หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งในการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความรู้ในสาขาวิชาอื่น ๆ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น นิดา สะเพียรชัย (2520: 7) สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 10) และ อนันต์ จันทร์กวี (2523: 5) มีความเห็นพ้องกันว่า การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างคล่องแคล่ว และเกิดความชำนาญเป็นสิ่งจำเป็นมาก นอกจากนี้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ยังก่อให้เกิดพัฒนาการด้านสติปัญญา เป็นบุคคลที่คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น (วราภรณ์ ชัยโอภาส 2521: 91) ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 ที่ต้องการให้นักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับแล้วเป็นบุคคลที่คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น เป็นคนช่างสังเกต รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีระบบ และรู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พจน์ สะเพียรชัย (2517: 12-15) ได้กล่าวว่า

> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมของคนที่แสดงออกถึงความสามารถในด้านการสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูล และสื่อความหมาย การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายของข้อมูลและสรุป การสร้างสมมติฐาน การออกแบบและดำเนินการทดลอง การคิดคำนวณ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2526: 2-5) ได้กล่าวว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้เสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์" ซึ่งสอดคล้องกับนิคม ทาแดง และ สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 48) ที่กล่าวว่า

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะการทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นตอนนั้นจะประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลว ขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 128) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการเลือกใช้ และการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง จนเกิดความคล่องแคล่วและชำนาญ ซึ่งสอดคล้องกับ ประหยัด จันทร์ชมภู และ ประสบสันต์ อักษรมัต (2518: 23-24) ที่กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคล่องแคล่วและชำนาญในการเรียนวิทยาศาสตร์ และครูต้องสอนให้นักเรียนเกิดทักษะสำคัญ 2 ประการคือ ทักษะในการทำ หรือการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และทักษะในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 59) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า คือ พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ นอกจากนี้ เนย์ และคณะ (Nay and associates 1971: 201-203) และ ปีเตอร์สัน (Peterson 1978: 153) ยังได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกันอีกว่า เป็นปฏิบัติการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง การเปรียบเทียบ การสรุปพาดพิง การสรุปหลักเกณฑ์ การสื่อความหมาย และการนำไปใช้ประโยชน์ และกิจกรรมเหล่านี้จะกระทำโดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ในการจัดเรียงลำดับขั้นของการทำงาน

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้หรือแก้ไขปัญหา อันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ซันด์ และ โทรวบริดจ์ (Sund and Trowbridge 1967: 93-95) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. ทักษะในการแสวงหาความรู้ (acquisitive skills) ได้แก่ การฟังอย่างตั้งใจและถามเมื่อสงสัย การสังเกตอย่างถี่ถ้วน การค้นคว้าหาข้อมูล การสืบเสาะหาความรู้โดยการสัมภาษณ์หรือสอบถาม การตั้งปัญหา การรวบรวมข้อมูล การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

2. ทักษะในการรวบรวม (organizational skills) ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลอย่างมีระบบ การเรียบเรียงข้อมูลไว้เป็นหมวดหมู่ การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง การจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ การเขียนโครงร่าง การประเมินผล หาวิธีแก้ไข และการวิเคราะห์แล้วนำผลที่ได้ไปใช้

3. ทักษะในการสร้างสรรค์ (creative skills) ได้แก่ การวางแผนล่วงหน้า การออกแบบความคิดใหม่ การคิดค้นเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ และการสังเคราะห์สิ่งที่มีอยู่มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่

4. ทักษะในการใช้เครื่องมือ (manipulative skills) ได้แก่ การใช้และดูแลรักษาเครื่องมือ การสาธิตแสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ การซ่อมแซม การสร้างเครื่องมืออย่างง่าย ๆ ในการทดลอง และการวัดโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องชั่ง เครื่องจับเวลา เป็นต้น

5. ทักษะในการสื่อความหมาย (communicative skills) ได้แก่ การตั้งคำถาม การอภิปราย การเขียนรายงานผลการทดลอง การวิจารณ์ข้อมูล การเขียนกราฟแสดงผลการทดลอง และการถ่ายทอดความรู้

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science (AAAS.) 1970: 30-176) ได้ศึกษาและวิเคราะห์การทำงานหรือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งประกอบด้วยทักษะ 13 ทักษะ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (basic process skills)

1. การสังเกต (observing)

2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา (using space/time relationships)

3. การจำแนกประเภท (classifying)

4. การคำนวณ (using numbers)

5. การวัด (measuring)

6. การสื่อความหมาย (communicating)

7. การพยากรณ์ (predicting)

8. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring)

ข. ทักษะกระบวนการขั้นผสมผสาน (integrated process skills)

1. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling variables)

2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data)

3. การตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis)

4. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally)

5. การทดลอง (experimenting)

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523: 8-9) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า ควรให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาและกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน จึงได้ประชุมผู้เชี่ยวชาญ และตกลงใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 9 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต

2. ทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือ

3. ทักษะในการบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย

4. ทักษะในการจัดกระทำข้อมูล

5. ทักษะในการแปลความหมายข้อมูลและสรุป

6. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน

7. ทักษะในการออกแบบการทดลอง

8. ทักษะในการคิดคำนวณ

9. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

ต่อมา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 1-17) ได้รวบรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science หรือ AAAS.) มาปรับปรุงภาษาให้เหมาะสม ซึ่งแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ จัดเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (basic process skills) จำนวน 8 ทักษะ ประกอบด้วย

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการคำนวณ
4. ทักษะการจำแนกประเภท
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการพยากรณ์

ข. ทักษะกระบวนการขั้นผสมผสาน (integrated process skills) จำนวน 5 ทักษะ ประกอบด้วย

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
3. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
4. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
5. ทักษะการทดลอง

<u>ทักษะการสังเกต</u>

ธงชัย ชิวปรีชา และ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525: 60) และสมจิต สวธนไพบูลย์ (ม.ป.ป.: 91) ได้ให้ความหมายของการสังเกตว่า การสังเกต เป็นกระบวนการใช้ประสาท

สัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ได้แก่ การดู การฟัง การสัมผัส การอม และการชิม เพื่อรับรู้ข้อมูลหรือสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งที่สังเกต ในการสังเกตผู้สังเกตจะต้อง จับ ลูบ กด เขย่า เคาะ ดม ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่สังเกตให้มากที่สุด การสังเกตมิใช่เกิดจากการดูเพียงอย่างเดียว และข้อที่จะต้องระมัดระวังคือ การเลือกใช้ประสาทสัมผัสใดสังเกตจะต้องแน่ใจว่าวัตถุนั้นไม่เป็นพิษหรือมีอันตราย เช่น ไม่ชิมสารหรือวัตถุใด ๆ เป็นอันขาด ถ้าไม่ทราบว่าวัตถุหรือสารนั้นเป็นพิษหรือไม่ และในการชิมนั้นจะใช้สารหรือวัตถุปริมาณเพียงเล็กน้อยแตะที่ลิ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 1) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสังเกตว่า การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป และข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แบ่งได้ 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 59-60) ที่ได้ให้ความหมายของการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมทั้งการใช้เครื่องมือเข้าช่วยประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ข้อมูลของวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย เพราะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่สังเกตเป็นการอธิบายหรือแปลความหมายของสิ่งที่สังเกตได้ โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมร่วมด้วย ตัวอย่างเช่น เราสังเกตพบว่ามีน้ำนองบนถนน เราจึงลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่สังเกตได้ว่า ฝนตก ขณะเดียวกันคนอื่น ๆ ที่สังเกตได้ข้อมูลเช่นเดียวกับเรา อาจลงความคิดเห็นแตกต่างออกไป เช่น คงเป็นเพราะมีคนล้างรถตรงนั้น มีรถมาทำความสะอาดถนน เป็นต้น จะเห็นว่าถ้าไม่มีใครอยู่ในเหตุการณ์ขณะถนนเปียกแล้ว สิ่งที่ทุกคนลงความคิดเห็นจากข้อมูลก็อาจเป็นไปได้ทั้งสิ้น

ดังนั้นในการสังเกตต้องระวังอย่านำความคิดเห็นส่วนตัวไปปนกับข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตเป็นอันขาด เพราะการลงความคิดเห็นของเราในสิ่งที่สังเกตอาจจะผิดก็ได้ ถ้าอยากรู้ว่าข้อมูลที่บันทึกนั้นเกิดจากการสังเกตหรือไม่ ต้องถามตนเองว่าข้อมูลที่ได้นี้ ได้มาจากการใช้ประสาทสัมผัสส่วนไหน ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกายหรือเปล่า ถ้าคำตอบว่าใช่ แสดงว่าเป็นการสังเกตจริง ถ้าตอบว่าไม่ใช่ก็เป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ไวซ์ (Weisz 1965: 11) กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์เริ่มต้นที่การสังเกต ถ้าปราศจากการสังเกตแล้ววิทยาศาสตร์ก็จะไม่มี" เช่นเดียวกับ โทรจแค็ก (Trojcak 1979: 81) ที่กล่าวว่า "งานวิทยาศาสตร์ทั้งหมด สร้างขึ้นมาจากทักษะการสังเกตข้อมูลของวัตถุ เหตุการณ์ และปรากฏการณ์ทั้งหลายได้มาจากการสังเกต ถ้าปราศจากข้อมูลแล้วงานวิทยาศาสตร์ก็ดำเนินต่อไปไม่ได้"

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 168-171) ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่ควรสังเกตไว้ 4 ลักษณะคือ การสังเกตเชิงคุณลักษณะ การสังเกตเชิงปริมาณ การสังเกตเชิงเปรียบเทียบ และการสังเกตการเปลี่ยนแปลง

1. การสังเกตเชิงคุณลักษณะ (qualitative observations) ต้องการให้นักเรียนบอกรูปร่าง ลักษณะ และคุณสมบัติประจำตัวของสิ่งที่สังเกตโดยไม่ต้องบอกปริมาณ เช่น บอกสี กลิ่น รส เสียง และความรู้สึกต่อผิวกาย ในการบอกลักษณะควรจะใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และควรฝึกให้นักเรียนระบุด้วยว่า ข้อมูลส่วนนั้นได้มาจากประสาทสัมผัสส่วนไหน เช่น

รูปร่าง (เป็นอย่างไร) ..... ได้มาจากประสาทสัมผัสอะไร .....

สี (อะไร) ..... ได้มาจากประสาทสัมผัสอะไร .....

กลิ่น (เป็นอย่างไร) ..... ได้มาจากประสาทสัมผัสอะไร .....

การสังเกตด้วยการชิม พึงควรระวังเพราะถ้าเป็นของมีพิษห้ามชิมเป็นอันขาด

2. การสังเกตเชิงปริมาณ (quantitative observations) การสังเกตเชิงคุณลักษณะทำให้ทราบแต่เพียงรูปร่างลักษณะทั่วไปเป็นอย่างไร แต่ไม่ตอบคำถามว่า "เท่าไร" การสังเกตเชิงปริมาณจะตอบคำถามนี้ได้ เช่น ต้นมะนาว วันที่ 1 ออกลูก 3 ผล หรือต้นมะนาวสูง 6 ฟุต 2 นิ้ว เป็นต้น การบอกปริมาณจะเกี่ยวข้องกับความยาว น้ำหนัก ปริมาตร และค่าต่าง ๆ ที่เป็นตัวเลข

3. การสังเกตเชิงเปรียบเทียบ (comparative observations) การสังเกตเชิงเปรียบเทียบจะไม่บอกคุณสมบัติหรือปริมาณโดยตรง จะบอกแต่เพียงว่า สิ่งนี้เมื่อเทียบกับสิ่งนั้นแล้วเป็นอย่างไร เช่น มะพร้าวลูกนี้หนักกว่าลูกนั้น หรือ เสาธงสูงประมาณตึก 3 ชั้น เป็นต้น

4. การสังเกตการเปลี่ยนแปลง (observations of changes) ข้อมูลจากการสังเกตจะละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้น ถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรวมอยู่ด้วย เช่น เกษตรกรจะสังเกตการเจริญเติบโตของต้นไม้ เนื่องจากการใช้ปุ๋ย แล้วทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของต้นไม้ไว้ นอกจากนี้การสังเกตการเปลี่ยนแปลงบางอย่างสามารถกระทำได้ด้วยการทดลอง ซึ่งจะต้องมีการสังเกตอย่างน้อย 2 ระยะขึ้นไป ระยะแรก เป็นการสังเกตในสภาวะเดิม คือ ก่อนการทดลอง ระยะที่สอง เป็นการสังเกตภายหลังการทดลอง หรือสังเกตขณะทำการทดลองได้เริ่มขึ้นแล้ว เพื่อหาข้อมูลว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ต้องสังเกตทั้งเชิงคุณลักษณะ และเชิงปริมาณ เพื่อนำข้อมูลทั้ง 2 ระยะไปเปรียบเทียบกัน ก็จะรู้ว่ามีอะไรเปลี่ยนแปลงบ้าง

คาร์ตไรท์ และ คาร์ตไรท์(Cartwright & Cartwright 1974: 3) ได้ให้ข้อแนะนำในการสังเกตว่า ทุกครั้งที่มีการสังเกตจะต้องมีการบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐานสำหรับอ้างอิงหรือยืนยันต่อไป และการบันทึกการสังเกต จะต้องบันทึกไปพร้อม ๆ กับการสังเกต บันทึกตามความเป็นจริง บันทึกเฉพาะในสิ่งที่ผ่านเข้ามาทางประสาทสัมผัสทั้งห้าเท่านั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นหรือการตีความหมายข้อมูลลงไปเป็นอันขาด พึงระลึกไว้เสมอว่า การบันทึกผลเปรียบเสมือนการถ่ายภาพยนตร์ สิ่งที่ปรากฏในฟิล์มนั้น คือ ของจริงที่มีอยู่ในเหตุการณ์จริง ๆ การดูภาพยนตร์แล้ววิจารณ์เปรียบได้กับการแปลความหมายข้อมูล ซึ่งมีการใส่ความรู้สึกและความคิดเห็นส่วนตัวลงไป

นอกจากนี้จากผลการวิจัยของ พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส (2524: 51-52) ซึ่งเปรียบเทียบทักษะการสังเกตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-4 ของนักเรียนที่เรียนตามโครงการทดลองสอนของสสวท. กับนักเรียนที่เรียนนอกโครงการทดลองสอนของ สสวท. พบว่า นักเรียนที่เรียนตามโครงการทดลองสอนของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงกว่านักเรียนที่เรียนนอกโครงการทดลองสอนของ สสวท. ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นงลักษณ์ เหล่าแสง (2524: 48) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนตามโครงการทดลองสอนของ สสวท. กับนักเรียนที่เรียนนอกโครงการทดลองสอนของ สสวท. จะมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตไม่แตกต่างกัน และยังพบว่า เพศไม่มีผลต่อทักษะการสังเกต กล่าวคือ นักเรียนชายและหญิงจะมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตไม่แตกต่างกัน ซึ่งในประเด็นนี้ สนับสนุนผลการวิจัยของ พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส (2524: 51-52) และ สถาพร ศรีสุข (2524: 47-48) ที่พบว่าเพศไม่มีผลต่อทักษะการสังเกตเช่นกัน

016650

นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับชั้นมีผลต่อทักษะการสังเกตแตกต่างกัน จะเห็นได้จากผลการวิจัยของ พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส (2524: 51-52) นงลักษณ์ เหล่าแสง (2524: 48) และสถาพร ศรีสุข (2524: 47-48) ซึ่งได้ผลสอดคล้องกัน ดังนี้คือ นักเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงกว่านักเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ เคาร์ (Kaur 1973: 186-A) ที่พบว่า นักเรียนเกรด 3 มีทักษะการสังเกตดีกว่านักเรียนเกรด 1 จากผลการวิจัยดังกล่าว จะเห็นว่าวุฒิภาวะของนักเรียนมีผลต่อทักษะการสังเกต

จัดจ์ (Judge 1975: 407-413) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะการสังเกตในเด็กอายุ 5-6 ปี โดยแบ่งเด็กออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นเด็กที่เรียนหลักสูตรมอนเทสซอรี (Montessori) ระดับอนุบาลมา 2 ปี

กลุ่มที่ 2 เป็นเด็กที่เคยเรียนหลักสูตรอื่นมา และได้รับการฝึกตามหลักสูตรซาปา (SAPA : Science A Process Approach) ระดับอนุบาล 1 ปี

กลุ่มที่ 3 ไม่เคยเรียนหลักสูตรมอนเทสซอรี (Montessori) และหลักสูตร ซาปา (SAPA : Science A Process Approach) ในระดับอนุบาลเลย

จากผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่ม 1 กับกลุ่ม 2 ไม่แตกต่างกัน ส่วนกลุ่ม 1 กับกลุ่ม 3 และกลุ่ม 2 กับกลุ่ม 3 แตกต่างกัน จากผลการวิจัยดังกล่าว จะเห็นว่าการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนมีผลต่อทักษะการสังเกต

บารูฟาลดิ และ ไดเอดซ์ (Barufaldi and Dietz 1975: 127-132) ได้ทำการศึกษาทักษะการสังเกตและทักษะการเปรียบเทียบ เพื่อจำแนกประเภทจากของจริง (มองเห็นเป็น 3 มิติ) ภาพถ่ายและภาพวาด (มองเห็นเป็น 2 มิติ) โดยทำการศึกษากับเด็กเกรด 1, 2, 4 และ 6 พบว่า เด็กเกรด 1, 4 และ 6 ได้คะแนนจากการจำแนกประเภทจากของจริงมากกว่าจากภาพถ่าย และจากภาพถ่ายมากกว่าภาพวาด แต่เด็กเกรด 2 ได้คะแนนจากการจำแนกประเภทจากภาพวาดมากกว่าจากภาพถ่าย และจากภาพถ่ายมากกว่าจากของจริง จากผลการวิจัยดังกล่าว จะเห็นว่า ประเภทของอุปกรณ์มีอิทธิพลต่อทักษะการสังเกต และทักษะการจำแนกประเภทของเด็กทุกระดับ

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 1) ได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการสังเกตไว้ดังนี้

1. ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ

3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

จากความหมายของการสังเกตดังกล่าว สรุปได้ว่า การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต อาจแบ่งได้ 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง การบันทึกการสังเกตต้องบันทึกตามความเป็นจริง ตรงไปตรงมา รับรู้อย่างไรก็บันทึกลงไปอย่างนั้น การบันทึกผลที่ดีควรจะกระทำทันทีในขณะที่กำลังทำการสังเกต การสังเกตเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นมาก จนอาจกล่าวได้ว่า การสังเกตเป็นบ่อเกิดของความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ถ้าปราศจากการสังเกต ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิทยาการด้านอื่น ๆ ก็ยากที่จะเกิดขึ้น

นอกจากนี้จากผลการวิจัยเกี่ยวกับทักษะการสังเกต พบว่า หลักสูตรการจัดการเรียนการสอน วุฒิภาวะ และประเภทของอุปกรณ์มีผลต่อทักษะการสังเกต กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนในโรงเรียนที่ใช้หลักสูตรการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น หลักสูตรซาปา (SAPA : Science A Process Approach) หรือ หลักสูตร สสวท. แนวโน้มนักเรียนจะมีทักษะการสังเกตสูงกว่าการเรียนในโรงเรียนที่สอนตามหลักสูตรเดิม นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนอยู่ในชั้นที่สูงกว่าจะมีทักษะการสังเกตดีกว่านักเรียนที่เรียนอยู่ในชั้นที่ต่ำกว่า แต่เพศไม่มีผลต่อทักษะการสังเกต ไม่ว่าเพศชายหรือหญิง จะมีทักษะการสังเกตไม่แตกต่างกัน

<u>ทักษะการวัด</u>

การวัดเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่งในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ เพราะลำพังการสังเกตอย่างเดียว ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบเฉพาะรูปร่างลักษณะและสมบัติทั่ว ๆ ไปของวัตถุเท่านั้น ยังไม่สามารถบอกรายละเอียดที่แน่นอนลงไปได้ ดังที่ เคลวิน (Kelvin 1979: 16 อ้างถึงใน ทบวงมหาวิทยาลัย 2525: 62) กล่าวว่า "เมื่อศึกษาสสารหรือวัตถุใดก็ตาม ถ้าไม่สามารถทำการวัด หรือแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ ก็แทบจะไม่มีแนวความคิด ที่จะนำข้อมูลไป

ศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ขั้นสูงต่อไปได้" ถึงแม้ว่าการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ บางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องทำการวัด เพราะข้อมูลที่ต้องการเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตาม ข้อความนี้เป็นจริงอยู่มากทีเดียว เพราะสิ่งที่เราสังเกตได้ โดยผ่านประสาทสัมผัสของเรานั้น บางครั้งเชื่อถือไม่ได้ และไม่ถูกต้อง ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 174-176) ได้ให้ความหมายของการวัดว่า การวัด เป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องมือสำหรับวัดไปทำการวัดหาปริมาณที่แน่นอนของสิ่งที่เราสังเกต หรือต้องการวัดออกมาเป็นเลขจำนวนที่มีหน่วยเปรียบเทียบได้ และในการวัดจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ

1. เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น ไม้เมตร เครื่องชั่ง ฯลฯ
2. ค่าที่ได้ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนไม่ใช่การกะประมาณ
3. ตัวเลขจากการวัดจะต้องมีหน่วยเปรียบเทียบกันได้โดยตรง ซึ่งอาจเป็นหน่วยมาตรฐาน (standard unit) เช่น เมตร กรัม ฟุต ปอนด์ หรือหน่วยกลาง (arbitrary unit) เช่น ใช้ความยาวของปากกาวัด หรือความสูงของคนใดคนหนึ่ง เป็นต้น การบอกว่าสิ่งนี้มีปริมาณมาก น้อย ขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก เหล่านี้ไม่ถือเป็นการวัด เพราะขาดหน่วยที่จะเปรียบเทียบกันได้

การเลือกใช้เครื่องมือให้ถูกต้องกับสิ่งที่จะวัดมีความสำคัญมาก เพราะถ้าใช้เครื่องมือไม่เหมาะสมแล้ว ค่าที่ได้จะไม่ถูกต้องแม่นยำตามสภาพที่เป็นจริง ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือสำหรับวัดขึ้นอยู่กับรูปร่างของสิ่งที่จะวัด การเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด และเทคนิคการวัดซึ่งในการวัดแต่ละครั้ง ผู้วัดจะต้องถามตนเอง 4 คำถาม ได้แก่ จะวัดอะไร จะวัดไปทำไม จะใช้เครื่องมืออะไรวัด และจะวัดอย่างไร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 2) และ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 139) ได้ให้ความหมายของการวัดคล้ายคลึงกันว่า หมายถึง การเลือกและใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ในเรื่องหน่วยของการวัด (units of measurement) ธงชัย ชิวปรีชา และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525: 85) ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับหน่วยของการวัดว่า การวัดทุกครั้งจะต้องมีหน่วยกำกับเสมอ จะพูดลอย ๆ เฉพาะตัวเลขไม่ได้ หน่วยสำหรับวัดนี้ ถ้าเป็นหน่วยที่เรากำหนดขึ้นเองเรียกว่า หน่วยกลาง (arbitrary unit) เช่น ความยาวของห้องเรียนเท่ากับ 10 ก้าวของนายแดง หรือเท่ากับ 20 ดินสอ เป็นต้น แต่หน่วยกลางจะมีข้อจำกัดและข้อบกพร่องอยู่หลายประการ เช่น ขาดความแน่นอน ขนาดไม่ได้มาตรฐาน เป็นหน่วยที่วัดค่าได้หยาบ ๆ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการคิดหน่วยมาตรฐานขึ้นใช้ เพื่อจะได้สร้างเครื่องมือสำหรับวัดให้ใช้เปรียบเทียบกันได้ทั่วโลก หรือยอมรับกันโดยทั่วไป หน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้มี 3 หน่วย คือ หน่วย CGS หน่วย FPS และ หน่วย SI

หน่วยมาตรฐานตามระบบ CGS

ระบบ CGS คือ ระบบ centimeter-gram-second เป็นหน่วยวัดตามระบบเมตริกหรือระบบของฝรั่งเศส

ความยาว วัดค่าออกมาเป็น เซนติเมตร

มวลสาร วัดค่าออกมาเป็น กรัม

เวลา วัดค่าออกมาเป็นวินาที

หน่วยมาตรฐานตามระบบ FPS

ระบบ FPS คือ ระบบ foot-pound-second เป็นหน่วยวัดตามระบบอังกฤษ

ความยาว วัดค่าออกมาเป็น ฟุต

มวลสาร วัดค่าออกมาเป็น ปอนด์

เวลา วัดค่าออกมาเป็น วินาที

หน่วยมาตรฐานตามระบบ SI

การวัดปริมาณทั่วโลกนั้น ถ้ามีหลายระบบก็จะก่อให้เกิดความยุ่งยาก ไม่สะดวก ฉะนั้นในวงการวิทยาศาสตร์จึงพยายามที่จะใช้หน่วยมาตรฐานอย่างเดียวกัน ในระยะเริ่มแรกกำหนดใช้หน่วยมาตรฐานตามระบบ CGS และต่อมาได้มีแนวโน้มที่จะใช้ระบบ SI (system international units) หรือหน่วย SI เป็นหน่วยสากลใช้ระหว่างประเทศ

หน่วย SI นี้ปริมาณมูลฐาน ๓ อย่าง ใช้ระบบเมตริกเช่นกัน แต่ขยายหน่วยให้ใหญ่ขึ้นจาก CGS เป็น MKS คือ meter-kilogram-second

ความยาว วัดค่าออกมาเป็น เมตร

มวลสาร วัดค่าออกมาเป็น กิโลกรัม

เวลา วัดค่าออกมาเป็น วินาที

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 2) ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการวัด ดังนี้

๑. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

๒. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

๓. บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

๔. ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่น ๆ ได้ถูกต้อง

๕. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

จากความหมายของการวัดดังกล่าว สรุปได้ว่า การวัด หมายถึง การเลือกและใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งของต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ ซึ่งหน่วยสำหรับวัดนี้ถ้าเป็นหน่วยที่เรากำหนดขึ้นเองเรียกว่า หน่วยกลาง (arbitrary unit) แต่ถ้าเป็นหน่วยที่ใช้กันทั่วโลก หรือยอมรับกันทั่วไป เรียกว่า หน่วยมาตรฐาน (standard unit)

เนื่องจากหน่วยกลางเป็นหน่วยที่ขาดความแน่นอนวัดค่าได้หยาบ ๆ จึงมีการคิดหน่วยมาตรฐานขึ้นใช้ เพื่อจะได้สร้างเครื่องมือสำหรับวัดให้ใช้เปรียบเทียบกันได้ทั่วโลก หรือยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งหน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้มี ๓ หน่วย คือ หน่วย CGS หน่วย FPS และหน่วย SI

หน่วยมาตรฐานตามระบบ CGS คือ ระบบ centimeter-gram-second เป็นหน่วยวัดตามระบบเมตริก หรือระบบของฝรั่งเศส

หน่วยมาตรฐานตามระบบ FPS คือ ระบบ foot-pound-second ซึ่งเป็นหน่วยวัดตามระบบอังกฤษ

หน่วยมาตรฐานตามระบบ SI เป็นหน่วยสากลสำหรับใช้ระหว่างประเทศ ซึ่งมีปริมาณมูลฐาน ๓ อย่าง ใช้ระบบเมตริกเช่นกัน แต่ขยายหน่วยให้ใหญ่ขึ้นจาก CGS เป็น MKS คือ meter-kilogram-second

การเลือกใช้เครื่องมือให้ถูกต้องกับสิ่งที่จะวัด มีความสำคัญมาก เพราะถ้าใช้เครื่องมือไม่เหมาะสมแล้ว ค่าที่ได้จะไม่ถูกต้องตามสภาพที่เป็นจริง ดังนั้นการวัดจะถูกต้องแม่นยำเพียงใดขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของสิ่งที่จะวัด การเลือกใช้เครื่องมือสำหรับวัด ความสามารถของผู้วัด และในการวัดแต่ละครั้งผู้วัดจะต้องถามตนเองก่อนว่า จะวัดอะไร จะวัดไปทำไม จะใช้เครื่องมืออะไรวัด และจะวัดอย่างไร

<u>ทักษะการคำนวณ</u>

คำกล่าวที่ว่า คณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือของวิทยาศาสตร์นั้นเป็นความจริง เพราะความรู้วิทยาศาสตร์ทุกสาขาจะเกี่ยวข้องกับตัวเลขและการคำนวณทั้งสิ้น ถ้าขาดความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ก็จะไม่ก้าวหน้า การจะพามนุษย์อวกาศไปลงยังบนดวงจันทร์ก็ทำไม่ได้ ถ้ามนุษย์ไม่สามารถคำนวณระยะทางจากโลกไปดวงจันทร์ และคำนวณตำแหน่งต่าง ๆ ของดวงจันทร์โดยสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของโลกได้ (สุวัฒก์ นิยมค้า 2531: 179)

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 63) ได้ให้ความหมายของการคำนวณ หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่โดยการนับ บวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ย ยกกำลังสองหรือถอดราก เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหมายในการแปลความหมายหรือสรุปผลต่อไป

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และ ธงชัย ชิวปรีชา (2525: 128) ได้ให้ความหมายของการคำนวณ หมายถึง การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร การแก้สมการ การหาค่าเฉลี่ย การเขียนกราฟ ฯลฯ มาใช้แก้ปัญหาหรือช่วยในการค้นคว้าได้อย่างเหมาะสม

อำนาจ เจริญศิลป์ (2526: 39) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะการคำนวณว่า หมายถึง ความสามารถในการคิดคำนวณ หรือแปลความหมายของจำนวนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 157) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคำนวณ หมายถึง กระบวนการขั้นหนึ่งที่ใช้อยู่เสมอในการค้นคว้าหาความรู้ ซึ่งเป็นการนำเอาจำนวนมาทำการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือค่าต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการตีความหมาย และลงข้อสรุป หรือใช้ในกระบวนการขั้นอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 3) ที่ได้ให้ความหมายของ การคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรืออื่น ๆ นอกจากนี้ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการคำนวณ ดังนี้

1. นับจำนวนของสิ่งของได้ถูกต้อง
2. ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้
3. บอกวิธีคำนวณ คิดคำนวณ และแสดงวิธีคิดคำนวณได้
4. บอกวิธีหาค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ย และแสดงวิธีหาค่าเฉลี่ยได้

จากความหมายของการคำนวณดังกล่าว สรุปได้ว่า การคำนวณ หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จากการวัด การสังเกต การทดลอง มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหมายซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในการตีความหมายและลงข้อสรุปต่อไป

<u>ทักษะการจำแนกประเภท</u>

การจำแนกประเภทเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่ง นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้หลักการจำแนกประเภทไปใช้ประกอบในการศึกษาค้นคว้าเป็นประจำ เช่น การจัดธาตุเป็นหมวดหมู่ในตารางธาตุ เป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความพยายามของนักเคมีในการจัดแบ่งธาตุออกเป็นหมวดหมู่ ซึ่งในปัจจุบันนักเคมีได้ใช้ประโยชน์จากตารางธาตุมากมาย นอกจากนี้การจำแนกประเภทยังนำไปใช้กับสาขาวิชาอื่น ๆ และในชีวิตประจำวันได้มิใช่เฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์เท่านั้น เช่น ห้องสมุด ซึ่งจะต้องจัดแบ่งหนังสือออกเป็นหมวดหมู่

เพื่อสะดวกในการค้นหาและหยิบใช้ การจัดตู้เสื้อผ้า การจัดกระเป๋าเดินทาง ฯลฯ สิ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากทักษะการจำแนกประเภททั้งสิ้น

ธงชัย ชิวปรีชา และ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525: 69) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการจำแนกประเภทว่า เป็นลักษณะหนึ่งซึ่งนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ในการทำงาน แม้แต่ในชีวิตประจำวันของกรรมกรผู้ใช้แรงงานก็ยังต้องใช้ทักษะนี้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกฝังทักษะการจำแนกให้เกิดขึ้นในตัวเด็ก

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 182) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจำแนกประเภทว่า เป็นกระบวนการที่จัดวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ (พวก กลุ่ม หมู่ เหล่า ชนิด สกุล) ตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งนี้อาจถือตามลักษณะแห่งความเหมือน ความสัมพันธ์ภายในหรือประโยชน์ใช้สอยอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก เช่น ใช้รูปร่าง ขนาด พื้นที่ น้ำหนัก สถานะ สี รส กลิ่น คุณสมบัติทางฟิสิกส์ คุณสมบัติทางเคมี เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 66) ที่ได้ให้ความหมายของการจำแนกประเภทว่าเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้จำแนกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการศึกษาและจดจำสิ่งเหล่านั้น โดยอาศัยเกณฑ์บางอย่างในการจำแนกประเภท

สำหรับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 3) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะการจำแนกประเภทว่า หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุของสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ นอกจากนี้ สสวท. ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท ดังนี้

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

จากผลการวิจัยของ โชค ตันศิริ (2514: 27-28) ซึ่งได้ศึกษาถึงพัฒนาการของเด็กนักเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดในด้านการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีและรูปร่าง พบว่า

อายุมีความสัมพันธ์กับ เกณฑ์ที่ เด็กใช้ในการจำแนก กล่าวคือ เด็กนักเรียนอายุ 6 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยใช้สี เป็น เกณฑ์ ส่วน เด็กอายุ 7 ปี จะจำแนกสิ่งของโดย ใช้สีและรูปร่าง เป็น เกณฑ์ไม่-ต่างกัน แต่ในอายุ 7-12 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยใช้รูปร่าง เป็น เกณฑ์ ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับ ศุภชัย ตันศิริ (2520: 86) และ มุสเซน (Mussen 1964: 32) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจับคู่สิ่งของของ เด็กนักเรียน พบว่า เด็กอายุ 2-3 ปีจะจับคู่สิ่งของโดยอาศัยรูปร่าง ส่วนอายุ 3-6 ปี จะจับคู่โดยอาศัยสี แต่เมื่ออายุ 6 ปีขึ้นไป จะจับคู่สิ่งของโดยอาศัยรูปร่างอีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนี้จากผลการวิจัยของ โชค ตันศิริ (2514: 27-28) ยังพบว่า พัฒนาการของ เด็กชายและ เด็กหญิงในด้านการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีและรูปร่างไม่แตกต่างกัน แต่ เด็กหญิงมีแนวโน้มในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยรูปร่างมากกว่า เด็กชาย ในทางกลับกัน เด็กชายก็มีแนวโน้มในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสี เป็น เกณฑ์มากกว่า เด็กหญิง ซึ่งไม่สนับสนุนผลการวิจัยของ ลี (Lee 1965: 245) ที่พบว่า เด็กชายจะจำแนก สิ่งของโดยใช้ เกณฑ์ของรูปร่างมากกว่าสี

สำหรับ ชุคแมน และ ทราบาสส์โซ (Suchman & Trabasso 1966: 177-187) ได้ศึกษา เกี่ยวกับความพอใจในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีและรูปร่างของ เด็กในทวีปยุโรปที่มีอายุ 3-6 ปี พบว่า เด็กอายุ 3-4 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสี เป็น เกณฑ์มากกว่ารูปร่าง ส่วน เด็กที่มีอายุสูงกว่านี้จะจำแนกสิ่งของโดยใช้รูปร่าง เป็น เกณฑ์ ต่อมา ชุคแมน (Suchman 1966: 3-10) ได้ศึกษาเพิ่ม เติมกับ เด็กในทวีปแอฟริกา ซึ่งมีอายุ 3-15 ปี พบว่าเด็กทุกระดับ-อายุจะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีมากกว่ารูปร่าง จากผลการวิจัยจะ เห็นว่า เด็กในทวีปยุโรปซึ่งมีความ เจริญด้านอุตสาหกรรมจะสนใจจำแนกสิ่งของโดยใช้ เกณฑ์สีและรูปร่าง ส่วน เด็กในทวีปแอฟริกา ซึ่งมีสภาพสังคมล้าหลังจะสนใจจำแนกสิ่งของโดยใช้ เกณฑ์สีอย่าง เดียว ดังนั้นจะ เห็นว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการจำแนกของ เด็ก เป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ เซอเพล (Serpell 1969: 1-8) ได้ศึกษา เกี่ยวกับความพอใจในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีและรูปร่าง พบว่า เด็กที่ เข้ารับการศึกษาในโรง เรียนจะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยรูปร่าง เป็น เกณฑ์ตามระดับอายุที่ เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผู้ที่ไม่ได้รับการศึกษาในโรง เรียนจะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีมากกว่ารูปร่าง ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยอร์จ และ ไดเอ็ดซ์ (George & Dietz 1971: 277-283) ที่ได้ศึกษาการจำแนกประ เภทของนักเรียน เกรด 1-3 ซึ่ง เป็นนักเรียนใน เมืองและชนบท พบว่า นักเรียน เกรด 2 และ เกรด 3 ทั้งใน เมืองและชนบท ซึ่ง

ได้รับการศึกษาในโรงเรียนมากกว่านักเรียนเกรด 1 จะจำแนกขวด โดยใช้เกณฑ์ความสูงของขวดมากกว่ารูปร่าง

จากความหมายของการจำแนกประเภท ดังกล่าว สรุปได้ว่า การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวก หรือเรียงลำดับของวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ โดยมีเกณฑ์ซึ่งอาจจะใช้เกณฑ์ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก เช่น รูปร่าง ขนาด สี รส กลิ่น เป็นต้น

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับทักษะการจำแนกประเภท พบว่า เพศไม่มีผลต่อทักษะการจำแนกประเภท ไม่ว่าเพศชายหรือหญิงจะมีทักษะการจำแนกไม่แตกต่างกัน แต่เพศชายจะมีแนวโน้มในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีเป็นเกณฑ์มากกว่าเพศหญิง ซึ่งเพศหญิงมีแนวโน้มในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยรูปร่างเป็นเกณฑ์มากกว่าเพศชาย แต่ ลี (Lee 1965: 245) พบว่า เด็กชายจะจำแนกสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ของรูปร่างมากกว่าสี

นอกจากนี้ อายุ สภาพแวดล้อม การศึกษา มีผลต่อทักษะการจำแนกประเภท กล่าวคือ นักเรียนที่มีอายุมากกว่า อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเจริญทางด้านอุตสาหกรรม และได้รับการศึกษาในโรงเรียน จะจำแนกประเภทสิ่งของโดยใช้รูปร่างเป็นเกณฑ์มากกว่าใช้สีเป็นเกณฑ์ สำหรับนักเรียนที่มีอายุน้อยกว่า หรืออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ยังไม่เจริญ หรือไม่ได้รับการศึกษาในโรงเรียน จะจำแนกประเภทสิ่งของโดยใช้สีเป็นเกณฑ์มากกว่าใช้รูปร่างเป็นเกณฑ์ แต่ ยอร์ช และ ไดเอ็ดซ์ (George & Dietz 1971: 277-283) พบว่า นักเรียนเกรด 2 และเกรด 3 ทั้งในเมืองและชนบทซึ่งได้รับการศึกษาในโรงเรียนมากกว่านักเรียนเกรด 1 จะจำแนกขวดโดยใช้เกณฑ์ความสูงของขวดมากกว่ารูปร่าง

<u>ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา</u>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 4) ได้ให้ความหมายของคำว่า สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ตัวอย่างเช่น เมื่อตัดทรงกระบอกในลักษณะทแยง จะเกิดพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี ถ้าตัดตามขวางจะเกิดเป็นรูปวงกลม ถ้าตัดตามยาวจะเกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เสาธงอยู่หน้าอาคารเรียน บอกได้ว่า เสาธงอยู่ทางทิศไหนของอาคารเรียน หรืออาคารเรียนอยู่ทางทิศไหนของเสาธง เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา ตัวอย่างเช่น เรือลำหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงไปทางทิศใต้ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ตัวอย่างเช่น ความสูงของต้นไม้ที่เปลี่ยนไปในเวลา 1 สัปดาห์ เป็นต้น

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 4) ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ดังนี้

1. ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 2 มิติที่กำหนดให้ได้
2. วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้
3. บอกชื่อของรูป และรูปทรงทางเรขาคณิตได้
4. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้
    4.1 ระบุรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ
    4.2 เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุสามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่เป็นต้นกำเนิดเงา
    4.3 เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่จะเกิดขึ้น
    4.4 บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น 2 ส่วน
5. บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุหนึ่งได้
6. บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง
7. บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้
8. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

9. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

จากความหมายของทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา สรุปได้ว่า สเปสของวัตถุใด หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

<u>ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</u>

การสื่อความหมายเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญไม่ใช่เฉพาะแต่ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่เป็นกระบวนการที่สำคัญในทุกกิจกรรม การสื่อความหมายที่สั้นแต่แจ่มชัด ครอบคลุมไม่กำกวม เป็นรากฐานที่สำคัญในงานด้านวิทยาศาสตร์ แนวความคิดหรือผลการค้นคว้าต่าง ๆ มีคุณค่าน้อยมาก ถ้าผู้คิดหรือผู้ทดลองค้นคว้าเข้าใจแต่เพียงผู้เดียว แต่ไม่สามารถสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจหรือปฏิบัติตามได้ (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และ ธงชัย ชิวปรีชา 2525: 146)

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 191) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสื่อความหมาย หมายถึง การนำข้อมูลมาจัดกระทำใหม่ เช่น จัดเรียงใหม่ จัดทำเป็นตารางความถี่ จัดจำแนกประเภทเป็นหมวดหมู่ มีการคำนวณหาค่าบางอย่าง แล้วจึงเลือกสื่อ หรือรูปแบบที่จะถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็ว การสื่อความหมายในรูปแบบใดก็ตาม ควรจะต้องคำนึงถึง ความชัดเจน สมบูรณ์ ความถูกต้องแม่นยำ ความไม่กำกวม และความกะทัดรัด

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 70) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสื่อความหมาย หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง จากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไป ซึ่งคล้ายคลึงกับ สมชัย ไกมล และคณะ (2525: 175) ที่ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสื่อความหมายว่า เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง มาจัดกระทำใหม่โดยวิธีการ

ต่าง ๆ แล้วจึงเสนอหรือแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจ การสื่อความหมายที่ดีจะต้องสั้นและเข้าใจง่าย

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 164) และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 8) ได้ให้ความหมายของการสื่อความหมายคล้ายคลึงกัน หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจร กราฟ สมการ เขียนและบรรยาย เป็นต้น

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 8-9) ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
4. บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

สำหรับ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 192-195) ได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

1. สามารถบรรยายรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของวัตถุได้ จนผู้ฟังสามารถชี้ หยิบจับ หรือบอกวัตถุนั้นได้ถูกต้อง
2. สามารถบรรยายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างหนึ่งที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ แล้วให้นักเรียนสังเกต บันทึกการสังเกต แล้วเขียนบรรยายเพื่อให้คนอื่นที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจ
3. สามารถเขียนแผนผัง แผนที่ วงจรของวัตถุ เครื่องมือ อุปกรณ์ และระบบของการทำงานของสิ่งต่าง ๆ ได้
4. มีความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลและเลือกสื่อ เพื่อเสนอข้อมูล ให้อยู่ในรูปใหม่ที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจดีขึ้น

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลมาจัดกระทำใหม่ แล้วนำเสนอข้อมูลนั้น ๆ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ วงจร กราฟ เขียน บรรยาย ฯลฯ เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจชัดเจนรวดเร็วยิ่งขึ้น

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

การทำงานของนักวิทยาศาสตร์นั้น มิได้สิ้นสุดอยู่ที่การมีข้อมูลหรือข้อเท็จจริงเท่านั้น แต่จะมีการกระทำทางความคิดที่อยู่เลยข้อมูลขึ้นไปอีกชั้นหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อการหาความหมาย ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และข้อสรุปต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล ซึ่งการลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นการกระทำที่อยู่เหนือข้อมูล คำว่า อยู่เหนือข้อมูลนี้ หมายความว่า ไม่ใช่เป็นแต่เพียงการสังเกตแต่เป็นการใช้ปัญญามองหาความหมายต่าง ๆ (สุวัฒก์ นิยมค้า 2531: 200)

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และ ธงชัย ชิวปรีชา (2525: 165) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการลงความคิดเห็นจากข้อมูลสอดคล้องกันว่า หมายถึง การอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเข้ามาช่วย

นอกจากนี้ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 200) ยังได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เกิดความสับสนมีอยู่ 2 กระบวนการ คือ การสังเกตกับการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ซึ่งการสังเกตนั้นมีจุดมุ่งหมายที่จะค้นหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ซึ่งเป็นการค้นหาเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 1 ส่วนการลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น มีจุดมุ่งหมายที่จะค้นหาความหมายของข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งเป็นการค้นหาเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 2 และความคิดที่ได้ออกมานั้น จะไม่ก้าวเลยไปถึงสิ่งที่คิดว่าจะเกิดตามมาในอนาคต เพราะถ้าก้าวเลยไปถึงอนาคต การคิดเช่นนั้นก็จะกลายเป็นการพยากรณ์ และการอธิบายข้อมูลต่าง ๆ เพื่อลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น มิใช่การเดาสุ่ม (guess) เพราะการเดาสุ่มนั้นเป็นการคิดแบบไม่มีหลักการ ขาดเหตุผล และหลักฐานสนับสนุน แต่การลงความคิดเห็นจากข้อมูลจะต้องใช้เหตุผลอธิบาย และอ้างอิงโดยยึดหลักการทางวิทยาศาสตร์ และประสบการณ์เดิมที่เคยพบเห็นมาแล้ว นอกจากนี้ ธีระชัย ปูรณโชติ (2517: 47) ยังได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการสังเกต และการลงความคิดเห็นจากข้อมูลในลักษณะเดียวกันอีกว่า การสังเกตนั้นเป็นการใช้

ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ไปสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการศึกษาแล้วได้ข้อเท็จจริงปลีกย่อย หรือรายละเอียดของสิ่งนั้นขึ้นมา ส่วนการลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น ไม่ได้ใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 แต่อย่างใด แต่เป็นการใช้ความคิดและประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องไปมองดูข้อมูลนั้น เพื่อดูว่าข้อมูลนั้นให้ความหมายอะไรแก่เราบ้าง

นอกจากนี้ กีกา (Gega 1977: 53-54) ได้จำแนกการลงความคิดเห็นจากข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การลงข้อสรุปจากข้อมูล
2. การบอกสาเหตุเป็นนัย ๆ หรือการชี้แนะทางอ้อม
3. การพยากรณ์จากข้อมูล

สำหรับ วูดเบิร์น และ โอเบิร์น (Woodburn & Obourn 1965: 37) ได้พูดถึงการลงความคิดเห็นจากข้อมูลว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้นมีตั้งแต่ระดับง่ายที่สุด คือ การเชื่อมโยงความคิดหลาย ๆ อันเข้าด้วยกัน จนถึงระดับการตั้งสมมติฐาน การหาความสัมพันธ์เป็นกฎหรือหลักการ จนกระทั่งถึงการพยากรณ์จากสิ่งที่รู้แล้วไปหาสิ่งที่ยังไม่รู้

ในเรื่องการลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น สมชัย โกมล และคณะ (2525: 235-236) ได้ให้ข้อสังเกต 4 ประการ ดังนี้

1. ในการลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกัน คนสังเกตคนเดียวกัน อาจจะมีความคิดเห็นได้หลายอย่าง เช่น เราตื่นนอนแล้วมองไปนอกหน้าต่าง เห็นสนามหญ้าเปียก ตามต้นไม้ใบหญ้ามีหยดน้ำเกาะ หยดน้ำมาจากไหน เราอาจจะลงความคิดเห็นว่า เมื่อคืนนี้ฝนคงตก (แต่เราไม่รู้เพราะนอนหลับ หรือคนงานคงรดน้ำสนามหญ้าแต่เช้า แต่เราก็ไม่เห็น) ซึ่งความคิดแต่ละอย่างก็มีโอกาสที่จะเป็นไปได้ทั้งนั้น

2. การลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกัน คนหลายคน อาจมีความคิดเห็นแตกต่างกัน เช่น เห็นรถยนต์จอดอยู่ แล้วมีคน 2 คน เปิดกระโปรงรถดู บางคนอาจจะลงความเห็นว่าเครื่องยนต์คงจะเสีย บางคนก็คิดว่าเพื่อนต้องการจะโชว์เครื่องยนต์ใหม่ให้ดู เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นว่าข้อมูลชุดเดียวกันก็ไม่จำเป็นต้องมีความคิดเห็นเหมือนกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญมากของนักวิทยาศาสตร์ คือ การเป็นผู้มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น และระลึกเสมอว่าความคิดเห็นของคนอื่นอาจมีส่วนถูกไม่น้อยไปกว่าความคิดเห็นของคนเอง

3. การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นสิ่งที่ยังไม่มั่นใจ อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นกระบวนการคิดหาคำตอบของปัญหาที่สงสัยเท่านั้น ไม่มีการทดลองหรือพิสูจน์ว่าคำตอบนั้นเป็นจริง ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งต่างจากการลงข้อสรุป จะนำเชื่อถือกว่า เพราะการลงข้อสรุปมีพื้นฐานมาจากข้อมูลซึ่งได้จากการทดลอง สามารถยืนยันคำตอบของปัญหาที่สงสัย (สมมติฐาน) ได้ และผลที่ได้จากการทดลองหรือทดสอบก็จะกลายเป็นข้อสรุปที่เชื่อถือได้

4. การสังเกตหลาย ๆ ครั้ง สังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน ยิ่งได้ข้อมูลมากและกว้างขวางเท่าใดก็จะยิ่งทำให้การลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้นใกล้เคียงหรือถูกต้องยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 209) ยังให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่เชื่อถือได้นั้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 4 ประการคือ

1. ความถูกต้องของข้อมูล ถ้าข้อมูลไม่ถูกต้อง การลงความคิดเห็นจากข้อมูลก็จะไม่ถูกต้องด้วย

2. ความกว้างของข้อมูล ถ้าเรามีข้อมูลมาก หลักฐานเพียงพอ โอกาสของการลงความคิดเห็นจากข้อมูลก็จะถูกต้องยิ่งขึ้น

3. ประสบการณ์เดิมของผู้ลงความคิดเห็นจากข้อมูล ถ้าประสบการณ์เดิมเคยพบเห็นเหตุการณ์นั้น ๆ มาหลายครั้ง และน่าเชื่อถือ โอกาสที่จะลงความคิดเห็นจากข้อมูลถูกต้องก็มีมาก

4. ความสามารถในการมองเห็นของผู้ลงความคิดเห็นจากข้อมูล ซึ่งจะสามารถใช้หลักฐานที่เห็นให้เป็นประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด และจะสามารถล้วงความจริงจากหลักฐานนั้นได้มากน้อยแค่ไหน

จะเห็นว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูลของแต่ละบุคคลก็จะแตกต่างกันออกไป และการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของผู้ใดจะเป็นที่น่าเชื่อถือมากที่สุดก็ขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 4 ประการดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น

จากความหมายและข้อเสนอแนะดังกล่าว สรุปได้ว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูลหมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นสิ่งที่ยังไม่มั่นใจ อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ แต่ละคนอาจลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกันต่างกัน เนื่องจากมีประสบการณ์และความรู้เดิมต่างกัน แต่จะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับข้อมูลที่สังเกตได้

ทักษะการพยากรณ์

เราทราบมาแล้วว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล เป็นการหาความหมายของข้อมูลโดยมองจากปัจจุบัน (ผล) ย้อนกลับไปหาอดีต (เหตุ) จากปรากฏการณ์ที่พบเห็น เพื่อหาว่ามันมีสาเหตุมาจากอะไร แต่การพยากรณ์นี้จะตรงกันข้าม เพราะเป็นการมอง (ข้อมูล) จากปัจจุบันไปสู่สิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต (ผล) ตัวอย่างเช่น ชาวนาสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าว่า เมื่อต้นฤดูทำนา ถ้าลักษณะของดินฟ้าอากาศเป็นอย่างนี้แล้ว ผลการเก็บเกี่ยวปลายปีจะเป็นอย่างไร การที่ชาวนาสามารถพยากรณ์ผลผลิตได้ก็เพราะว่าชาวนามีประสบการณ์เกี่ยวกับดินฟ้าอากาศและผลผลิตมาเป็นเวลาหลายปี มองเห็นลักษณะและแนวโน้มระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลผลิตว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไร แล้วใช้หลักการนี้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 74) และ สมชัย โกมล และคณะ (2525: 210) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการพยากรณ์สอดคล้องกัน หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ มาช่วย การทำนายอาจทำได้ 2 แบบคือ การทำนายภายในขอบเขตของข้อมูล (interpolating) และการทำนายภายนอกขอบเขตของข้อมูล (extrapolating)

แสตฟฟอร์ด และคณะ (Stafford, et al 1977: 5) ได้ให้ความหมายของการพยากรณ์ไว้ว่า เป็นการคาดเหตุการณ์ล่วงหน้า โดยอาศัยกฎเกณฑ์หรือรูปแบบที่มีอยู่แล้วเป็นเครื่องมือ เช่นเดียวกับ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 233) ที่ให้คำนิยามของการพยากรณ์ว่า การพยากรณ์เป็นการคาดเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลที่พบในปัจจุบันเป็นตัวบอกเหตุ และใช้หลักการทั่วไปหรือประสบการณ์เดิมที่เคยพบมาแล้วเป็นเครื่องมือในการคาดเหตุการณ์

อนันต์ จันทร์กวี (2525: 177) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการพยากรณ์ หมายถึงการคาดคะเนหาคำตอบ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้ศึกษามาแล้ว หรือปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ กัน ผลการทำนายจะถูกต้อง แม่นยำเพียงใดเป็นผลมาจากการสังเกตอย่างรอบคอบ และการวัดที่ถูกต้องด้วย

เอ็กเกนและคณะ (Eggen, et al. 1979: 24) ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการพยากรณ์ว่าจะต้องใช้หลักการทั่วไปเป็นเครื่องมือ การพยากรณ์นั้นจะดูจากเหตุการณ์หรือการ

สังเกตกรณีเฉพาะอย่างหนึ่งครั้งเดียวเท่านั้น แล้วก็คาดการณ์ว่า สิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาจะเป็นอะไร การพยากรณ์จะเชื่อถือได้เพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับหลักการทั่วไปที่ใช้เป็นเครื่องมือ

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 11) ได้ให้ความหมายของการพยากรณ์ว่า หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป

การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือกราฟ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ และยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการพยากรณ์แล้วดังนี้

1. การพยากรณ์ทั่วไป

พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

2. การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ

2.1 พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

2.2 พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

การพยากรณ์ที่จะให้ผลมั่นใจที่สุด คือ การพยากรณ์ที่ตัวแปรอื่น ๆ ถูกควบคุมให้คงที่หมด ให้เปลี่ยนแปลงเฉพาะตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเท่านั้น และถือว่าการพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลมีพื้นฐานในการพยากรณ์เชื่อถือได้มากกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูล และการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลนั้นยิ่งห่างจุดที่สังเกตสุดท้ายมากเท่าไร ก็จะเชื่อถือได้น้อยลงเท่านั้น อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ทั้ง 2 แบบนี้ จะมีความถูกต้องแม่นยำก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้เป็นระบบระเบียบแน่นอน

การพยากรณ์มีประโยชน์มากในทางวิทยาศาสตร์ การที่นักวิทยาศาสตร์พยายามหากฎเกณฑ์หรือหลักการของธรรมชาตินั้น วัตถุประสงค์ก็เพื่อนำไปพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น เพื่อที่จะได้ทำการควบคุมและป้องกันอันตรายจากธรรมชาติได้

จากความหมายของการพยากรณ์ดังกล่าว สรุปได้ว่า การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนเหตุการณ์ล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูล หลักการ กฎ ทฤษฎี และความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งมิใช่การเดามีทั้งการพยากรณ์ภายในและภายนอกขอบเขต ซึ่งการพยากรณ์ภายในขอบเขตจะผิดพลาดน้อยและมีความเชื่อมั่นสูงกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขต

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

สมมติฐาน เป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูลประเภทหนึ่ง ซึ่งข้อแถลงจะอยู่ในรูปของข้อสรุปรวม เชิงหลักการทั่วไป ข้อแถลงนี้ยังไม่สามารถนำไปพยากรณ์ได้ และยังไม่ใช่หลักการวิทยาศาสตร์ เพราะมันยังไม่ผ่านการทดสอบยืนยัน สถานภาพของมันจึงเป็นแต่เพียงหลักการวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่ยกร่างขึ้น เพื่อรอการทดสอบต่อไป ดังตัวอย่างของข้อแถลงชุดที่ 1 และชุดที่ 2

ชุดที่ 1

พืชสีเขียวต้องการแสงแดด น้ำ และอากาศในการดำรงชีวิต

ชุดที่ 2

ต้นมะม่วงต้องการแสงแดด น้ำ และอากาศในการดำรงชีวิต

จากตัวอย่างชุดที่ 1 ข้อแถลงจะพูดถึงสิ่งทั่ว ๆ ไป ไม่เจาะจงว่าเป็นรายหนึ่งรายใด อยู่ในรูปของข้อสรุปรวม เชิงหลักการทั่วไป อาจจะจริงหรือไม่ก็ได้ เพราะยังไม่มีการทดสอบยืนยัน

สำหรับชุดที่ 2 ข้อแถลงจะพูดถึงสิ่งจำเพาะราย ซึ่งอาจจะจริงหรือไม่ก็ได้ เพราะยังไม่มีการทดสอบเช่นกัน อย่างนี้ไม่จัดเป็นสมมติฐาน (ถ้าเป็นก็เป็นสมมติฐานที่เริ่มตั้งไว้ก่อน เพื่อจะได้ขยายขอบเขตให้กว้างขวางออกไป) เพราะฉะนั้นคุณสมบัติหลักของสมมติฐานก็อยู่ที่ความเป็นข้อสรุปรวม เชิงหลักการทั่วไปของข้อแถลงนั้น

พิช เชอร์ (Fischer 1975: 47) ให้ความหมายเกี่ยวกับ สมมติฐานว่า เป็นเพียงข้อสรุปรวมทั่วไปอันหนึ่ง (generalized concept) ซึ่งมีหลักฐานสนับสนุนอยู่บ้างเพียงเล็กน้อย และมันต้องการทดสอบหาความเป็นจริงต่อไป เช่นเดียวกับ โทรจแค็ก (Trojcak 1979: 166) ซึ่งได้ให้ความหมายของการตั้งสมมติฐานไว้ว่า สมมติฐานจะเป็นข้อแถลงทั่ว ๆ ไปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบต่าง ๆ ในเหตุการณ์นั้น ข้อแถลงเชิงหลักการทั่วไปนี้จะครอบคลุมถึงเหตุการณ์ทุกอย่างในลักษณะเดียวกัน แม้ว่าบางเหตุการณ์เราจะไม่ได้สังเกตก็ตาม ถ้าตัวอย่างที่เราพบเห็นมีมากเท่าใด ก็จะยิ่งสามารถสร้างสมมติฐานได้แข็งแรงยิ่งขึ้นเท่านั้น สมมติฐานยังเป็นเรื่องของการตั้งเผื่อเลือกอยู่ และต้องการจะทดสอบหาความจริงต่อไป ส่วนเอ็กเกนและคณะ (Eggen, et al. 1979: 27) ก็ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับสมมติฐานในทำนองเดียวกันว่า โดยรูปแบบแล้วสมมติฐานเป็นส่วนหนึ่งของการลงความคิดเห็นเชิงหลักการทั่วไป สมมติฐาน

จะต่างกับหลักการทั่วไปที่เบื้องแรกของการสร้าง หลักการทั่วไปสร้างจากข้อมูลที่เพียงพอแล้ว ส่วนสมมติฐานสร้างจากข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่พอเพียง แต่ก็ยังพอมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในข้อมูลนั้น และต้องทำการทดสอบต่อไป เมื่อทดสอบได้ว่าถูกต้องแล้ว สมมติฐานนั้นก็จะกลายเป็นหลักการทั่วไป

สำหรับ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 217-281) ได้ให้คำจำกัดความของสมมติฐานคล้ายคลึงกับที่กล่าวมาแล้วว่า สมมติฐานนั้นเป็นข้อแถลงแบบสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป เพื่อใช้อธิบายปัญหาที่เราต้องการหาคำตอบ ข้อแถลงนี้คาดว่าจะแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ด้วยการสร้างขึ้นมาบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่เพียงเล็กน้อย ในปัญหาหนึ่ง ๆ อาจจะมีสมมติฐานได้หลายอย่าง ซึ่งจะต้องทำการทดสอบเพื่อยืนยันความเป็นจริงต่อไป

ในทางวิทยาศาสตร์ สมมติฐานมีความสำคัญมาก เพราะมันจะช่วยชี้แนะว่าควรจะทำการทดลองอย่างไร จะค้นหาข้อมูลอะไร ถ้าปราศจากสมมติฐานแล้ว การค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็จะอยู่ในความมืด

การตั้งสมมติฐาน มิใช่ตั้งท่ามกลางความว่างเปล่า สมมติฐานจะต้องตั้งจากการมีข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนั้นอยู่บ้างพอเป็นเค้า เหมือนกับที่ กูด (Good 1972: 57) ได้กล่าวว่า "นักวิทยาศาสตร์จะรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต แล้วใช้วิธีอุปมานสร้างเป็นสมมติฐานขึ้น" ดังนั้น สมมติฐานไม่ใช่สิ่งที่เดาขึ้นลม ๆ แล้ง ๆ แต่จะต้องมีข้อมูลพอเห็นเป็นแนวทางพอสมควร ถึงแม้ว่าข้อมูลจะไม่เพียงพอก็ไม่เป็นไร และการตั้งสมมติฐานนั้นจะตั้งให้อยู่ในวงแคบหรือกว้างก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา และกลุ่มตัวอย่าง (sample) ที่เรานำมาใช้ว่าจะเป็นตัวแทนของประชากร (population) เพียงใด ถ้าเราตั้งอยู่ในวงแคบเฉพาะเจาะจงเพียงแต่สิ่งที่ศึกษา ข้อสรุปที่ได้ก็จะอยู่ภายในวงจำกัด ซึ่งเรามักจะตั้งสมมติฐานให้อยู่ในวงกว้าง เพื่อที่จะได้ข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไป หรือหลักการใหญ่ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์พยายามจะศึกษาหลักการทั่วไปมากกว่าความรู้เฉพาะสิ่ง

สำหรับ สมชัย โกมล และคณะ (2525: 257) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง เป็นข้อสันนิษฐานที่คาดคะเนว่าปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือเป็นการคาดคะเนว่า ผลการวิจัยจะออกมาในรูปใด หรืออาจจะกล่าวได้ว่า การตั้งสมมติฐานก็คือ การเดา การทายเหตุของปัญหาและผลที่จะได้รับจากการวิจัย

I 1031202X

สมมติฐาน เป็น เพียงข้อความที่คาดคะเน ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรซึ่งสามารถวัดได้ไม่ต่ำกว่า 2 ตัว ดังนั้นสมมติฐานจึงไม่จำ เป็นต้องถูกต้อง เสมอไป อาจ เป็นจริงทั้งหมดหรือ เป็นจริงแต่เพียงบางส่วน หรือไม่ เป็นจริงทั้งหมดก็ได้ ซึ่งถ้าหากสมมติฐานที่ตั้ง เกิดผิดพลาดก็แก้ไขหรือตั้งขึ้นใหม่ได้

นอกจากนี้ ควินน์ และ ยอร์จ (Quinn & George 1975: 289-296) ได้ทำการวิจัย เพื่อที่จะประ เมินผลวิธีการสอนการสร้างสมมติฐานของ เด็กในระดับประถมศึกษา พบว่า

1. นัก เรียนที่ได้รับการสอนการตั้งสมมติฐานจะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานที่มีคุณภาพดีกว่าพวกที่ไม่ได้รับการสอน

2. สถานภาพทางสังคม สติปัญญา คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการ เรียน ความสามารถในการอ่าน และ เพศมีผลต่อการตั้งสมมติฐาน กล่าวคือ นัก เรียนที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทาง เศรษฐกิจดีจะมีทักษะการตั้งสมมติฐานดีกว่านัก เรียนที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทาง เศรษฐกิจต่ำ และนัก เรียนที่สติปัญญาดี มีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูง มีความสามารถในการอ่านสูง จะมีทักษะการตั้งสมมติฐานดีกว่านัก เรียนที่มีสติปัญญาไม่ดี คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการ เรียนต่ำ มีความสามารถในการอ่านน้อย และยังพบว่านัก เรียนหญิงที่มีสถานภาพทางสังคมต่ำ จะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานต่ำกว่านัก เรียนชาย แต่นัก เรียนหญิงที่มีสถานภาพทางสังคมสูงจะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานดีกว่านัก เรียนชาย

จากความหมาย เกี่ยวกับการตั้งสมมติฐานดังกล่าว สรุปได้ว่า การตั้งสมมติฐานก็คือ การคาดคะ เนคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะทำการทดลอง โดยอาศัยการสัง เกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม เป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้าไม่จำ เป็นต้องถูกต้อง เสมอไป อาจจะ เป็นจริงทั้งหมด หรือ เป็นจริงบางส่วน หรือไม่ เป็นจริงทั้งหมดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ ส่วนใหญ่สมมติฐานจะ เขียน เป็นข้อความประโยคบอก เล่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ถ้า เรามีปัญหาว่า "การ เจริญ เติบโตของพืชต้องการปุ๋ย น้ำ และแสงแดด จริงหรือไม่" เราจึงตั้งสมมติฐานขึ้น เพื่อ เป็นคำตอบของปัญหานี้ว่า "ปุ๋ย น้ำ และแสงแดด ทำให้พืช เจริญงอกงาม" สมมติฐานนี้สามารถแยกได้ เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ เป็น เหตุ (cause) ได้แก่ ปุ๋ย น้ำ และแสงแดด ส่วนที่ เป็นผล (effect) คือ การ เจริญงอกงามของพืช ส่วนที่ เป็น เหตุนี้ เป็นตัวที่ เราคาดว่าจะมีผลกระทบต่อส่วนที่ เป็นผล และ เป็นตัวที่ เราต้องการจะดูอิทธิพลของมัน เรา เรียกตัว เหตุทั้งหลาย

นี้ว่า ตัวแปรอิสระ (independent variable) ส่วนที่เป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของตัวแปรอิสระนั้น เรียกว่า ตัวแปรตาม (dependent variable หรือ responding variable) ในที่นี้ก็คือ การเจริญงอกงามของพืช ถ้าจะทำการทดสอบสมมติฐานที่กล่าวข้างต้น ก็ต้องหาพืชมาหลาย ๆ ชนิด ชนิดละหลาย ๆ ต้น และแบ่งพืชออกเป็น 2 กลุ่มเท่า ๆ กัน และเหมือนกัน นำมาปลูกในลักษณะเดียวกัน สมมติว่าเราต้องการดูผลกระทบของปุ๋ยเสียก่อนก็จะทำดังนี้

กลุ่มที่ 1 ปุ๋ย + น้ำ + แสงแดด

กลุ่มที่ 2 น้ำ + แสงแดด (ขาดปุ๋ย)

กลุ่มที่ 1 เรียกว่า กลุ่มทดลอง เพราะต้องการทดลองดูผลของปุ๋ย ส่วนกลุ่มที่ 2 เรียกว่า กลุ่มควบคุม (ไม่ใช่ตัวแปรที่ถูกควบคุม) ในที่นี้ น้ำและแสงแดด เป็นตัวแปรที่ถูกควบคุม (ไว้ชั่วคราว) ส่วนปุ๋ย เป็นตัวแปรอิสระ เมื่อผลการทดลองผ่านไป ปรากฏว่าต้นไม้กลุ่มทดลองเจริญงอกงามกว่า ก็สรุปได้ว่า ปุ๋ยมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้

สมชัย โกมล และคณะ (2525: 287) และ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 79) มีความเห็นพ้องกันเกี่ยวกับการแบ่งประเภทของตัวแปร ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (independent variable) คือ ตัวแปรที่เป็นตัวต้นเหตุ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่เราต้องการทดลองดูว่ามันจะส่งผลให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ จริงหรือไม่

2. ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นตัวแปรที่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นมีค่าเปลี่ยนไป ตัวแปรตามก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรควบคุม (controlled variable) คือ ตัวแปรต้นอื่น ๆ ที่เรายังไม่สนใจที่จะศึกษา ซึ่งอาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ชั่วคราวก่อน ทั้งนี้เพราะต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต้นเพียงชนิดเดียวเท่านั้น

นอกจากนี้ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 240) ยังได้เพิ่มเติมตัวแปรที่ 4 อีกตัวหนึ่ง นั่นคือ ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (uncontrolled variable) ซึ่งมีผลต่อการทดลองเช่นกัน แต่ไม่มากนัก และเราก็ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น คุณภาพของเครื่องมือ

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 193) และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 14) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร ดังนี้

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้น อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรอิสระที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

จากความหมายเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปรที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่า การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง รวมถึงการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรอิสระ ที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

<u>ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</u>

การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นกระบวนการขั้นสุดยอดหรือขั้นสุดท้ายของกระบวนการวิทยาศาสตร์ การทดลองใด ๆ แม้ว่าจะออกแบบการทดลอง ทำการทดลองอย่างรัดกุม ได้ข้อมูลจากการทดลองอย่างละเอียด แต่ถ้าขาดกระบวนการขั้นนี้ก็จะไม่สามารถสรุปผลการทดลอง ตอบรับ หรือตอบปฏิเสธสมมติฐานได้ เพราะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นการมองข้อมูลในทุกแง่ทุกมุม การพิจารณาถึงความหนักแน่นของหลักฐานที่สนับสนุนหรือขัดแย้ง การดึงเอาประสบการณ์ ความรู้ และหลักการคิดหาเหตุผลมาเป็นเครื่องมือในการตีความหมายแล้วจึงลงเป็นข้อสรุปต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 16) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งการตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ แล้วจึงสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 202-205) ได้กล่าวถึงวิธีการลงข้อสรุป 2 วิธีคือ การลงข้อสรุปโดยการอุปมาน และอนุมาน

1. การลงข้อสรุปโดยวิธีอุปมาน เป็นการพิจารณาข้อมูลซึ่งเป็นข้อความจริงปลีกย่อยว่ามีความสัมพันธ์หรือมีแนวโน้มไปทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าขัดแย้งกันก็สรุปเป็นหลักการทั่วไปไม่ได้ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองใส่เนื้อสัตว์ไว้ในขวดโหลเปิดฝา ดังนี้

ขวดที่ 1 เนื้อวัว (เน่า) แมลงวันมาเกาะ มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ขวดที่ 2 เนื้อปลา (เน่า) แมลงวันมาเกาะ มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ขวดที่ 3 เนื้อหมู (เน่า) แมลงวันมาเกาะ มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ข้อมูลนี้ให้ข้อความปลีกย่อย ดังนี้

แมลงวันมาเกาะที่เนื้อวัว (เน่า) มีตัวหนอนเกิดขึ้น

แมลงวันมาเกาะที่เนื้อปลา (เน่า) มีตัวหนอนเกิดขึ้น

แมลงวันมาเกาะที่เนื้อหมู (เน่า) มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ข้อสรุปคือ มีตัวหนอนเกิดขึ้นที่ก้อนเนื้อเน่าเมื่อมีแมลงวันมาเกาะ

ข้อสรุปดังกล่าว เป็นเพียงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวหนอน แมลงวัน และก้อนเนื้อเท่านั้น ยังไม่แน่ชัดว่าอะไรเป็นสาเหตุของการเกิดหนอน ต่อมาจึงสังเกตเห็นว่าก้อนเนื้อเน่านั้น เกิดจากไข่ของแมลงวัน จึงสรุปเป็นหลักการได้ว่า "ตัวหนอนที่เกิดขึ้นที่ก้อนเนื้อเน่าเกิดจากไข่ของแมลงวัน"

จากหลักการที่ได้นี้ยังเป็นข้อสรุปที่แคบ สามารถจะอุปมานเป็นหลักการในระดับกว้าง ดังนี้

ตัวหนอนเกิดขึ้นจากไข่แมลงวัน ซึ่งเป็นสิ่งที่มีชีวิต

ปลาตัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นจากไข่ปลา ซึ่งเป็นสิ่งที่มีชีวิต

ข้อมูลนี้ให้ความจริงปลีกย่อย ดังนี้

ตัวหนอน ปลา ต่างก็เป็นสิ่งที่มีชีวิต สรุปเป็นหลักการทั่วไปได้ว่า "สิ่งที่มีชีวิต ย่อมเกิดจากสิ่งที่มีชีวิตด้วยกัน"

การสรุปเป็นหลักการทั่วไป โดยอุปมานนี้ก่อให้เกิดความรู้ใหม่ ความรู้ที่เกิดจากการอุปมานนี้พึงระมัดระวังว่า ข้อความจริงปลีกย่อยนั้น เป็นความจริงที่ยอมรับหรือไม่ เพราะถ้าไม่จริงแล้ว ข้อสรุปที่ได้แม้จะสมเหตุสมผลก็จะพลอยไม่จริงไปด้วย และกลุ่มตัวอย่างที่นำมาสู่การสรุปมีจำนวนไม่มาก ถ้าอยากให้ความน่าจะเป็นนี้เชื่อถือได้มากที่สุด กลุ่มตัวอย่างจะต้องขยายวงออกไปให้มีจำนวนมากพอ

2. การลงข้อสรุปโดยวิธีอนุมาน เป็นการพิจารณาข้อเท็จจริงปลีกย่อย โดยอาศัยหลักการทั่วไปเป็นหลักอ้างอิง และในการพิจารณาข้อเท็จจริงปลีกย่อย ต้องดูว่า ข้อเท็จจริงปลีกย่อยนั้นมีอะไรสอดคล้องกับหลักการทั่วไปบ้าง ถ้าสอดคล้องมันจะต้องเป็นสิ่งหนึ่งที่อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ของหลักการทั่วไป ดังนั้นการสรุปโดยวิธีอนุมานเป็นการสรุปแบบพาดพิง เช่น

สิ่งที่มีชีวิต ต้องเกิดมาจากสิ่งที่มีชีวิต (หลักการทั่วไป)

มดแดงเป็นสิ่งที่มีชีวิต (ข้อเท็จจริงปลีกย่อย)

ดังนั้นข้อสรุป คือ มดแดงต้องเกิดมาจากสิ่งที่มีชีวิต

การลงข้อสรุปโดยวิธีอนุมานนี้ ข้อสรุปที่ได้จะถูกต้องแน่นอน เพราะเป็นข้อสรุปที่อยู่ภายใต้หลักการทั่วไปที่ยอมรับแล้ว

สมชัย โกมล และคณะ (2525: 319) ได้แบ่งขอบเขตของการลงข้อสรุปออกเป็น 2 ระดับคือ

1. การสรุปในระดับแคบ (conclusion) เป็นการสรุปให้อยู่ในเฉพาะกลุ่มตัวอย่างหรือสิ่งที่นำมาศึกษาเท่านั้น ข้อสรุปที่ได้จะถูกต้อง น่าเชื่อถือ

2. การสรุปในระดับกว้าง (generalization) เป็นการสรุปเลยขอบเขตของกลุ่มตัวอย่าง เป็นการขยายกว้างไปสู่ประชากร ซึ่งข้อสรุปแบบนี้จะให้ค่าความเชื่อถือได้น้อยกว่าการสรุปแบบแคบ

แอนเดอร์สัน (Anderson 1976: 43) ได้แบ่งประเภทของการลงข้อสรุปไว้ 5 ประเภท ดังนี้

1. ลงข้อสรุป เพื่อหาหน้าที่เฉพาะของหน่วยใดหน่วยหนึ่งในระบบอันหนึ่ง (unit explanation)

2. ลงข้อสรุปเพื่อหาระบบการทำงานและรูปลักษณะของระบบอันหนึ่ง (pattern explanation)

3. ลงข้อสรุปเพื่อหาการจัดประเภทใหม่ของสิ่งต่าง ๆ (classification)

4. ลงข้อสรุปเพื่อหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ (correlation)

5. ลงข้อสรุปเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลต่อกัน (causal explanation)

จากความหมาย การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปดังกล่าวแล้ว สรุปได้ว่า การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ แล้วสรุปเป็นหลักการโดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งบางครั้งต้องใช้ทักษะการสังเกต หรือการคำนวณช่วย การลงข้อสรุปใหญ่ ๆ มี 2 วิธีคือ ลงข้อสรุปโดยวิธีอุปมานและอนุมาน การลงข้อสรุปแบบอนุมานถูกต้องแน่นอนกว่าวิธีอุปมาน เนื่องจากการลงข้อสรุปแบบอนุมานเป็นการสรุปพาดพิงถึงหลักการทั่วไป

<u>ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ</u>

ในการใช้ภาษาสื่อความหมาย ไม่ว่าจะเป็นภาษาพูดหรือภาษาเขียนก็ตาม ข้อความบางตอนเขียนไม่ชัดเจน กำกวม เข้าใจได้หลายประเด็น ในวงการศึกษาแขนงวิชาต่าง ๆ เช่น สังคมศาสตร์ ศึกษาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ฯลฯ ต่างก็จะมีคำศัพท์เฉพาะสาขาวิชานั้น ๆ ซึ่งคำศัพท์เหล่านั้นบางครั้งอยู่ในสาขาวิชาเดียวกันก็เข้าใจไม่ตรงกัน จึงจำเป็นต้องกำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์ให้ชัดเจนและเข้าใจตรงกัน โดยเฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์ คำศัพท์เฉพาะ จะต้องเขียนให้ชัดเจน ไม่กำกวม จะต้องไม่ให้ตีความหมายได้หลายแง่หลายมุม คำที่ใช้ในวิทยาศาสตร์จะต้องมีทั้งความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรง (reliability & validity) เช่น สมมติฐานที่ว่า "การเจริญเติบโตของต้นไม้ต้องการแสงแดด" คำว่า "การเจริญเติบโต" หมายถึงอะไร ความสูงของต้นไม้ หรือการผลิดอกออกผลมาก ซึ่งต่างก็เข้าใจไม่ตรงกัน เพื่อให้เข้าใจตรงกันได้มากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีนิยามเชิงปฏิบัติการ (สุวัฒก์ นิยมค้า 2531: 242-243)

แอนเดอร์สัน (Anderson 1976: 64) ได้แบ่งการกำหนดนิยามออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การกำหนดนิยามเชิงหลักการ (conceptual definition) ซึ่งเป็นนิยามเชิงนามธรรม

2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational definition) ซึ่งเป็นการนิยามที่ระบุการกระทำที่เป็นรูปธรรม ซึ่งเราสามารถสังเกตได้ ส่วน สมชัย โกมล และคณะ (2525: 341) ได้แบ่งการกำหนดนิยามออกเป็น 2 ประเภท เช่นกัน คือ

1. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational definition) ซึ่งเป็นการให้ความหมายของคำต่าง ๆ ชัดเจน สามารถสังเกต และทดสอบได้ เช่น "ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ช่วยให้ไฟติด เมื่อนำก้านไม้ขีดที่คุแดงอยู่แหย่ลงไปในก๊าซนั้นแล้ว ก้านไม้ขีดจะลุกเป็นเปลวไฟ" จากนิยามนี้จะเห็นว่าระบุสาระสำคัญ 2 ประการคือ

ประการแรก บอกการกระทำที่จะทดลองเพื่อทดสอบก๊าซนี้โดยการนำก้านไม้ขีดที่ติดไฟคุแดงอยู่แหย่ลงไปในก๊าซนั้น

ประการที่สอง ระบุสิ่งที่สามารถสังเกตเห็น คือ ก้านไม้ขีดจะลุกเป็นเปลวไฟ

2. การกำหนดนิยามไม่ใช่เชิงปฏิบัติการ (nonoperational deifintion) เป็นการให้ความหมายขอบเขตของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไปให้เข้าใจตรงกัน แต่ไม่ชัดเจนจนสามารถสังเกตและทดสอบได้ เหมือนนิยามเชิงปฏิบัติการ เช่น "ออกซิเจนเป็นธาตุที่มีจำนวนอะตอม (atomic number) 8 และมีมวลอะตอม (atomic weight) 16 จะเห็นว่าการนิยามเช่นนี้ ทุกคนเข้าใจตรงกัน แต่ขาดคุณสมบัติ 2 ประการคือ ไม่ระบุการกระทำเพื่อทดสอบและไม่บอกสิ่งที่สังเกตได้จากการทดลอง

กีกา (Gega 1977: 50) กล่าวว่า "นิยามเชิงปฏิบัติการเป็นการให้คำจำกัดความโดยบรรยายให้เห็นการกระทำที่จะทดสอบได้" เช่นเดียวกับ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 78) ที่ได้กำหนดคำนิยามเชิงปฏิบัติการว่าจะต้องมีสาระสำคัญ 2 ประการ คือ ระบุสิ่งที่จะสังเกต และระบุการกระทำซึ่งอาจจะได้จากการวัด ทดสอบ หรือทดลอง ถ้าคำนิยามใดไม่มีคุณสมบัติ 2 ประการนี้ถือว่าไม่ใช่คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

นอกจากนี้ พิศาล สร้อยธุหร่ำ (2525: 229) ยังได้กำหนดสาระสำคัญ 2 ประการของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

1. จะทำการทดสอบอย่างไร (บรรยายให้เห็นวิธีทดสอบในคำนิยาม)

2. จะสังเกตอะไรจากการทดสอบ (บอกสิ่งที่สังเกตไว้ในคำนิยาม)

จากความหมายของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ดังกล่าว สรุปได้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการต้องใช้ภาษาที่รัดกุม ชัดเจน และระบุการกระทำในการที่จะทดสอบ และสิ่งที่สามารถสังเกตได้

<u>ทักษะการทดลอง</u>

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นตั้งอยู่บนรากฐานของการสังเกต สังเกตเพื่อจะได้ข้อมูลที่จะนำไปสร้างเป็นความรู้ ซึ่งการได้ข้อมูลนั้นอาจจะได้หลายทาง เช่น จากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยตรง อีกทางหนึ่งอาจจะได้จากการสังเกตโดยผ่านการทดลอง ฉะนั้นการทดลองจึงเป็นการกระทำอย่างหนึ่งที่ทำให้เราได้ข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นได้ ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 195) และ สมชัย โกมล และคณะ (2525: 366) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการทดลองที่สอดคล้องกันว่า การทดลองเป็นกระบวนการพิสูจน์เพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย หรือในสิ่งที่อยากจะรู้คำตอบ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าจะเป็นจริงหรือไม่ โดยรวมเอากระบวนการต่าง ๆ มาผสมผสานกัน นับตั้งแต่การสังเกต การวัด การคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การสื่อความหมาย การลงความคิดเห็น การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น เช่นเดียวกับ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 80) ซึ่งได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการทดลองสอดคล้องกันว่า เป็นกระบวนการที่รวมเอากระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นจะต้องมีปัญหาก่อน แล้วจึงแยกตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาว่ามีอะไรบ้าง จึงจะเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาตั้งสมมติฐาน แล้วจึงออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปร เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม แล้วดำเนินการทดลอง

เบสท์ (Best 1970: 140) ได้ให้ความหมายของการทดลองว่า การทดลองเป็นวิธีการทำงานอย่างมีระเบียบและหลักการ เพื่อจะหาคำตอบของคำถามที่ว่า ถ้าทำอย่างนี้ภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมเช่นนี้แล้ว จะมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ผู้กระทำการทดลองจะใส่ตัวแปรที่ต้องการดูผลกระทบของมันลงไป หรือไม่ก็จัดสภาพสิ่งแวดล้อมใหม่ แล้วสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงของวัตถุที่ถูกกระทำ หรือสังเกตดูสภาพการณ์ที่เปลี่ยนไป ซึ่งตรงกับ คาริน และซันด์ (Carin & Sund 1975: 220) ที่ให้ความหมายเกี่ยวกับ การทดลองไว้ว่า การทดลองจะต้องเป็นการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง ซึ่งสภาพการณ์จะต้องมีการตั้งสมมติฐานขึ้น แล้วจึงมีการทดสอบสมมติฐาน โดยแบ่งการทดสอบออกเป็นกลุ่มควบคุมกับกลุ่มตัวแปร นอกจากนี้ สแตฟฟอร์ดและคณะ (Stafford, et al. 1977: 57) ยังได้ให้ความหมายของการทดลองที่คล้ายคลึงกันอีกว่า การทดลองเป็นการสร้างเหตุการณ์หรือสถานการณ์จำลองขึ้นอย่างหนึ่ง เพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐาน รูปแบบ หรือโมเดลที่คิดไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล นอกจากนี้ยังได้แบ่งประเภทของการทดลองออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ทดลองเพื่อสำรวจหาข้อมูลภายใต้การควบคุมเงื่อนไข โดยไม่ต้องมีการแบ่งกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ ซึ่งจะมีตั้งแต่การทดลองที่ง่าย ๆ ไปจนถึงยุ่งยากสลับซับซ้อน

1.1 การทดลองแบบ 3 ขั้นตอน (three-step-attack experiment) เช่น "น้ำแข็งจะลอยในน้ำมันก๊าดหรือไม่"

ขั้นที่ 1 ตั้งปัญหา

ขั้นที่ 2 ทำการทดลองแล้วสังเกตดูผล

ขั้นที่ 3 สรุปผล

1.2 การทดลองเพื่อสำรวจค้นหาโนมติ (observational investigation) และการสำรวจค้นหาการจำแนกประเภท (classificational investigation) เช่น การหาโนมติของเซลล์ ก็ให้นักเรียนดูเซลล์ของพืชหลาย ๆ ชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์ แล้วบันทึกข้อมูล ก็สามารถสรุปคุณสมบัติของเซลล์ได้ หรือถ้าอยากรู้ว่าพืชดอกแบ่งออกเป็นกี่ชนิด ก็ให้นำพืชดอกมาหลาย ๆ ชนิด สังเกตความแตกต่างแล้วจัดเข้ากลุ่มที่เหมือนกัน ก็สามารถจำแนกประเภทของพืชดอกได้

2. ทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานโดยมีการแบ่งกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบ การทดลองแบบนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (control group) กับกลุ่มทดลอง (experimental group) กลุ่มทดลองนี้เป็นกลุ่มที่เราใส่ตัวแปรเข้าไปเพื่อดูผลกระทบ ส่วนกลุ่มควบคุมมีไว้สำหรับเปรียบเทียบ และทั้ง 2 กลุ่มจะต้องจัดสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันหมดทุกอย่างตลอดการทดลอง ถ้าผลของการทดลองทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน ก็สรุปได้ว่าตัวแปรนั้นมีผล

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530: 196-197) และสมชัย โกมล และคณะ (2525: 266) ได้แบ่งประเภทของการทดลองออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ คือ

1. การทดลองแบบลองผิดลองถูก (trial and error experiment) เป็นการทดลองที่ผู้ทดลองไม่มีทิศทางที่แน่นอนว่าจะหาคำตอบของปัญหานี้โดยวิธีใด อย่างไร จึงลองทำไปเรื่อย ๆ แก้ไข ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้คำตอบหรือมองเห็นวิธีการที่ถูกต้อง

2. การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ (controlled experiment) การทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คอยเปรียบเทียบซึ่งกันและกันคือ

2.1 กลุ่มควบคุม (control group) กลุ่มนี้ทำหน้าที่เปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง กลุ่มนี้เราต้องควบคุมให้อยู่ในสภาวะปกติทุกประการ

2.2 กลุ่มทดลอง (experimental group) เป็นกลุ่มที่จัดให้เหมือนกันกับกลุ่มควบคุมทุกอย่าง ผิดกันแต่ว่าเราใส่ตัวแปรที่ต้องการจะดูผลของมันเข้าไปเท่านั้น ส่วนขั้นตอนในการทดลองก็จะเริ่มตั้งแต่การกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ควบคุมตัวแปร ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปว่ายืนยันหรือคัดค้านสมมติฐาน และปรับปรุงแก้ไขสมมติฐานใหม่ถ้าผลการทดลองไม่ยืนยันสมมติฐาน

3. การทดลองแบบไม่มีการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ (noncontrolled experiment) การทดลองแบบนี้มีกลุ่มทดลองเดียว เป็นการทดลองง่าย ๆ ที่ไม่จำเป็นต้องมีกลุ่มอื่นคอยเปรียบเทียบผลการทดลอง เป็นการหาคำตอบของสิ่งที่ต้องการจะรู้โดยไม่จำเป็นต้องตั้งสมมติฐาน เช่น น้ำมีจุดเดือดที่กี่องศา เป็นต้น

สำหรับ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531 : 248 -250) ได้สรุปประเภทของการทดลองออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ (experiment) เป็นการทดลองที่นักเรียนยังไม่รู้คำตอบมาก่อนว่า สิ่งที่จะสำรวจค้นหานั้นคืออะไร เป็นอย่างไร และจะค้นหาอย่างไร ทุกอย่างนักเรียนต้องเป็นคนต้นคิด และดำเนินการด้วยตนเองทั้งหมด ตั้งแต่การตั้งปัญหา คิดวิธีแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งการทดลองเช่นนี้จะฝึกให้นักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดอุปนิสัยและได้ประสบการณ์มาก

2. การทดลองเชิงฝึกหัด (laboratory exercise) เป็นเพียงการสร้างความคุ้นเคยกับการทดลอง และการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์เท่านั้น นักเรียนจะเป็นผู้ทำกิจกรรมตามขั้นตอนและวิธีการต่าง ๆ ที่ครูได้กำหนดและอธิบายไว้แล้ว เพื่อยืนยันว่าสิ่งที่ครูพูดไว้นั้นจะจริงหรือไม่ นักเรียนได้รู้ผลที่จะเกิดขึ้น และวิธีการที่จะทดลองมาล่วงหน้าแล้ว ซึ่งเป็นการทดลองที่ทำตามคู่มือครูเป็นสิ่งที่โรงเรียนชอบใช้กันมาก เพราะสะดวกต่อการสอน แต่ขัดกับปรัชญาวิทยาศาสตร์

3. การทดลองเชิงจำกัดการแนะแนวทาง (guided experiment) เป็นการทดลองที่อยู่ระหว่างกลาง สามารถนำมาใช้ในโรงเรียนได้ คือ การออกแบบการทดลองบางส่วนจะมาจากครู และบางส่วนจะมาจากนักเรียน ส่วนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนจะเป็นผู้ทำการทดลองเองทั้งหมด

สำหรับการที่จะนำไปใช้สอนในโรงเรียนนั้นใช้สอนได้ทั้ง 3 ลักษณะ แต่ควรเน้นการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ให้มาก และข้อสำคัญกิจกรรมการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอน คือ

1. กิจกรรมภาคออกแบบการทดลอง (experimental planning)

2. กิจกรรมภาคปฏิบัติการทดลอง (experimental performance)โดยเฉพาะภาคปฏิบัติการทดลองจะขาดไม่ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 15) ได้กำหนดกิจกรรมการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การออกแบบการทดลอง ซึ่งเป็นการวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง และอุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง

3. การบันทึกผลการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

นอกจากนี้ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการทดลอง ดังนี้คือ

1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

2. ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

จากความหมายของการทดลองดังกล่าว สรุปได้ว่า การทดลอง หมายถึง การพิสูจน์เพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย หรือในสิ่งที่อยากจะรู้คำตอบ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลองวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยกิจกรรมการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ แบบไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ และแบบลองผิดลองถูก

<u>ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน</u>

สาคร รักบำรุง (2528: 39) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดชุมพร โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 57.91 โดยมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงสุด ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.67 รองลงมาได้แก่ ทักษะการจำแนกประเภทได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 67.49 ส่วนทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลาได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละต่ำสุดคือร้อยละ 41.44 ซึ่งสนับสนุนผลการ

วิจัยของ ปิยมาภรณ์ พรหมณี (2523: 63-64) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบเป็นข้อคำถามที่สร้างขึ้นจากรูปภาพหรือจากสถานการณ์ที่สร้างขึ้น เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (multiple choice) มี 4 ตัวเลือก พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 61.64 โดยมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงสุดเช่นกัน คือ เฉลี่ยร้อยละ 69.93 รองลงมาคือ ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลซึ่งได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 65.83 และทักษะที่ได้คะแนนต่ำสุดคือ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 43.55

จากผลการวิจัยของ สาคร รักบำรุง (2528: 39) จะเห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตและการจำแนกประเภทได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.67 และ 67.49 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตและการจำแนกอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ตรงกับผลการวิจัยของ เคาร์ (Kaur 1973: 186-A) ที่พบว่าทักษะการสังเกตกับการจำแนกประเภทมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนเกรด 3 มีทักษะการสังเกตดีกว่านักเรียนเกรด 1 ซึ่งสนับสนุนผลการวิจัยของ นงลักษณ์ เหล่าแสง (2524: 48) พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส (2524: 59-60) และ สถาพร ศรีสุข (2524: 47-48) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบทักษะการสังเกตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-4 โดยใช้แบบทดสอบในลักษณะเดียวกัน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สังเกตจากการสาธิตของครู สังเกตจากของจริงและรูปภาพ ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกตอบหลังจากที่ได้สังเกตแล้ว จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งแสดงว่า ระดับชั้นเรียนและประสบการณ์ที่ได้รับจากโรงเรียน มีผลต่อทักษะการสังเกต นอกจากนี้ยังได้ผลสอดคล้องกันว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตของนักเรียนชายและหญิงไม่แตกต่างกัน

เยี่ยมลักษณ์ เฉลิมพักตร์ (2524: 65-66) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชนิดเลือกตอบ (multiple choice) 3 ตัวเลือกซึ่งแต่ละข้อทดสอบจะประกอบด้วยรูปภาพ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 72.68 นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ร้อยละ 75.17 รองลงมาเป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาเอกชนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 73.80 และต่ำสุดก็คือนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 69.08

มาโนช วาทะพุกกณะ (2523: 70-71) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชนิดเลือกตอบ (multiple choice) มี 4 ตัวเลือก ซึ่งแต่ละข้อทดสอบจะประกอบด้วยรูปภาพและสถานการณ์ จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 44.28 โดยมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการจัดกระทำกับข้อมูลสูงสุด ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 56.94 รองลงมาได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 50.15 และทักษะการสังเกตต่ำสุดได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 33.77 ซึ่งต่ำกว่าทักษะอื่น ๆ เป็นอันมาก จึงไม่สนับสนุนผลการวิจัยของสาคร รักบำรุง (2528: 39) และ นิยมาภรณ์ พรหมณี (2523: 63-64) ที่พบว่า นักเรียนในชั้นประถมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงสุดสูงกว่าทักษะอื่น ๆ

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ส่วนใหญ่จะเป็นผลการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชนิดเลือกตอบ (multiple choice) 4 ตัวเลือก ยังไม่มีผู้ใดศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบภาคปฏิบัติให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง ซึ่งการปฏิบัติจริงด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะสอดคล้องกับลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์แล้ว ยังทำให้พบข้อบกพร่องด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อก่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนในระดับประถมศึกษาโดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง