

ใบความรู้ที่ 4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

โดย นายจิรวัดน์ จวนทองรักษ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skill)

จากการศึกษาวิเคราะห์ดูการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ท่าน จะพบว่า ในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์นั้น มีการทำงานที่ไม่เหมือนกัน แต่ในการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์นั้นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ ได้นำมาใช้ในการศึกษาหาความรู้ที่จำเป็นต้องแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการค้นคว้า และเป็นสิ่งที่ต้องอาศัย ความชำนาญเป็นพิเศษจึงจะทำให้การค้นคว่านั้นประสบผลสำเร็จน่าเชื่อถือ เรียกสิ่งเหล่านี้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการทำงานของ นักวิทยาศาสตร์นั้นจะมีการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ แต่บอกไม่ได้ว่าใช้ทักษะกระบวนการอะไรบ้างในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาที่เขากำลังศึกษาในขณะนั้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 13 ทักษะ ดังนี้

กระบวนการขั้นพื้นฐาน 8 กระบวนการ

- (1) การสังเกต (observing)
- (2) การวัด (measuring)
- (3) การคำนวณ (using number)
- (4) การจำแนกประเภท (classifying)
- (5) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา
(space-space relationship and space-time relationship)
- (6) การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย (communicating)
- (7) การลงความเห็นข้อมูล (inferring)
- (8) การพยากรณ์ (prediction)

กระบวนการขั้นสูง มี 5 กระบวนการ

- (9) การตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis)
- (10) การตั้งกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operation)
- (11) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling variables)
- (12) การทดลอง (experimenting)
- (13) การตีความหมายข้อมูล (interpreting data)

1. ทักษะการสังเกต (observing)

คือ การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ผิวกาย ตา หู จมูก และลิ้น เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ หรือเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลอย่างละเอียด ถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ โดยไม่ใช้ความรู้สึก ความคิดของผู้สังเกตเข้าไปเกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วย

ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะคุณสมบัติ (qualitative observations) ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative observation) ข้อมูลเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ(comparative observations) และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลง(observation of changes) การสังเกต เป็นทักษะพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความชำนาญความละเอียดถี่ถ้วนในการสังเกต ซึ่งบางครั้งอาจใช้แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ ช่วยในการสังเกต เพื่อให้เกิดความแน่นชัดและมั่นใจได้มากขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เราถือว่าเป็นข้อเท็จจริง รูปแบบของการสังเกตพอจะเขียนได้ดังนี้

ตัวอย่างการสังเกต เช่น

- แดง โมผลนี้มีเนื้อสีแดงมีเมล็ดสีดำ
- ต้นมะม่วงต้นนี้สูงประมาณ 15 เมตร
- น้ำหอมขวดนี้มีกลิ่นหอมเหมือนดอกกุหลาบ
- ลักษณะไม้ขีดไฟ ก่อนจุดให้เกิดการลุกไหม้จะมีลักษณะแตกต่างจากไม้ขีดไฟภายหลังการลุกไหม้

2. ทักษะการวัด (measuring)

คือ ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยเครื่องมือ สำหรับการวัด ค่าที่ได้จากการวัดต้องเป็นตัวเลข และมีหน่วยกำกับตัวเลขที่ได้จากการวัดสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้อง และใกล้เคียงความเป็นจริง รูปแบบของการวัด มี 3 แบบ ได้แก่

(1) การนับจำนวน (counting measurement) เป็นการวัดจำนวนของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะนับออกมาเป็นจำนวนเต็ม จะมีเศษไม่ได้ ถือว่าเป็นการวัดที่ง่ายที่สุด

(2) การวัดโดยตรง (direct measurement) เป็นการใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวและวัดได้โดยตรง

(3) การวัดโดยอ้อม (indirect measurement) แยกได้ 2 อย่าง

- การวัดโดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งวัด แล้วมีการคำนวณโดยใช้สูตรอีกชั้นหนึ่ง จึงจะได้ค่าที่ต้องการทราบ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดโดยตรงเช่น การวัดพื้นที่ห้อง

- การวัดที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กมาก หรืออยู่ไกลมากจนไม่สามารถวัดได้ โดยตรง เช่น ขนาดของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และอะตอม หรือระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ การวัดสิ่งเหล่านี้โดยใช้การเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทราบค่าแล้ว

ค่าที่ได้จากการวัดเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับนำไปสรุปเป็นความรู้ประเภทต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ต่าง ๆ ที่สรุปออกมานั้นจะมีความถูกต้อง มากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัด การวัดถือว่าเป็นหัวใจสำคัญ ของการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวัดมักจะแทรกอยู่ในกิจกรรมการสังเกตรวบรวมข้อมูล และกิจกรรมการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณต่าง ๆ ในปัจจุบันมีจำนวนมากมาย นับตั้งแต่เครื่องมือง่าย ๆ จนถึงเครื่องมือที่มีความซับซ้อน และราคาแพง ที่จริงประสาทสัมผัสทั้งห้าของมนุษย์ ก็สามารถวัดค่าปริมาณต่าง ๆ ออกมาได้ แต่มีข้อจำกัดเหมือนกัน ดังนั้น เครื่องมือวัดจึงช่วยขยายขอบเขตของประสาทสัมผัสทั้งห้าที่ไม่สามารถให้ผลอย่างละเอียดได้

การวัดสิ่งใดสิ่งหนึ่งแต่ละครั้งมักมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้เสมอ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการวัดมี 2 ลักษณะ คือ

(1) ความคลาดเคลื่อนโดยบังเอิญ ที่เกิดขึ้นจากการอ่านค่าที่วัดได้ผิดพลาด หรืออ่านค่าที่ได้ถูกต้องแต่บันทึกผิดพลาด

(2) ความคลาดเคลื่อนเป็นระบบที่เกิดขึ้นจากการใช้วิธีการวัดไม่ถูกต้องในการเก็บรวบรวมข้อมูล เราสามารถแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้ โดยทำการวัดหลาย ๆ ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีสาเหตุดังนี้

- จากเครื่องมือที่ใช้วัด รู้จักเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับงาน เช่น เครื่องมือมีความละเอียดที่จะวัดกับสิ่งที่เราจะวัดได้หรือไม่

- จากสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความไม่แน่นอน เช่น การวัดความยาวของไม้เดือน ความสูงของต้นไม้ยืนต้น

- จากความสามารถของผู้วัด ผู้วัดจะต้องมีความชำนาญในการวัดสิ่งของนั้น

- การเลือกใช้เทคนิคในการวัด การวัดปริมาณบางอย่างวัดลำบากมาก

จะใช้วิธีการวัดต่างๆ ไปวัดออกมาไม่ได้ ต้องอาศัยเทคนิคช่วย เช่น

การวัดระยะทางระหว่างโลกกับดวงจันทร์ เราจะใช้วิธีวัดโดยการใช้สายดาววัดธรรมดาไม่ได้ จึงต้องอาศัยความรู้เรื่องการเดินทางของแสงมาช่วยในการวัดหรือการชั่งมวลสารของโลกกว่าหนักก็กิโลกรัม ก็ต้องใช้เทคนิคเกี่ยวกับ กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ช่วยในการวัด

3. ทักษะการคำนวณ (measuring)

การคำนวณ คือ การนำจำนวนที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ ซึ่งค่าใหม่ที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ เราารู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ที่นำมาคำนวณ ซึ่งจะทำได้ความรู้ใหม่ตามมา เช่น การบวก ลบ คูณ หาร การหาค่าเฉลี่ย การยกกำลัง การถอดกรณฑ์ เป็นต้น ใช้ในการสรุปผลการทดลอง การอธิบาย และการทดสอบสมมติฐาน ค่าใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะทำให้สื่อความหมายชัดเจนและเหมาะสมยิ่งขึ้นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าการคำนวณมีประโยชน์ต่อวิทยาศาสตร์ โดยจะขอยกตัวอย่างตารางข้อมูล จากการทดลองการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา จนครบรอบ แล้ววัดเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งรอบ จะได้ข้อมูลดังนี้

จากข้อมูลจะเห็นว่า ตัวเลขของเวลาการแกว่งครบรอบจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึง 5 ของทุกช่วงการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาแทบจะไม่เท่ากันเลย ทำให้เราได้ภาพรวมออกมาว่า การทดลองแต่ละครั้ง แต่ละช่วงของการแกว่งได้เวลาไม่เท่ากันเลย แต่พอคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาการแกว่งครบรอบในแต่ละช่วง ผลปรากฏว่าได้ตัวเลขเท่ากัน คือ 52.8 วินาที จึงทำให้มีความรู้สึกได้ว่าตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณนี้เด่นชัดมีความหมายมากขึ้น และส่งผลให้สรุปได้ว่า ในการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาไม่ว่าช่วงกว้างในการแกว่งจะเป็นเท่าใด จะได้เวลาในการแกว่งครบรอบเท่ากันเสมอ ซึ่งถ้าไม่มีการคำนวณแล้วเราจะสรุปความรู้ออกมาได้ยาก

4. ทักษะการจำแนกประเภท (classifying)

การจำแนก หมายถึง การจัดจำแนกวัตถุ สิ่งของ หรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือแตกต่างกันของสิ่งของ หรือเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ การจำแนกประเภทสิ่งของมีความสำคัญมากในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในวิชาเคมี มีการจัดธาตุต่าง ๆ เป็นหมวดหมู่เป็นตารางธาตุ ในวิชาชีววิทยา ได้มีการจัดจำพวกพืชหรือสัตว์ออกเป็น ไฟลัม คลาส ออเดอร์ แฟมิลี จุดประสงค์หลักของการจำแนกประเภทสิ่งของ คือ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาค้นคว้า การจำแนกประเภทของสิ่งของไม่ได้มีเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น วิชาอื่น ๆ หรือในชีวิตประจำวันก็มีการจำแนกประเภทอยู่เป็นประจำ เช่น การจำแนกนักศึกษาออกเป็นคณะต่าง ๆ แต่ละคณะก็จะมีหลายสาขาวิชา การจำแนกร้านค้าออกเป็นร้านขายของชำ ร้านขายยา ร้านขายอาหาร ฯลฯ การจำแนกหนังสือในห้องสมุดออกเป็นหมวดต่าง ๆ ในการจำแนกสิ่งของหรือวัตถุต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่นั้น เบื้องต้นต้องมีเกณฑ์ในการจำแนกแยกประเภท โดยเกณฑ์ที่ใช้ นั่น ถ้าเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตอาจจะใช้สี รูปร่าง ขนาด ลักษณะผิว ประโยชน์ ฯลฯ เป็นเกณฑ์ ส่วนพวกสิ่งที่มีชีวิตอาจใช้การกินอาหาร การสืบพันธุ์ ที่อยู่อาศัย การเคลื่อนไหว ฯลฯ เป็นเกณฑ์ อาจสรุปได้ว่าเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทสิ่งของหรือเหตุการณ์มีอยู่ 3 อย่าง ได้แก่

- (1) ความเหมือน
- (2) ความแตกต่าง
- (3) ความสัมพันธ์

นอกจากนี้ ยังใช้ความสามารถในการจำแนกประเภท 4 กรณี ได้แก่

- (1) สามารถจำแนกหรือเรียบเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ตามที่กำหนดมาให้ได้
- (2) สามารถบอกเกณฑ์ที่คนอื่นใช้จำแนก หรือเรียบเรียงลำดับวัตถุ หรือเหตุการณ์ที่กำหนดให้
- (3) สามารถจำแนกหรือเรียบเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ที่ตนเองกำหนดขึ้น
- (4) สามารถเขียนแผนผังจำแนกประเภทได้ทุกกรณี

5. ทักษะการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

เป็นความสามารถในการสังเกตรูปร่างของวัตถุ โดยการเปรียบเทียบกับ ตำแหน่งของผู้สังเกตกับการมองในทิศทางต่าง ๆ กัน โดยการเคลื่อนที่ การผ่า การหมุน การตัดวัตถุ ผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงได้จากการสังเกต

คำว่า สเปส (space) หมายถึง ลักษณะเกี่ยวกับระยะทาง ขนาด ความกว้างความยาว ความหนา รูปร่าง ตำแหน่งที่อยู่ การเคลื่อนที่ เป็นต้น สเปสของวัตถุ คือ ที่ว่าง ที่วัตถุนั้นครองที่อยู่ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น

สเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูงการมีความเข้าใจเกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุมีความสำคัญมาก ในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในวิชาชีววิทยา เมื่อเราศึกษาเรื่องเซลล์ของใบไม้ โดยการตัดใบไม้ตามขวางและตามยาวหรือการดูลักษณะสมมาตรของพืชและสัตว์ ในวิชาเคมีเมื่อศึกษาเรื่องโครงสร้างของโมเลกุลของสาร ฯลฯ การจะเข้าใจสิ่งเหล่านี้ได้ดี จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุและ

ผลการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของวัตถุเป็นความรู้พื้นฐานการหาความสัมพันธ์เกี่ยวกับสเปกกับเวลานั้นมี 3 อย่าง คือ

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสของวัตถุ เช่น การดูภาพ 2 มิติ การวาดภาพ 2 มิติ การวาดภาพ 3 มิติ จะต้องประกอบด้วยความกว้าง ยาว และหนา การหารูปร่างของวัตถุ โดยดูจากภาพหน้าตัด เช่น ในทางชีววิทยาต้องตัดวัตถุที่จะดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ให้เป็นแผ่นบาง ๆ จะได้เฉพาะภาพหน้าตัดเท่านั้น วิธีการเช่นนี้ คล้ายกับการหารูปร่างของวัตถุอันหนึ่ง โดยการสังเกตจากเงา หลาย ๆ เงาของวัตถุนั้น โดยใช้แสงกระทบวัตถุหลาย ๆ ด้าน

(2) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา เราอาจบอกเวลาได้โดยใช้ลักษณะของสเปส เช่น บอกเวลาโดยดูเงาเสาธง การที่จะบอกเวลาได้จะต้องทราบว่าจะเงาที่ทอดไป ในทางตรงข้ามกับต้นกำเนิดของแสงเสมอ และต้องทราบทิศตะวันออกอยู่ด้านใด เพื่อที่จะประมาณว่า เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งนั้น ควรจะเป็นเวลาเท่าใด

(3) ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเวลา เราสามารถนำเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 อย่าง มาสัมพันธ์กันได้ เช่น เวลาที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก 1 รอบสัมพันธ์กับเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ

6. ทักษะการจัดการกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (communicating data)

การจัดการกระทำข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกต การวัด การสำรวจ หรือจากการทดลองมาจัดกระทำใหม่ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การหาความถี่ การแยกประเภท ฯลฯ เพื่อให้ข้อมูลดูเข้าใจง่ายขึ้น มีความหมายมากขึ้นการสื่อความหมาย หมายถึง ความสามารถในการใช้ภาษาพูด หรือภาษาท่าทาง เพื่อให้ผู้อื่น เข้าใจในสิ่งที่ต้องการสื่อความหมายให้ชัดเจนและรวดเร็ว ลักษณะการสื่อสารความหมายที่ดี ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้อง การรับรวดเร็ว การสื่อสารความหมายมีหลายรูปแบบ เช่น บรรยาย รูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง ไคอะแกรม ตาราง วงจร สมการ และกราฟ องค์ประกอบของการสื่อความหมาย มี 4 ชนิด ได้แก่

- (1) ผู้ส่งสาร
- (2) ผู้รับสาร
- (3) สาร
- (4) ช่องทางรับสาร

ประเภทของการสื่อความหมาย มี 2 ประเภท

(1) การสื่อความหมายทางเดียว เป็นการติดต่อสื่อสารโดยผู้ส่งสารไม่เปิดโอกาสให้ผู้รับสารซักถามข้อสงสัยใด ๆ เช่น การเขียนรายงานผลการทดลอง

(2) การสื่อความหมายสองทาง เป็นการติดต่อสื่อสารที่ผู้ส่งสารเปิดโอกาสให้ผู้รับสารซักถามข้อสงสัย มีการตอบสนอง ตลอดจนข้อเสนอแนะ ทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้ส่งสารและผู้รับสารมีความเข้าใจตรงกันตัวอย่างต่อไปนี้เป็นตัวอย่างที่แสดงวิธีการจัดการกระทำข้อมูล และแสดงให้เห็นถึง

ความสำคัญของการจัดกระทำข้อมูลสมมติฐานหลังจากที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิตจบไปแล้ว 2 บทเรียน อาจารย์ ผู้สอนอยากจะทราบว่าผลการเรียนของนักศึกษาทั้งห้องเป็นอย่างไร จึงได้ทำการทดสอบ โดยออก ข้อสอบเป็นแบบปรนัยจำนวน 100 ข้อ 100 คะแนน จำนวนนักศึกษา 30 คน ผลปรากฏว่าแต่ละคน ได้คะแนนดังนี้

71 61 80 60 80 71 52 76 61 61

61 50 58 50 69 67 71 61 61 50

62 76 58 68 58 70 82 60 60 50

จากข้อมูลดิบเหล่านี้ ไม่ได้บอกให้เราทราบอะไรเลย เพียงแต่บอกให้เราทราบว่านักศึกษาแต่ละคนมีคะแนนเป็นเท่าใดเท่านั้น ดังนั้น ถ้าเราอยากรู้อะไรมากขึ้น ต้องนำข้อมูลดิบเหล่านั้นมาจัดเสียใหม่โดยนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่จำนวนคะแนน รอยขีด ความถี่

คะแนน	รอยขีด	ความถี่
-------	--------	---------

จากตารางแจกแจงความถี่จะทำให้มองเห็นข้อมูลมีความหมายมากขึ้น ชัดเจนขึ้น ทำให้ทราบว่าไม่มี นักศึกษาคนใดได้คะแนนต่ำกว่า 50 คะแนน และมีนักศึกษาทำคะแนนได้สูงสุด 82 คะแนน นักศึกษาส่วนใหญ่ได้คะแนนอยู่ในช่วง 58-61 คะแนน นอกนั้นกระจัดกระจายจากข้อมูลใหม่ที่ได้้อาจนำไปจัดกระทำ เพื่อสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจชัดเจนมากขึ้น เช่น อาจนำเสนอในรูปแบบของตารางแสดงระดับการเรียนกับ จำนวนนักศึกษา

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (infering)

ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล คือ การอธิบายความหมายของเหตุผลของ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และการจัดกระทำโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมเข้าช่วย การลงความเห็นจากข้อมูลใช้ประโยชน์ในขั้นทดสอบปรับเปลี่ยนสมมติฐานและการสรุปการลงความเห็นจากข้อมูลเดียวกัน สามารถลงความเห็นได้หลายอย่าง เพราะการลงความเห็นนั้นเป็นการค้นคว้าสิ่งที่เรายังไม่รู้ นักวิทยาศาสตร์อาจลงความเห็นที่อาจเป็นไปได้หลาย ๆ อย่าง แล้วตรวจสอบว่า การลงความเห็นใดมีหลักฐานสนับสนุนบ้างโดยการทดลองเอาข้อมูลใหม่มาสนับสนุนหรือหักล้าง การลงความเห็นจากข้อมูลไม่ใช้การเดาสุ่ม (guess) เพราะการเดาสุ่มเป็นการคิดแบบไม่มีหลักของเหตุผลหรือขาดหลักฐานมาสนับสนุน ส่วนการลงความเห็นเป็นการอธิบายเหตุการณ์ที่มีหลักฐานสนับสนุน ซึ่งหลักฐานที่มาสนับสนุนอาจจะมาจากความรู้และประสบการณ์เดิมที่เคยพบเห็นมาแล้ว ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงถึงการลงความเห็น โดยการใช้ประสบการณ์เดิมมาช่วยในการสรุปสมมติหลังจากเลิกเรียนแล้ว นักศึกษาก็พากันนั่งรถกลับบ้านด้วยกัน พอไปถึงได้ระยะหนึ่ง พบว่า รถติดมาก ไม่ขยับเลยเป็นเวลานานพอสมควร หลังจากนั้นสมศรีพูดขึ้นมาก่อนว่า สงสัยข้างหน้าเราคงจะเกิดอุบัติเหตุแน่ ๆ แต่สมชายพูดว่า ไม่ใช่หรอก เป็นเพราะว่ามีขบวนแห่อะไรสักอย่างอยู่ข้างหน้า ส่วนสมรักษ์พูดออกมาว่าข้างหน้ากำลังซ่อมถนน เหตุการณ์นี้ชี้ให้เห็นว่า การที่ทุกคนพบว่ารรถติด เรียกว่า สิ่งที่ได้จากการสังเกต ส่วนการอธิบายสาเหตุของรถติดของแต่ละคนนั้น ได้แก่ การลงความเห็น การที่แต่ละคนลงความเห็นไม่เหมือนกัน เพราะว่าแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับรถติดไม่เหมือนกัน นั่นก็แสดงว่า ในการลงความเห็นข้อมูลนั้นอาจจะผิดหรือถูกก็ได้ การจะลงความเห็นว่าการ ลงความเห็นใดถูกหรือผิด หรือสมเหตุสมผลที่สุด จะต้องมีการหาหลักฐานอื่นมาประกอบ ซึ่งอาจจะได้จากการทดลองเพิ่มเติมหรือการสังเกตเพิ่มเติม การลงความเห็นข้อมูลจะถูกต้องเพียงใดขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือ

- (1) ความถูกต้องของข้อมูล ถ้าข้อมูลที่เราสังเกตได้มีความคลาดเคลื่อน การลง ความเห็นก็จะไม่ถูกต้องด้วย
- (2) ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล ถ้าเรามีข้อมูลมากเพียงพอ การลงความเห็นจะต้องถูกมากยิ่งขึ้น
- (3) ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิม การลงความเห็นส่วนหนึ่งจะเกี่ยวข้องกับประสบการณ์เดิมที่เราเคยพบเหตุการณ์นั้น ๆ มาแล้ว ถ้าเรามีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นดี ก็จะทำให้การ ลงความเห็นถูกต้องมากขึ้น

8. ทักษะการพยากรณ์ (prediction)

การพยากรณ์ คือ การทำนาย หรือการคาดคะเนคำตอบ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือข้อมูลจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ ในเรื่องนั้น หรือข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ หรือจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความจริง กฎ ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ การพยากรณ์ที่แม่นยำ เป็นผลจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก การจัดกระทำข้อมูลพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นผลจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก การจัดกระทำข้อมูลอย่างเหมาะสมในทางวิทยาศาสตร์มีการนำกระบวนการพยากรณ์มาใช้บ่อย โดยทั่วไปเราไม่สามารถทำการทดลองได้ทุกเงื่อนไขตามที่เราต้องการ เนื่องจากมีข้อจำกัดหรือเพราะเหตุผลบางประการ ในทางปฏิบัติเราจะทดลองได้ในบางเงื่อนไขเท่านั้น การทดลองที่ทำได้จึงให้ข้อมูลเพียงบางส่วน แต่เราสามารถนำผลที่มีอยู่นั้นมาพยากรณ์สิ่งที่เรายังไม่ทราบได้

เช่น การทดลองเพื่อศึกษาความต้านทาน ไฟฟ้าของโลหะที่อุณหภูมิต่าง ๆ เราสามารถทำการทดลองได้ เฉพาะอุณหภูมิบางช่วงเท่านั้น แต่ เราสามารถนำผลการทดลองที่มีอยู่ไปพยากรณ์ผลที่อุณหภูมิสูงเหนือค่า กว่านี้ได้ ในชีวิตประจำวันบางครั้งมีความจำเป็นที่ต้องทราบเหตุการณ์บางอย่างล่วงหน้า เช่น การทราบ สภาพดินฟ้าอากาศของวันพรุ่งนี้ เพื่อที่จะหาทางป้องกันหรือปรับสภาพให้เข้ากับเหตุการณ์ได้ การพยากรณ์ เหตุการณ์ในวันพรุ่งนี้เราต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับอากาศวันนี้ แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับ กฎเกณฑ์หรือรูปแบบที่มีอยู่ก็จะสามารถพยากรณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าได้ ผลการทดลองจะถูกต้องมากน้อยแค่ ไหนขึ้นอยู่กับข้อมูลที่เรามีอยู่ในขณะนั้น ถ้าข้อมูลที่เรามีอยู่ตอนนั้นมีความถูกต้องสูง ผลของการพยากรณ์ จะถูกต้องสูง ถ้าข้อมูลที่มีอยู่ขณะนั้นมีความคลาดเคลื่อนสูง การพยากรณ์ก็จะมีความผิดพลาดสูงด้วย

9. ทักษะการเตรียมสมมติฐาน (formulating hypothesis)

การเตรียมสมมติฐาน คือ การอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ และเป็นการอธิบายที่เชื่อถือ ได้มากกว่าการลงความเห็นจากข้อมูล เพราะมีข้อมูลมาสนับสนุนมากกว่าการตั้งสมมติฐาน จะช่วยกำหนด แนวทางและคาดคะเนผลจากการทดลอง การตั้งสมมติฐานควรเขียนกว้าง ๆ ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ ทุกชนิดที่มีอยู่ในขอบข่ายเดียวกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สมมติฐานที่ตั้งขึ้นมาจะเป็นจริงหรือเท็จ ต้องทำการทดสอบโดยการทดลอง ถ้าผลการทดลองใดสอดคล้องกับสมมติฐาน ๆ นั้น ก็จะเป็นที่ยอมรับ แต่ ถ้าผลการทดลองแย้งกับสมมติฐาน สมมติฐานนั้นก็ถูกยกเลิกไป หรือไม่ก็นำไปปรับปรุงใหม่ และทำการ ทดลองทดสอบใหม่อีก สมมติฐานที่ถูกต้องหรือยอมรับก็จะกลายเป็นความรู้ประเภท กฎ หลักการ ทฤษฎี แล้วแต่กรณี

การตั้งสมมติฐานจะตั้งให้อยู่ในวงแคบหรือวงกว้างก็ได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและ กลุ่มตัวอย่างที่เราศึกษาว่าจะเป็นตัวแทนของทั้งหมดได้เพียงใด ส่วนใหญ่จะตั้งสมมติฐานในวงกว้าง เพราะ ข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้ได้มากกว่า และเพื่อให้เป็นไปตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าพยายามศึกษา หลักการทั่วไปมากกว่าการศึกษาแบบจำเพาะเจาะจง ถ้าหากว่าสมมติฐานตั้งอยู่ในวงแคบ ผลการสรุปจะ ใช้ได้เฉพาะกลุ่มเท่านั้น สมมติฐานที่เขียนขึ้นมานั้น ถ้าให้ถูกรูปแบบจริง ๆ จะต้องเขียนให้อยู่ในรูปข้อความ ที่มีคำว่า ถ้า... ดังนั้น... โดยข้อความที่อยู่หลังคำว่าถ้าจะเป็นตัวแปรต้น ส่วนข้อความที่อยู่หลังข้อความ ดังนั้น จะเป็นตัวแปรตาม ตัวอย่างเช่น สมมติฐานที่ว่า ของแข็งทุกชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว ในที่นี้ตัวแปรต้น (สิ่งที่ป็นสาเหตุ) คือ ความร้อน ส่วนตัวแปรตาม (สิ่งที่ผลตามมา) คือ การขยายตัวของ ของแข็ง เราสามารถนำสมมติฐานข้อนี้มาเขียนในรูปประโยค ถ้า... ดังนั้น... ได้ดังนี้ คือ

- ถ้าของแข็งได้รับความร้อน ดังนั้นของแข็งจะมีการขยายตัว

หรืออาจจะเขียนให้อยู่ในรูป

- ถ้าความร้อนมีผลต่อการขยายตัวของของแข็ง ดังนั้นของแข็งที่ได้รับความร้อนจะมีการ ขยายตัว

- ถ้าแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นพืชที่ได้รับแสงจะเจริญเติบโต ส่วนพืชที่ไม่ได้ รับ

แสงจะไม่เจริญเติบโต ทั้งนี้ ต้องควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ให้เหมือนกัน

- ถ้าความหนาแน่นของของเหลว มีผลต่อความเร็วของวัตถุที่ตกลงในของเหลว ดังนั้น วัตถุที่ ตกลงในของเหลวที่มีความหนาแน่นมาก จะตกด้วยความเร็วต่ำกว่าเมื่อตกลงในของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ทั้งนี้ต้องควบคุมตัวแปรอื่น ๆ เหมือนกัน

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operation)

นิยามเชิงปฏิบัติการ คือ การกำหนดความหมายของคำ หรือสิ่งที่เราต้องการศึกษา โดย ความหมายที่เรากำหนดขึ้นมานั้น สามารถทำให้เรา วัด สังเกต หรือทดสอบสิ่งนั้น ๆ ได้ นิยามเชิงปฏิบัติการนั้นเรากำหนดขึ้นมาใช้เฉพาะงานเท่านั้น บางครั้งสิ่งเดียวกันเมื่อเรามี จุดประสงค์ในการศึกษาต่างกันความหมายก็จะไม่เหมือนกันคำที่จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการมักจะเป็นคำที่เราต้องการศึกษา หรือเป็นคำที่เป็นตัวแปรนั่นเอง เช่น ถ้าเราต้องการศึกษาว่า วัตถุใดเป็นตัวนำไฟฟ้าได้เหมือนลวดทองแดง การทดลองนี้เราทำได้โดยการนำวัตถุต่าง ๆ ที่เราต้องการศึกษาทำให้เป็นเส้นเหมือนลวดทองแดง แล้วก็นำไปต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ แต่เราจะรู้ว่าเป็นตัวนำไฟฟ้าหรือไม่ก็ต้องทำความเข้าใจกับความหมายของตัวนำไฟฟ้าเสียก่อน ดังนี้ นิยามโดยทั่วไปของตัวนำไฟฟ้า คือ วัตถุใด ๆ ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้

จากนิยามนี้เราจะไม่มีวันรู้เลยว่า เวลาเรานำวัตถุใด ๆ ไปต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่แล้ว วัตถุใดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เพราะกระแสไฟฟ้ามองด้วยตาเปล่าไม่ได้ นั่นคือนิยามนี้ไม่ได้ทำให้เราทราบว่าเราจะวัดหรือทดสอบได้อย่างไรว่ามีกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “ตัวนำไฟฟ้า” ขึ้นมาเอง โดยมีใจความว่า ตัวนำไฟฟ้า คือ วัตถุใด ๆ เมื่อนำไปต่อในวงจรไฟฟ้าแทนลวดทองแดงแล้วสามารถทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างได้ จากนิยามนี้ ช่วยแนะวิธีทดสอบได้ว่าวัตถุใดเป็นตัวนำหรือไม่เป็นตัวนำโดยการสังเกตจากการสว่างของหลอดไฟฟ้า

บางครั้งนิยามเชิงปฏิบัติการยังเป็นนิยามที่เรากำหนดขึ้นมาว่า เราอยากจะให้หมายถึงอะไร อันเนื่องมาจากความหมายของสิ่ง ๆ นั้น อาจจะมีหลายอย่าง เพื่อให้ทุกคนเข้าใจตรงกัน เราจึงมีการกำหนดความหมายของสิ่ง ๆ นั้นขึ้นมาเลย เช่น ถ้าเราต้องการศึกษาว่า ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อการบริหารประเทศโดยนายกรัฐมนตรี

คำว่า นายกรัฐมนตรี นั้น ความหมายโดยทั่วไป หมายถึง บุคคลที่เป็นผู้นำในการบริหารประเทศได้มาจากหัวหน้าพรรคการเมืองที่มีเสียงมากที่สุดในการเลือกตั้ง ความหมายนี้ทำให้คนเราไม่เข้าใจว่า จริง ๆ แล้ว นายกรัฐมนตรีดังกล่าวคือใครกันแน่ เพราะมีหลายคนเหลือเกิน ดังนั้น เพื่อให้ทุกคนเข้าใจตรงกัน เราต้องกำหนดความหมายของคำว่า นายกรัฐมนตรี ใหม่ ดังนี้

นายกรัฐมนตรี หมายถึง นายสมัคร สุนทรเวช ความหมายแบบนี้ คือ นิยามเชิงปฏิบัติการ อีกแบบหนึ่งนั่นเอง

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling variables)

ตัวแปร (variable) หมายถึง สิ่งที่เรากำลังศึกษาหาความสัมพันธ์ รวมถึงสิ่งที่จะมีผลต่อเรื่องที่เรา กำลังศึกษาอยู่

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมใน สมมติฐานหนึ่ง ๆ

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้นที่จะไปมีผลให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อน จึงต้องควบคุมให้เหมือนกันทุกกลุ่มทดลอง

ในการศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ถ้าเราสามารถหาตัวแปรได้ หากความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหลายได้ เราก็สามารถที่จะควบคุมปรากฏการณ์หรือสร้างปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ เช่น ถ้าเราต้องการศึกษาเรื่องโปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของสุนัขหรือไม่ ในการศึกษาเรื่องนี้จุดประสงค์ คือ เราต้องการจะรู้ว่าสุนัขที่กินอาหารที่มีโปรตีนกับกินอาหารที่ไม่มีโปรตีนจะมีการเจริญเติบโต ต่างกันหรือไม่ นั่นคือ ต้องการศึกษาค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับการเจริญเติบโตของสุนัข ดังนั้น ทั้งโปรตีนและการเจริญเติบโตจึงเป็นตัวแปรนั่นเอง จากปัญหาที่เราต้องการศึกษาข้างต้น สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า

ถ้าโปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของสุนัขแล้ว สุนัขที่กินอาหารที่มีโปรตีนจะเจริญเติบโตดีกว่าสุนัขที่กินอาหารที่ไม่มีโปรตีน

จากสมมติฐานที่ตั้งขึ้นมา จะเห็นว่าในสมมติฐานจะปรากฏตัวแปรที่เราจะศึกษาอยู่ชนิดของตัวแปร ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ตัวแปรที่เราศึกษามีอยู่ 3 ชนิด คือ

- (1) ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ สิ่งที่เรากำลังศึกษาว่า เป็นสาเหตุของอีกสิ่งหนึ่งหรือไม่ เช่น จากปัญหาข้างบนโปรตีนถือว่าเป็นตัวแปรต้น เพราะเรากำลังศึกษาว่าเป็นสิ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุนัขหรือไม่ ตัวแปรต้น เป็นสิ่งที่เราเองกำหนดขึ้นมาได้ว่าให้มีกี่ตัว
- (2) ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ สิ่งที่เรากำลังรอดูผลว่าจะเป็นอย่างใด ตัวแปรตามจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของตัวแปรต้น หรือตัวแปรตามจะถูกกำหนดโดยตัวแปรต้น ตัวอย่างเช่น จากปัญหาอันเดิมจะเห็นว่าตัวแปรตามคือ การเจริญเติบโตของสุนัข
- (3) ตัวแปรควบคุม (control variable) คือ สิ่งที่มีผลต่อตัวแปรตามเหมือนตัวแปรต้น แต่เรายังไม่อยากรู้ความสัมพันธ์ของตัวมันที่จะมีผลต่อตัวแปรตาม เลยต้องมีการควบคุมไว้ก่อน เช่น จากปัญหาอันเดิม สิ่งที่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสุนัขอาจจะมีหลายอย่าง ได้แก่ สภาพแวดล้อม พันธุ์ของสุนัข เพศของสุนัข อายุของสุนัข ฯลฯ ดังนั้น ในขณะที่ทดลองเราต้องกำหนดให้สิ่งเหล่านี้เหมือนกันหมดทุกกลุ่ม เราเรียกสิ่งเหล่านี้ว่า ตัวแปรควบคุม ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการควบคุมตัวแปรที่เราไม่ต้องการศึกษาแต่จะมีผลต่อการทดลอง หากไม่ควบคุมสิ่งเหล่านี้แล้วอาจมีผลทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

12. การทดลอง (experimenting)

การทดลอง คือ กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบของปัญหา หรือตรวจสอบ สมมติฐานที่สร้างไว้ โดยการทดลองนั้นเป็นการสร้างเหตุการณ์ หรือสถานการณ์จำลองขึ้นมาอย่างหนึ่ง เพื่อที่จะสังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ไว้แล้ว การทดลองจะทำให้เราได้ข้อมูล ซึ่งมีความสำคัญมากเพราะข้อมูลนี้สามารถนำไปวิเคราะห์เป็นความรู้ออกมาได้

การทดลองเป็นกระบวนการที่รวบรวมกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกือบทั้งหมดมาใช้ เช่น การสังเกต วัด ตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การคำนวณ บางครั้งการหาคำตอบของปัญหาหรือตรวจสอบสมมติฐาน อาจจะไม่ต้องการการทดลองก็ได้ เพียงแต่เราไปสังเกต วัด หรือจัดจำแนกประเภท ก็สามารถหาคำตอบได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วการหาคำตอบต้องมีการทดลอง การทดลองแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

(1) การทดลองแบบลองผิดลองถูก คือ การค้นหาคำตอบของปัญหาที่ไม่มีหลักเกณฑ์เท่าใดนัก เพราะบางปัญหาเราไม่รู้จะทำการทดลองแบบใดดี จึงต้องมีการลองผิดลองถูกไป ถ้าวิธีใด ไม่ได้ผลก็เปลี่ยนวิธีใหม่ เช่น สมัยก่อนคนเราต้องการ โลหะที่มีความแข็งแรงเพื่อใช้ในการทำเครื่องมือต่าง ๆ จนในที่สุดพบว่า ถ้าเอาดีบุกผสมทองแดงด้วยสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วหลอมจะได้โลหะผสมที่เรียกว่า บรอนซ์ ซึ่งแข็งแรงมาก

(2) การทดลองแบบไม่มีการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ การทดลองนี้มีแบบแผน แต่มีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวแล้วทดลองหาคำตอบจากกลุ่ม เช่น ถ้าต้องการทราบว่าแม่เหล็กดูดสารอะไรบ้าง ก็ทำได้โดยการเอาสารต่าง ๆ มาหลาย ๆ ชนิด แล้วเอาแม่เหล็กไปแตะผลที่ออกมาจะรู้ทันทีว่าแม่เหล็กดูดสารอะไรบ้าง

(3) การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ การทดลองนี้จะมีการแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพื่อจะได้เปรียบเทียบผลของการทดลองว่า ทั้งสองกลุ่มต่างกันหรือไม่ เช่น ถ้าเราต้องการรู้ว่าปุ๋ยแอมโมเนียจะทำให้ข้าวโพดมีจำนวนเมล็ดในฝักมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ยหรือไม่ ซึ่งเราสามารถทดลองได้ดังนี้ คือ นำเอาเมล็ดข้าวโพดจากฝักเดียวกัน มาจำนวน 20 เมล็ด แล้วแบ่งเป็น 2 กอง ๆ ละ 10 เมล็ด แล้วนำเมล็ดไปหว่านในแปลงเดียวกัน มาจำนวน 20 เมล็ด แล้วแบ่งเป็น 2 กอง ๆ ละ 10 เมล็ด แล้วนำเมล็ดไปหว่านในแปลงเดียวกันจากนั้นให้ดูแลข้าวโพดทั้งสองกลุ่ม เหมือนกัน แต่กลุ่มแรกไม่ต้องให้ปุ๋ยแอมโมเนีย (กลุ่มควบคุม) อีกแปลงหนึ่งใส่ปุ๋ยแอมโมเนีย (กลุ่มทดลอง) จากนั้นเวลาออกฝักแล้วให้นำข้าวโพดทั้งสองแปลงมานับดูจำนวนเมล็ดซึ่งจะทำให้เราทราบว่า ผลการทดลองจะเป็นอย่างไร การทดลองโดยทั่ว ๆ ไป จะต้องประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 กิจกรรม คือ

(1) การวางแผนการทดลอง คือ การเตรียมการก่อนการทดลอง ซึ่งจะต้องประกอบไปด้วยกิจกรรมต่อไปนี้ คือ

- การกำหนดปัญหาของการทดลองว่าเราต้องการศึกษาอะไร
- ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่เราตั้งไว้ สมมติฐานต้องตั้งให้ชัดเจน สามารถจะแนะวิธีการทดลองได้
- กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่เราต้องการศึกษา
- ระบุตัวแปรว่า ในการทดลองนี้ตัวแปรต้นคืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร และ ตัวแปรควบคุมคืออะไร

- ระบุอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการทดลองว่าต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง

- ออกแบบการทดลองเป็น การระบุกระบวนการทดลองว่าในการลงมือปฏิบัติจริง ๆ นั้น จะทำอย่างไร รูปแบบการทดลองต้องสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

- การออกแบบวิธีบันทึกผลการทดลอง คือ การบอกวิธีบันทึกผลการทดลองว่าจะบันทึกแบบใด

(2) การลงมือทดลอง คือ การลงมือปฏิบัติตามที่เราได้วางแผนไว้

(3) การบันทึกผลการทดลอง คือ การบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่เรากำหนดไว้ เพื่อที่จะได้นำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์

ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงวิธีการวางแผนการทดลองของปัญหาที่ว่า ปริมาณ โปรตีนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์หรือไม่ จากปัญหานี้การวางแผนการทดลองประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้ คือ

ชื่อปัญหา อัตราการเจริญเติบโตของสัตว์จะเป็นอย่างไร ถ้าอาหารสัตว์มีปริมาณโปรตีนต่างกัน ตั้งสมมติฐาน ถ้าปริมาณโปรตีนในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ ดังนั้น สัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนมากจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าสัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนน้อยกว่า

นิยามเชิงปฏิบัติการ การเจริญเติบโต หมายถึง การที่สัตว์มีน้ำหนัก ความยาว และขนาดลำตัวเพิ่มขึ้น

ตัวแปรต้น คือ ปริมาณ โปรตีนในอาหาร

ตัวแปรตาม คือ อัตราการเจริญเติบโตของสัตว์

ตัวแปรควบคุม คือ 1) ปริมาณอาหารและน้ำ

2) ชนิดของสัตว์

3) ขนาดของสัตว์

4) อายุ เพศของสัตว์

5) ระยะเวลาในการทดลอง

6) บริเวณที่เลี้ยงสัตว์

อุปกรณ์

1) หนูตะเภาเพศเมีย อายุ 10 วัน จำนวน 15 ตัว

2) กรงสัตว์พร้อมภาชนะใส่อาหาร น้ำ ที่มีลักษณะเหมือนกัน 15 กรง

3) อาหารสัตว์ที่มีปริมาณโปรตีนต่างกัน คือ ชนิดมีโปรตีน 5% 20% และ

40% ปริมาณชนิดละ 400 กรัม

4) หลอดนึ่งคยา

5) บีกเกอร์

6) น้ำ

7) เครื่องชั่ง

8) สายวัด

วิธีทดลอง 1) นำหนูตะเภาที่เตรียมไว้มาชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และขนาดลำตัวทั้ง 15 ตัว แล้วบันทึกผลเก็บไว้เป็นข้อมูลก่อนการทดลอง

2) บรรจุหนูใส่ลงในกรง ๆ ละตัว เขียนหมายเลขกรงไว้

3) ใส่อาหารที่มีโปรตีน 5% แก่หนูกรงที่ 1-5 อาหารที่มีโปรตีน 20% แก่หนูกรงที่ 6-10 และอาหารที่มีโปรตีน 40% แก่หนูกรงที่ 11-15 โดยให้อาหารปริมาณตัวละ 5 กรัม และน้ำตัวละ 10 cm³ โดยให้วันละ 3 มื้อ

4) ชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และขนาดของตัวของหนูทุกตัว ในตอนเช้าก่อนให้อาหารในมือต่อไปของแต่ละวันตั้งแต่วันแรกจนครบ 20 วัน โดยข้อมูลที่ได้ในแต่ละวันบันทึกลงใน ตารางที่กำหนดไว้

ปริมาณโปรตีน กับ อัตราการเจริญเติบโตของหนู

วันที่ 1 ของการทดลอง

ปริมาณ โปรตีน	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความยาวเฉลี่ย(ซ.ม.)	ขนาดลำตัวเฉลี่ย (ซ.ม.)
5%			
20%			
40%			

วันที่ 2 ของการทดลอง

ปริมาณ โปรตีน	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความยาวเฉลี่ย(ซ.ม.)	ขนาดลำตัวเฉลี่ย (ซ.ม.)
5%			
20%			
40%			

.....

วันที่ 20 ของการทดลอง

ปริมาณ โปรตีน	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความยาวเฉลี่ย(ซ.ม.)	ขนาดลำตัวเฉลี่ย (ซ.ม.)
5%			
20%			
40%			

13. การตีความหมายและลงข้อสรุปข้อมูล (interpreting data)

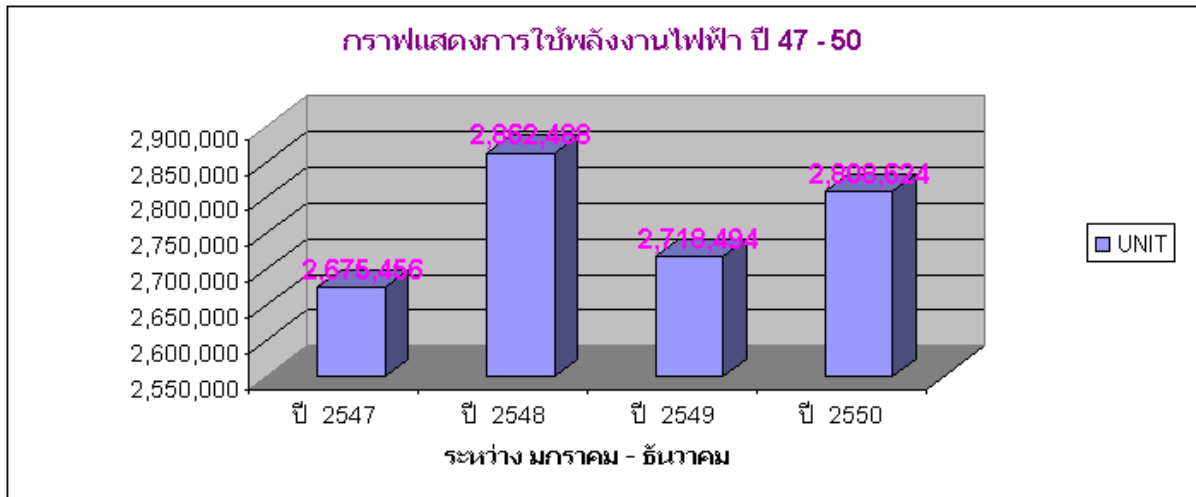
การตีความหมายและลงข้อสรุปข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง หรือจากการสังเกตมาสรุป เป็นความรู้การตีความหมายข้อมูล คือ การบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปของกราฟ ตาราง รูปภาพ สัญลักษณ์ ฯลฯ ให้ออกมาในรูปของภาษาพูดที่เข้าใจง่าย

การลงข้อสรุป คือ การบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น และตัวแปรตามของข้อมูล หลังจากที่มี การตีความแล้ว

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง สังเกต การวัด โดยทั่วไปก่อนที่จะนำเสนอให้ผู้อื่นทราบ นั้น ส่วนใหญ่จะต้องผ่านการจัดกระทำมาก่อน ดังนั้น ข้อมูลจึงไม่อยู่ในรูปของการบรรยาย มักจะอยู่ในรูป ของตาราง กราฟ สัญลักษณ์ รูปภาพ ฯลฯ ที่รวบรวมรายละเอียดของข้อมูลไว้อย่างครบถ้วนและกะทัดรัด ใน การที่จะนำข้อมูลเหล่านั้น ไปใช้ในการอ้างอิง อธิบาย หรือเพื่อจุดประสงค์ใดก็ตาม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้อง ตีความหมายของข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นภาษาพูดหรือภาษาเขียน เพื่อที่จะสื่อความหมายกับคนทั่ว ๆ ไปได้ ง่ายขึ้น ยิ่งถ้าเราสามารถบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้นได้แล้วจะทำให้เรารู้ความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยรวมได้

การตีความหมายและลงข้อสรุปข้อมูลมีหลายประเภท ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะการตีความหมายและลงข้อสรุปข้อมูลจากกราฟเท่านั้น

(1) การตีความหมายและลงข้อสรุปข้อมูลจากกราฟ จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ในปี พ.ศ. 2547 – 2550 ได้ข้อมูลดังกราฟข้างล่าง



จากกราฟข้างบน สามารถตีความหมายของข้อมูลได้ดังนี้ คือ

- (1) ในปี พ.ศ. 2548 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ใช้พลังงาน 2,862,488 หน่วย
- (2) ปีที่ใช้พลังงาน 2,808,824 หน่วย คือ ปี พ.ศ. 2550
- (3) พลังงานที่ใช้ในปีพ.ศ. 2547 กับปีพ.ศ. 2550 ต่างกัน 133,368 หน่วย

จากกราฟข้างบนสามารถลงข้อสรุปรวมได้ดังนี้ คือ

ในช่วง พ.ศ. 2547 – 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ มีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากขึ้น