค มีความหมายชัดเจน

ข้อสอบ : (ก.คน ข. ช่างปูน) กำลังซ่อมแซมส่วนที่ชำรุดของตัวตึก

คำตอบ : ช่างปูน

ข้อดี และข้อจำกัดของจุดประสงค์ขยายความ

ข้อดี

1. ระบุสิ่งที่ต้องการวัด ได้ละเอียดชัดเจน และนิยามประชากรข้อสอบได้ชัดเจน
2. ลดความไม่แน่นอน เกี่ยวกับการเขียนข้อสอบลงได้
3. ได้ข้อสอบคู่ขนานจำนวนมาก วัดพฤติกรรมเดียวกัน
4. ตีความหมายคะแนนในรูปของมวลความรู้ในเนื้อหาวิชาได้ชัดเจน

ข้อจำกัด

1. เขียนยาก และมีความซับซ้อนกว่าจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ฟอร์มข้อสอบอาจไม่เหมาะสมกับบางเนื้อหาวิชา

2. การกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

ในการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ สงบ ลักษณะ ได้ดัดแปลงรูปแบบของการเขียนข้อสอบเพื่อให้เหมาะสมกับการวัดผลการศึกษาของประเทศไทย โดยอาศัยแนวความคิดที่คล้ายคลึงกับจุดประสงค์ขยายความ และการกำหนดลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบของพ็อปแฮม และเรียกชื่อว่า "ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ" (บุญเชิด ภิญญโญอนันต์พงษ์, 2527, หน้า 62-63) ผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ดังนี้

พ็อปแฮม และคณะ ได้พัฒนารูปแบบของจุดประสงค์ขยายความในระยะเวลาต่อมา และใช้ชื่อว่า " ลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ" พ็อปแฮม (Popham, 1981, หน้า 202-234) กล่าวว่า ลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ เป็นตารางวิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบได้อย่างครอบคลุม ลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบนั้นมีทั้งอิงกลุ่ม และอิงเกณฑ์ สำหรับอิงกลุ่มนั้นก็คือ ตารางสองมิติ (two-way Grids) ซึ่งประกอบด้วยตารางของเนื้อหา และพฤติกรรมที่ครูผู้ออกข้อสอบใช้กันอยู่ และเข้าใจกันโดยทั่วไป ในที่นี้ จะกล่าวถึง ลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ แบบอิงเกณฑ์ตามที่พ็อปแฮมได้เสนอไว้

การสร้างลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบอิงเกณฑ์นั้น ก่อนอื่นเราต้องพิจารณาพฤติกรรมที่จะต้องประเมินว่ามีอะไรบ้าง จากนั้นก็สร้างลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบไว้เป็นชุด ๆ ที่สามารถวัดตามพฤติกรรมนั้น ๆ ได้อย่างแท้จริง ซึ่งขั้นนี้เป็นขั้นที่ยากที่สุด จากนั้นผู้ออกข้อสอบต้องพยายามคิดหาวิธีการวัดผลที่เหมาะสม โดยพิจารณาว่าวิธีการวัดนั้น ๆ วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างแท้จริงหรือไม่ และสามารถวัดได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ที่คิดไว้หรือไม่ การหากลวิธีการวัดหลาย วิธี จะช่วยให้เราสามารถสร้างข้อสอบที่เลือกไว้ ซึ่งทำให้ได้ตัวแทนในการวัดดียิ่งขึ้น แต่ควรจะพยายามเลือกกลวิธีเดียวดีกว่าใช้หลายกลวิธี เพราะอาจจะวัดคุณลักษณะเดียวกันทำให้ได้ข้อสอบที่ซ้ำกัน ผู้ออกข้อสอบต้องคำนึงถึงด้วยว่า สิ่งที่นำมาสอบ ควรเป็นสิ่งที่สัมพันธ์กับระบบการเรียนการสอน และควรจะใช้แบบทดสอบในช่วงไหนของการเรียนการสอน

2.1 องค์ประกอบของลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

องค์ประกอบของลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์มีอยู่ 5 ส่วนคือ

2.1.1 พฤติกรรมที่จะวัดหรือจุดมุ่งหมาย (General description) จะเป็นคุณลักษณะโดยย่อของพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ที่กล่าวโดยทั่วไป กว้าง ๆ

2.1.2 ตัวอย่างข้อสอบ (Sample item) เป็นตัวอย่างข้อสอบที่แสดงให้เห็นว่าสามารถวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้

2.1.3 ลักษณะคำถาม (Stimulus attributes) เป็นข้อคำถามที่พยายามจะวางขอบเขตสิ่งเร้าหรือข้อคำถามที่ผู้สอนต้องการจะถาม

2.1.4 ลักษณะคำตอบ (Response attributes) เป็นข้อความที่จะวางขอบเขตตัวคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้เลือกตอบ และระบุแนวคำตอบถูกที่ผู้สร้างต้องการ

2.1.5 บทเสริม (Specification supplement) ในบางกรณีอาจจำเป็นที่จะต้องเพิ่มภาคผนวก หรือบทเสริมเข้าไปต่อท้ายองค์ประกอบทั้ง 4 ซึ่งใช้เป็นหลักอยู่แล้ว ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของรายการเพิ่มเติม หรือคำอธิบายของเนื้อหาที่เลือกมาอย่างเหมาะสม

2.2 ความหมายของการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

การกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ เป็นการจัดระเบียบ หรือสร้างกฎเกณฑ์สำหรับการเขียนข้อสอบให้รัดกุม รอบคอบ เด่นชัด สมบูรณ์ ด้วยคุณภาพต่าง ๆ เช่น มีเหตุผลเป็นปรนัย วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดได้เป็นต้น ปกติการสร้างเกณฑ์เช่นนี้ จะอำนวยความสะดวก ต่อการผลิตข้อสอบ โดยช่วยสนับสนุนให้ครูมีการวางแผน สร้างข้อสอบอย่างพิถีพิถัน ตั้งแต่การวิเคราะห์วิชาที่จะออกข้อสอบ กำหนดพฤติกรรมสำคัญที่ต้องการจะวัด ให้ครอบคลุมสาระสำคัญแตกออกมาเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ ที่ครูคุ้นเคยในรูปของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และสร้างกฎเกณฑ์ของการกำหนดคำตอบอย่างมีเหตุผล

2.3 เหตุผลที่ต้องกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เมื่อได้ศึกษาเรื่อง "การกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ" แล้วจะพบว่าสิ่งนี้ไม่ใช่เทคนิคหรือวิธีการใหม่ และไม่ได้ล้มเลิก หรืองดใช้วิธีการแบบเดิม ๆ ของการสร้างข้อสอบแต่อย่างใด เทคนิคการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ เป็นแต่เพียงนำวิธีการแบบเดิมมาทบทวน จัดรูปแบบให้กระทัดรัดเหมาะสมยิ่งขึ้นเท่านั้น ครูผู้สร้างข้อสอบยังต้องอาศัยจุดประสงค์ของหลักสูตร จุดประสงค์ของรายวิชา จุดประสงค์ของการสอนตามแผนการสอน และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการเรียนรู้เช่นเดิม

จุดเด่นของการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ จะช่วยขจัดข้อยุ่งยากของการเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ในแง่ที่ว่าในการเรียนการสอนวิชาหนึ่ง ๆ มีจุดประสงค์

เชิงพฤติกรรมมากมายสิ่งที่ครูมีปัญหาก็คือ การมองไม่เห็นภาพรวม การบูรณาการ หรือการโยงสัมพันธ์กันระหว่างจุดประสงค์เหล่านี้ ไม่ทราบว่าจุดประสงค์ใดเข้ากลุ่มเป็นพวกเดียวกันกับจุดประสงค์ใด จุดประสงค์ใดสำคัญมากสำคัญน้อย ถ้านักเรียนทำข้อสอบในบางจุดประสงค์ได้ แต่ทำไม่ได้ในบางจุดประสงค์จะสรุปตีความว่าอย่างไร เนื้อหาบางตอนเขียนจุดประสงค์ได้มาก บางตอนเขียนจุดประสงค์ได้น้อย หรือเขียนไม่ได้เลย ครูจึงอาจหลงทางไปสอบวัดบางจุดประสงค์ที่สำคัญน้อย จนเกินความจำเป็น และอาจจะละเลยจุดประสงค์ก็เป็นได้ และที่สำคัญก็คือ นักการศึกษาวิจารณ์ว่า ครูและนักวัดผลสนใจแต่จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมย่อย ๆ ในลักษณะซอยแบ่งเป็นท่อน ๆ จนมองไม่เห็นภาพรวมของผลสัมฤทธิ์ ของนักเรียนว่าเด่นในกลุ่มใด ประเด็นใด ภายใต้เนื้อหาย่อย ๆ ของหนึ่งรายวิชา จุดอ่อนเหล่านี้ สามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคนิคการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

2.4 ขั้นตอนที่สำคัญ ๆ ของการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ คือ

2.4.1 เลือกวิชาที่จะสร้างข้อสอบมา 1 วิชา

2.4.2 วิเคราะห์เนื้อหาวิชานั้นออกเป็นหัวข้อเรื่องใหญ่ ๆ ที่สำคัญ

2.4.3 กำหนดประเภทของพฤติกรรมใหญ่ ๆ ที่จะออกข้อสอบ

2.4.4 กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดและพฤติกรรมย่อย

2.4.5 นำพฤติกรรมย่อยมาสร้างลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

วิธีการในขั้น 2.4.2 และขั้น 2.4.3 ไม่ต่างจากการทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร แต่จะต่างกันเฉพาะในส่วนที่เป็นตาราง เพราะเมื่อวิเคราะห์สำเร็จแล้ว จะไม่ออกมาเป็นจำนวนข้อสอบ แต่จะออกมาเป็นจำนวนพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด

วิธีการในขั้นที่ 2.4.4 ผู้วางแผนสร้างข้อสอบ จะนำเนื้อหาวิชา และพฤติกรรมที่วิเคราะห์มาแล้ว สร้างเป็นรายการพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดและในแต่ละพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ก็นำมาแตกเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ ที่สำคัญ ภายใต้พฤติกรรมที่ต้องการจะวัด

พฤติกรรมที่ต้องการจะวัด หมายถึง พฤติกรรมใหญ่หรือกลุ่ม หรือหมวดหมู่ของพฤติกรรมย่อย การกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ซึ่งเป็นพฤติกรรมใหญ่นี้อาจใช้ จุดประสงค์รายวิชาเป็นเครื่องช่วยได้

ส่วนพฤติกรรมย่อย มีความคล้ายคลึงกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่แตกออกจากพฤติกรรมใหญ่ที่ต้องการจะวัด การเขียนพฤติกรรมย่อยนั้น จะอาศัยจุดประสงค์ของการเรียนรู้แต่ละวิชาได้

ขั้นที่ 2.4.5 สร้างลักษณะเฉพาะของข้อสอบ โดยทั่วไปแล้วลักษณะเฉพาะของข้อสอบจะเป็นฟอร์มที่กำหนดขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวก ในการวางแผนสร้างข้อสอบแต่ละข้อ ในระบบฟอร์มนี้จะประกอบด้วย

1. **พฤติกรรมที่ต้องการจะวัด**

ระบุพฤติกรรมใหญ่ ที่วิเคราะห์จากรายวิชาที่จะสร้างข้อสอบ พฤติกรรมที่ต้องการจะวัด 1 ตัว อาจกรอกได้มากกว่า 1 แบบฟอร์ม

2. **พฤติกรรมย่อย**

ระบุพฤติกรรมเฉพาะที่แตกมาจากพฤติกรรมใหญ่ปกติแล้ว 1 แบบฟอร์ม จะใช้สำหรับ1 พฤติกรรมย่อยเท่านั้น สมมติว่ารายวิชาวิทยาศาสตร์มี 13 พฤติกรรมใหญ่ และมีพฤติกรรมย่อยทั้งหมด 60 ตัว ก็กรอกแบบฟอร์ม 50 แบบฟอร์ม เป็นไปได้ที่ฟอร์มหนึ่ง ๆ กรอกพฤติกรรมที่ต้องการวัดซ้ำกัน แต่มีความแตกต่างกันที่พฤติกรรมย่อย และบางกรณีที่ต้องแตกพฤติกรรมย่อยอีกหลายระดับจนผลสุดท้าย ได้พฤติกรรมย่อยที่สุด แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ถ้าพบว่าพฤติกรมย่อยบางข้อสามารถแตกพฤติกรรมย่อยได้อีกระดับหนึ่ง ก็จะเขียนข้อสอบได้มากกว่า 1 ข้อ

3. **คำอธิบาย**

เป็นการนำพฤติกรรมย่อย มาขยายเป็นรายละเอียด ของการเขียนข้อสอบที่จะวัดพฤติกรรมย่อยนั้น ปกติแล้วนิยมเขียนรายละเอียดเกี่ยวกับ

3.1 สิ่งที่กำหนดให้ผู้สอบได้พิจารณาเป็นสิ่งเร้า

3.2 การกระทำที่มุ่งหวังให้ผู้สอบทำปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่กำหนด

3.3 ขอบเขตของสถานการณ์ เพื่อให้ข้อสอบที่สร้างขึ้นมีโอกาสผันแปรได้กว้างขวางพอควร ภายใต้เงื่อนไขขอบเขตพฤติกรรมย่อยที่จะวัด เนื้อหาวิชา ธรรมชาติของผู้สอบ และระดับความยากง่าย

4. **ลักษณะคำถาม**

เป็นส่วนกำหนดรูปแบบเฉพาะของการตั้งคำถาม ซึ่งได้แก่ ส่วนที่กำหนดให้เป็นสิ่งเร้าสถานการณ์ เงื่อนไข และคำสั่งที่ให้ผู้สอบกระทำ

5. **ลักษณะคำตอบ**

เป็นส่วนที่กำหนดรูปแบบของคำตอบ ซึ่งอาจเป็น แบบเลือกตอบ ระบุว่ามีกี่ตัวเลือก จะจัดเรียงตัวเลือกอย่างไร หรือเป็นแบบให้เขียนตอบอย่างอิสระ หรือการตอบแทนแบบอื่น ๆ ของเทคนิคการออกข้อสอบ สิ่งสำคัญก็คือต้องระบุเกณฑ์การกำหนดคำตอบถูก วิธีเขียนตัวลวง และบางครั้งต้องระบุเกณฑ์สำหรับการให้คะแนนด้วย

6. **ข้อสอบตัวอย่าง**

ส่วนนี้จะช่วยขยายคำอธิบายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.5 ข้อดี และ ข้อจำกัดของการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

ข้อดี

1. ระบุสิ่งที่ต้องการวัดได้ละเอียดชัดเจน
2. มีกฎเกณฑ์การเขียนข้อสอบที่เป็นระเบียบรัดกุมและเป็นวิทยาศาสตร์
3. สามารถแปลความหมายคะแนนข้อสอบในลักษณะภาพรวมได้

ข้อจำกัด

1. มีความยุ่งยากและซับซ้อนในการเขียนลักษณะเฉพาะของข้อสอบ
2. การกำหนดกฎเกณฑ์ การเขียนตัวเลือกอาจใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา

3. **คุณลักษณะของข้อสอบคู่ขนาน**

ในการสร้างแบบทดสอบจำนวนหลาย ๆ ฉบับที่วัดในพฤติกรรม และเนื้อหาเดียวกัน แล้วสามารถนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันได้นั้น มีความจำเป็น ที่จะต้องสร้างแบบทดสอบให้มีความเป็นคู่ขนานกันให้มากที่สุด ซึ่งคุณลักษณะของข้อสอบคู่ขนาน ผู้วิจัยได้นำเสนอ ดังนี้

สุธรรม์ จันทน์หอม (2525, หน้า 163) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบคู่ขนานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย เท่ากัน ($\overline{X}$)

2. ความแปรปรวนเท่ากัน $(S.D)^2$

3. มีความยากง่าย และอำนาจจำแนกเท่ากัน

4. ถามเนื้อหาเดียวกัน

5. วัดพฤติกรรมเดียวกัน

6. มีจำนวนข้อเท่ากัน

7. มีรูปแบบคำถามเดียวกัน

8. ดำเนินการสอบเหมือนกัน

เผียน ไชยศร (2521, หน้า 103) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบที่จะเป็นคู่ขนานกันนั้นมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1. มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) จากการสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันเท่ากัน

2. มีความแปรปรวนของคะแนน (Variance) จากการสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันเท่ากัน

3. ถ้าข้อสอบคู่ขนานมากกว่า 2 ชุดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Inter-correlations) ของข้อสอบแต่ละคู่เท่ากัน

4. มีความยากง่ายและอำนาจจำแนกเท่ากัน

5. ถามในเนื้อหาอันเดียวกัน

6. วัดในพฤติกรรมเดียวกัน

7. มีจำนวนข้อเท่ากัน

8. มีรูปแบบของคำถามเหมือนกัน

9. ดำเนินการสอบเหมือนกัน

โนวิก (Novick, 1968, P. 48 อ้างใน ต่าย เชี่ยงฉี, 2534, หน้า 22-30) ได้นิยามเกี่ยวกับข้อสอบคู่ขนาน ดังนี้

1. คะแนนจริงของนักเรียนแต่ละคน ได้จากข้อสอบคู่ขนานทั้งสองฉบับจะต้องเท่ากัน

2. ความแปรปรวน (Variance) ของคะแนนความคลาดเคลื่อน (Error Score) ของข้อสอบคู่ขนานสองฉบับจะต้องเท่ากัน

3. ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score) และคะแนนจริง (True Score) ของข้อสอบคู่ขนานทั้งสองฉบับจะต้องเท่ากัน

4. ความแปรปรวน (Variance) ของคะแนนที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score) ของข้อสอบคู่ขนานทั้งสองฉบับจะต้องเท่ากัน

5. Covariance ของคะแนนที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score), คะแนนจริง (True Score) และคะแนนที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score) กับคะแนนจริง (True Score) ของข้อสอบคู่ขนานทั้งสองฉบับจะเท่ากับความแปรปรวน (Variance) ของคะแนนจริง (True Score) ของข้อสอบแต่ละฉบับ

6. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Inter-correlations) ของข้อสอบคู่ขนานหลาย ๆ ฉบับจะต้องเท่ากัน

7. ถ้าข้อสอบ g คู่ขนานกับข้อสอบ h และข้อสอบ z เป็นข้อสอบอีกฉบับซึ่งไม่ได้คู่ขนานกับข้อสอบ h ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนน ที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score) ระหว่างข้อสอบ g กับข้อสอบ h จะเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบ h กับ z

8. ความเชื่อมั่นของข้อสอบ (Relibility) คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนน ที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score) ของข้อสอบคู่ขนานสองฉบับ ซึ่งมีค่าเท่ากับความแปรปรวน (Variance) ของคะแนนจริง (True Score) หารด้วยความแปรปรวน (Variance) ของ คะแนนที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score)

9. ความเที่ยงตรงของข้อสอบ (Validity) คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่นักเรียนสอบได้ (Observed Score) กับคะแนนจริง (True Score) ซึ่งมีค่าเท่ากับรากที่สองของค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ

กูลลิกเซ็น (Gulliksen, p. 25 อ้างใน ต่าย เชี่ยงฉี 2526, หน้า49) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับข้อสอบคู่ขนานไว้ว่า จะต้องมี ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวน (Mean Variance) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของคะแนนแบบทดสอบ (Item- Inter Correlation) เท่ากัน

ภัทรา นิคมานนท์ (2527, หน้า 68) กล่าวถึงข้อสอบคู่ขนานว่าเป็นข้อสอบสองชุด ที่มีลักษณะ และ คุณภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น เนื้อหาเดียวกัน ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากัน ค่าความแปรปรวน (Variance) ของคะแนนจากการทำข้อสอบเท่ากัน

อนันต์ ศรีโสภา (2528, หน้า68) กล่าวว่า แบบทดสอบคู่ขนานหรือบางครั้งเรียกว่า แบบทดสอบคล้ายกัน จะต้องมีความเท่ากันของค่าเฉลี่ย (Mean) ความเท่ากันของความแปรปรวน (Variance) และความเท่ากันของ Item- Inter Correlation และความเท่ากันด้านเนื้อหา

ในการศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาความเป็นคู่ขนานในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ความยากง่ายของแบบทดสอบ
2. อำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
3. ประสิทธิภาพตัวเลือกของแบบทดสอบ
4. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
5. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของคะแนนแบบทดสอบ
6. ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบ
7. ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบ

4. คุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดี

เนื่องจากผลการสอบมีความสำคัญยิ่งต่อผู้สอน จึงมีความจำเป็นที่ผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบที่ดี เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ และใช้เป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัยว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้น มีคุณภาพดี เลวอย่างไร เพื่อจะได้ทำการปรับปรุง แก้ไข ให้ได้แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เผียน ไชยศร (2521, หน้า 57-58) และชวาล แพรรัตกุล (2516, หน้า 123-138) กล่าวถึง ข้อสอบที่ดีต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เที่ยงตรง คือ เป็นคำถามที่สามารถวัดสิ่งที่เราต้องการจะวัดได้อย่างถูกต้องครบถ้วน มีความมุ่งหมายที่เราต้องการ

2. ยุติธรรม คำถามไม่เปิดช่องให้เด็กฉลาดใช้ไหวพริบเดาได้ถูก และไม่เปิดโอกาสให้เด็กเกียจคร้านตอบได้

3. ถามลึก เป็นคำถามที่ไม่วัดแต่เพียงเนื้อความผิว ๆ ตามตำราและความจำ, แต่ถามให้เด็กนั้นนำความรู้นั้นไปวิเคราะห์ วิจารณ์ และไปใช้ในสถานการณ์จริงที่คล้ายคลึงกัน

4. ยั่วยุ คือ เป็นคำถามที่สามารถปลุกให้เด็กตื่นขึ้น มีล่อมีชน และกระหายที่จะลองสอบลองสู้อีกที ข้อสอบเรียงลำดับจากคำถามง่ายไปหายาก

5. จำเพาะเจาะจง ทั้งคำถามและคำตอบ มุ่งถามวัดตรงจุด ถามไม่กำกวมและไม่ถามครอบจักรวาล

6. ปรนัย คือ ข้อคำถามเหล่านั้น ถามแจ่มชัด ให้คะแนนแจ่มชัดและความหมายของคะแนนก็แจ่มชัด

7. ประสิทธิภาพ เป็นคำถามที่สามารถวัดได้จริง และทำงานได้ถูกต้องมากที่สุด ภายในเวลา แรงงาน และเงินน้อยที่สุด

8. ยากพอเหมาะ คือ แต่ละข้อ p ใกล้ ๆ 0.5 ข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนเฉลี่ยของเด็กหมดราว ๆ 50 เปอร์เซ็นต์ ของคะแนนเต็ม หรือสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เล็กน้อย

9. มีอำนาจจำแนก เป็นคำถามที่สามารถแยกได้ว่า ใครเก่งใครอ่อนได้จริง คือแต่ละข้อ มีค่าอำนาจจำแนก เกิน 1.20

10. เชื่อมั่น เป็นข้อคำถามที่สามารถให้คะแนนได้คงที่ เสมือนตาชั่งเพชร

5. พฤติกรรมที่มุ่งวัดในวิชาวิทยาศาสตร์

การจัดการศึกษา เป็นกระบวนการซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ขึ้นและการเรียนการสอนก็คือ กระบวนการที่จัดขึ้นอย่างมีระบบโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรมของผู้เรียน มีความสามารถในการกระทำ สิ่งหนึ่งสิ่งใดจากไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน และพฤติกรรมของผู้เรียนต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตเห็นได้ (สุวัฒก์ นิยมค้า, 2531, หน้า 298) พฤติกรรมการเรียนรู้ ในวิชาอื่น ๆ ยกเว้นคณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษ ส่วนมากจะยึดระดับพฤติกรรม ตามแนวคิดของบลูม เป็นส่วนใหญ่ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยยึดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ในวิชาวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ คลอพเฟอร์ (Leopold E. Klopfer) ซึ่งคลอฟเฟอร์ ได้ศึกษาวัตถุประสงค์ทางการศึกษา ของบลูม แล้วนำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์ ให้เหมาะสม กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ทั้ง เนื้อหา ที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน (สงบ แสงบำรุง, 2516, หน้า 95) คลอพเฟอร์ ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ที่ผู้จัดหลักสูตร หรือครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต้องการให้บรรลุถึงนั้นคือ สามารถระบุพฤติกรรมที่คาดหวัง

ไว้ว่า นักเรียนจะแสดงออก พฤติกรรมดังกล่าว คลอพเฟ่อร์ (Klopfer, 1971, p. 559) ได้แบ่งไว้เป็น 6 ประเภทดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ (Knowledge and comprehension)
2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry)
3. การนำความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge method)
4. ทักษะปฏิบัติ ในการใช้เครื่องมือ (Manual skill)
5. เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests)
6. การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (Orientation)

1. **ความรู้ความเข้าใจ** (Knowledge and comprehension)

ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนอาจได้รับมาจากกระบวนการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ และความเข้าใจวิทยาศาสตร์

1.1 ความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง เนื้อหาที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งเป็น 9 ประเภท

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of specific facts)

ข้อเท็จจริงเป็นความจริงเฉพาะที่เล็กที่สุด ของความรู้ซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติสามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง และทดสอบซ้ำแล้วได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น แมลงมี 6 ขา เหล็กลอยบนปรอท เป็นต้น

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (Knowledge of scientific terminology)

คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เป็น คำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ คำนิยามศัพท์ และการใช้คำศัพท์ที่ถูกต้อง เช่น แร่ธาตุหินปูน เป็นแร่ธาตุชนิดหนึ่ง เป็นต้น

1.1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Knowledge of concept of science)

มโนมติ หรือความคิดรวบยอด คือการนำความจริงเฉพาะหลายอัน ที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานกันเป็นรูปใหม่ เช่น ความหนาแน่น ธาตุ การงอกของเมล็ด สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง มี เลือดอุ่น มีหัวใจสี่ห้อง เป็นต้น

1.1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Knowledge of conventions)

ข้อตกลง หมายถึง ข้อตกลงร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ในการใช้อักษรย่อ สัญญลักษณ์ และเครื่องหมายต่าง ๆ แทนคำพูด เช่น

อักษรย่อ V แทนเวกเตอร์ของความเร็ว

สัญญลักษณ์ Cu แทนธาตุโลหะทองแดง

เครื่องหมาย ⁄\⁄\ แทนตัวต้านทานไฟฟ้า

1.1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอน (Knowledge of trends and sequences)

ปรากฏการณ์ธรรมชาติบางอย่างมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักร เป็นวงจรชีวิต ซึ่งทำให้สามารถบอกลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ถูกต้อง หรือในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ ก็จะมีลำดับขั้นตอนเช่นกัน เช่น วัฏจักรของน้ำ วงจรชีวิตของแมลงหวี่ การเตรียมก๊าซออกซิเจนในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

1.1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท จัดประเภทและเกณฑ์ (Knowledge of classifications, categories and criteria)

ในการแบ่งสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นประเภทนั้นต้องมีเกณฑ์เป็นมาตรฐาน ในการแบ่งผู้เรียนต้องบอกหมวดหมู่ของสิ่งของ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ตามที่นักวิทยาศาสตร์กำหนดไว้ และสามารถจดจำลักษณะ หรือคุณสมบัติซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ได้ เช่น จัดผึ้งเป็นสัตว์จำพวกแมลง เนื่องจากมี 6 ขา และลำตัวแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง

1.1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิค และกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ (Knowledge of scientific technique and procedures)

เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายใช้กันอยู่มีมากมายหลายวิธี เช่น วิธี ศึกษาการเจริญพัฒนาของเซล และการแบ่งเซล เป็นต้น เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์นี้เน้นเฉพาะความสามารถที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เท่านั้น เป็นความรู้ที่ได้รับมาจากการบอกเล่าของครู หรือจากการอ่านหนังสือ ไม่ใช่ความรู้ที่ได้จากการกระบวนการแสวงหาความรู้

1.1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์และกฎวิทยาศาสตร์ (Knowledge of scientific principles and laws)

หลักการ เป็นความจริงที่ใช้เป็นหลักอ้างอิง ได้จากการนำมโนมติหลายอันที่มีความเกี่ยวข้องกัน มาผสมผสานกันเป็นรูปใหม่ เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ส่วนกฎวิทยาศาสตร์ คือหลักการ ที่เน้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล เช่นกฎของเมนเดล กฎของอาคีมีดิส เป็นต้น ซึ่งนับว่าเป็นข้อสรุปที่ไม่ซับซ้อนนัก

1.1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Knowledge of theories or major conceptual schemes)

ทฤษฎี หมายถึง ข้อความที่ใช้อธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นแนวคิดหลักที่ ใช้อธิบายได้อย่างกว้างขวาง ในวิชานั้น ๆ เช่น ทฤษฎีวิวัฒนาการ ทฤษฎีสัมพันธภาพ

1.2 ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ เป็นการใช้ความคิดที่สูงกว่าความจำ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.2.1 การนำความรู้ไปใช้ในสิ่งใหม่ (Identification of Knowledge in a new context)

มีความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ คือสามารถบรรยายในรูปแบบใหม่ ที่แตกต่างจากรูปแบบที่เคยเรียนมา เช่น ผู้เรียนเคยเรียนรู้มโนมติของวัฏจักร ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับวงชีวิตของพืชดอก ที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้น ๆ โดยเริ่มจากเมล็ดต่อมางอกเป็นลำต้น เจริญเติบโต แล้วกลายเป็นเมล็ดอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นให้ข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ แหล่งน้ำ การเกิดเมฆ ฝน เป็นต้น ผู้เรียนบอกได้ว่า การหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงของน้ำก็อยู่ในรูปของวัฏจักรเช่นกัน

1.2.2 การแปลความหมายของความรู้ ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของอีกสัญลักษณ์หนึ่ง (Translation of knowledge from one symbolic to another symbolic)

มีความเข้าใจเกี่ยวกับ การแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนมติ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่ง ไปเป็นรูปของสัญลักษณ์ได้ เช่น ในการเรียนเรื่องของแรง ถ้าผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับแรง ในการที่จะให้ม้าตัวหนึ่ง ลากรถไปตามถนนขรุขระ

ผู้เรียนสามารถแปลความหมายของสถานการณ์เช่นนี้ โดยเขียนออกมาเป็นรูปของเวกเตอร์ แสดงปฏิกิริยาของแรงได้ เมื่อผู้สอนกำหนดสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีมาให้ ผู้เรียนสามารถบรรยายสมการนั้น ๆ ออกมาเป็นถ้อยคำได้

2. **กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์** (Process of scientific inquiry)

ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรม ถึงการมีส่วนร่วม ในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับการศึกษาเรื่องราวของธรรมชาติ และสร้างสรรค์แนวความคิดใหม่ ๆ ขึ้นมา กระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

2.1 การสังเกต และการวัด (Observing and measuring)

การสังเกต เป็นการใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า เข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยตรง ถ้าใช้การสังเกตอย่างเดียว ไม่สามารถบอกปริมาณที่ถูกต้องแน่นอนได้ต้องใช้ทั้งการสังเกต และการวัดควบคู่กันไป วัตถุประสงค์ข้อนี้ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้

2.1.1 สังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Observation objects and phenomena) เช่น สังเกตความเปลี่ยนแปลง เมื่อเอาก้อนน้ำแข็งใส่แก้ววางไว้ ณ อุณหภูมิห้อง

2.1.2 บรรยายสิ่งที่สังเกตได้โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม (Description of observation using appropriate language) คือ เป็นการบรรยายสิ่งที่สังเกตได้ สื่อความหมายให้เข้าใจตรงกันเป็นสำคัญ เช่นการสังเกตดูน้ำแข็งในแก้ว แล้วบอกได้ว่าแก้วด้านนอกมีน้ำเกาะอยู่ ไอน้ำในอากาศมาสะสมกันที่ผิวด้านนอกของแก้ว

2.1.3 วัดขนาดของวัตถุและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ (Measurement of object and change) เป็นการวัดเชิงปริมาณ ที่มีมาตรฐานแน่นนอนในการวัด เช่น ต้องการวัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ ซึ่งตั้งไฟ โดยวัดดูทุกนาทีได้ถูกต้อง

2.1.4 เลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม (Selection of appropriate measurements) เป็นการรู้จักใช้ เครื่องมือ ให้ เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เช่นต้องการวัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ ก็ควรเลือกใช้ เทอร์มอมิเตอร์ปรอท

2.1.5 รู้ว่าความเที่ยงตรงของการวัดสิ่งต่าง ๆ มีขอบเขตจำกัด (Estimation of measurements and recognition of limits in accuracy) เนื่องจากมาตราต่าง ๆ ที่กำหนดไว้บน

เครื่องมือสำหรับวัดมีขีดจำกัด จะวัดได้อย่างละเอียดที่สุดก็เพียงแค่หน่วยย่อยที่สุดเท่าที่ปรากฏบนเครื่องมือเท่านั้น เช่น มาตราบนเทอร์มอมิเตอร์แบ่งออกเป็นขีด ๆ ขีดละ 1 องศา ความเที่ยงตรงในการวัดอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์อยู่ในขั้นขององศาเท่านั้น

2.2 การมองเห็นปัญหาและหาแนวทางที่จะแก้ปัญหา (Seeing a problem and seeing ways to solve it)

การสังเกตและการวัด จะช่วยให้ผู้เรียน มองเห็นปัญหาต่าง ๆ และหาแนวทางที่จะแก้ปัญหานั้น วัตถุประสงค์ข้อนี้ต้องการที่จะให้ผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้

2.2.1 ยอมรับในปัญหา (Recognition of a problem) ผู้เรียนตระหนักถึงขอบข่ายของปัญหา ไปจนถึงระบบปัญหาที่ชัดเจน จนถึงขั้นสามารถทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ

2.2.2 ตั้งสมมติฐาน (Formulation of working hypothesis) เป็นการคาดคะเนคำตอบอย่างมีหลักเกณฑ์และเหตุผล ถ้ามีการระบุปัญหาที่ชัดเจน ก็จะทำให้ผู้เรียนมีแนวทางในการตั้งสมมติฐานที่รัดกุม เพื่อตอบคำถามปัญหานั้น ๆ

2.2.3 เลือกวิธีที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐาน (Selection of suitable test of a hypothesis) เป็นการเลือกวิธีสังเกต และวิธีการทดลองที่สามารถตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผล วิธีการทดลองที่กำหนดไว้นั้น จะต้องเป็นวิธีการที่เที่ยงตรง สำหรับตรวจสอบสมมติฐานนั้น ๆ

2.2.4 ออกแบบปฏิบัติการที่เหมาะสำหรับทดสอบสมมติฐาน (Design of appropriate procedures for performing experiments) ผู้เรียนจะต้องออกแบบการทดลองและขั้นตอนวิธีดำเนินการทดลอง การจัดตั้งและการใช้เครื่องมือ แล้วทำการทดลองตามแผนที่กำหนดไว้ใน การทดสอบสมมติฐาน

2.3 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and formulating generalization)

ข้อมูลที่ผู้เรียนได้จากการทดลองนั้น เป็นการบันทึกผลของการสังเกต และการวัดต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะต้องถูกจัดกระทำต่อไป เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ที่มีคุณค่าสูงขึ้นในการศึกษาเรื่องนั้น ๆ วัตถุประสงค์ข้อนี้ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้

2.3.1 การจัดกระทำข้อมูล ที่ได้จากการทดลอง (Process of experimental data) เป็นการนำข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองมาจัดลำดับ ปรับ หรือเปลี่ยนรูปของข้อมูลใหม่ เพื่อให้สามารถอ่านได้ง่ายและเข้าใจได้มากขึ้น เช่น การจัดกระทำข้อมูลในรูปตารางเป็นต้น

2.3.2 การนำเสนอข้อมูลในรูปของความสัมพันธ์ (Presentation of data in the form of functional relationships) เป็นการเสนอข้อมูลให้เห็นความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชันระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร โดยการเขียนกราฟ

2.3.3 ตีความหมายของการสังเกต (Interpretation of experimental data and observation) และข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ถ้าการสังเกตไม่ได้อยู่ในรูปของจำนวน การตีความหมายเป็นการวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลอง ถ้าการสังเกตไม่ได้อยู่ในรูปของจำนวน การตีความหมาย จะเป็นการพิจารณาลงความเห็น แต่ถ้าข้อมูลได้อยู่ในรูปของกราฟ การตีความหมาย จะเป็นการลงข้อสรุป ที่แสดงความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชัน ซึ่งสามารถตีความหมายออกมาเป็นถ้อยคำ หรือสัญลักษณ์ได้

2.3.4 การเติมความ และการขยายความ (Extrapolation and interpolation) การเติมความ เป็นการพยากรณ์หาค่าต่าง ๆ ภายในของเขตข้อมูลที่ได้ เช่น ในการทดลองวัดปริมาตรของอากาศ ผู้เรียนวัดจริงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ 5 องศาเซลเซียส แต่ไม่วัดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เมื่อนำข้อมูลมาเสนอเป็นรูปกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และอุณหภูมิภายใต้ความดันที่เท่ากัน แล้วผู้เรียนบอกได้ว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปริมาตรของอากาศประมาณ 14.1 เซนติเมตร โดยอ่านจากกราฟเช่นนี้เรียกว่า การเติมความ ซึ่งอยู่ภายในขอบเขตของข้อมูล ส่วนการขยายความเป็นการพยากรณ์บอกค่าต่าง ๆ ที่เลยขอบเขตของข้อมูลที่ได้ เช่น จากข้อมูลที่กล่าวแล้ว ผู้เรียนบอกได้ว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ปริมาตรของอากาศประมาณ 21.4 เซนติเมตร โดยอ่านจากเส้นกราฟที่อยู่เลยขอบเขตข้อมูลเช่นนี้ เรียกว่า การขยายความ

2.3.5 การตรวจสอบสมมติฐานด้วยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (Evaluation of a hypothesis under test in the light of data obtained) เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง หลังจากที่ได้เลือกสมมติฐานอันที่คาดว่าน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด การวางแผนการดำเนินการทดลอง

และจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้ จนถึงขั้นตีความหมายของข้อมูลแล้วผลที่ได้จากการทดลอง จะบอกให้ผู้เรียนทราบว่า สมมติฐานนั้นอาจเป็นที่ยอมรับหรือไม่ยอมรับ

2.3.6 การสร้างข้อสรุปที่เหมาะสมอย่างมีหลักเกณฑ์และเหตุผล (Formulation of generalizations warranted by relationships found) เป็นการสร้างข้อสรุปเป็นกฎเกณฑ์หรือหลักการที่เหมาะสม อย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธ์ที่พบ เช่น ในการทดลองเรื่อง การวัดปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันเมื่อความดันคงที่ ผู้เรียนพบความสัมพันธ์ที่ว่า ปริมาตรของอากาศจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ (เป็นองศาสมบูรณ์) เมื่อความดันคงที่ข้อสรุปนี้อาจหมายรวมครอบคลุมไปถึงแก๊สทุกชนิดได้ ผู้เรียนต้องทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง โดยใช้ตัวอย่างแก๊สหลายชนิด

2.4 การสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี (Building, testing and revising a theoretical)

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าไปทำให้ได้ข้อสังเกตและความรู้ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทั้งหลายเพิ่มพูนเป็นลำดับทำให้ได้กฎเกณฑ์ หลักการ และข้อสรุปต่าง ๆ มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าการศึกษาหาความรู้ทำให้ขอบข่ายของหลักการ ซึ่งเป็นที่ยอมรับแล้ว ก็จะทำให้ได้ความรู้หรือหลักการใหม่เพิ่มเติมเท่านั้น แต่ในบางครั้งหลักการเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษายังไม่ได้กำหนดชัดเจน หรือบางครั้งผลการศึกษาค้นคว้าใหม่ขัดกับข้อสรุปที่เคยมีอยู่ ทำให้ผู้เรียนจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทฤษฎี ที่เข้ากันกับหลักการ และข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่อยู่ในขอบเขตของเรื่องที่ศึกษา แบบจำลองทฤษฎีที่ได้นั้นต้องสามารถที่จะใช้แสดง ถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อเท็จจริงและหลักการเหล่านั้นได้ วัตถุประสงค์ข้อนี้ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้

2.4.1 ตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องมีแบบจำลองทฤษฎี (Recognition of the need for a theoretical) เป็นการยอมรับว่าการสร้างทฤษฎีนั้นเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงประโยชน์สำคัญของแบบจำลองทฤษฎี 3 ประการ คือ

1. ช่วยแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปรากฏการณ์ต่าง ๆ กับกฎและข้อสรุปทั้งหลายที่อยู่ในขอบข่าย ของเรื่องเดียวกัน อย่างแน่นอนและมีเหตุผล

2. ช่วยในการอธิบายถึงสิ่งที่สังเกตได้และได้ข้อสรุปต่าง ๆ ในเรื่องนั้น ช่วยเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา โดยแนะสมมติฐานปัญหา และแนวการทดลองใหม่ให้ ซึ่งจะเป็นลู่ทางในการสืบเสาะหาความรู้ต่อไป

2.4.2 สร้างแบบจำลองทฤษฎี ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุป กับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม (Formulation of theoretical model to accommodate knowledge) ซึ่งเป็นกระบวนการขั้นแรกของการตั้งทฤษฎี มีลักษณะคล้ายกับการสร้างข้อสรุป ต่างกันที่ว่าขั้นนี้มีความซับซ้อนมากกว่า ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความรู้ของผู้เรียน เพื่อที่จะสร้างความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนนั้น

2.4.3 ระบุถึงปรากฏการณ์และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองทฤษฎี (Specification of relationships satisfied a model) ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างแบบจำลองทฤษฎีที่ตั้งไว้ กับหลักฐานที่เป็นข้อสรุป ในรูปของกฎเกณฑ์หรือหลักการต่าง ๆ และผลการสังเกตถี่ถ้วนรอบคอบถ้าพบว่า ผลการสังเกตและหลักการต่าง ๆ สอดคล้องกับแบบจำลองทฤษฎีที่ตั้งไว้ แบบจำลองทฤษฎีก็ช่วยอธิบายได้ดีมากขึ้น และถ้าผู้เรียนสามารถระบุปรากฏการณ์หลายอย่าง ที่เป็นไปตามแบบจำลองทฤษฎี ก็ยิ่งทำให้แบบจำลองทฤษฎีน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.4.4 การสร้างสมมติฐานใหม่ ๆ จากแบบจำลองทฤษฎี (Deduction of new hypothesis from a theoretical) เพื่อที่จะสังเกตและตรวจสอบแบบจำลองทฤษฎี ขั้นตอนในการสร้างทฤษฎีขั้นนี้ ผู้เรียนต้องตั้งสมมติฐานขึ้นมา โดยอาศัยเหตุผลและความเป็นไปได้ของแบบจำลองทฤษฎีเป็นแนวทาง ต่อจากนั้นจึงออกแบบการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐาน ผลการทดลองค้นคว้า นอกจากเป็นการทดสอบความถูกต้องของสมมติฐานแล้ว ยังเป็นการตรวจสอบแบบจำลองทฤษฎี ซึ่งเป็นที่มาของสมมติฐาน

2.4.5 การตีความหมาย และการประเมินผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบแบบจำลองทฤษฎี (Interpretation and evaluation of tests of a model) ผู้เรียนต้องหาทางวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่พบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่ได้เหล่านั้น กับแบบจำลองทฤษฎี อันเป็นที่มาของสมมติฐานนั้น ๆ ด้วย เมื่อได้ผลวิเคราะห์แล้ว ผู้เรียนต้องพิจารณาตัดสินว่า แบบจำลองทฤษฎีนั้นเหมาะสมหรือไม่ การลงความเห็นของผู้เรียนจะขึ้นอยู่กับความละเอียดถี่ถ้วน และความคงตัวไม่เปลี่ยนแปลงของแบบจำลองที่ดีได้ปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลองทฤษฎี การปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี (Formulation of a revised, refined, or extended model) มีตั้งแต่การแก้ไขเล็กน้อย ขึ้นไป จนถึงการเปลี่ยนแปลง

ขนาดใหญ่ กระบวนการความคิดที่ใช้ในขั้นนี้ไม่แตกต่างจากการสร้างแบบจำลองทฤษฎี ในการปรับปรุงนั้นต้องอาศัยประสบการณ์และแนวคิดใหม่ ๆ ของผู้เรียนในระหว่างการคิดค้นสร้างทฤษฎีแบบจำลองทฤษฎีที่สร้างขึ้น และปรับปรุงแล้วจะเป็นที่ยอมรับได้ต่อเมื่อ จะต้องช่วยในการแสดงความสัมพันธ์ ช่วยในการอธิบาย ช่วยแนะแนวในการแก้ปัญหามีความละเอียดถี่ถ้วนและน่าเชื่อถือ

3. **การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้** (Application of scientific knowledge and methods)

ในชีวิตประจำวัน และชีวิตในโรงเรียน ผู้เรียนต้องประสบปัญหาต่าง ๆ มากมายซึ่งจำเป็นต้องแก้ไข ในการนี้ผู้เรียนอาจใช้ความรู้ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่เคยเรียนมาแก้ปัญหาต่าง ๆ ไม่ว่าผู้เรียนจะได้รับความรู้หรือทักษะทั้งหลายมาด้วยวิธีการใดก็ตาม เมื่อผู้เรียนใช้ความรู้หรือวิธีการเหล่านั้น เพื่อจัดการกับปัญหาใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน เรียกได้ว่า เป็นผู้ที่มีความสามารถนำความรู้ไปใช้ แต่ถ้าเป็นการแก้ไขปัญหาที่เคยพบหรือทำมาแล้ว การกระทำแบบนี้เป็นเพียงความจำไม่ใช่การนำไปใช้ ผู้เรียนควรฝึกการแก้ปัญหา 3 ประการดังนี้

3.1 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ ในสาขาเดียวกัน (Application to new problem in the same field of science) เป็นสถานการณ์ทั่วไปในชั้นเรียนที่ผู้เรียนต้องนำความรู้ หรือทักษะต่าง ๆ ที่ ได้จากการเรียน ไปใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องอื่นที่อยู่ในวิชาเดียวกัน

3.2 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น (Application to new problem in different field of science) มีลักษณะเป็นปัญหาเดียว แต่เกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไป เป็นการให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาใหม่ เช่นคำถามว่า อาหารซึมผ่านผนังลำไส้ของกบได้อย่างไร ปัญหานี้เกี่ยวกับวิชาชีววิทยาและฟิสิกส์ เป็นต้น

3.3 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ (Application to problem outside of science including technology) ปัญหาที่นอกเหนือไปจากวิทยาศาสตร์นั้น หมายความถึง เรื่องเทคโนโลยี ปัญหาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะ พัฒนาความรู้ความเข้าใจ ส่วนปัญหาทางเทคโนโลยีเป็นเรื่องของการสร้างการออกแบบ หรือการผลิตประดิษฐกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์ได้โดยตรง เช่น ทำอย่างไรจึงผลิตแอมโมเนียปริมาณมาก ๆ จาก

ไนโตรเจนและไฮโดรเจนได้ในต้นทุนที่ต่ำ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถที่จะนำเอาทั้งความรู้และวิธีการต่าง ๆ ไปใช้ได้โดยไม่มีขอบเขตจำกัด โดยเฉพาะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้นั้นอาจนำไปใช้ได้แทบทุกเรื่อง

4. **ทักษะปฏิบัติในการใช้ เครื่องมือ** (Manual skill)

ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนต้องทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหา จึงจำเป็นต้องฝึกให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในการจัดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดลองเพื่อ ให้เกิดความคล่องแคล่วในการปฏิบัติ ไม่ทำให้เครื่องมือที่ใช้ชำรุดเสียหาย ไม่เป็นอันตรายต่อตนเอง และผู้อื่น วัตถุประสงค์ข้อนี้ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถดังนี้

4.1 พัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป (Development of skills in using common laboratory equipment) ให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น เครื่องชั่ง กล้องจุลทรรศน์ ไม้บรรทัด เครื่องแก้วต่าง ๆ

4.2 ปฏิบัติงานโดยใช้เทคนิคในการทดลองทั่ว ๆ ไป ได้อย่างประณีตและปลอดภัย (Performance of common laboratory techniques with care and safety) ในการดำเนินการทดลองนั้น ผู้เรียนจะต้องทำเป็นลำดับขั้นตอน รู้จักเทคนิควิธีการทดลอง มีความละเอียดถี่ถ้วนรอบคอบ ระมัดระวังเพื่อไม่ให้อุปกรณ์เสียหาย และไม่เป็นอันตรายต่อตนเอง และผู้อื่น

5. **เจตคติและความสนใจ** (Attitudes and interests)

ครูวิทยาศาสตร์ต้องการให้ผู้เรียนได้มีพัฒนา เกี่ยวกับเจตคติ และความสนใจวิทยาศาสตร์ โดยต้องการให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงสิ่งต่อไปนี้

5.1 มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ (Manifestation of favorable attitudes toward and scientists) ซึ่งอาจสังเกตได้จากการกระทำที่แสดงออกในเชิงสนับสนุน โดยการพูด การเขียน หรือการแสดงออกที่ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนมีความตระหนัก ในคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

5.2 ยอมรับว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นวิถีทางของความคิดแนวหนึ่ง (acceptance of scientific inquiry as way of thought) โดยแสดงออกในการกระทำ เช่น การสร้างข้อสรุป

5.3 ยอมรับเจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ (Adoption of scientific attitudes) ในขณะที่ผู้เรียนกำลังทำการค้นคว้าตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนควรมีลักษณะคล้ายกับนักวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ เป็นผู้มีความอดทน ซื่อสัตย์ ใจกว้าง มีการวิเคราะห์ตนเองไม่ด่วนพิจารณาลงความเห็น มีความละเอียดรอบคอบ มีความกระตือรือร้นในการทำงาน

5.4 มีความพอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Enjoyment of science learning experiences) ในวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะมีโอกาสได้พบกับสิ่งที่พอใจมากมาย อาจได้สังเกต สี แสง เสียง หรือ กลิ่นของปรากฏการณ์ต่าง ๆ การค้นพบข้อสรุป ความสัมพันธ์ หรือคำอธิบายใหม่ ๆ

5.5 มีการพัฒนาความสนใจวิทยาศาสตร์ (Development of interest in science and science - related activities) หรือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ อาจแสดงออกได้ 2 กรณีคือ กรณีแรก ผู้เรียนมีความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสามารถทำได้ กรณีที่สอง ผู้เรียนมีความสนใจ ในเหตุการณ์ที่เป็นเรื่องราวของความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์โดยตรง หรืออิทธิพลของวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อสังคม

5.6 มีการพัฒนาความสนใจที่จะเลือกอาชีพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Development of interest in pursuing a career in science) ถ้าผู้เรียนได้พัฒนาความสนใจ ในการเลือกอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยผลเนื่องมาจากการเรียนแล้ว ก็นับได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ให้สิ่งที่มีคุณค่าแก่ผู้เรียนแล้ว

6. การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (Orientation)

6.1 การตระหนักถึงความสัมพันธ์ (Relationships among various types of statements science) และความแตกต่างของข้อความทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ ในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น คำว่า การสังเกต การตีความหมาย กฎ ทฤษฎี เป็นต้น

6.2 การยอมรับขีดจำกัด ของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Recognition of the philosophical limitations and influence of scientific inquiry) และอิทธิพลของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ที่มีต่อปรัชญาทั่วไป

6.3 การตระหนักถึงวิวัฒนาการของวิทยาศาสตร์ (Historical perspective : recognition of the background of science) ว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องมีประวัติความเป็นมา ซึ่งเรื่องราวความเป็นมาของแนวคิดดังกล่าว ร่วมกับสภาวะแวดล้อม ในขณะที่ แนวความคิดนั้น ๆ พัฒนาขึ้นเป็นสิ่งสำคัญ ที่กำหนดทั้งแนวความคิดอันเป็นที่ยอมรับกันอยู่ ในปัจจุบัน และสู่ทางที่แนวคิดนั้นจะเปลี่ยนไป

6.4 การตระหนักถึงความสัมพันธ์ ระหว่างความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางเทคโนโลยีและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Realization of the relationships among science, technology , and economics) อิทธิพลของวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อสังคมมนุษย์จะเห็นได้ชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงในชีวิตประจำวันของเรา อันเนื่องมาจากการประยุกต์ทางเทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลของการนำเอาหลักการความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

6.5 การยอมรับความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ในแง่มุมของสังคมและจรรยา (Awareness of the social and moral implication of scientific inquiry and its results) เป็นเรื่องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่างวิทยาศาสตร์กับวัฒนธรรมมนุษย์ ที่วิทยาศาสตร์มีส่วนสนับสนุน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุ่งนภา ตระกูลพัว (2528) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบ คุณภาพของแบบทดสอบคณิตศาสตร์ที่สร้างตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบ โดยผู้ออกข้อสอบที่มีสถานภาพต่างกันพร้อมทั้งศึกษาปัญหา และอุปสรรค ตลอดจนข้อเสนอแนะ ในการเขียนข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ในการศึกษาคุณภาพของข้อสอบ ได้ศึกษาในด้าน ความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และประสิทธิภาพตัวเลือกของแบบทดสอบ สำหรับสถานภาพของผู้ออกข้อสอบจำแนกตามสาขาวิชาเอก ซึ่งเป็นคณิตศาสตร์และสาขาวิชาอื่น ๆ จำแนกตามประสบการณ์ที่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับการเขียนข้อสอบ กับไม่ได้รับการอบรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ กลุ่มครูผู้ออกข้อสอบ ซึ่งเป็นครูคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2527

เมื่อทำการ เปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบพบว่า แบบทดสอบที่สร้างตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบ โดยผู้ออกข้อสอบที่มีสถานภาพต่างกันนั้น คุณภาพของแบบทดสอบในแต่ละด้านไม่ต่างกัน และจากการสอบถามปัญหา และอุปสรรคในการเขียนข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ของผู้ออกข้อสอบพบว่า มีผลดีคือ ทำให้ได้ข้อสอบที่คล้ายคลึงกัน วัดพฤติกรรมที่ต้องการวัดอย่างเดียวกัน และคุณภาพใกล้เคียงกัน ส่วนผลเสีย คือ สิ้นเปลืองเวลาในการเขียนข้อสอบ และไม่ให้อิสระแก่ผู้ออกข้อสอบ นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะ คือ ต้องการให้มีการเผยแพร่ลักษณะเฉพาะของข้อสอบให้แพร่หลายออกไป พร้อมทั้งแจกจ่ายลักษณะเฉพาะของข้อสอบที่สมบูรณ์แล้ว ไปตามโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อให้ครูได้ใช้ประโยชน์ในการเขียนข้อสอบ อันจะทำให้ได้ข้อสอบที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ดาวรุ่ง วีระกุล (2529) ได้ทำการวิจัยในลักษณะนี้เช่นกัน แต่เป็นวิชาภาษาอังกฤษ เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบ ที่สร้างตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบวิชาภาษาอังกฤษ ก็ไม่แตกต่างกัน และจากการสอบถามปัญหา และอุปสรรคในการเขียนข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบของผู้ออกข้อสอบพบว่า มีผลดี คือ ทำให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพที่เหมือนกัน และคล้ายคลึงกัน ช่วยให้เขียนข้อสอบได้ง่าย และสะดวกขึ้นทำให้ย่นเวลาในการเขียนข้อสอบ ส่วน ผลเสีย คือ ผู้ออกข้อสอบรู้สึกว่าขาดอิสระในการออกข้อสอบ

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว จึงได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของข้อสอบทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อสนับสนุนงานการสร้างข้อสอบและพัฒนาการสร้างข้อสอบให้ดียิ่ง ๆ ขึ้น