หน่วยที่ 1

ขอบข่ายความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความเจริญก้าวหน้าในด้านชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ในปัจจุบันนี้ เป็นผลสืบเนื่องจากการสะสมและการถ่ายทอดความรู้ จากธรรมชาติสืบต่อกันมานาน การประยุกต์ซึ่งความรู้เหล่านี่เกิดจาการช่างสังเกต ความอยากรู้อยากเห็น ความเป็นนักประดิษฐ์คิดค้น เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ทั้งด้านการบริโภคอุปโภค สืบต่อกันมา

ความหมายของวิทยาศาสตร์

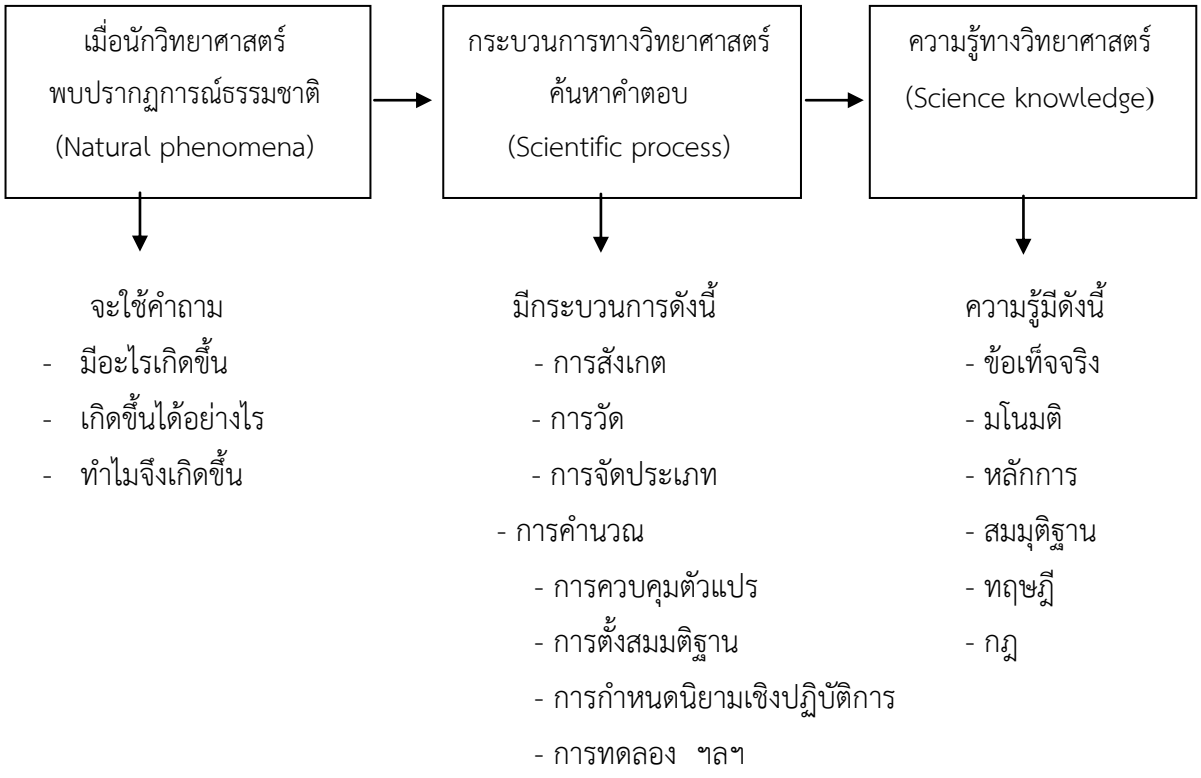
วิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษคือ Science มาจากภาษาลาติน “Scienctia” ซึ่งหมายถึงความรู้ (Knowledge) เมื่อนักวิทยาศาสตร์พบปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างใดอย่างหนึ่งในการค้นหาคำตอบ เขาจะตั้งคำถาม 3 ข้อคือ

What question	มีอะไรเกิดขึ้น
How question	มันเกิดขึ้นอย่างไร
Why question	ทำไมจึงเกิดขึ้น

คำถามทั้ง 3 คำถามเป็นกุญแจสำคัญทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้คำตอบของปัญหา

ลำดับขั้นตอนของการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นแรก	เป็นการค้นพบปรากฏการณ์ธรรมชาติ
ขั้นที่สอง	เป็นการค้นหาคำตอบของปัญหา
ขั้นที่สาม	เป็นคำตอบของปัญหา หรือตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์



ดังนั้นนิยามทางวิทยาศาสตร์ จึงหมายถึง การค้นหาความรู้จากธรรมชาติ โดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประเภทของสาขาของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งความรู้ต่างๆ เหล่านี้มีอยู่อย่างมากมาย ดังนั้น เพื่อความเป็นระเบียบจึงต้องมีการจัดความรู้ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่ตามแต่ละสาขา เช่น ถ้าเป็นความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตจำพวกพืช หรือพรรณไม้ต่างๆ จัดอยู่ในสาขาพฤกษาศาสตร์ ส่วนเรื่องที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น สัตว์เซลล์เดียวหรือเชื้อจุลินทรีย์ จัดอยู่ในสาขาจุลชีววิทยา เป็นต้น อย่างไรก็ตามความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้แบ่งออกอย่างกว้างๆ เป็น 2 ประเภท ตามจุดประสงค์ของการแสวงหาความรู้ คือ วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

1.วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure science) เป็นความรู้พื้นฐานล้วน ๆ ซึ่งประกอบด้วย ข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ ทฤษฎี กฎ นักวิทยาศาสตร์ค้นคว้าหาความรู้ประเภทนี้เพื่อความใคร่รู้ เพื่อตอบสนองความต้องการทางจิตใจ โดยไม่คิดหวังผลประโยชน์จากการค้นคว้านี้เลย ได้แก่

1.1 วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical science) ศึกษาหาความรู้จากธรรมชาติที่ เกี่ยวกับสิ่งไม่มีชีวิตได้แก่ ฟิสิกส์ (Physic) เคมี (Chemistry) ธรณีวิทยา (Geology) ดาราศาสตร์ (Astronomy) อุตุนิยมวิทยา (Meteorology) เป็นต้น

1.2 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological Science) เป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาหาความรู้จากธรรมชาติเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตได้แก่ พฤกษศาสตร์ (Botany) สัตวศาสตร์ (Zoology)

1.3 วิทยาศาสตร์สังคม (Social Science) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดระบบให้มนุษย์ดำรงชีวิตได้อย่างสงบสุขในสังคมได้แก่ จิตวิทยา (Psychology) รัฐศาสตร์ (Political Science)

2. วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Science) เป็นการนำความรู้จากวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์มาประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น แพทย์ศาสตร์ เกษตรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีการอาหาร เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

หากเราพิจารณาในสาขาวิชาแพทยศาสตร์ ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์สาขาหนึ่งนั้น จะพบว่าเป็นการผสมผสานความรู้จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์หลายสาขาประกอบกันเพื่อประโยชน์ในการรักษาโรค โดยไม่ได้ใช้ความรู้ในวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์สาขานั้นทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ความรู้ทางด้านชีววิทยาใช้เฉพาะที่เกี่ยวกับเรื่องการทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ของร่างกาย ความรู้ทางด้านฟิสิกส์ใช้ในส่วนที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับโครงสร้างของร่างกายและการเคลื่อนไหว ใช้ความรู้ทางด้านเคมี เช่น คุณสมบัติของสารเคมีต่างๆ ที่สามารถนำมาทำยารักษาโรค ทางด้านจุลชีววิทยาได้แก่ ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อจุลินทรีย์ และเชื้อโรคต่างๆ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าสาขาวิชา แพทย์ศาสตร์นั้นเป็นการดึงเอาความรู้บางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของร่างกายมนุษย์ และ การบำบัดรักษาโรคภัยไข้เจ็บจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์หลายๆแขนงมาประยุกต์รวมกันเพื่อประโยชน์ทางด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น

โดยสรุป คือ วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์เป็นความรู้ในเรื่องต่างๆ ซึ่งมักเป็นสาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ที่มีลักษณะเป็นทฤษฎี หลักการ กฎ หรือสูตรต่างๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เป็นต้น

ส่วนวิทยาศาสตร์ประยุกต์เป็นการใช้ความรู้เพื่อให้เกิดประโยชน์ โดยเน้นในทางปฏิบัติมากกว่าทฤษฎี และมักเป็นสาขาวิชาเฉพาะทาง เช่น แพทย์ศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge)

ความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง องค์ความรู้ซึ่งเป็นความรู้ของโลกธรรมชาติ เช่น ฟิสิกซ์ เคมี ชีววิทยา เป็นต้น

ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ในวิธีการหรือกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีทางที่นำไปสู่เป้าหมายของการได้มาซึ่งความรู้ได้จากการสืบแสวงหา

ประเภทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Type of Scientific Knowledge)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลลัพธ์จากการกระทำของนักวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากง่ายไปยาก 6 ระดับ คือ

1. ข้อบเท็จจริง (Fact)
2. ความคิดรวบยอดหรือ มโนมติ (Concept)
3. หลักการ (Principle)
4. สมมติฐาน (Hypothesis)
5. ทฤษฎี (Theory)
6. กฎ (Law)

1. ข้อเท็จจริง (Fact)

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมายของ“ข้อเท็จจริง” ว่า เป็นข้อความหรือเหตุการณ์ที่เป็นมาหรือเป็นอยู่ตามจริง

ข้อเท็จจริง เป็นความรู้พื้นฐานเบื้องต้นทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติและสิ่งต่างๆโดยตรง โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย หรือจากการตรวจวัดโดยวิธีการอย่างง่ายๆ โดยผลที่ได้จากการสังเกตและการวัดต้องเหมือนเดิมไม่ว่าจะกระทำกี่ครั้งก็ตาม และเป็นข้อมูลที่เป็นจริงเสมอไม่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา ข้อเท็จจริงมีลักษณะเป็นข้อความเดี่ยวๆ ที่ตรงไปตรงมา

ข้อเท็จจริงเดี่ยวยังถือว่ายังไม่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่ถ้าหากมีข้อเท็จจริงหลายข้อเท็จจริงมาประมวลรวมกันแล้วจึงถือว่าเป็นความรู้

เช่น การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือสิ่งใดๆ ที่เป็นอยู่จริงไม่เปลี่ยนแปลง และเป็นสิ่งที่ได้จากการสังเกตโดยตรง หรือโดยอ้อม (ข้อเท็จจริงในธรรมชาติย่อมถูกต้องเสมอ แต่การสังเกตข้อเท็จจริงอาจผิดพลาดได้) ความรู้ที่ได้นี้ เมื่อทดสอบในสถานการณ์หรือสภาวะเดียวกันจะได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น “น้ำไหลจากที่สูงสู่ที่ต่ำ”

“น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ณ บริเวณที่ระดับน้ำทะเล”

“เกลือมีรสเค็ม”

“สเปรคตรัมของแสงอาทิตย์มี 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง” (ใช้อุปกรณ์ช่วย)

“น้ำแข็งลอยน้ำได้”

“พระอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก”

2. มโนมติหรือความคิดรวบยอด (Concept)

คำว่ามโนมตินั้น บางคนใช้คำว่า ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ มโนภาพ หรือสังกัป ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน

มโนมติ คือ ความคิดหลัก (Main idea) ของแต่ละบุคคลที่มีต่อเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นๆ มโนมติเกิดจากการนำข้อเท็จจริงมาศึกษาหรือเปรียบเทียบความแตกต่าง สรุปรวมลักษณะที่สำคัญ มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งนั้นๆ สร้างเป็นความคิดหลักในรูปที่แสดงถึงความคิด ความเข้าใจ ทำให้นำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์เหตุการณ์ วัตถุ และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแต่ละคนอาจมีนโนมติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ ความรู้เดิม วัยวุฒิ และ เหตุผลของบุคคลนั้นๆ

ตัวอย่าง

1. โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์
2. ใบไม้แต่ละชนิดมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน
3. พืชใบเลี้ยงเดี่ยวเป็นพืชที่มีใบเลี้ยงออกมาเพียงใบเดียวและมีเส้นใบขนานกัน
4. แมลง คือสัตว์ที่มีเขาและลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน
5. สัตว์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง กับสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง
6. ความหนาแน่น เป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตร
7. ยีนที่อยู่บนโครโมโซมจะเป็นตัวกำหนดลักษณะทางพันธุกรรม
8. หัวใจเป็นอวัยวะที่สำคัญที่สุด

สรุป "มโนมติ คือ ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลายๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปของเรื่องนั้น

3. หลักการ (Principle) หรือ "ความจริงหลัก"

เป็นความจริงที่ใช้เป็นหลักในการอ้างอิงได้ โดยนำกลุ่ม มโนมติที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ซึ่งได้รับการทดสอบว่าเป็นจริงแล้วว่าเป็นจริง แล้วนำไปใช้อ้างอิงและพยากรณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ (หลักการต้องเป็นความจริงที่สามารถทดสอบได้ และได้ผลเหมือนเดิม มีความเป็นปรนัย และเป็นที่เข้าใจตรงกัน)

ด้วยเหตุนี้หลักการมีลักษณะแตกต่างจากมโนมติตรงที่หลักการเป็นสิ่งที่ทุกคนเข้าใจตรงกัน สามารถใช้อ้างอิงได้ แต่มโนมติเกี่ยวกับสิ่งเดียวกันของแต่ละคนอาจไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นกับประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (สุโขทัยธรรมาธิราช, 2541 : 26) หลักการอาจผสมผสานจากมโนมติ ตั้งแต่ 2 มโนมติที่สัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน

ตัวอย่างที่ 1

"ทองแดง เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว" "อลูมิเนียม เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว" "เหล็กเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว"	กลุ่มมโนมติ	**หลักการ** "โลหะทุกชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว"

ตัวอย่างที่ 2

"ขั้วบวกกับขั้วบวกจะผลักกัน" "ขั้วลบกับขั้วลบจะผลักกัน" "ขั้วลบกับขั้วขั้วบวกจะดูดกัน"	กลุ่มมโนมติ	**หลักการ** "ขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดูดกัน"

ตัวอย่างที่ 3

"แสงจะหักเหเมื่อเดินทางผ่านอากาศไปสู่น้ำ" "แสงจะหักเหเมื่อเดินทางผ่านอากาศไปสู่แก้ว" "แสงจะหักเหเมื่อเดินทางผ่านแก้วไปสู่น้ำ"	ดังนั้น	**หลักการ** "แสงจะหักเหเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางหนึ่งไปสู่ตัวกลางหนึ่งซึ่งมีความหนาแน่นต่างกัน"

4. สมมติฐาน (Hypothesis)

สมมติฐาน คือ ข้อคิดเห็นหรือถ้อยแถลงที่เป็นมูลฐานแห่งการหาเหตุผล การทดลอง หรือการวิจัย (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) หรือ

สมมติฐาน หมายถึง ข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง สมมติฐานใดจะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ขึ้นอยู่กับหลักฐาน เหตุผลที่จะสนับสนุนหรือคัดค้าน (ข้อความที่เป็นสมมติฐานต้องเป็นข้อความคาดคะเนคำตอบโดยที่บุคคลนั้นยังไม่เคยรู้หรือเรียนมาก่อน)

สมมติฐานไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงหรือพยากรณ์ได้ เพราะยังไม่ได้ผ่านการทดสอบยืนยันว่าเป็นความจริง ดังนั้นสถานภาพของมันจึงเป็นเพียงหลักการวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่ยกร่างขึ้นเพื่อรอการทดสอบต่อไป (เพียร ซ้ายขวัญ, 2536:18)

ในทางวิทยาศาสตร์ สมมติฐานมีความจำเป็นและมีความสำคัญมาก เพราะสมมติฐานจะเป็นสิ่งที่ช่วยชี้แนะแนวทางว่าจะค้นหาข้อมูลอะไรและจะทำการทดลองได้อย่างไร ถ้าปราศจากสมมติฐานแล้วการค้นหาความรู้วิทยาศาสตร์จะไม่เกิดขึ้น *ตัวอย่าง* ยาเพนิซิลิน ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะใช้สำหรับรักษาโรคต่างๆ คงไม่

เกิดขึ้น ถ้าเซอร์ อเล็กซานเดอร์ เฟลมิง ไม่ตั้งสมมติฐานว่า “สารเคมีที่ผลิตโดยเชื้อรา *Penicillium Notatum* มีฤทธิ์ต้านและทำลายแบคทีเรียได้” เป็นต้น

ตัวอย่าง

"เมื่อพืชได้รับแสงมากขึ้น พืชนะเจริญเติบโตขึ้น"

"ถ้าเพิ่มทำละลาย จุดเดือดของสารละลายจะเพิ่มขึ้น"

"ถ้าเพิ่มปริมาณปุ๋ยให้กับพืชมากเกินไป พืชจะเฉาตาย"

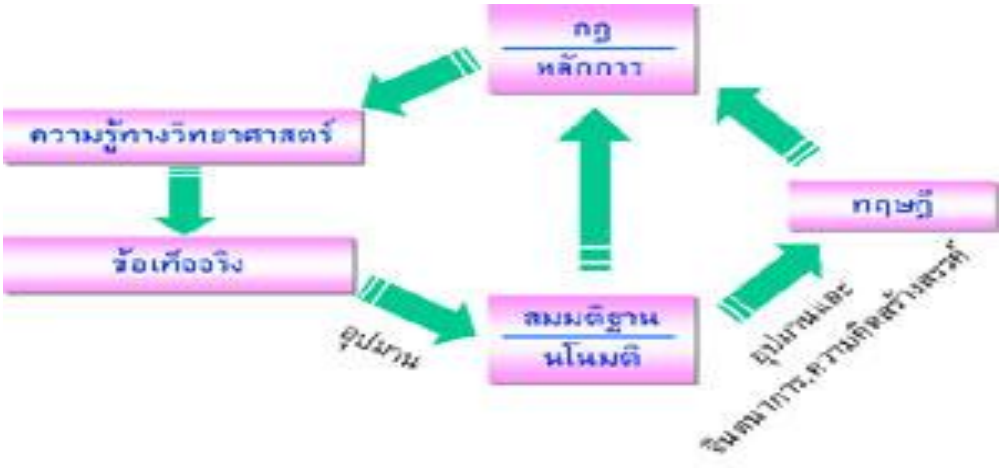
"ถ้าอุณหภูมิที่แวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของบัคเตรี ดังนั้น บัคเตรีที่อยู่ในอุณหภูมิพอเหมาะจะเจริญเติบโตมากกว่าบัคเตรีที่อยู่ในอุณหภูมิไม่เหมาะสม"

"ถ้าช่วงขาที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการวิ่ง ดังนั้น นาย ก. ซึ่งมีช่วงขายาวกว่า นาย ข. จะใช้เวลาในการวิ่ง 100 เมตร น้อยกว่า"

"ในการปล่อยลูกบอลจากระดับที่สูงขึ้นลงสู่พื้นมีผลต่อความสูงที่ลูกบอลกระเด้งขึ้น ดังนั้นลูกบอลที่ปล่อยจากระดับที่สูงกว่าจะกระเด้งสูงกว่าบอลที่ปล่อยจากระดับที่ต่ำกว่า"

สมมุติฐานจะเป็นที่ยอมรับก็ต่อเมื่อพิสูจน์ได้ว่าสมมติฐานนั้นถูกต้องมีหลักฐานหรือเหตุผลมาสนับสนุน ในกรณีที่สมมติฐานมีหลักฐานมาสนับสนุนไม่เพียงพอหรือมีข้อคัดค้าน สมมติฐานนั้นก็ใช้ไม่ได้ต้องถูกยกเลิกไป นักวิทยาศาสตร์ก็จะเสาะหาสมมติฐานอันใหม่ต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม สมมติฐานที่เป็นที่ยอมรับในสมัยหนึ่งอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือยกเลิกไป เมื่อมีผู้ค้นพบหลักฐานที่คัดค้านสมมติฐานนั้น และก็มีบางสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเป็นเวลานานโดยไม่มีผลการสังเกตหรือผลการทดลองมาคัดค้านได้ สมมติฐานนั้นก็จะได้รับ การยอมรับ และเปลี่ยนไปเป็นหลักการ ทฤษฎี และกฎต่อไป

สรุป ความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์



5.ทฤษฎี (Theory)

ทฤษฎี คือ ความเห็น ลักษณะที่คิด คาดเอาตามหลักวิชาการเพื่อเสริมเหตุผล และรากฐานให้แก่ปรากฏการณ์หรือข้อมูลในภาคปฏิบัติ ซึ่งเกิดขึ้นมาอย่างมีระเบียบ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542)

ทฤษฎี เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง มีลักษณะเป็นข้อความที่ใช้ในการอธิบายข้อเท็จจริง หลักการ และกฎต่างๆ หรือกล่าวได้ว่า ทฤษฎีเป็นข้อความที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ทั้งหลาย (สุโขทัยธรรมาธิราช, 2541 : 30)

ทฤษฎีเป็นข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น เป็นคำอธิบายหรือความคิดที่ได้จากสมมติฐานที่ผ่านการตรวจสอบหลายๆ ครั้ง และใช้อ้างอิงได้ หรือ ทำนายปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างกว้าง สามารถใช้อธิบายกฎ หลักการ และการคาดคะเนข้อเท็จจริงในเรื่องทำนองเดียวกันได้ (ทฤษฎี เป็นความคิดของนักวิทยาศาสตร์ อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อได้รับข้อเท็จจริงเพิ่มขึ้นและน่าเชื่อถือมากขึ้น)

ในการแสวงหาความจริงของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ใช้การสังเกตการสรุปรวมข้อมูล การคาดคะเนซึ่งทำให้เกิดความรู้วิทยาศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ข้อเท็จจริง หลักการ สมมติฐาน และกฎ แต่การจะรู้แต่เพียงว่าข้อเท็จจริงหรือหลักการเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นอย่างไร เท่านั้นยังไม่พอ นักวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถอธิบายข้อเท็จจริงหรือหลักการนั้นได้ด้วยว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามสร้างแบบจำลอง (model) ขึ้น และเขียนคำอธิบายกว้างๆเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยที่คิดว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะใช้อธิบายข้อเท็จจริงย่อยในขอบเขตที่เกี่ยวข้องนั้นได้และสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่ยังไม่เคยพบในขอบเขตของแบบจำลองนั้นได้ เราเรียกแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ว่า ทฤษฎี (สุโขทัยธรรมาธิราช, 2541 : 30)

ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับกฎ กฎนั้นอธิบายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลเป็นหลัก คือบอกได้แต่เพียงว่าผลที่ปรากฏให้เห็นนี้มีสาเหตุอะไร หรือเหตุกับผลสัมพันธ์กันอย่างไร แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ส่วนทฤษฎีนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ในกฎได้ เช่น “ถ้าเอาขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันมาวางใกล้กันมันจะผลักกันแต่ถ้าขั้วต่างกันมันจะดูดกัน” นี่คือความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปของกฎ ถ้าจะถามว่าทำไมขั้วแม่เหล็กเหมือนกันจึงผลักกัน การอธิบายความสัมพันธ์นี้ต้องใช้ทฤษฎีโมเลกุลแม่เหล็กมาอธิบายจึงจะเข้าใจ (เพียร ซ้ายขวัญ, 2536 : 15)

สรุป

- เป็นข้อความซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในการอธิบายกฎ หลักการ หรือข้อเท็จจริง
- เป็นข้อความที่ใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น

- เป็นที่น่าเชื่อถือได้และสามารถอนุมานไปเป็นหลักการ กฎ บางอย่างได้

การสร้างทฤษฎี

ต้องอาศัยข้อมูลที่รวบรวมได้โดยใช้วิธีอนุมานร่วมกับการสร้างจินตนาการ เพื่อกำหนดข้อความที่จะนำไปอธิบายถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกี่ยวข้อง (บางครั้งต้องอาศัยจินตนาการ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทฤษฎีขึ้นมา

ตัวอย่าง

"ทฤษฎีโมเลกุลของแม่เหล็ก กล่าวว่า สารแม่เหล็กทุกชนิดจะมีโมเลกุลซึ่งมีอำนาจแม่เหล็กอยู่แต่ละโมเลกุลจะประกอบด้วยขั้วเหนือและขั้วใต้ หากโมเลกุลแม่เหล็กเหล่านี้เรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ อำนาจแม่เหล็กจะถูกทำลายกันเอง เพราะขั้วเหนือและขั้วใต้มีอำนาจคนละชนิด แต่ถ้าหากโมเลกุลของแม่เหล็กนั้นเรียงตัวเป็นระเบียบ ขั้วเหนือจะชี้ไปทางปลายหนึ่งของแท่งแม่เหล็ก ส่วนทางขั้วใต้จะชี้ไปอีกปลายด้านหนึ่งซึ่งเกิดมีขั้วอิสระที่ปลายทั้งสองข้าง"

ทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปเพราะ

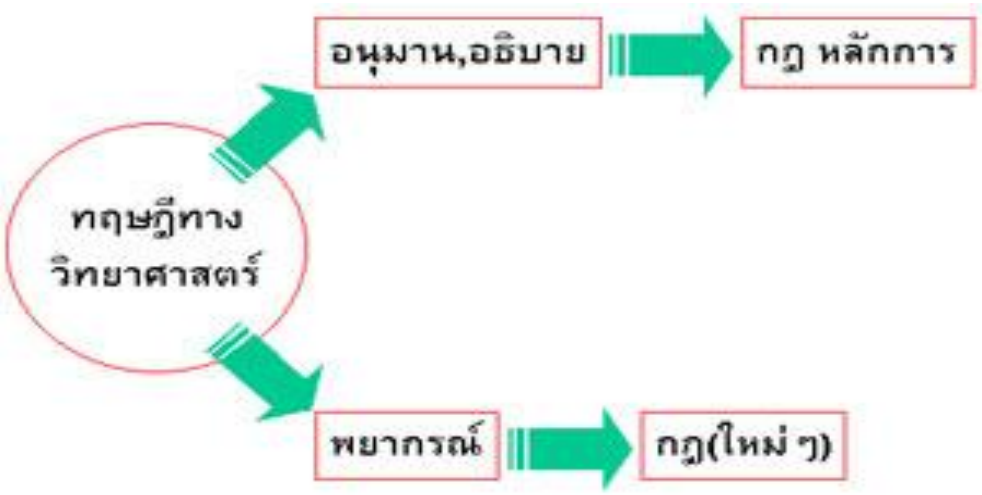
1. สามารถนำไปอธิบายข้อเท็จจริงที่ว่า "แม่เหล็กดูดเหล็กได้ แม่เหล็กขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดูดกัน"
2. สามารถอนุมานไปเป็นกฎเกี่ยวกับการดึงดูดและการผลักกันระหว่างขั้วแม่เหล็กได้
    - กฎ "แม่เหล็กขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดูดกัน"
    - กฎ "แรงที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของกำลังแม่เหล็กและเป็นส่วนผกผันกับระยะทางที่ห่างกันยกกำลังสอง"

$$\left(F = k\frac{m_1 m_2}{d^2}\right)$$

ถ้าต้องการให้ทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปนั้นจะต้องนำทฤษฎีนั้นไปทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ให้ได้หลายๆ ครั้ง และหลายๆ ปรากฏการณ์

3. สามารถพยากรณ์ได้ว่า ถ้านำแม่เหล็กไปตัดออกเป็นท่อนๆ แต่ละท่อนคงสภาพเป็นแม่เหล็กเพราะแต่ละท่อนมีโมเลกุลที่เป็นแม่เหล็กเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบอยู่แล้ว

เกณฑ์ในการยอมรับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์



6.กฎ (Law)

เป็นหลักการอย่างหนึ่งซึ่งเป็นข้อความที่ระบุความสัมพันธ์กันระหว่าง เหตุกับผล และอาจเขียนในรูปสมการแทนได้ ผ่านการทดสอบจนเป็นที่น่าเชื่อถือได้มาแล้ว (กฎ มีความจริงในตัวของมันเอง ไม่มีข้อโต้แย้ง สมารถทดสอบได้เหมือนเดิมทุกประการ)

กฎอาจเกิดมาได้ 2 ทาง ด้วยกัน

จากการอุปมานข้อเท็จจริง โดยการรวบรวมจากข้อเท็จจริงหลายๆ ข้อเท็จจริงมาสรุปเป็น มโนมติ หลักการ

จากการอนุมานทฤษฎี โดยการดึงส่วนย่อยของทฤษฎีมาเป็นกฎ เช่น กฎสัดส่วนพหูคูณ แยกย่อยมาจากทฤษฎีอะตอม

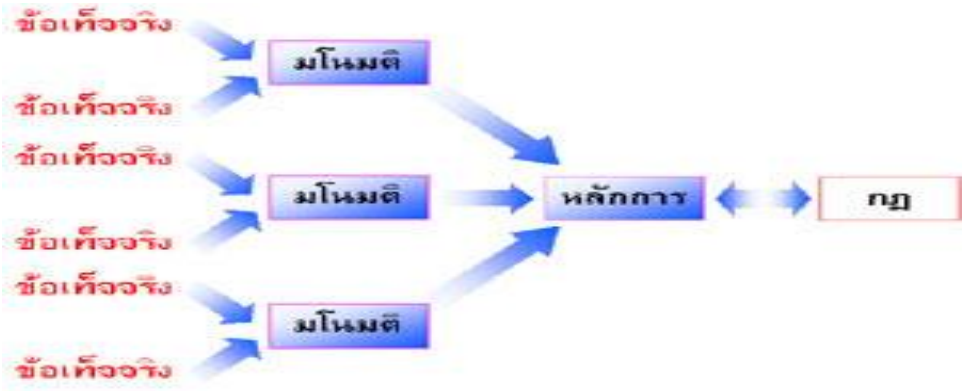
ตัวอย่าง

กฎของบอยล์ กล่าวว่า "ปริมาณของก๊าซจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความดัน ถ้าอุณหภูมิคงที่"

$$V \propto \frac{1}{p}$$ เมื่อ T คงที่

กฎการแยกตัวโดยอิสระของยีน กล่าวว่า "ยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันจะแยกออกจากการโดยอิสระเพื่อสู่หน่วยสืบพันธุ์"

กฎสัดส่วนคงที่ กล่าวว่า "อัตราส่วนระหว่างมวลของสารของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบชนิดใดชนิดหนึ่ง จะมีค่าคงที่เสมอ"



ทำไมต้องเรียนรู้วิทยาศาสตร์

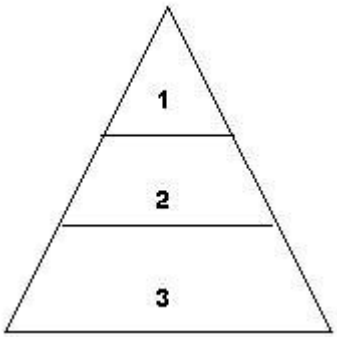
ในที่นี้จะขอกล่าวรวมกับเทคโนโลยี

ประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิปปนนท์ เกตุทัต (ม.ป.ป. : 80) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความจำเป็นและเพิ่มความสำคัญเป็นลำดับมากขึ้นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์แม้ว่าการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเอื้ออำนวยในด้านชีวิตความเป็นอยู่ที่สะดวกสบายและอายุยืนนานขึ้น หากการการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ โดยมิได้พิจารณาอย่างสุขุมรอบคอบและกว้างไกลแล้ว ย่อมเกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและสมดุลทางธรรมชาติอย่างมหันต์ เมื่อมองไปข้างหน้า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีควรช่วยเตรียมให้มนุษย์มีความพร้อมที่จะเผชิญกับปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต และปัญหาอันเกี่ยวเนื่องกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ข้อที่พึงตระหนัก คือ การดำรงชีวิตของมนุษย์มิใช่เพื่อกอบโกยผลประโยชน์จากธรรมชาติ หรือการทำตนอยู่เหนือธรรมชาติ หากแต่มนุษย์ต้องเรียนรู้ธรรมชาติที่จะดำรงชีวิตอย่างสันติร่วมกับผู้อื่น กับสังคมวัฒนธรรม และกับธรรมชาติ ดังนั้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน จะต้องเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลา เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการทางด้านความรู้ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงหลาย ๆ ด้าน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้บุคคลในสังคม รู้จักวิธีการคิดอย่างมีเหตุผล มีวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่มีระบบ อันจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาด้านสติปัญญาซึ่งวิธีการคิดนั้นเป็นวิธีเดียวกันกับที่ใช้อยู่ในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สุเทพ อุสาหะ (2526 : 10-11) กล่าวว่า คงเป็นที่ยอมรับกันว่า ขณะนี้เราอยู่ในยุคที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญสูงสุด ทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับตัวเรานั้นเป็นผลมาจากการพัฒนาของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีส่วนใหญ่ที่มีต่อเศรษฐกิจ และการเสาะแสวงหาความรู้นั้นยังไม่เป็นที่เด่นชัดสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ เฮอร์ด (Hurd. 1970 : 13-15) ได้ชี้ให้เห็นว่าประชาชนส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลผิดพลาดเกี่ยวกับความหมาย และอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีต่อ วัตถุ สังคม และชีวิตความเป็นอยู่ ดังนั้นการให้ความรู้หรือการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นการเตรียมคนเพื่อแก้ปัญหา ต่าง ๆ ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอนาคต และความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะยิ่งเกิดขึ้นมากเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันวิทยาศาสตร์ก็จะเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับสังคมมากขึ้น จึงเป็นสิ่งที่แน่นอนว่าความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของการให้การศึกษาพื้นฐานทั่วไป (general

education) จะมีมากขึ้น จะเห็นได้ว่าทุกคนจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งระดับของการศึกษาของแต่ละคนนั้นย่อมขึ้นอยู่กับเป้าหมายและความสนใจของแต่ละบุคคล ดังที่ เอกิน (Agin. 1974 : 404) ได้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของบุคคลกลุ่มต่าง ๆ ที่ต้องเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามภาพที่ 3



ภาพ แสดงการแยกสาขาของวิทยาศาสตร์

จากภาพ ระดับของกลุ่มบุคคลที่เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. เตรียมนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสาขาต่าง ๆ
2. ให้พื้นฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับผู้ที่จะประกอบอาชีพ หรือวิชาชีพที่อาศัยเทคโนโลยี
3. ให้การศึกษาพื้นฐานเพื่อเป็นพลเมืองที่มีประสิทธิภาพ

จากภาพ จะเห็นได้ว่าพลเมืองกลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่สุดมีความจำเป็นต้องศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจะเป็นพลเมืองที่มีประสิทธิภาพ พร้อมกับนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของพวกเขา ซึ่งประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สรุปได้พอสังเขป ดังนี้คือ

1. การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ในชีวิตประจำวันเมื่อมีปัญหา หรือข้อสงสัยอย่างใดเกิดขึ้น เราต้องใช้เหตุผลเพื่อหาคำตอบหรือแก้ข้อสงสัยต่าง ๆ เสมอมา ในชีวิตประจำวันเราคงจะประสบกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ทั้งกับตัวเราเองหรือบุคคลใกล้ชิด การพยายามหาข้อมูล ต่าง ๆ เพื่อหาสาเหตุของปัญหานั้นอย่างมีเหตุผล สามารถทำให้เราแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

2. วิเคราะห์ปัญหาในสถานการณ์ที่เป็นจริงในชีวิตประจำวันเพื่อการแก้ปัญหา วิทยาศาสตร์นำบุคคลไปสู่การมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นกระบวนการของการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ เพื่อนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีและการแก้ปัญหา

3. สร้างคนให้มีกระบวนการคิด มีเหตุมีผล ไม่หลงงมงายในสิ่งที่ไร้สาระ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่ยืดหยุ่นที่แต่ละบุคคลจะปรับเอาไปใช้แก้ปัญหาของตน แม้ว่ามันจะชื่อว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่จริง ๆ แล้ว ศาสตร์ไหน ๆ ก็ใช้ได้ทั้งนั้น เรื่องการสังเกต การจดบันทึกและแปรความ การพยากรณ์ สร้างคนให้มีเหตุผล ไม่ให้เชื่อถือโชคลางหรือหลงงมงาย เหล่านี้นำไปใช้ได้ทั้งหมด

4. ปรับปรุงคุณภาพของชีวิต วิทยาศาสตร์จะเกี่ยวพันกับมนุษย์ทุกคนตลอดชีพในชีวิตประจำวันตั้งแต่ลืมตาตื่นจนกระทั่งเข้านอนจะเกี่ยวพันกับวิทยาศาสตร์ คงจะไม่มีใครปฏิเสธได้ว่าวิทยาศาสตร์ได้นำความสุข ความสะดวกสบายมาสู่การดำรงชีวิตในเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้

4.1 อาหาร ได้รู้จักวิธีรักษาอาหารไม่ให้บูดเสีย รู้จักคุณค่าของอาหารว่ามนุษย์เราต้องการ แป้ง ไขมัน โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุต่าง ๆ อย่างเพียงพอได้อย่างไรและคิดประดิษฐ์อาหารขึ้นได้ เสาะแสวงหาอาหารให้พอเลี้ยงพลโลกจากแหล่งที่มาจากทะเล อากาศ บนพื้นโลก จากทะเล ได้ผลิตเกลือรับประทาน (NaCl) ผลิตไอโอดีนจากสาหร่ายทะเล ซึ่งเอามาทำวุ้นและแยกไอโอดีนออก ได้โปรตีนจากสัตว์และพืชเช่น Algae ในทะเลนำมาเป็นอาหาร

4.2 เครื่องนุ่งห่ม ได้รู้จักสีย้อมผ้า สมัยก่อนมักใช้สีจากพืชมาย้อมผ้า แต่พอถึง ค.ศ. 1856 William Perkin ได้เริ่มใช้สีที่เตรียมจากถ่านหินหรือสีสังเคราะห์ นอกจากนั้นนักเคมียังรู้จักวิธีทำไหมเทียม ทำปลาสติก ทำไนลอน เพื่อทำเสื้อผ้าสวย ๆ ใช้ เช่น และสารสังเคราะห์ใช้แทนยาง เป็นต้น

4.3 สุขภาพอนามัย แต่ก่อนนี้อัตราคนตายมีมาก แต่ต่อมาจนปัจจุบันอัตรานั้นได้ลดน้อยลงไป ทั้งนี้เพราะกินอาหารดีขึ้น มีที่อยู่อาศัยและน้ำบริโภคดีขึ้น เช่น น้ำประปาก็ต้องใช้ความรู้ของวิชาเคมีทำให้บริสุทธิ์ โดยฆ่าเชื่อโรคด้วย Cl_2 ทำให้ฟันแข็งโดยเติมฟลูออไรด์ลงไปในน้ำดื่ม นอกจากนี้ยังมียาใหม่ ๆ ที่ใช้เป็นผลดีเป็นอันมาก เช่น ยาปฏิชีวนะ ยาพวกซัลฟา ยาสำหรับฆ่าเชื้อโรค การต้นพบยาชา (Anaesthetic) ช่วยให้ศัลยกรรมเป็นผลดียิ่งขึ้น การพบคลอโรฟอร์ม โคเคน ก๊าซหัวเราะ อีเทอร์ (ซึ่งเป็นยาชา) ได้ช่วยชีวิตและบรรเทาความปวดทรมานของคนไข้ไว้เป็นอันมาก

4.4 ที่อยู่อาศัยและเครื่องใช้ มีไม้ขีดไฟที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ สบู่ หม้อ เครื่องภาชนะ เครื่องใช้ไม้สอยที่ทำด้วยโลหะและปลาสติก ก๊าซถ่านหิน รถยนต์ น้ำมัน ผงซักฟอก เครื่องก่อสร้าง เช่นเหล็ก เหล็กกล้า Stainless Steel (Fe + Cr) อะลูมิเนียม ซีเมนต์ คอนกรีต กระจกแตกไม่บาด (Nonsplintered glass) ข้อเสือในเครื่องยนต์ก็ใช้ทำด้วย Alloy ของเหล็ก (เหล็กผสมกับมังกานีส) เป็นต้น

4.5 การสังเคราะห์ใช้เทียมของจริง ยางเทียม ไหมเทียม การบูร ยาควินนิน ยารักษาโรค แกรฟไฟต์ ฯลฯ ล้วนแต่เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งทำขึ้นโดยอาศัยวิทยาศาสตร์ทั้งนั้น

4.6 เครื่องอำนวยความบันเทิง เช่น ภาพยนต์ โทรทัศน์ การถ่ายรูป เป็นต้น เกิดมีขึ้นได้เพราะวิทยาศาสตร์ วิชาเคมีสอนให้รู้จักการถ่ายรูป วิทยุนั้นก็อาศัยความรู้จากวิทยาศาสตร์ กระดาษ หนังสือ ฟุตบอล ลูกเทนนิส ลูกปิงปอง ฯลฯ ล้วนแต่เป็นผลิตพันธุ์ขึ้นมาได้โดยอาศัยมาจากวิทยาศาสตร์ทั้งนั้น (ทองสุข พงศทัตและคณะ. 2525 : 7-8)

ลิขิต ธีรเวคิน (2535 : 10) กล่าวว่า ประเทศใดก็ตามจะพัฒนาไปเป็นประเทศมหาอำนาจ จะต้องประกอบด้วยตัวแปรสำคัญ ๆ ห้าตัวแปร และในห้าตัวแปรนั้นตัวแปรสำคัญหนึ่งคือการมีจิตวิทยาอันทันสมัย หมายความว่ามีการคิดแบบมีเหตุมีผล ไม่หลงงมงาย ไม่เชื่ออะไรที่เกิดจากศรัทธาแต่อย่างเดียวพูดง่าย ๆ คือ "มีจิตวิทยาศาสตร์"

ชัยวัฒน์ คุประตกุล (2528 : 87-88) ได้กล่าวถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่สร้างคนให้มีมานะอดทน เป็นคนไม่หลงงมงาย เป็นคนมีเหตุผล เป็นคนที่ไม่ถูกชักจูงไปในทางเสื่อมทรามได้ง่าย ๆ นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยให้สมาชิกในสังคม ตระหนักถึงความสำคัญของการทำงานเป็นระบบเป็นทีมหรือเป็นหมู่คณะ ตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสังคมส่วนรวมจากพฤติกรรม หรือการกระทำของสมาชิกแม้เพียงคนเดียวหรือกลุ่มหนึ่ง

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อสร้างคนให้มีเหตุผล มีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น เมื่อมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น ความเชื่อ งมงาย ความเชื่อในโชคลาง ชะตาราศี ดวง และเรื่องพรหมลิขิตจะจางหายไป ความลุ่มหลงในการพนัน หวังรวยทางลัด และการวิเคราะห์สภาพการณ์หรือปัญหาในชีวิตประจำวันก็จะอยู่ในแนวของเหตุและผล ตามหลักตรรกวิทยาศาสตร์ เป็นคุณลักษณะของพลเมืองในสังคมประชาธิปไตย เป็นสังคมที่เราทุกคนต้องการ เป็นสังคมที่นำมาซึ่งความมีสิทธิ เสรีภาพ อย่างมีเหตุมีผล

เสริมพล รัตสุข (2526 : 12) ได้กล่าวถึงความจำเป็นและเหตุผลที่มนุษย์จำเป็นที่จะต้องนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (โดยเฉพาะเทคโนโลยี) มาใช้ คือ

1. มีความต้องการที่จะแก้ปัญหาในการดำรงชีวิตประจำวัน หรือปัญหาในด้านการประกอบอาชีพ ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงยกระดับฐานะความเป็นอยู่หรือเพื่อแสวงหากำไรในการค้า ตัวอย่างเช่น เจ้าของโรงงานสนใจที่จะนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ชาวนาสนใจที่จะนำก๊าซชีวภาพมาใช้เพราะต้องการทุ่นเวลาในการไปหาฟืน ชาวนาสนใจที่จะใช้รถไถนาเอนกประสงค์เพราะต้องการเพิ่มผลผลิต เป็นต้น

2. เล็งเห็นโอกาสในการลงทุน (investment opportunity) เช่นคาดว่าจะมีตลาดมากสำหรับกะทิสำเร็จรูป จึงต้องการเทคโนโลยีการผลิตกะทิสำเร็จรูป ฯลฯ

3. เตรียมการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ในอนาคตคาดว่าราคาน้ำมันที่สูงขึ้นทุกปีจะทำให้เกิดความต้องการเครื่องยนต์ ที่ขับเคลื่อนด้วยก๊าซจากถ่านหรือไม้ (wood gasifier) มากขึ้นจึงต้องการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซจากถ่านหรือไม้

4. การแข่งขันในด้านการตลาดทำให้ต้องเร่งพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดต้นทุนการผลิตพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ปรับปรุงคุณภาพ ฯลฯ

ในปัจจุบันจึงกล่าวได้ว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญ และมีความจำเป็นต่อการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ของประเทศ มีขอบเขตการใช้อย่างกว้างขวาง มีผลให้ชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่สุขสบายขึ้น โรคภัยลดลงหรือสามารถแก้ปัญหาได้ การเดินทางและการติดต่อสะดวกและรวดเร็วขึ้น การศึกษาก้าวหน้ากว่าอดีตมากมายนัก ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแทบทั้งสิ้น

สุดท้าย โชว์วอลเตอร์(showalter. 1974 : 2) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ซึ่งสามารถนำมาเชื่อมโยงกับประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ ดังนี้คือ

1. เข้าใจธรรมชาติความรู้ทางวิทยาศาสตร์
2. สามารถนำมโนทัศน์ หลักสำคัญ กฎ และทฤษฎีที่เหมาะสมไปใช้อย่างถูกต้อง
3. สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างดี
4. ยึดมั่นในค่านิยมที่มีรากฐานมาจากวิทยาศาสตร์
5. เข้าใจและซาบซึ้งในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสังคม

6. พัฒนาความคิดที่แปลกและน่าพอใจ เกี่ยวกับสังคมได้มากว่าคนอื่น อันเป็นผลจากการศึกษาวิทยาศาสตร์ และใฝ่ใจศึกษาอยู่ตลอดเวลา
7. ได้พัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

สรุป

วิทยาศาสตร์ มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านอาหาร มีการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในเรื่องการผลิต การแปรรูป และการถนอมอาหาร เช่น

ก. การแปรรูปอาหาร

1. ผลิตภัณฑ์จากกระเทียม เช่น กระเทียมดอง
2. ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เช่น น้ำนมถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว

ข. การถนอมอาหาร

1. นมพาสเจอไรส์ เป็นการให้ความร้อนในขั้นการทำลายจุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดโรคเท่านั้น ไม่ได้ฆ่าจุลินทรีย์ทั้งหมด อาจทำได้ 2 แบบคือ

แบบช้า โดยให้ความร้อน 63^{o}C 20 นาที

แบบเร็ว โดยให้ความร้อน 72^{o}C 15 นาที

นมพาสเจอไรส์จะเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 10^{o}C และเก็บไว้ได้ไม่นาน

2. นมสเตอริไลส์ ใช้อุณหภูมิ 150^{o}C เวลา 2 – 3 วินาที แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว วิธีนี้ทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด อาจเรียกว่า UHT นมชนิดนี้เก็บได้นานไม่น้อยกว่า 6 เดือน

3. นมเปรี้ยว ทำโดยใช้นมที่ขาดมันเนย (Skim milk) แล้วเติมแบคทีเรีย Lactobacillus casci หรือ Lactobacillus สายพันธ์อื่น แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 – 43 ^{o}C นาน 4 – 18 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับแบคทีเรียที่เติมลงไป เช่น ยาคูลท์

4. การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้งในสภาพแช่แข็ง โดยทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง อาจใช้ตู้แช่แข็งหรือน้ำแข็งแห้งหรือไนโตรเจนเหลว ต่อจากนั้นไล่น้ำให้ออกจากอาหารโดยการระเหิด อาหารประเภทนี้เป็นอาหารแห้ง รูพรุน น้ำหนักเบา

2. ที่อยู่อาศัย สมัยโบราณมนุษย์อาศัยในถ้ำ ใต้ต้นไม้ สิ่งก่อสร้างสร้างอย่างง่าย ๆ จากวัสดุที่เป็นพวกใบไม้ ใบตอง ต่อมาได้พัฒนาใช้สิ่งก่อสร้างที่ถาวรเช่น อิฐ คอนกรีตพัฒนาที่อยู่อาศัยโดยใช้วัสดุก่อสร้างที่อำนวยความสะดวกและประหยัดเช่น ใช้กระจกพลาสติกเพื่อรับแสงมากขึ้น

- มีระบบป้องกันขโมย
- มีระบบป้องกันยุง และแมลงอื่น ๆ
- ใช้วัสดุก่อสร้างแทนวัสดุธรรมชาติ เช่น หาวัสดุแทนไม้

3. เครื่องนุ่งห่ม การนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในเรื่องเครื่องนุ่งห่ม เช่น

- ปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตให้ได้จำนวนมากและได้คุณภาพ

- ผลิตเส้นใยสังเคราะห์จากวัตถุดิบอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- พัฒนาการผลิต โดยผลิตจากวัตถุดิบออกมาเป็นผ้าที่ย้อมสี และพิมพ์สีเรียบร้อย

4. การแพทย์และสาธารณสุข ได้มีผู้จำแนกสาเหตุแห่งโรคภัยไข้เจ็บของมนุษย์ ดังนี้

4.1 มาจากเชื้อโรค หรือสิ่งมีชีวิตที่มาแทะกินในร่างกาย

4.2 มาจากการขาดแคลนสิ่งที่ร่างกายต้องการ

4.3 มาจากการเจริญผิดปกติของเนื้อเยื่อบางส่วน

4.4 มาจากการผิดปกติทางจิต

การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เกี่ยวกับด้านการแพทย์และสาธารณสุขในด้าน

- ก่อให้เกิดความก้าวหน้าในด้านเทคนิควิธีการทางด้านสุขภาพอนามัย เช่น การ ผ่าตัดหัวใจ การผ่าตัดสมอง การใช้อวัยวะเทียม
- นำมาซึ่งอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกในการรักษาบำบัดโรคภัยไข้เจ็บ เช่น เครื่อง x – ray เครื่องอัลตราซาวด์ เครื่องผ่าตัดด้วยแสงเลเซอร์
- นำมาซึ่งอุปกรณ์ช่วยป้องกันสารพิษเข้าสู่ร่างกาย เช่น ถุงมือ หน้ากาก
- นำมาซึ่งเทคนิควิธีการให้ความรู้ที่ถูกต้องแก่บุคคล โดยใช้สื่อเช่น ภาพ วิทยุ โทรทัศน์ วารสาร เพื่อให้บุคคลทราบถึงพิษภัย การหลีกเลี่ยง การป้องกัน รักษาจากสิ่งที่กำลังเผชิญอยู่
- การผลิตวัคซีน และเซรุ่ม วัคซีนเป็นเชื้อโรคที่ทำให้อ่อนกำลังลง แล้วฉีดเข้าไปในร่างกาย เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันเช่น วัคซีนโปลิโอ ส่วนเซรุ่ม เป็นภูมิต้านทานโรคที่ฉีดเข้าไปในร่างกาย เมื่อร่างกายได้รับโรคนั้น ๆ เข้าสู่ร่างกาย เช่น เซรุ่มแก้พิษงู เซรุ่มแก้พิษสุนัขบ้า

5. ด้านการสื่อสารโทรคมนาคม สื่อหลักที่ใช้มี 3 แบบคือ

5.1 สื่อด้านเสียง ได้แก่ โทรศัพท์

5.2 สื่อด้านภาพ ได้แก่ โทรทัศน์

5.3 สื่อด้านข้อมูล ได้แก่ ด้านคอมพิวเตอร์

ความเจริญก้าวหน้าด้านนี้ได้แก่ การสื่อสารด้วย Laser โดยรีดแก้วเป็นเส้นใย เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.01 mm. แสงจะเดินในใยแก้วได้โดยไม่ทะลุสู่เส้นใยแก้วเส้นอื่น ซึ่งเรียกว่า ใยแก้วนำแสง โดยใช้ laser เป็นพาหนะนำข้อมูลจากต้นทางไปสู่ปลายทาง โดยผ่านใยแก้ว นอกจากนี้สื่อสารโดยใช้ดาวเทียม วิทยุ โทรทัศน์ โทรเลข โทรสาร และอื่น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ด้านการคมนาคมและการขนส่ง มีการพัฒนาด้านยานพาหนะและถนนหาทางอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รถไฟฟ้า เครื่องบิน เรือเดินสมุทร มีการสร้างทางด่วน

7. ด้านการแก้ปัญหาต่างๆ โดยกระบวนการวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิธีวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยปัญหา การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล ซึ่งทำให้มนุษย์หาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้

8. ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ทำให้มนุษย์เป็นคนมีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น มีความใจกว้าง มีความเพียรพยายาม มีความซื่อสัตย์สุจริต

9. ความเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อม ทำให้มนุษย์รู้จักกระบวนการที่จะทำให้โลกเกิดความสมดุลตามธรรมชาติ ทำให้มนุษย์ตระหนักที่จะไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเหล่านี้

จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific mind) หรือ **เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)**

จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จิตวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

เจตคติมาจากภาษาอังกฤษว่า “Attitude” มีรากศัพท์มาจากภาษาลิตินว่า “Aptus” แปลว่า โน้มเอียง เหมาะสม

เจตคติ หมายถึง ท่าที ความรู้สึกของคน ซึ่งเป็นอำนาจหรือแรงขับอย่างหนึ่งที่มีอยู่ในจิตใจมนุษย์และพร้อมที่จะกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ชอบ ไม่ชอบ สนับสนุน ต่อต้าน เป็นต้น

เจตคติจะเกิดขึ้นได้ จะต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการคือ

1. ความคิด (Cognitive Component) เมื่อมีการปะทะต่อสิ่งต่าง ๆ หรือสถานการณ์ ต่าง ๆ มนุษย์จะเกิดความคิดเห็นต่อสิ่งต่าง ๆ และเกิดการรับรู้ หลังจากการรับรู้ ทำให้มนุษย์เกิดแนวคิดว่า สิ่งนั้นหรือสถานการณ์นั้น ๆ ถูกต้องหรือไม่ เหมาะสมหรือไม่ ดีหรือไม่ เป็นต้น

2. ความรู้สึก (Affective Component) เป็นลักษณะทางอารมณ์ของบุคคล ที่มีผลสืบเนื่องจากแนวความคิดต่อสิ่งต่าง ๆ ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใด ก็จะมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น ชอบหรือไม่ชอบ ความรัก ความโกรธ ความเกลียด ความพอใจ ความไม่พอใจ เป็นต้น

3. พฤติกรรม (Behavioral Component) เมื่อบุคคลมีความคิด ความรู้สึกเกิดขึ้น ผลที่ตามมาคือ การแสดงพฤติกรรมเพื่อตอบสนองต่อสิ่งนั้น เช่น แสดงออกในการยอมรับ ไม่ยอมรับ ปฏิเสธ หรือสนับสนุน หรือคัดค้าน

คุณสมบัติของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ไม่เหมือนเจตคติของบุคคลที่แสดงพฤติกรรมต่อสิ่งต่าง ๆ โดย ทั่วไป เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นประบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำ เพื่อค้นหาความรู้ และให้ได้มาซึ่งความรู้ที่ถูกต้อง เป็นจริง และเป็นที่ยอมรับ บุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีสมบัติ ดังนี้

1. มีเหตุผล
    - ต้องเป็นคนที่ยอมรับ และเชื่อในความสำคัญของเหตุผล
    - ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนายหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์
    - ค้นหาสาเหตุของปัญหา หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น
    - สนใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และเป็นบุคคลที่พยายามค้นหาคำตอบว่าปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ทำไมจึงเกิดเหตุการณ์นั้น

2. เป็นบุคคลที่มีความอยากรู้อยากเห็น
    - ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ และแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมเสมอ
    - เป็นบุคคลที่ชอบซักถาม ค้นหาความรู้โดยวิธีการต่าง ๆ อยู่เสมอ
3. เป็นบุคคลที่ใจกว้าง
    - ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์
    - ยอมรับความคิดเห็นใหม่ ๆ อยู่เสมอ
    - เต็มใจเผยแพร่ความรู้และความคิดให้แก่บุคคลอื่น
    - ตระหนักและยอมรับข้อจำกัดของความรู้ที่ค้นพบในปัจจุบัน
4. เป็นบุคคลที่มีความซื่อสัตย์ และมีใจเป็นกลาง
    - มีความซื่อตรง อดทน ยุติธรรม
    - ไม่ยอมให้ความชอบ ไม่ชอบส่วนตัวมามีอิทธิพลเหนือสิ่งอื่นใด
    - สังเกตบันทึกผลต่าง ๆ โดยไม่มีความลำเอียงหรือมีอคติ
5. มีความเพียรพยายาม
    - ทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จ สมบูรณ์
    - ไม่ท้อถอย เมื่อผลการทดลองล้มเหลว หรือมีอุปสรรค
    - มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการค้นหาความรู้
6. มีความละเอียดรอบคอบ
    - รู้จักใช้วิจารญาณก่อนการตัดสินใจ
    - ไม่ยอมรับสิ่งใดทันที จนกว่าจะมีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้
    - หลีกเลี่ยงการตัดสินใจและการสรุปผลที่ยังไม่มีการวิเคราะห์

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายความหมายของวิทยาศาสตร์

2. ให้นักศึกษาบอกว่าสาขาวิชาต่อไปนี้เป็นสาขาวิชาวิทยาศาสตร์หรือไม่ จัดอยู่ในประเภทใด และศึกษาเกี่ยวข้องกับอะไร

ชีววิทยา จิตวิทยา ฟิสิกส์ เศรษฐศาสตร์ คณิตศาสตร์ ไสยศาสตร์ เคมี ธรณีวิทยา แพทย์ศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ พฤกษศาสตร์ จุลชีววิทยา เกษตรศาสตร์ ปรัชญา อุตุนิยมวิทยา สังคมศาสตร์ ดาราศาสตร์ สัตว์วิทยา

3. จงเปรียบเทียบว่า วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์มีจุดประสงค์ในการแสวงหาความรู้แตกต่างกันอย่างไร

4. นักศึกษาคิดว่า สมมุติฐาน หลักการ กฎ และทฤษฎี มีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

5. จงอธิบายประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักศึกษา จำนวน 5 ข้อ

แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์
(จำนวน 4 ชั่วโมง)

ผลลัพธ์การเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถ :

1. อธิบายและบอกลำดับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์
2. แก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

สาระการเรียนรู้

1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์
    1.1 การกำหนดปัญหา
    1.2 การตั้งสมมุติฐาน
    1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล หรือการทดลอง
    1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
    1.5 การสรุปผล
2. การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการเรียนรู้

1. ผู้สอนยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เป็นผลการศึกษาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนศึกษา วิเคราะห์ สรุปถึงขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์
2. ให้ผู้เรียนกำหนดประเด็นปัญหาตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและออกแบบการแก้ไขปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. ให้ผู้เรียนศึกษาตัวอย่างโครงงานวิทยาศาสตร์
4. สรุปองค์ความรู้ร่วมกัน

การวัดและประเมินผล (คะแนนเต็ม 8 คะแนน)

1. ประเมินจากกระบวนการเรียนรู้ในข้อ (1)
    1.1 ประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน
        เครื่องมือ : แบบสังเกตพฤติกรรม
    1.2 ประเมินองค์ความรู้
        เครื่องมือ : แบบทดสอบ/เอกสารการเรียนรู้
2. ประเมินผลจากผลการแก้ปัญหากรณีตัวอย่าง
    เครื่องมือ : แบบทดสอบ/เอกสารการเรียนรู้

หน่วยที่ 2
วิธีการทางวิทยาศาสตร์

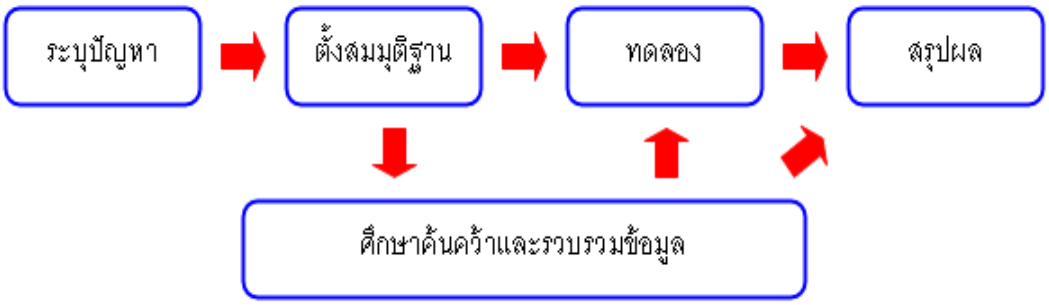
วิธีการทางวิทยาศาสตร์

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ มีวิธีการทำงานอย่างมีระบบมีขั้นตอนได้วิวัฒนาการสืบทอดต่อกันมาตามลำดับจนได้ชื่อว่า เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งวิธีการทำงานดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ประสบผลสำเร็จ และเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว จนถึงปัจจุบันนี้บุคคลต่าง ๆ ในสาขาอื่น ๆ ก็ได้มองเห็นความสำคัญและประโยชน์จากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่า สามารถนำไปใช้กับกระบวนการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมความรู้ทุกสาขาวิชา ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงไม่ควรเป็นวิธีการเฉพาะของนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ควรเป็นวิธีการแสวงหาความรู้ทั่ว ๆ ไป ที่เรียกว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์”

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. กระบวนการ (Process) ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นตั้งสมมุติฐาน ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล (การตรวจสอบสมมุติฐานหรือการทดลอง) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และขั้นสรุปผล
2. ความรู้ (Knowledge) ได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนมติ กฎ ทฤษฎี สิ่งเหล่านี้เป็นผลลัพธ์จากการกระทำของนักวิทยาศาสตร์

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการแก้ปัญหาตามระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นระบบและมีลำดับขั้นตอนแน่นอน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ



ภาพขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ อาจแยกพิจารณาได้ดังนี้

แบบที่ 1 ระบุปัญหา ➡ ตั้งสมมุติฐาน ➡ ทดลอง ➡ สรุปผล

แบบที่ 2 ระบุปัญหา ➡ ตั้งสมมุติฐาน ➡ ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ➡ สรุปผล

แบบที่ 3 ระบุปัญหา ➡ ตั้งสมมุติฐาน ➡ ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ➡ ทดลอง ➡ สรุปผล

1. ขั้นกำหนดปัญหา (State Problem) เป็นการกำหนดปัญหาโดยทั่วไป นิยมใช้คำถาม What How Why ปัญหาเกิดจากการสังเกต การสังเกตเป็นคุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ การสังเกตอาจจะเริ่มจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา อาจจะเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เช่น การสังเกตของ อเล็กซานเดอร์เฟลมมิง (Alexander Fleming) เกี่ยวกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรียในจานเพาะเลี้ยง พบว่าบางส่วนปราศจากแบคทีเรียแต่กลับมีเชื้อราเพนนิซิเลียมเกิดแทน ซึ่งนำไปสู่การผลิตยาเพนนิซิลิน จากการสกัดจากเชื้อราเพนนิซิลเลียม

การสังเกตจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญนำไปสู่ข้อเท็จจริง และทำให้เกิดการระบุปัญหา การสังเกตจึงสังเกตอย่างรอบคอบ ละเอียดถี่ถ้วน ในการตั้งปัญหาที่ดี ควรอยู่ในลักษณะที่เป็นไปได้ ตรวจสอบหาคำตอบได้ง่าย

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน (Formulation of Hypothesis) คือการคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้หรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าบนฐานข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ และการศึกษาเอกสารต่างๆ โดยคำตอบของปัญหาซึ่งคิดไว้นี้อาจถูกต้องแต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับจนกว่าจะมีการทดลองเพื่อตรวจสอบอย่างรอบคอบเสียก่อน จึงจะทราบว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้นั้นถูกต้องหรือไม่ ดังนั้นควรตั้งสมมติฐานไว้หลายๆ ข้อและทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานไปพร้อมๆ กัน สมมติฐานที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นสมมติฐานที่เข้าใจง่าย มักนิยมใช้วลี "ถ้า...ดังนั้น"
2. เป็นสมมติฐานที่แนะลู่ทางที่จะตรวจสอบได้

3. เป็นสมมติฐานที่ตรวจได้โดยการทดลอง
4. เป็นสมมติฐานที่สอดคล้องและอยู่ในขอบเขตข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตและสัมพันธ์กับปัญหาที่ตั้งไว้

สมมติฐานที่เคยยอมรับอาจล้มเลิกได้ถ้ามีข้อมูลจากการทดลองใหม่ๆ มาลบล้าง แต่ก็มีบางสมมติฐานที่ไม่มีข้อมูลจากการทดลองมาคัดค้านทำให้สมมติฐานเหล่านั้นเป็นที่ยอมรับว่าถูกต้อง เช่น สมมติฐานของเมนเดลเกี่ยวกับหน่วยกรรมพันธุ์ ซึ่งเปลี่ยนกฎการแยกตัวของยีน หรือสมมติฐานของอโวกาโดรซึ่งเปลี่ยนเป็นกฎของอโวกาโดร

ตัวอย่าง

"ถ้าราเพนนิซิลเลียมยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ดังนั้นแบคทีเรียจะไม่เจริญเมื่อมีราเพนนิซิลเลียมขึ้นรวมอยู่ด้วย"

"ถ้าแสงแดดมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญงอกงอมของต้นหญ้า ดังนั้นต้นหญ้าบริเวณที่ไม่ได้รับแสงแดดจะไม่งอกงามหรือตายไป"

หรือ "ถ้าแสงแดดมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญงอกงามของต้นหญ้า ดังนั้นต้นหญ้าบริเวณที่ได้รับแสงแดดจะเจริญงอกงาม"

3. ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล (หรือการทดลอง) (Data Collection) ในการตรวจสอบสมมติฐานจะต้องยึดข้อกำหนดสมมติฐานไว้เป็นหลักเสมอ เนื่องจากสมมติฐานที่ดีได้แนะลู่ทางตรวจสอบและการออกแบบการตรวจสอบไว้แล้ว

วิธีการตรวจสอบสมมติฐาน ได้แก่

3.1 การสังเกต และการรวบรมข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เกิดจากประสบการณ์ธรรมชาติ

3.2 การทดลอง เป็นกระบวนการปฏิบัติ หรือหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยการทดลองเพื่อทำการค้นคว้าหาข้อมูลและตรวจสอบดูว่าสมมติฐานข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ประกอบด้วยกิจกรรม 3 กระบวนการ คือ

3.2.1 การออกแบบการทดลอง คือการวางแผนการทดลองก่อนที่จะลงมือปฏิบัติจริง โดยให้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้เสมอ และควบคุมปัจจัยหรือตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการทดลอง แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

- ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable or Manipulated Variable) คือปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลการทดลองหรือตัวแปรที่ต้องศึกษาทำการตรวจสอบดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นกัน
- ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ผลที่เกิดจากการทดลอง ซึ่งต้องใช้วิธีการสังเกตหรือวัดผลด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลไว้ และจะเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรอิสระ
- ตัวแปรที่ต้องควบคุม (Control Variable) คือปัจจัยอื่นๆ ที่

นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลอง และต้องควบคุมให้เหมือนกันทุกชุดการทดลอง เพื่อป้องกันไม่ให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน

ในการตรวจสอบสมมติฐาน นอกจากจะควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองจะต้องแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

ชุดทดลอง หมายถึง ชุดที่เราใช้ศึกษาผลของตัวแปรอิสระ

ชุดควบคุม หมายถึง ชุดของการทดลองที่ใช้เป็นมาตาฐานอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งชุดควบคุมนี้จะมีตัวแปรต่างๆ เหมือนชุดทดลองแต่จะแตกต่างจากชุดทดลองเพียง 1 ตัวแปรเท่านั้น คือตัวแปรที่เราจะตรวจสอบหรือตัวแปรอิสระ

3.2.2 การปฏิบัติการทดลอง ในกิจกรรมนี้จะลงมือปฏิบัติการทดลองจริงโดยจะดำเนินการไปตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และควรจะทดลองซ้ำๆ หลายๆ ครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าได้ผลเช่นนั้นจริง

3.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกที่ได้จากการทดลองซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถรวบรวมไว้ใช้สำหรับยืนยันว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ถูกต้องหรือไม่

ในบางครั้งข้อมูลอาจได้มาจากการสร้างข้อเท็จจริง เอกสาร จากการสังเกตปรากฏการณ์ หรือจากการซักถามผู้รอบรู้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มานั้นไปแปรผลและลงข้อสรุปในต่อไป ดั้งนั้น การรวบรวมข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นในวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่าง

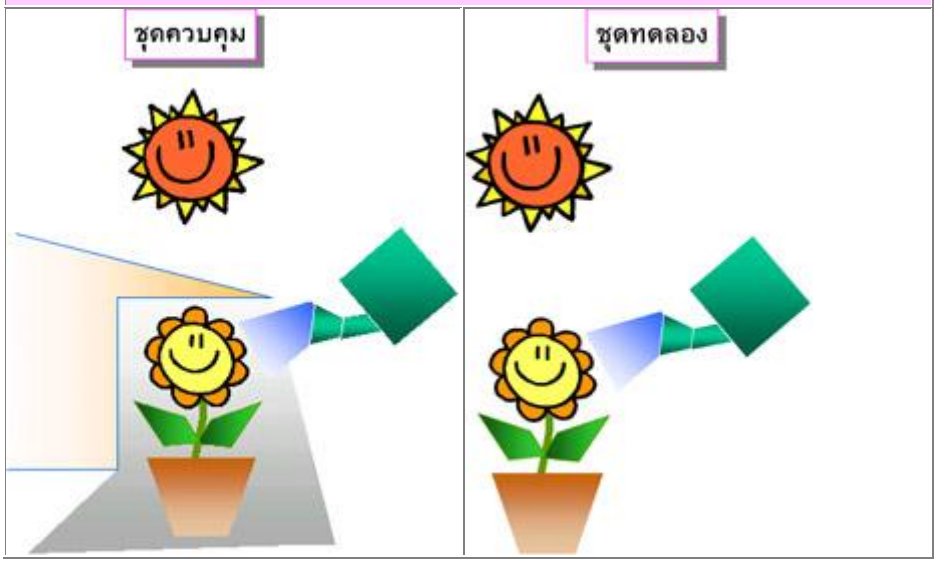
เมื่อคาดคะเนคำตอบว่า "แสงแดดทำให้ต้นหญ้าเจริญงอกงาม ดังนั้นต้นหญ้าที่ถูกแสงแดดจะเจริญงอกงาม ส่วนต้นหญ้าที่ไม่ถูกแสงแดดจะไม่เจริญงอกงามหรือเฉาตายไป" ดังนั้นในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่จะตรวจสอบว่า คำตอบที่เราคาดคะเนไว้นี้จะถูกต้องหรือไม่ โดยอาจออกแบบการทดลองได้ดังนี้

นำต้นหญ้า (หรือพืชชนิดอื่นก็ได้เช่นถั่วเขียวที่ต้องเหมือนกันทั้ง 2 กลุ่มชุดการทดลอง) ปลูกในทีมีแสงแดด ส่วนอีกหนึ่งกลุ่มปลูกใช้สังกะสีมาครอบไว้ไม่ให้ได้รับแสงแดด (จัดชุการทดลองและชุดควบคุมให้เหมือนกันทุกประการยกเว้นการได้รับแสงแดด กับไม่ได้รับแสงแดด) ทำการควบคุมทั้งปริมาณน้ำที่รดทั้ง 2 กลุ่มนี้เท่าๆ กัน ประมาณ 2 สัปดาห์ ทำการสังเกตและบันทึกผล

* ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ แสงแดด
* ตัวแปรตาม คือ ต้นหญ้าเจริญงอกงาม (หรือการเจริญเติบโตของต้นหญ้า)
* ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ ปริมาณน้ำ, ชนิดของดิน, ปริมาณของดิน, ชนิดของกระถางที่ใช้ปลูก, ชนิดของต้นหญ้า

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความสูงของต้นหญ้า หรือการนำจำนวนใบของต้นหญ้า ซึ่งเราพบว่าต้นหญ้าที่ได้รับแสงแดดจะเจริญเติบโตงอกงามดีส่วนต้นหญ้าที่ไม่ได้รับแสงแดดจะมีสีเหลืองหรือสีขาวซีดและไม่งอกงาม จากนั้นก็สรุปผลการทดลอง

การออกแบบการทดลอง



4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis of Data) เป็นการนำข้อมูลจากการสังเกต การทดลอง มาทำการวิเคราะห์ผล อธิบายความหมายของข้อเท็จจริง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ว่าสอดคล้องกับสมมติฐานข้อใด

5. ขั้นสรุปผล (Conclusion of Result) การสรุปผล เป็นขั้นตอนที่นำเอาข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูลแล้วมาสรุป พิจารณาว่า ผลสรุปนั้นเหมือนกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าเหมือนกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ สมมติฐานจะกลายเป็นทฤษฎี (Theory) และทฤษฎีนั้นก็สามารถนำไปอธิบายข้อเท็จจริงหรือเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ตัวอย่าง

สรุปผลได้ว่า แสงแดดมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญงอกงามของต้นหญ้าและสามารถนำผลสรุปในเรื่องนี้ไปใช้ในการปลูกพืช นั่นคือ เมื่อจะปลูกพืชควรปลูกในบริเวณที่แสงแดดส่องถึง จึงจะทำให้พืชเจริญงอกงามดี

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง
2. ให้นักศึกษาออกแบบแก้ปัญหาจากกิจกรรมการเพาะถั่วงอดตามสถานการณ์ต่อไปนี้

กิจกรรมการเพาะถั่วงอก

อุปกรณ์ที่กำหนดให้ 1. เมล็ดถั่วเขียว 2. ถ้วยพลาสติก 3. กระดาษทิชชู 4. น้ำ 5 . กระดาษสีดำ

การกำหนดปัญหา

.....

การตั้งสมมุติฐาน

.....

การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

การทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมุติฐาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (จำนวน 6 ชั่วโมง)

ผลลัพธ์การเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถ :

1. อธิบายความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานได้
2. ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้และแก้ปัญหาได้
3. อธิบายคุณค่าหรือประโยชน์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

สาระการเรียนรู้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย
   - 1.1 ทักษะการสังเกต
   - 1.2 ทักษะการวัด
   - 1.3 ทักษะการใช้ตัวเลข
   - 1.4 ทักษะการจำแนกประเภท
   - 1.5 ทักษะการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา
   - 1.6 ทักษะการจัดการกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล
   - 1.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
2. การจัดการความรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

กระบวนการเรียนรู้

1. จัดกลุ่มนักศึกษาเพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ร่วมกัน ตามเอกสารการเรียนรู้ (แบบฝึกปฏิบัติการ) แบบฝึกปฏิบัติการต้องมีสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะครบทั้ง 7 ทักษะ โดยมีคำถามหรือประเด็นอภิปราย เพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติแต่ละทักษะที่เกี่ยวข้องกับความรู้ คุณค่า ประโยชน์ ฯ
2. จัดให้มีการอภิปรายกลุ่มเพื่อสรุปแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างกลุ่ม

การวัดและประเมินผล (คะแนนเต็ม 12 คะแนน)

1. ประเมินจากกระบวนการเรียนรู้ในข้อ (1)
   - 1.1 ประเมินผลการปฏิบัติงานตามเอกสารการเรียนรู้
     เครื่องมือ : แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
   - 1.2 ประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน
     เครื่องมือ : แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ประเมินองค์ความรู้
   เครื่องมือ : แบบทดสอบ

หน่วยที่ 3
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการ เสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ทักษะ หมายถึง ความชำนาญ

กระบวนการ หมายถึง ลำดับการกระทำซึ่งดำเนินต่อเนื่องกันไป จนสำเร็จลงในระดับหนึ่ง

ดังนั้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงหมายถึง ความชำนาญเกี่ยวกับวิธีคิด และวิธีปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การกระทำดำเนินต่อเนื่องกันไปจนได้ความรู้ออกมาในระดับหนึ่ง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะมีการพัฒนาตามลำดับขั้นตอน เริ่มจากทักษะขั้นพื้นฐานไปสู่ทักษะขั้นสูง ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี 13 ทักษะดังต่อไปนี้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้ 2 ระดับ 13 ทักษะ

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน

1. การสังเกต
2. การวัด
3. การใช้ตัวเลข
4. การจำแนกประเภท
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

2. ทักษะกระบวนการขั้นผสมผสาน

1. การพยากรณ์
2. การตั้งสมมติฐาน
3. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
4. การกำหนดและควบคุมตัวแปร
5. การออกแบบและดำเนินการทดลอง
6. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ในหน่วยที่ 3 นี้ ขอกล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน จำนวน 7 ทักษะ ประกอบด้วย การสังเกต การวัด การใช้ตัวเลข การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานจะกล่าวต่อไปในหน่วยที่ 4

1. ทักษะการสังเกต (Observing)

การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือประสาทสัมผัสทั้ง 5 เข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ หรือจากการทดลอง โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ประสาทสัมผัสได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น ผิวกาย

การมองเห็น เป็นการสังเกตที่ใช้ตาช่วยในการสังเกตลักษณะและสมบัติของวัตถุ เช่น ขนาด รูปร่าง และสีของวัตถุและสังเกตว่าวัตถุเหล่านั้นอาจมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไร

การได้ยิน เป็นการสังเกตที่ใช้หูช่วยในการสังเกตลักษณะและสมบัติของวัตถุ เช่น ความดัง ระดับเสียง และจังหวะของเสียง

การสัมผัส เป็นการสังเกตที่ใช้ผิวกายช่วยในการสังเกตถึงความหมาย หรือความละเอียดของเนื้อวัตถุ ถึงขนาดและรูปร่างของวัตถุอีกด้วย

การชิม เป็นการสังเกตที่ใช้ลิ้นช่วยในการสังเกตสมบัติของสิ่งนั้นว่ารสขม เค็ม เปรี้ยว และหวานเป็นอย่างไร

การได้กลิ่น เป็นการสังเกตที่ใช้จมูกช่วยในการสังเกตความสัมพันธ์ของวัตถุกับกลิ่นที่ได้พบนั้น แต่เนื่องจากการบรรยายเกี่ยวกับกลิ่นเป็นเรื่องยาก จึงมักบอกในลักษณะที่แสดงความสัมพันธ์ของกลิ่นที่ได้รับนั้นกับกลิ่นของวัตถุที่คุ้นเคย เช่น กลิ่นกล้วยหอม กลิ่นมะนาว กลิ่นชา และกลิ่นกาแฟ เป็นต้น

การศึกษาค้นคว้าต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์เกือบทั้งหมด มีรากฐานมาจากการสังเกต ความเป็นคนช่างสังเกต มีลักษณะนิสัยที่ทุกคนฝึกได้ ไม่ใช่เกิดขึ้นเฉพาะนักวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการสังเกต

1. เพื่อตรวจสอบลักษณะต่าง ๆ ของวัตถุ ทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยเลือกใช้ประสาทสัมผัสให้ถูกต้องและเหมาะสม
2. เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ
3. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ของวัตถุ หรือสถานการณ์ประเภทเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 2 ประเภทคือ

1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตลักษณะทั่วไปของสิ่งต่าง ๆ เช่น สี กลิ่น รส รูปร่าง
2. ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ขนาด ความยาว ความสูง น้ำหนัก ฯลฯ

ขั้นตอนการสังเกต มีดังต่อไปนี้

1. การรับรู้ในสิ่งที่จะสังเกต
2. การรู้จักคร่าว ๆ ในสิ่งที่สังเกต

3. การบรรยายในสิ่งที่สังเกตได้

ตารางแสดงข้อมูลในการสังเกต

ใช้ประสาทสัมผัส	ข้อมูลเชิงคุณภาพ	ข้อมูลเชิงปริมาณ
ตา	รูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีเทา	กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 0.7 เซนติเมตร
จมูก	มีกลิ่นยาง	หนักประมาณ 2 กรัม
ลิ้น	มีรสฝาด	
กายสัมผัส	ผิวเรียบ , นิ่ม	
หู	เมื่อตกกระทบพื้นมีเสียงดัง	

การบันทึกผลการสังเกต

การบันทึกผลเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการสังเกต เพื่อจะได้เก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับกล่าวอ้างอิงหรือยืนยันต่อไป ในการสังเกตของบางคน มักจะจำเอาไว้แล้วบันทึกภายหลัง การทำเช่นนี้เป็นผลเสียมากกว่าผลดี

เพราะอาจจะทำให้ลืมรายละเอียดบางอย่าง และอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย นอกจากนี้เวลาทดลองซ้ำ หรือสังเกตซ้ำในครั้งต่อไป ก็ไม่มีอะไรเป็นหลักฐานสำหรับเปรียบเทียบความถูกผิด จะหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขก็ทำไม่ได้ ฉะนั้นควรบันทึกข้อมูลไปพร้อม ๆ กับการสังเกต และบันทึกข้อมูลต้องบันทึกตามความเป็นจริง

ในการสังเกตนั้น ไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป วิธีการตรวจสอบว่า การบันทึกผลใส่ความคิดเห็น ก็โดยตั้งคำถามว่า หลักฐานที่บันทึกลงไปนี้ได้มาจากประสาทสัมผัสส่วนใด ถ้าตอบว่าใช้ประสาทส่วนใดสังเกต ก็ถือว่าเป็นการสังเกต แต่ถ้าตอบไม่ได้ถือเป็นการลงความคิดเห็นลงไป เช่น

ผลการสังเกต

1. ขนมปังแข็ง
2. ขนมปังกลิ่นหอม
3. ขนมปังเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การลงความคิดเห็นของผู้ที่สังเกต

1. ขนมปังทำมาจากแป้งข้าวโพด
2. ขนมปังกลิ่นหืนเพราะทิ้งไว้นาน

การสังเกตเชิงคุณภาพ

1. ขนมปังสีเหลือง
2. ขนมปังมีเกล็ดสีขาวเล็ก ๆ ข้างบน

การสังเกตเชิงปริมาณ

1. ขนมปังยาวประมาณ 6 cm. กว้างประมาณ 2 cm.
2. ขนมปังหนักประมาณ 20 g.

ข้อควรคำนึงในการสังเกต

1. ใช้ประสาทสัมผัสให้มากที่สุด
2. ในการสังเกตควรมีทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ
3. ในการสังเกตต้องไม่ลงความคิดเห็นลงไป
4. ในการใช้ลิ้นสัมผัสต้องแน่ใจว่าจะไม่เกิดอันตราย

พฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการสังเกต จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง
2. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ เช่น ลักษณะของสถานการณ์ที่ทำได้ เกิดการเปลี่ยนแปลง ลำดับขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง

2. ทักษะการวัด (Measuring)

ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม และใช้เครื่องมือนั้นหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขโดยมีหน่วยกำกับ ตลอดจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้อง และใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

จำเป็นต้องมีการวัดเพราะประสาทสัมผัสทางกายเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะหาข้อมูล เราก็ไม่สามารถจะใช้ได้ เช่น ความเร็วลม แรงเคลื่อนไฟฟ้า ปริมาณกัมมันตรังสี เป็นต้น หรือบางครั้งประสาทสัมผัสทางกายก็เชื่อถือไม่ได้เสมอไป จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยเพื่อให้ได้ข้อมูลใกล้เคียงความเป็นจริง มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด เช่น

ให้จุ่มมือซ้ายลงในขันใบที่ 1 ซึ่งใส่น้ำผสมน้ำแข็ง

จุ่มมือขวาลงในขันใบที่ 2 ซึ่งใส่น้ำอุ่น

แล้วแช่ทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที แล้วยกมือทั้งสองจุ่มลงในขันใบที่ 3 ซึ่งใส่น้ำที่อุณหภูมิห้องจะรู้สึกว่า มือซ้าย จะรู้สึกร้อน มือขวา จะรู้สึกเย็น

กระบวนการวัด ต้องประกอบด้วย

1. เครื่องมือสำหรับการวัด เช่น ตาชั่ง ไม้เมตร นาฬิกา
2. แสดงค่าตัวเลข และมีหน่วยกำกับ เช่น 12 เมตร 5 นาที
3. ความเหมาะสมในการเลือกเครื่องมือวัด

สิ่งจำเป็นที่ควรทราบในการวัด ได้แก่

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

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

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

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

ในการวัดปริมาณใด ๆ ต้องใช้เครื่องมือวัด การเลือกและการใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมจะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ดังนั้นในการที่จะทำการวัดปริมาณใด ๆ ผู้ทำการวัดจะต้องสามารถใช้เครื่องมือวัดเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดย

1. เลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับปริมาณที่ต้องการวัด เช่น ต้องการวัดความกว้างของห้องก็เลือกใช้ตลับเมตรแทนที่จะเลือกใช้ไม้บรรทัด เป็นต้น

2. ใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง รู้วิธีการใช้เครื่องมือและข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้

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

4. สามารถคิดวิธีการที่จะหาค่าปริมาณตาง ๆ ในกรณีที่วัตถุไม่สามารถใช้เครื่องวัดหาปริมาณได้เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือหรือรูปร่างของวัตถุ เช่น การหาปริมาตรของวัตถุที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงเรขาคณิต อาจจะหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ

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

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

1. จากเครื่องมือที่ใช้วัด เช่น เครื่องมือมีความละเอียดพอที่จะวัดกับสิ่งที่เราจะวัดได้หรือไม่

2. จากสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความไม่แน่นอน เช่น การวัดความยาวของไส้เดือน ความสูงของต้นไม้ยืนต้น

3. จากความสามารถของผู้วัด ผู้วัดจะต้องมีความชำนาญในการวัดสิ่งของนั้น

รูปแบบของการวัด กระทำได้ 3 วิธีคือ

1. การนับจำนวน (Counting measurement) เป็นการวัดจำนวนของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะนับออกมาเป็นจำนวนเต็ม จะมีเศษไม่ได้ เป็นการวัดที่ง่ายที่สุด ถ้านับโดยใช้เครื่องมือสำหรับนับ ก็จัดเป็นทักษะการวัด แต่ถ้านับโดยการมองดูด้วยตา หรือนับด้วยมือแล้วบอกจำนวนทั้งหมดออกมา ก็ถือว่าเป็นทักษะการสังเกต

2. การวัดโดยตรง (Direct measurement) เป็นการวัดที่ใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณ อ่านค่าออกมาได้โดยตรง เช่น วัดความยาวของห้อง วัดอุณหภูมิของร่างกายโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ เป็นต้น

3. การวัดทางอ้อม (Indirect measurement) เป็นการวัดโดยใช้เครื่องมือวัด แล้วต้องนำผลที่ได้ทำการคำนวณต่อไป จึงจะทราบปริมาณจำนวนที่แน่นอน เช่น การวัดพื้นที่ของห้องเรียน หาปริมาตรของวัตถุเรขาคณิต การวัดทางอ้อม แบ่งได้เป็น 2 ประเภท

3.1 การวัดโดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งวัด แล้วมีการคำนวณโดยใช้สูตรอีกชั้นหนึ่ง จึงจะได้ค่าที่ต้องการทราบ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดโยตรง เช่น การหาพื้นที่ห้อง ต้องวัดความกว้างและความยาวแล้วนำมาคูณกันจึงจะได้ปริมาณพื้นที่

3.2 การวัดที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กมาก หรืออยู่ไกลมากจนไม่สามารถวัดได้โดยตรง เช่น ขนาดของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และอะตอม หรือระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ เส้นรอบโลกการวัดสิ่งเหล่านี้โดยใช้การเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทราบค่าแล้ว

หน่วยการวัด

การบอกปริมาณที่ได้จากการวัดทุกครั้งต้องมีหน่วยกำกับ ระบบหน่วยที่ใช้มีหลายระบบ แต่ที่ตกลงใช้กันเป็นสากล คือ ระบบเอสไอ (SI Unit = International System of Unit)

ปริมาณกายภาพ	หน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร	m
มวล	กิโลกรัม	Kg
เวลา	วินาที	S
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	A
อุณหภูมิ	เคลวิน	K
ความเข้มของแสงสว่าง	แคนเดลา	Cd
ปริมาณของสาร	โมล	mol

ค่าอุปสรรค (Prefixes) เป็นตัวอักษรที่ใช้เขียนแทนตัวเลขที่มีค่ามาก ๆ หรือค่าน้อย ๆ เช่น $0.000005 = 5 \times 10^{-6}$ สามารถเขียนแทนด้วยค่าอุปสรรค 5μ , 10^{-6} เรียกว่า ตัวพหุคูณ

ตัวพหุคูณ	คำอุปสรรคที่ใช้แทนตัวพหุคูณ	
	ชื่อ	สัญลักษณ์
10^{12}	Tera	T
10^{9}	Giga	G
10^{6}	Mega	M
10^{3}	Kilo	K
10^{2}	Hecto	h
10	Deca	da
10^{-1}	Deci	d
10^{-2}	Centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Pico	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-16}	Atto	a

หน่วยอนุพันธ์ เป็นหน่วยที่เกิดจากการนำหน่วยพื้นฐานหลาย ๆ หน่วยมาสัมพันธ์กัน เช่น หน่วยความเร็ว เป็น เมตร/วินาที

การเขียนสัญลักษณ์ของหน่วยต่าง ๆ มีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. เขียนสัญลักษณ์ของคำอุปสรรคติดกับสัญลักษณ์ของหน่วยโดยไม่มีช่องว่าง เช่น cm nm.Kw.
2. ไม่นิยมเขียนมหัพภาคหลังสัญลักษณ์ของหน่วยท้ายสุด สำหรับหน่วยอนุพันธ์นั้นให้ใช้จุดมหัพภาคคั่นระหว่างหน่วย เช่น $mol.l^{-1}$, $m.s^{-1}$
3. สำหรับหน่วยซึ่งเป็นตัวหาร อาจใช้ขีดเส้นเอนคั่น หรือยกกำลังลบก็ได้ เช่น mol/l หรือ $mol.l^{-1}$, m/s หรือ ms^{-1}
4. การเขียนชื่อหน่วยโดยไม่ใช่สัญลักษณ์ให้เขียนชื่อเต็ม เช่น g/cm^3 เขียนเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

หลักในการบวก และลบปริมาณที่ได้จากการวัด

ในการบวกและลบปริมาณที่ได้จากการวัด ผลลัพธ์ที่ได้จะมีความละเอียดของปริมาณที่มีความละเอียดน้อยที่สุด เช่น

7.4 cm + 11.19 cm = 18.6 ไม่ใช่ 18.59 cm

หลักในการคูณและหารปริมาณที่ได้จากการวัด

การคูณและหารปริมาณที่ได้จากการวัด ผลลัพธ์ที่ได้จะมีเลขนัยสำคัญ เท่ากับจำนวนเลขนัยสำคัญของปริมาณที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด เช่น

7.4 cm x 11.19 cm เท่ากับ 83 cm^2 ไม่ใช่ 82.806 cm^2 เพราะ 7.4 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

ความคลาดเคลื่อนจากการวัด มี 2 แบบ

1. ความคลาดเคลื่อนโดยบังเอิญ เกิดจากการอ่านค่าที่วัดได้ผิดพลาด หรืออ่านได้ถูกต้องแต่เวลาที่บันทึกผล บันทึกผิดพลาด
2. ความคลาดเคลื่อนเป็นระบบ ซึ่งเกิดขึ้นจากที่ใช้วิธีวัดไม่ถูกต้องในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการลดความคลาดเคลื่อน จะต้องทำการวัดหลายครั้ง ๆ แล้วใช้ค่าเฉลี่ย

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการวัด

1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด
2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้
3. บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง
4. ทำการวัด ความกว้าง ความยาว ความสูง ปริมาตร น้ำหนัก และอื่น ๆ ได้ถูกต้อง
5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. ทักษะการใช้ตัวเลข (Using numbers)

การใช้ตัวเลข หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการวัด การนับ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ มาบวก ลบ คูณ หาร หรือ

ทักษะการใช้ตัวเลข คือ การนำจำนวนที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร การหาค่าเฉลี่ย การยกกำลัง การถอดกรณฑ์ เป็นต้น ใช้ในการสรุปผลการทดลอง การอธิบายและทดสอบสมมติฐาน ค่าใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะทำให้สื่อความหมายชัดเจน และเหมาะสมยิ่งขึ้น

การคำนวณมีประโยชน์ เพราะเป็นการนำค่าใหม่ที่ได้นั้นมาสื่อความหมายให้ชัดเจน และเหมาะสม

<u>ตัวอย่างทักษะในการคำนวณ</u>

1. สาร C มีมวล 60 g ปริมาตร 40 cm^3 มีความหนาแน่นเท่าไร ความหนาแน่นของสาร C = 60/40 = 1.5 g/cm^3
2. แท่งวัตถุรูปลูกบาศก์ ยาวด้านละ 10 cm^3 ชั่งได้ 7,000 g จงหา
   ก. ความหนาแน่นของวัตถุ
   ข. ถ้าวางวัตถุในภาชนะที่ใส่น้ำเต็ม จะมีน้ำล้นออกมาปริมาณเท่าไร
      ก. ปริมาตรของวัตถุ = 10 x 10 x 10 = 1,000 cm^3

เพราะฉะนั้น ความหนาแน่น = 7,000/1,000 g/cm^3

ข. ความหนาแน่นของน้ำ 1 g/cm^3

ดังนั้น ปริมาตรน้ำที่ล้นออกมา = ปริมาตรส่วนจมของวัตถุ

พฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการใช้ตัวเลข จะต้องมีความสามารถดังนี้

1. นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง
2. ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้
3. บอกวิธีคำนวณได้
4. คิดคำนวณได้ถูกต้อง
5. แสดงวิธีคิดคำนวณได้

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

การจำแนก หมายถึง การจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือแตกต่างกันกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ เช่น ความเหมือน ความแตกต่าง ความสัมพันธ์ เป็นต้น

นักธรณีวิทยา ใช้เกณฑ์ ลักษณะการเกิด เป็นเกณฑ์ในการจำแนกหิน เช่น หินชั้น หินอัคนี หินแปร

นักเคมี ใช้เกณฑ์ ลักษณะของเนื้อสาร เป็นเกณฑ์ในการจำแนกเป็นสารเนื้อเดียว และสารเนื้อผสม

นักชีววิทยา ใช้เกณฑ์ กระดูกสันหลัง เป็นเกณฑ์แบ่งเป็นสัตว์ มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลัง

การจำแนกประเภทและการเรียงลำดับขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น การตั้งเกณฑ์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการจำแนกประเภท ดังนั้นสิ่งของกลุ่มเดียวกันอาจจำแนกประเภทได้หลายวิธี เช่น การจำแนกประเภทของนักศึกษาในกลุ่มเรียนอาจจะใช้ เพศเป็นเกณฑ์ ใช้โปรแกรมวิชาเป็นเกณฑ์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกณฑ์เปลี่ยนไปจำนวนกลุ่มที่ถูกจำแนกออกก็จะเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้กลุ่มย่อยที่ได้จำแนกแล้วยังสามารถจำแนกประเภทต่อไปได้อีกหลาย ๆ ขั้น

วิธีจำแนกวัตถุหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ออกเป็นหมวดหมู่ เริ่มต้นด้วยตั้งเกณฑ์อย่างหนึ่งขึ้น แล้วใช้เกณฑ์นั้นแบ่งวัตถุออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยทั่วไปมักแบ่งวัตถุเหล่านั้นเป็นสองกลุ่มก่อนแล้วค่อย ๆ เลือกเกณฑ์อื่นแบ่งกลุ่มย่อยสองกลุ่มนั้น ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ต่อไป เช่น กำหนดสัตว์ ต่อไปนี้

กา ไก่ เป็ด ห่าน กบ อึ่งอ่าง หมู ช้าง ม้า วัว ควาย สุนัข

ก) ใช้เกณฑ์ การเลี้ยงลูกอ่อนด้วยน้ำนม เป็นเกณฑ์แบ่งได้ 2 พวก

1. พวกเลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ ช้าง หมู ม้า วัว ควาย สุนัข
2. พวกไม่ได้เลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ กา ไก่ เป็ด ห่าน งู กบ อึ่งอ่าง

พวกที่ไม่ได้เลี้ยงลูกด้วยนม ยังใช้เกณฑ์ที่อยู่อาศัย แบ่งเป็น

1. สัตว์บก ได้แก่ กา ไก่ เป็ด ห่าน งู
2. สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ได้แก่ กบ อึ่งอ่าง

ในการแบ่งโดยใช้เกณฑ์นั้นในบางครั้งใช้เกณฑ์หนึ่งจะอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ถ้าใช้อีกเกณฑ์หนึ่ง อาจจะอยู่คนละกลุ่มก็ได้

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการจำแนกประเภท จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

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

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

(Space/Space relationship and Space/time relationship)

สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะ เช่นเดียวกันกับวัตถุนั้น สเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

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

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่า เกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ได้แก่ การชี้บ่งรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือภาพ 3 มิติได้

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือความสัมพันธ์ระหวางเสปสกับวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่า เกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา ได้แก่ การบอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุโดยใช้ตัวเอง หรือวัตถุอื่นเป็นเกณฑ์ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาดหรือปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา จึงเป็นความสำคัญในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 1 มิติ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งความสามารถในการระบุรูปทรงต่าง ๆ ขนาด ตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนของวัตถุที่เวลาต่าง ๆ กัน

สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นพื้นฐานของการศึกษาเรื่องอื่น ๆ เช่น การบอกตำแหน่ง และทิศทางของวัตถุเมื่อเทียบกับสิ่งอื่น ๆ การศึกษาความสามารถของสัตว์และพืช การศึกษาภาคตัดกรวยและภาคความยาวของเซลล์สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในวิชาชีววิทยา การศึกษาเกี่ยวกับผลึกของสาร ๆ ในวิชาเคมี สิ่งเหล่านี้ล้วนต้องอาศัยทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลาทั้งสิ้น

เส้นสมมาตร คือ เส้นตรงที่ลากผ่านรูป 2 มิติ โดยที่เมื่อพับรูป 2 มิติตามเส้นที่ลากผ่านนั้นจะซ้อนทับกันสนิท

วัตถุ 2 มิติบางรูปจะมีเส้นสมมาตร 1 เส้น หรือมากกว่า 1 เส้น หรือบางรูปอาจไม่มีเส้นสมมาตรเลยก็ได้

ระนาบสมมาตร เป็นระนาบที่แบ่งเป็นรูปสามมิติ ออกเป็น 2 ส่วนซึ่งนำส่วนหนึ่งไปวางหน้ากระจกเงา จะได้ภาพที่เกิดขึ้นเหมือนกับส่วนที่เหลือ รูปสามมิติบางรูปมีระนาบสมมาตร ได้หลายระนาบ บางรูปอาจไม่มีระนาบสมมาตรเลย

มิติของวัตถุ

สเปส 1 มิติ มีความยาวอย่างเดียว ความกว้าง และความหนามีน้อยมาก เช่น ลวด ทองแดง

สเปส 2 มิติ มีความกว้าง ความยาว ความหนาน้อยมาก เช่น แผ่นกระดาษ

สเปส 3 มิติ มีความกว้าง ความยาว ความหนา

การเกิดเงาของวัตถุ

- วัตถุ 1 มิติ เงาของวัตถุจะมีลักษณะ เหมือนวัตถุ
- วัตถุ 2 มิติ เงาของวัตถุจะเป็นรูป 2 มิติ
- วัตถุ 3 มิติ เงาของวัตถุจะเป็นรูป 2 มิติ เช่น วัตถุทรงกระบอก ถ้าแสงถูกกระทบด้านบนเงาจะเป็นรูปวงกลม แต่ถ้าเป็นด้านข้าง เงาจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ภาพวัตถุที่ปรากฏบนกระจกเงาระนาบ

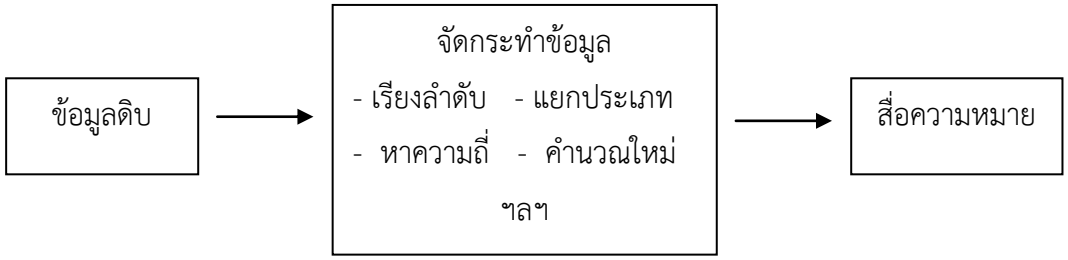
ภาพที่ปรากฏในกระจกเงากับวัตถุจะมีลักษณะกลับกัน เช่น สวมนาฬิกาข้อมือซ้าย แต่ภาพในกระจกเงาจะสวมข้อมือขวา

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสกับสเปสกับเวลา

1. บอกชื่อของรูปทรงเราขาคณิต
2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้
3. บอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุโดยใช้ตัวเอง หรือวัตถุอื่นเป็นเกณฑ์
4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (manipulating and communicating data)

การจัดกระทำข้อมูล คือ การนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบใหม่โดยจัดเรียงใหม่ ทำเป็นตาราง ความถี่ จัดเรียงลำดับ จัดจำแนกประเภท เป็นหมวดหมู่ โดยที่ข้อมูลได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลอง การสำรวจ ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บโดยการจดบันทึกไว้ ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้เกิดความหมายขึ้นมาทันที ซึ่งการเก็บข้อมูลไว้โดยการบันทึกจะทำให้เข้าใจยาก มองไม่เห็นความหมายของข้อมูล มีความหมายน้อย หรือบางทีไม่ทำให้เกิดความหมายด้วยซ้ำไป ถ้าบุคคลอื่นซึ่งไม่มีประสบการณ์โดยตรงเมื่อมาอ่านข้อมูล อาจจะไม่เข้าใจ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจได้ตรงกันต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำเสียใหม่



การสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการใช้ภาษาพูดหรือภาษาท่าทาง เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ ในสิ่งที่ต้องการสื่อความหมายให้ชัดเจน และรวดเร็ว องค์ประกอบ การสื่อความหมายมี 4 ชนิดคือ

1. ผู้ส่งสาร
2. ผู้รับสาร
3. สาร
4. ช่องทางรับสาร

การสื่อความหมาย มี 2 ประเภท

1. การสื่อความหมายทางเดียว เป็นการติดต่อสื่อสารโดยผู้ส่งสารไม่เปิดโอกาสให้ผู้รับสารได้ซักถามข้อสงสัยใด ๆ เช่น การเขียนรายงานผลการทดลอง

2. การสื่อความหมายสองทาง เป็นการติดต่อสื่อสารที่ผู้ส่งสารเปิดโอกาสให้โอกาสผู้รับสารซักถามข้อสงสัย มีการตอบสนอง ตลอดจนเสนอความคิดเห็นได้ด้วย

การสื่อความหมายที่ดี ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้อง การสื่อความหมายมีหลายรูปแบบ

ตัวอย่างรูปแบบ

การสื่อความหมายข้อมูล

1. โดยการบรรยายข้อมูล เช่น
   - เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน
   - สสารทุกชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว
2. ใช้สัญลักษณ์ซึ่งอาจเป็นตัวอักษรที่แทนภาพหรือข้อความบางอย่าง เช่น

   T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

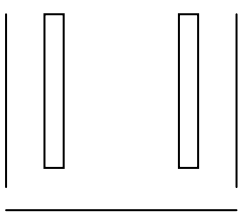
   V = ปริมาตรของก๊าซ

   R = ความต้านทานไฟฟ้า
3. ใช้สมการทางวิทยาศาสตร์ เช่น

   $V \alpha \frac{1}{p}$ เมื่อ T คงที่

4. ใช้แผนภาพ แสดงสิ่งที่ต้องการสื่อความหมาย เช่น

แผนภาพเซล กัลวานิก

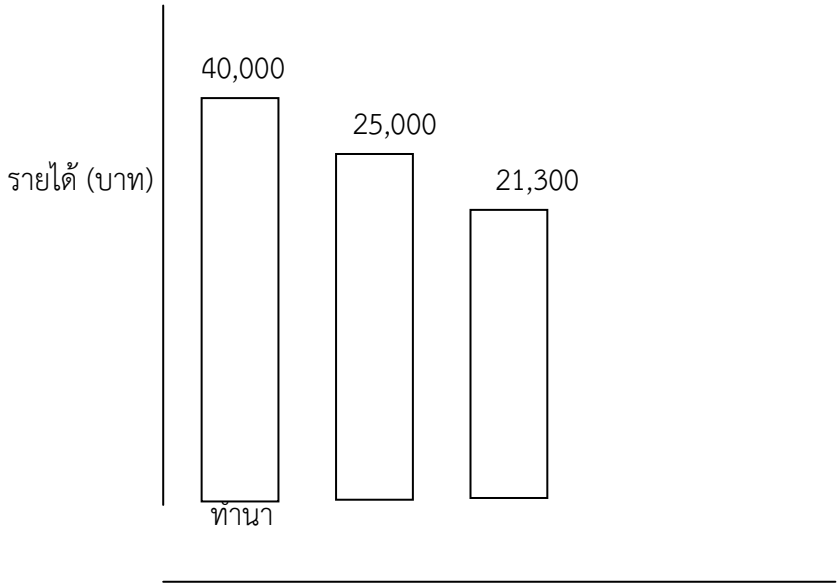


5. ใช้แผนที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลง หรือตำแหน่งของสิ่งที่สังเกตได้ เช่น แผนที่อากาศแสดงการเคลื่อนที่ของลม

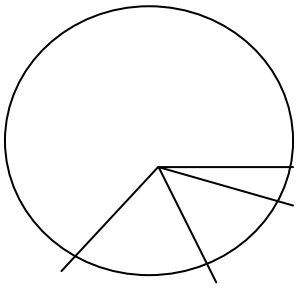
6. โดยใช้ภาพวาดรูปแทนของจริง หรือภาพถ่ายของจริง เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลที่เหมือนของจริงที่ได้จากการสังเกต เช่น ภาพถ่ายแสดงภูเขาไฟระเบิด

7. โดยใช้แผนสถิติ (graph) เสนอข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องการศึกษา แผนสถิติมีหลายแบบ

7.1 แผนสถิติแบบแท่ง รูปแท่งแต่ละแท่งจะมีความกว้างเท่ากัน ส่วนสูงของแท่งจะแสดงปริมาณเป็นตัวเลขที่เป็นข้อมูล เช่น แผนสถิติแบบแท่ง แสดงรายได้ของชุมชนต่อปี



7.2 แผนสถิติแบบกง โดยวงกลมถูกแบ่งจากจุดศูนย์กลางของวงกลมออกเป็นส่วน แต่ละส่วนมีขนาดสอดคล้องกับปริมาณของข้อมูลที่ต้องการสื่อความหมาย



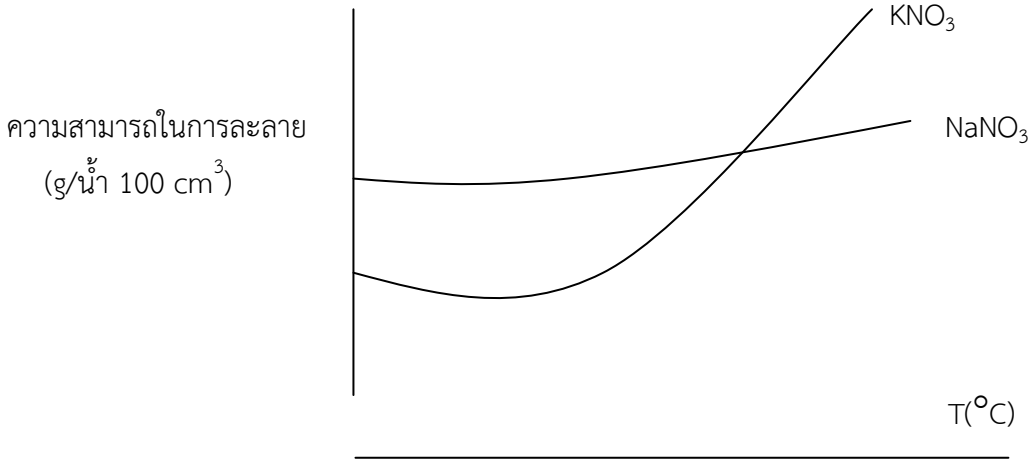
ไทย 69.8% = 251.28°

จีน 24.5% = 88.2°

อินเดีย 3.9% = 14.04°

อื่น ๆ 1.8% = 6.48°

7.3 แผนสถิติแบบเส้น เป็นแผนสถิติที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ถูกต้องกว่าแบบอื่น ๆ เส้นแต่ละเส้นจะแสดงข้อมูลแต่ละชนิด จะเพิ่มหรือลดลงตามข้อมูลของตัวแปร โดยอาจใช้วิธีหรือลักษณะของเส้นที่แตกต่างกันออกไป



8. โดยใช้ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดหรือการทดลอง

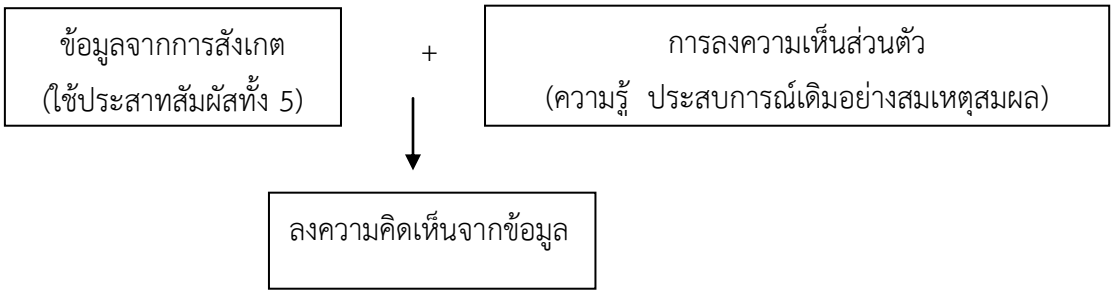
พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย

1. เลือกรูปแบบที่เสนอข้อมูลได้เหมาะสม เช่น ตาราง กราฟ
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูล
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้
5. บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยข้อความเหมาะสมกะทัดรัด
6. บรรยายหรือวาดแผนผัง แสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. ทักษะการลงความคิดเห็นของข้อมูล (Inferring)

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล เป็นทักษะพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความหมาย และสามารถลงความคิดเห็นได้อย่างชำนาญตลอดจนให้เห็นความแตกต่างระหว่างการลงความคิดเห็นจากข้อมูลกับการสังเกตอย่างชัดเจน

<u>การลงความเห็นข้อมูล</u> หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 เข้าไปสำรวจปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง แล้วเพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวลงไปกับข้อมูลนั้น



การลงความคิดเห็นจากข้อมูล เป็นการตอบ เก็บข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูลอาจถูกหรือผิดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่อไปนี้

1. ปริมาณและความกว้างของข้อมูล ว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด
2. ความถูกต้องของข้อมูล ว่าข้อมูลนั้นถูกต้องเพียงใด
3. ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ลงความเห็น มีมากน้อยเพียงใด
4. ความสามารถในการมองเห็นของผู้ลงความเห็นเป็นแบบผิวเผินหรือมองได้ลึกและกว้างและมีความสมเหตุสมผลมากน้อยเพียงใด

<u>ตัวอย่าง</u> แสดงภาพตั๊กแตนใบไม้ ให้อธิบายสิ่งที่เห็นจากภาพ เช่น

1. มีตั๊กแตนใบไม้ 1 ตัว
2. ตั๊กแตนปรับตัวลักษณะเหมือนใบไม้เพื่อการอยู่รอด
3. ตั๊กแตนมีหนวด 2 เส้น
4. ตั๊กแตนเป็นโรค เพราะมีจุดสีน้ำตาลบนปีก

ตั๊กแตนมีหนวด 2 เส้น เป็นการสังเกตโดยใช้ตา เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

ตั๊กแตนปรับตัวเหมือนใบไม้ เพื่อการอยู่รอด ไม่ใช่การสังเกต เพราะใช้ประสบการณ์เดิม ความรู้เดิมไปอธิบาย เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เป็นการลงความคิดเห็นข้อมูล

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

1. อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมช่วย
2. การลงความคิดเห็น ในเรื่องเดียวกัน อาจลงความเห็นได้หลายอย่างอาจจะถูกหรือผิดก็ได้

แบบฝึกหัดท้ายบท

ทักษะการสังเกต

1. ในข้อใดเป็นลักษณะการสังเกต และในข้อใดที่ไม่ใช่ลักษณะการสังเกต
   1.1 เมฆมืดครึ้มฝนตกแน่ ๆ
   1.2 ห้องนี้กว้างประมาณ 3 เมตร ยาวประมาณ 5 เมตร
   1.3 ถ้าลมพัดมาเปลวเทียนจะดับ
   1.4 ของเหลวในถ้วยใบนี้มีรสเค็ม
   1.5 นาฬิกาเรือนเล็กเดินดังติ๊ก ๆ ๆ ๆ
   1.6 ผ้าสีแดงผืนนี้เนื้อบาง
2. จงบอกว่า ผลการสังเกตเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณและใช้ประสาทสัมผัสส่วนใด
   2.1 ไม้แท่งนี้มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยม
   2.2 ดินสอยาวประมาณ 12 เซนติเมตร
   2.3 ส้มมีรสหวาน
   2.4 กระดาษแผ่นนี้ผิวหยาบ
   2.5 เทียนแท่งนี้มีกลิ่นหอม
   2.6 ดินน้ำมันก้อนนี้หนักประมาณ 30 กรัม
3. ข้อใดเป็นการบันทึกการสังเกตที่ดีให้ทำเครื่องหมายถูก หน้าข้อที่ถูก และทำเครื่องหมายผิดหน้าข้อที่ผิด
   ..... 3.1 เมฆครึ้มฝนตกแน่ ๆ
   ..... 3.2 ห้องนี้กว้างประมาณ 3 เมตร ยาวประมาณ 5 เมตร
   ..... 3.3 ถ้าลมพัดมาเปลวเทียนจะดับ
   ..... 3.4 ในห้องเรียนมีเก้าอี้ทำมาจากไม้
   ..... 3.5 มีเพื่อนร่วมห้องใส่รองเท้าสีดำมาเรียน
   ....3.6 น้ำมันเบาลอยน้ำได้
4. จงบอกว่าผลการสังเกตต่อไปนี้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลเชิงปริมาณและใช้ประสาทสัมผัสใด
   4.1 ไม้แท่งนี้มีฐานเป็นสี่เหลี่ยม.....
   4.2 ดินสอยาวประมาณ 12 เซนติเมตร.....
   4.3 ส้มมีรสหวาน.....
   4.4 เทียนแท่งนี้มีกลิ่นหอม.....
   4.5 เอกสารประกอบการเรียนเล่มนี้หนักประมาณ 250 กรัม.....
   4.6 กระดาษแผ่นนี้มีผิวหยาบ.....

ทักษะการวัด

1. ให้บอกชื่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณของสิ่งต่อไปนี้

1.1 อุณหภูมิของน้ำในแก้ว

1.2 ปริมาตรของน้ำในแก้ว

1.3 มวลของน้ำในแก้ว

1.4 น้ำหนักของผลส้ม 6 ผล

1.5 ความสูงของต้นถั่ว

1.6 ความยาวของห้อง

1.7 ความลึกของหลุมที่ขุด

1.8 ปริมาณของเกลือในขวด

1.9 น้ำหนักของกระเป๋าเสื้อผ้า

1.10 อุณหภูมิของร่างกาย

2. ให้บอกว่า ข้อใดเกิดความคลาดเคลื่อนโดยบังเอิญ และข้อใดเกิดความคลาดเคลื่อนในระบบ

2.1 นักเรียนคนหนึ่งวัดอุณหภูมิของสารละลายขณะร้อน เขาบอกเพื่อนในกลุ่มว่าอุณหภูมิวัดได้คือ 74 °C แต่เพื่อนร่วมกลุ่มบันทึกอุณหภูมิเป็น 84°C

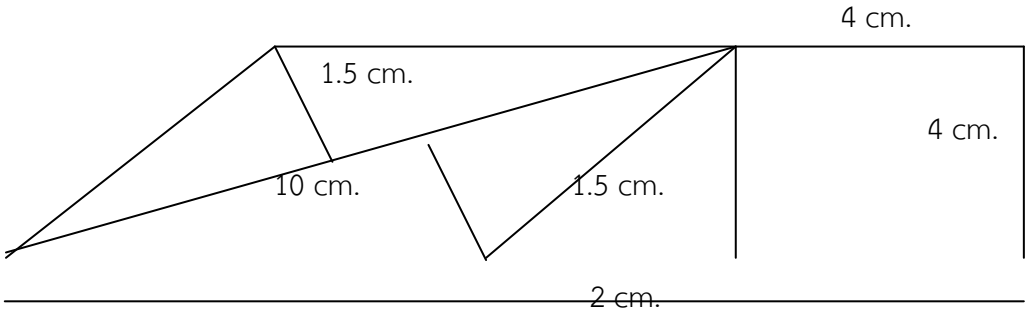
2.2 นักเรียนคนหนึ่งใช้เครื่องชั่งน้ำหนักของแมลงที่ตายแล้วเพื่อที่จะรักษาเครื่องชั่งให้สะอาดอยู่เสมอ เขาจึงวางแมลงแต่ละตัวบนลงกระดาษทิชชู และวางกระดาษทิชชูลงบนจานเครื่องชั่งอีกที เมื่อหาน้ำหนักของแมลงแต่ละตัวจริง ๆ เขาลืมหักน้ำหนักของทิชชูล้วน ๆ ออกจากผลรวม ระหว่างทิชชูและแมลงแต่ละตัวที่วัดได้

2.3 นักเรียนคนหนึ่งตกลงใจที่จะชั่งน้ำหนักแมลงใหม่อีกครั้ง คราวนี้เขาหาน้ำหนักของแมลงได้โดยหักน้ำหนักของทิชชูออกจากน้ำหนักรวมแต่เขาลืมกระทำเช่นนี้กับแมลงตัวหนึ่ง

3. วิธีถูกต้องและง่ายที่สุดสำหรับหาปริมาณช่องว่างระหว่างเม็ดทรายภายในถ้วยแก้วคือวิธีใด

4. ให้ระบุเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความยาวของเส้นโค้ง พร้อมทั้งบอกวิธีการวัดและค่าที่ได้ในหน่วยเซนติเมตร

ทักษะการใช้ตัวเลข



1. พื้นที่ทั้งหมดของรูปนี้มีขนาดเป็นเท่าใด

2. ตัวเลขสามจำนวนคือ 7 cm. 7.0 cm. และ 7.00 cm. ได้จากการวัดความยาวของลวดเส้นเดียวกัน แต่ใช้เครื่องมือที่ต่างกัน ท่านคิดว่า เครื่องมือที่วัด ได้ค่าใด เป็นเครื่องมือที่ละเอียดมากที่สุด

3. เติมน้ำลงในเกลือซึ่งมีปริมาณ 10 กรัม คนให้ละลายแล้วเติมน้ำต่อไปจนได้น้ำเกลือปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตักน้ำเกลือมา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำลงไปอีก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีเกลือละลายอยู่กี่กรัม

ทักษะการจำแนกประเภท

1. มีกระดาษแข็ง 4 สี คือ สีแดง สีฟ้า สีเหลือง และสีน้ำตาล แต่ละสีมีรูปร่างหลายแบบ คือทั้งรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม และวงกลมมีทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก มีทั้งผิวเรียบและผิวขรุขระ

ก. จำแนกกระดาษแข็งเป็นพวก ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ได้บ้าง

ข. ถ้าใช้สีเป็นเกณฑ์ แบ่งได้กี่พวก อะไรบ้าง

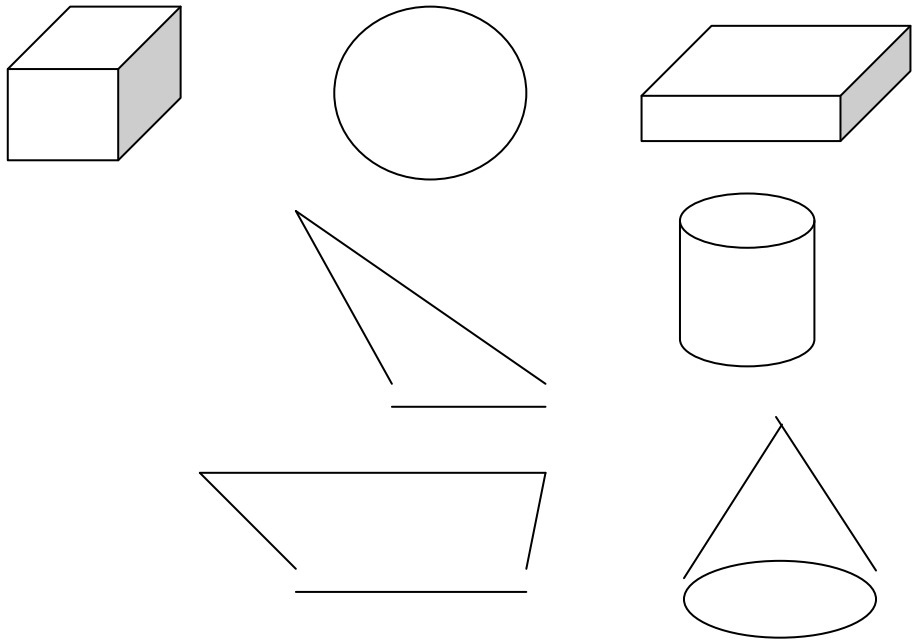
ค. ใช้รูปร่างเป็นเกณฑ์แบ่งได้กี่พวก อะไรบ้าง

ง. ใช้ลักษณะพื้นผิวเป็นเกณฑ์ ได้กี่พวก อะไรบ้าง

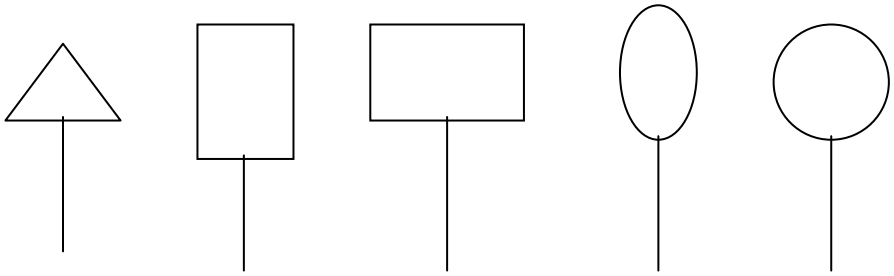
จ. ใช้ขนาดเป็นเกณฑ์ แบ่งได้กี่พวกอะไรบ้าง

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

1. รูปวงรีมีเส้นสมมาตรกี่เส้น
2. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีเส้นสมมาตรกี่เส้น
3. รูปไข่มีระนาบสมมาตรกี่เส้น
4. รูปทรงกระบอกมีระนาบสมมาตรกี่ระนาบ
5. เด็กชายป้อมถือไอศรีมมือซ้ายเข้าหากระจก ภาพที่เห็นเด็กชายป้อมในกระจกถือไอศรีมมือใด
6. ใช้ระบุรูปทรงต่อไปนี้



7. รูป 3 มิติ ระบุระนาบสมมาตรของรูปทรงต่อไปนี้ ทรงกลม ปริซึมฐานสี่เหลี่ยมด้านเท่า ทรงกระบอก
8. หมุนรูป 2 มิติตามแกนที่กำหนดได้ จะเกิดรูป 3 มิติอะไร



9. จงเขียนตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่ปรากฏในกระจกเงา เมื่อนำตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ต่อไปนี้หันเข้ากระจกเงา

9.1 WTO

9.2 Ω

9.3 UN

ทักษะจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

1. จงอ่านข้อความต่อไปนี้

"แมลง A เมื่อเจริญเติบโตแล้วจะออกไข่ ภายใน 3 วัน เมื่อ A เจริญเติบโตจากดักแด้ซึ่งใช้เวลา 4 วัน ตัวหนอนได้มาจากไข่ ซึ่งใช้เวลา 7 วันเท่านั้น ตัวหนอนของดักแด้จะกลายเป็นดักแด้ในเวลา 4 วัน"

จากข้อความดังกล่าว จะมีวิธีเขียนอย่างไรให้ผู้อื่นเข้าใจดีขึ้น

2. จงสร้างตารางบันทึกผลการทดลองให้สอดคล้องกับคำอธิบายการทดลองต่อไปนี้

2.1 ชั่งมวลดินน้ำมัน ก้อนหิน ทีละชนิดแล้วบันทึกผล

2.2 นำวัตถุทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวไปหาปริมาตรโดยใช้วิธีการแทนที่น้ำ

2.3 หาความหนาแน่นของวัตถุแต่ละชนิดดังกล่าว แล้วบันทึกผล

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

1. ข้อใดเป็นการสังเกตหรือการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และให้เหตุผลสั้น ๆ

1.1 ด่างทับทิมละลายน้ำแล้วเห็นเป็นสีม่วง

1.2 ด่างทับทิมทำให้ผักสะอาด ฆ่าเชื้อโรค

1.3 น้ำมันลอยน้ำเพราะมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ

1.4 ห้องเรียนนี้มีประตูและหน้าต่าง

1.5 หญิงแต่งกายขะมุกขะมอมมีอาชีพขายถ่าน

2. นำแก้วใส่น้ำประมาณครึ่งแก้ว เติมน้ำแข็งลงไป 2 – 3 ก้อน แล้วทำการสังเกต

1) การลอยหรือจมของก้อนน้ำแข็ง

2) หยดน้ำเล็ก ๆ ที่เกาะข้างแก้ว แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตใน 1) มีอะไรบ้าง และท่านจะอธิบายข้อมูลนั้น โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมได้อย่างไร

ข. ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ใน 2) มีอะไรบ้าง และท่านจะอธิบายข้อมูลนั้นโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ได้อย่างไร

3. นำเทียนไขที่จุดแล้วใส่กล่องพลาสติกใสแล้วผิดฝา สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเทียนไขแล้วอธิบายสิ่งที่ได้จากการสังเกตตั้งแต่เริ่มต้น โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม

4. นำภาชนะ 2 ใบ ทำด้วยวัสดุเดียวกัน และมีขนาดเท่ากัน ใส่ทรายลงในภาชนะใบหนึ่งและใส่น้ำลงในอีกภาชนะใบหนึ่ง แล้วนำภาชนะทั้งสองใบ ไปตั้งไว้กลางแดด จากนั้นใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของทรายกับน้ำแล้วจดอุณหภูมิบันทึกผล

4.1 อุณหภูมิของน้ำกับทรายอย่างใดสูงกว่ากัน

4.2 ท่านจะอธิบายโดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมได้ว่าอย่างไร

แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (จำนวน 8 ชั่วโมง)

ผลลัพธ์การเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถ :

1. อธิบายความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานได้
2. ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้และแก้ปัญหาได้
3. อธิบายคุณค่าหรือประโยชน์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

สาระการเรียนรู้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ประกอบด้วย
   - 1.1 ทักษะการพยากรณ์
   - 1.2 ทักษะการตั้งสมมุติฐาน
   - 1.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
   - 1.4 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
   - 1.5 ทักษะการทดลอง
   - 1.6 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป
2. การจัดการความรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

กระบวนการเรียนรู้

1. จัดกลุ่มนักศึกษาเพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ร่วมกัน ตามเอกสารการเรียนรู้ (แบบฝึกปฏิบัติการ) แบบฝึกปฏิบัติการต้องมีสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะครบทั้ง 6 ทักษะ โดยมีคำถามหรือประเด็นอภิปราย เพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติแต่ละทักษะที่เกี่ยวข้องกับความรู้ คุณค่าประโยชน์ ฯ
2. จัดให้มีการอภิปรายกลุ่มเพื่อสรุปแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างกลุ่ม

การวัดและประเมินผล (คะแนนเต็ม 16 คะแนน)

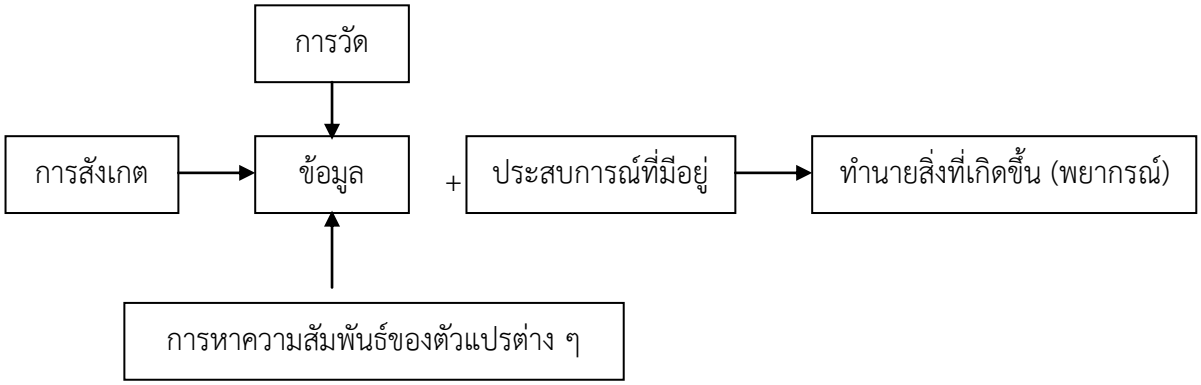
1. ประเมินจากกระบวนการเรียนรู้ในข้อ (1)
   - 1.1 ประเมินผลการปฏิบัติงานตามเอกสารการเรียนรู้
     เครื่องมือ : แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
   - 1.2 ประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน
     เครื่องมือ : แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ประเมินองค์ความรู้
   เครื่องมือ : แบบทดสอบ

หน่วยที่ 4
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 13 ทักษะ ซึ่งในหน่วยที่ 3 ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานไปแล้ว จำนวน 7 ทักษะ และในหน่วยที่ 4 นี้ จะกล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำนวน 6 ทักษะ ประกอบด้วย การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การออกแบบและดำเนินการทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

การพยากรณ์ คือ การคาดคะเนคำตอบ หรือค่าจากข้อมูลที่ได้จาการสังเกต ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน หรือนำเอาความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีมาช่วยในการพยากรณ์



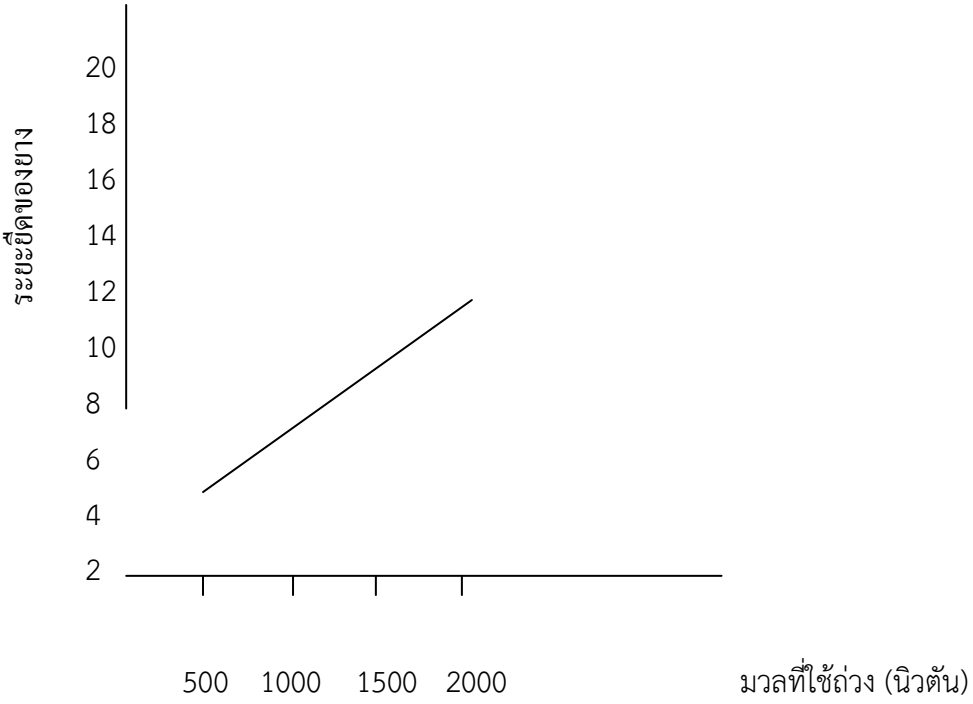
การพยากรณ์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. การพยากรณ์ในขอบเขตข้อมูล หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่มีอยู่ในขอบเขตของข้อมูล ที่สังเกตหรือวัดได้

2. การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูล หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่มากกว่า หรือน้อยกว่าขอบเขตข้อมูลที่สังเกตหรือวัดได้

การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูล จะเชื่อถือได้มากกว่าและมีความผิดพลาดน้อยกว่า การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูล เพราะมีข้อมูลเพียงพอเป็นพื้นฐานให้สามารถพยากรณ์ได้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่ใช้ถ่วงกับระยะยืดของยาง



ตุ้มหนัก 500 นิวตัน ถ่วงระยะยืดของยางเป็นเท่าไร

ตุ้มหนัก 2,000 นิวตัน ถ่วง ระยะยืดของยางเป็นเท่าไร

เป็นการพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูล

เส้นประที่ต่อออกมาเป็นการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูล เช่น

ใช้ตุ้ม 400 นิวตัน ถ่วงระยะเป็นเท่าไร

ใช้ตุ้ม 2500 นิวตัน ถ่วงระยะยืดเป็นเท่าไร

การคาดคะเนคำตอบโดยใช้อาศัยเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ก็เรียกว่า การพยากรณ์ เช่น “เมื่อได้เห็นฟ้าแลบ ก็สามารถคาดคะเนได้ว่า จะเกิดเสียงฟ้าร้องตามมา” เพราะเคยมีประสบการณ์เรื่องนี้มาก่อน เช่นนี้ ก็เรียกว่าการพยากรณ์

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย ไปยังตังกลางที่มีความหนาแน่น มากกว่า จะเกิดการหักเหเข้าหาเส้นปกติ ดังนั้นถ้าแสงเดินทางจากอากาศ ไปสู่น้ำจะเป็นอย่างไร (แสงหักเหเข้าหาเส้นปกติ)

การคาดคะเนคำตอบนี้เรียกว่า การพยากรณ์ เพราะคาดคะเนจากคำตอบจากความรู้ที่ เรียกว่าหลักการซ้ำ เคยมีประสบการณ์หรือความรู้มาก่อน

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการพยากรณ์

1. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้น จากข้อมูลที่เป็นกฎ หลักการ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypotheses)

สมมติฐาน หมายถึง คำตอบของปัญหาได้จากการคาดคะเนล่วงหน้าอย่างสมเหตุสมผล สมมติฐานเป็นแนวทางในการออกแบบการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือเพื่อตอบปัญหา

สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านี้ มักเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น สมมติฐานจึงเป็นเครื่องกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นนั้นเป็นที่ยอมรับ หรือไม่ยอมรับ สมมติฐานที่ตั้งขึ้น อาจจะถูก หรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบภายหลังการทดลองหาคำตอบแล้ว ในสถานการณ์ทดลองหนึ่งอาจมี 1 สมมติฐาน หรือหลายสมมติฐานก็ได้

<u>ตัวอย่างการตั้งสมมติฐาน</u>

“อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ลงของวัตถุ ในของเหลวขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ”

“อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลว ขึ้นอยู่กับความหนืดของของเหลวนั้น”

สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบภายหลังจากการทดลองหาคำตอบแล้ว ในสถานการณ์หนึ่งอาจมี 1 สมมติฐานหรือหลายสมมติฐานก็ได้ การตั้งสมมติฐานมักเขียนในรูป

ถ้า .....ดังนั้น ..... เช่น

ถ้าฮอร์โมนมีผลต่อสีของปลาสวยงาม ดังนั้นปลาที่เลี้ยงโดยให้ฮอร์โมนจะมีสีเร็วกว่าปลาที่เลี้ยงโดยไม่ให้ฮอร์โมน ในช่วงอายุเท่ากัน

ถ้าควันบุรีมีผลต่อการเกิดมะเร็ง ดังนั้นคนที่สูบบุหรี่หรือคลุกคลีกับคนที่สูบบุหรี่ จะมีโอกาสเป็นโรคมะเร็งได้มากกว่าคนไม่สูบบุหรี่ หรือคลุกคลีกับคนที่สูบบุหรี่

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการตั้งสมมติฐาน

1. หาคำตอบล่วงหน้า ก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม
2. หาคำตอบล่วงหน้า โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

10. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

ตัวแปร คือ สิ่งที่เปลี่ยนแปลงหรือต่างไปจากที่เป็นเดิม เมื่ออยู่ในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้นที่จะไปมีผลให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน จึงต้องควบคุมให้เหมือนกันทุกกลุ่มทดลอง

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

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 3 อย่าง

1. ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable) คือสิ่งที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาดูว่า ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นหรือไม่

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือตัวแปรที่เป็นผลต่อเนื่องมาจากตัวแปรอิสระ เมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) คือ ตัวแปรอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่มีผลทำให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นตัวแปรควบคุมต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน นอกเหนือจากตัวแปรต้น เพื่อให้ผลการทดลองไม่คลาดเคลื่อน

การกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นส่วนสำคัญยิ่งในการทดลอง ทั้งนี้เพื่อจะให้ได้ผลสรุปที่ถูกต้องแน่นอนกว่า ผลที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นจากตัวแปรที่เราต้องการจะศึกษาหรือไม่ ในสถานการณ์การทดลองหนึ่ง ๆ ผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรอาจจะมาจากหลายสาเหตุ จึงมีความจำเป็นต้องควบคุมสิ่งที่เราไม่ต้องการศึกษา (ตัวแปรควบคุม) ให้เหลือเฉพาะตัวแปรที่เราต้องการจะทราบ (ตัวแปรอิสระ) เพื่อสะดวกในการศึกษาเฉพาะสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งก่อน เช่น เราต้องการศึกษาชนิดของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่การเจริญเติบโตของพืชมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกนอกจากดิน เช่น แสงแดด ปุ๋ย น้ำ การดูแล เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่เรายังไม่ต้องการศึกษา จึงต้องมีการควบคุมเพื่อสะดวกต่อการศึกษาเฉพาะสาเหตุใด สาเหตุหนึ่งก่อน เพื่อจะสรุปผลจากการทดลองได้ได้ตรงตามสาเหตุที่แท้จริง (ตัวแปรอิสระ)

เช่น การศึกษาการงอกของกุหลาบในดินชนิดต่าง ๆ

- ให้นำดินชนิดต่าง ๆ มาใส่ในกระถาง แล้วปลูกกุหลาบ ชนิดเดียวกัน ขนาดเท่ากัน รดน้ำ ใส่ปุ๋ย การถูกแสง การดูแลรักษาเหมือนกัน และสังเกตการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบ

ตัวแปรต้น คือ ดินชนิดต่าง ๆ

ตัวแปรตาม คือ การเจริญเติบโตของต้นกุหลาบ

ตัวแปรควบคุม คือ ชนิดและขนาดของต้นกุหลาบ การรดน้ำ ใส่ปุ๋ย การถูกแสง การดูแลรักษา

11. ทักษะการกำหนดนิยมเชิงปฏิบัติการ

นิยมเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การสร้างนิยาม โดยบอกว่าจะทำและสังเกตอะไร หรือสร้างข้อความเกี่ยวกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบว่า จะสังเกตหรือทำอะไร โดยบรรยายเชิงรูปธรรม

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จะแตกต่างกับการกำหนดนิยามโดยทั่ว ๆ ไป เพราะการกำหนดนิยามทั่ว ๆ ไป เป็นการให้ความหมายของคำ หรือข้อความอย่างกว้าง ๆ ส่วนการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นการกำหนดความหมายให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้ใน สถานการณ์นั้น ๆ เช่น การให้นิยมของก๊าซไนโตรเจน

นิยามทั่วไป ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 8 และมวลอะตอมเท่ากับ 16 (ทุกคนเข้าใจตรงกัน แต่สังเกตและวัดไม่ได้)

นิยามเชิงปฏิบัติการ ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ช่วยให้ไฟติด เมื่อก้อนถ่านแดงแหย่ลงไปในก๊าซนั้นแล้วก้อนถ่านนั้นจะลุกเป็นเปลวไฟ (ทุกคนเข้าใจตรงกัน สังเกตและวัดได้)

พฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะนิยามเชิงปฏิบัติการ จะต้องกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรตาง ๆ ให้สังเกตได้และวัดได้

12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

การทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบของสมมติฐานที่ตั้งไว้ประกอบด้วย

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

ในการดำเนินการทดลอง ผู้ทดลองจะต้องนำเอากระบวนการขั้นอื่น ๆ มาใช้ประกอบกัน ความสำเร็จของการทดลองจึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน ในการทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง เป็นการวางแผนการปฏิบัติงานก่อนลงมือทดลอง การออกแบบการทดลองจะต้องสัมพันธ์กับสมมติฐานที่จะตรวจสอบ ในการออกแบบการทดลอง จะต้องกำหนดสิ่งต่อไปนี้

- วิธีทดลอง ต้องระบุตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม หรือวิธีควบคุม และเขียนวิธีทดลองตามลำดับขั้นตอนการปฏิบัติก่อนหลัง
- วิธีวัดหรือสังเกตผลการทดลองรวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการบันทึกผลแต่ละครั้ง
- ออกแบบบันทึกผลการทดลองให้สอดคล้องกับสิ่งที่วัดได้จากการทดลอง
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง ปฏิบัติการทดลองจริงตามที่กำหนดไว้ในวิธีการทดลอง

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งเป็นผลจากการทดลอง โดยบันทึกผลการทดลองตามแบบบันทึกผลการทดลองที่ได้ออกแบบไว้แล้ว

การออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับสมมติฐาน และปัญหา การเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับการดำเนินการทดลอง รวมทั้งการบันทึกผลการทดลอง

การทดลองเป็นการพิสูจน์ความจริงบางอย่าง หรือเป็นการพิสูจน์สมมติฐาน มีปัญหาบางอย่างทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่จำเป็นต้องมีการทดลอง ก็สามารถบอกคำตอบได้แต่บางปัญหาต้องมีการทดลอง

พฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการทดลอง

1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปร
2. ระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีที่ต้องนำมาใช้ในการทดลองได้
3. ปฏิบัติการทดลองและอุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion)

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

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ส่วนการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการตีความหมายข้อมูล แล้วนำสู่การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรศึกษาได้เป็นความรู้ใหม่

พฤติกรรมที่แสดงว่ามีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจะมีความสามารถ ดังต่อไปนี้

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลได้ (ทักษะการตีความหมายข้อมูล)
2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (ทักษะการลงข้อสรุป)

ประโยชน์

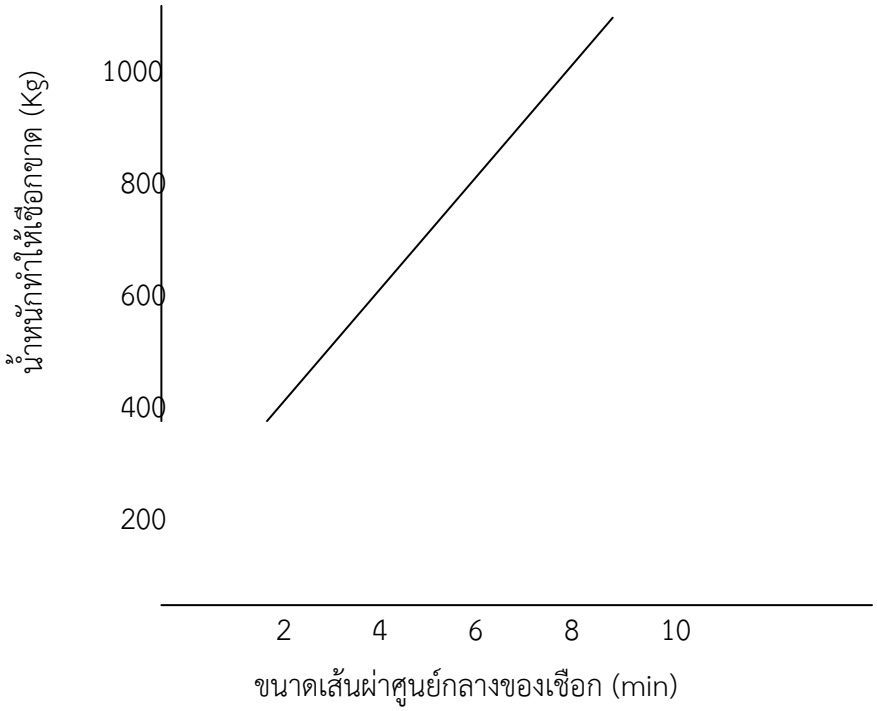
1. ช่วยในการบรรยายข้อมูล ให้เข้าใจง่าย ชัดเจน และเข้าใจตรงกัน
2. ช่วยในการบรรยายความคิดเห็น การพยากรณ์ และการตั้งสมมติฐาน

การตีความหมายข้อมูลและลงสรุป นำมาใช้การอธิบายบรรยายหรือความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตารางรูปภาพ กราฟ และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน

แบบฝึกหัดท้ายบท

ทักษะการพยากรณ์

1. ศึกษาจากกราฟข้างล่างนี้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



1.1 เมื่อแขวนน้ำหนัก 1500 กก. เพื่อไม่ให้เชือกขาดจะต้องใช้เชือกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่าใด

1.2 เชือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มม. จะขาดเมื่อแขวนด้วยน้ำหนักเท่าใด

2. ศึกษาตารางต่อไปนี้ซึ่งเป็นตารางแสดงระยะทางของวัตถุที่ถูกยิงด้วยยางที่ยืดระยะต่างกัน แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

ระยะที่ยืดยาง (cm)	ระยะที่วัตถุตก (m)
1.5	2.0
3.0	2.6
4.5	3.2
6.0	3.8
7.5	4.4

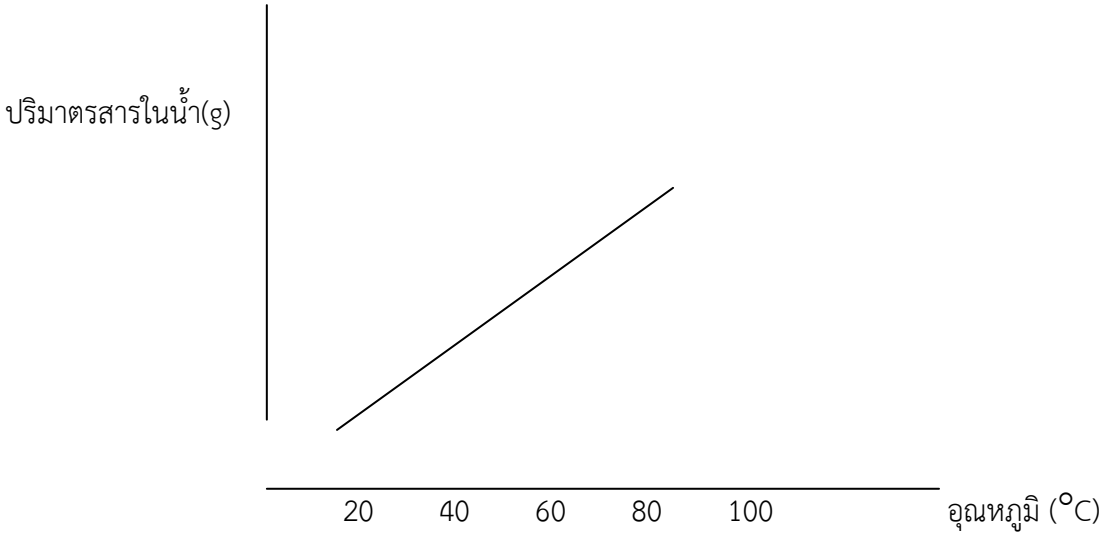
2.1 ถ้ายืดยางให้มีระยะ 5 cm. วัตถุจะตกระยะเท่าใด

2.2 ต้องการให้วัตถุตกห่าง 5 m จะต้องยืดยางระยะเท่าใด

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

1. ในการทดลองละลายสารส้มในน้ำเย็น ปรากฏว่าสารส้ม 21 กรัมละลายได้พอดีในน้ำที่มีปริมาณ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากการทดลองนี้ ถ้าผู้ทดลองมีความเชื่อว่าการอุ่นสารละลายให้ร้อนขึ้น จะช่วยให้สารส้มละลายได้มากขึ้น ท่านคิดว่าเขาควรตั้งสมมติฐานใหม่นี้ว่าอย่างไร

2. จงอธิบายกราฟข้างล่างนี้



จากกราฟข้างต้นได้ข้อมูลของการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นอย่างไร

3. การทดลองครั้งหนึ่ง ผู้ทดลองนำลูกกลมตันทำด้วยวัสดุต่างชนิดกัน ได้แก่ แก้ว เหล็ก พลาสติก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน ปล่อยให้กลิ้งลงบนพื้นเอียงเดียวกัน แล้วจับเวลาดูลูกลมตัน แต่ละชนิดใช้ในการกลิ้งจากปลายบนสุดถึงปลายล่างสุดของพื้นเอียง ทำซ้ำ 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ยนำมาเปรียบเทียบกัน จากการทดลองดังกล่าวท่านคิดว่าเขาทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานใด

และถ้าในการทดลองครั้งใหม่ เขาเปลี่ยนใช้ลูกกลมพลาสติก แต่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลาย ๆ ขนาดแตกต่างกัน ท่านคิดว่าเขาตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองครั้งนี้ว่าอย่างไร

4. จงศึกษาข้อมูลจากตารางต่อไปนี้

ชนิดของสาร	ความสามารถในการละลายของสาร (g)	
	ในน้ำ 100 cm^3 ที่อุณหภูมิห้อง	ในเอธิลอัลกอฮอล์ 100 cm^3 ที่อุณหภูมิห้อง
A	140	5
B	39	1
C	200	0.6
D	36	0
E	6	0

ข้อมูลในตารางนี้ ได้มาจากการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานใด

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ให้บอกตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

1. “ทำการทดลองโดยใส่แคลเซียมคลอไรด์ปริมาณ 1 ช้อนเบอร์ 1 เท่ากัน ลงในบิกเกอร์ใบเล็กขนาดเดียวกัน 4 ใบ ซึ่งแต่ละใบบรรจุน้ำที่มีปริมาณแตกต่างกันและคนให้ทั่ว หลังจากที่แคลเซียมคลอไรด์ละลายหมดเราก็จะวัดอุณหภูมิของน้ำในบิกเกอร์แต่ละใบ”

2. “ศึกษาปริมาณของวิตามินเอ ที่หนูได้รับมีผลต่อน้ำหนักของหนูหรือไม่ นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองเลี้ยงหนูโดยแบ่งหนูออกเป็น 5 กลุ่มแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่เหมือนกัน แต่ได้รับปริมาณวิตามินที่ต่างกัน หลังจากเลี้ยงหนูได้ 3 สัปดาห์ เขาก็ชั่งน้ำหนักของหนูแต่ละตัว”

3. “การงอกของเมล็ดข้าวโพด ในเวลาที่ต่างกัน ขึ้นกับปริมาณของน้ำที่มันได้รับใช่ หรือไม่”

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

1. ต่อไปนี้เป็นนิยามเชิงปฏิบัติการหรือนิยามทั่วไป
   1) ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซไม่มีกลิ่น แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยธาตุออกซิเจน 2 อะตอม
   2) ตัวนำไฟฟ้าคือวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ที่เมื่อนำเครื่องตรวจสอบไฟฟ้า มาแตะแล้วไฟติด
   3) เป็ดเป็นสัตว์ปีมี 2 ขา ไม่สามารถบินได้
   4) แคลอรี่เป็นหน่วยวัดปริมาณความร้อน
   5) ความหนาแน่น คือ ผลที่ได้จากการนำค่ามวลของวัตถุมีหน่วยเป็นกรัมต่อปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ให้กำหนดนิยามของคำว่า “น้ำใส” ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการสังเกตหรือทดลองด้วยวิธีที่ง่ายที่สุด เมื่อต้องการจำแนกน้ำใสออกจากน้ำที่มีลักษณะอื่น ๆ

3. ในการศึกษาเรื่องนก จากประโยคที่ว่า “นกเป็นสัตว์ปีกส่วนมากบินได้” คำว่า “บินได้” ของนกควรกำหนดนิยามอย่างไร

4. จงให้นิยามของคำว่า “ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสังเกตหรือทดลองเมื่อต้องการศึกษาว่า ก๊าซที่เกิดจากการหมักยีสต์กับสารละลายน้ำตาลคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป

1. จากการทดลองละลายสาร A ในของเหลว B จำนวน 50 cm^3 ที่ T ต่าง ๆ กันได้ผลดังนี้

อุณหภูมิของของเหลว B (^{o}C)	ปริมาณสาร A ที่ละลายในของเหลว B (g)
20	5
30	10
40	20
50	40

- ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C สาร A ละลายในของเหลว B ได้กี่กรัม
- ขณะที่สาร A ละลายในสาร B 20 g อุณหภูมิของของเหลว B เป็นเท่าไร
- อุณหภูมิ 40 ^{o}C และ 50 ^{o}C สาร A ละลายในของเหลว B ได้ต่างกันอย่างไร
- จากผลการทดลองสรุปได้อย่างไร

2. จากการวัดความดันบรรยากาศ และความหนาแน่นของอากาศที่ระดับความสูงต่าง ๆ ผลดังนี้

ความสูงจากระดับน้ำทะเล (Km)	ความดันบรรยากาศ (mm-Hg)	ความหนาแน่นของอากาศ (g/cm^3)
0	760	0.00130
2	600	0.00100
4	470	0.00082
6	360	0.00066
8	280	0.00052
10	210	0.00041

- ความดันบรรยากาศที่ระดับสูง 6 Km. จากระดับน้ำทะเลมีค่าเท่าไร
- ถ้าความดันบรรยากาศมีค่า 280 mm-Hg. ความหนาแน่นของบรรยากาศมีค่าเท่าไร
- ที่ระดับสูงขึ้นไป ความดันบรรยากาศและความหนาแน่นของบรรยากาศเป็นอย่างไร
- จากตารางสรุปได้อย่างไร

บรรณานุกรม

กิตติยาภรณ์ โชคสวัสดิ์ภิญโญ และคณะ.**วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต.** มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 2549.

ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และ คณะ. **วิทยาศาสตร์พื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร, บริษัทสานักพิมพ์ เอมพันธ์, 2546.

อาภรณ์ ล้อสังวาลย์. **วิทยาศาสตร์พื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร : บริษัทพัฒนาวิชาการ (2335) จากัด, 2545