

หน่วยการเรียนรู้

กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เนื้อหา

หน่วยที่ 1: กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- วิธีการทางวิทยาศาสตร์

หน่วยที่ 2: การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงาน
- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้
- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

หน่วยที่ 1 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- วิธีการทางวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ :

1. สามารถอธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้
2. สามารถระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ต่างๆได้

ด้านทักษะ :

1. สามารถสืบค้นและสรุปข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้
2. สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตอบคำถามทาง

วิทยาศาสตร์ได้

3. สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและ

เป็นระบบ

ด้านคุณค่าและทัศนคติ :

1. ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาความรู้และแก้ไขปัญหา

ในชีวิตประจำวัน

2. มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้และการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจ
3. มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้และการทำงาน

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อมนุษย์และมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ผลจากการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ประเทศชาติมีความเจริญก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การแพทย์ การสื่อสารคมนาคม การเกษตร การอุตสาหกรรม และ การกีฬา เป็นต้น การพัฒนาให้บุคคลมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาตนเอง ชุมชนและสังคม ช่วยให้นักศึกษามีพัฒนาการและเจริญเติบโตทางด้านร่างกายและจิตใจ การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติไป ประยุกต์ใช้จะทำให้มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันและเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดี

กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานสำคัญในการสร้างความรู้ความเข้าใจ และการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาให้แก่สังคม กระบวนการนี้อาศัยหลักการที่เป็นระบบ มีการวิเคราะห์และประเมินผลอย่างมีเหตุผล เพื่อค้นพบหรือยืนยันความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติและสิ่งรอบตัว

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจและรับมือกับปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติ เทคโนโลยี และสังคม กระบวนการนี้เกิดจากการตั้งคำถาม การสังเกต และการทดลองที่เป็นระบบและมีการควบคุม ซึ่งอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์และเหตุผล การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงการหาคำตอบเฉพาะหน้า แต่เป็นการค้นหาความจริงที่สามารถพิสูจน์และทดสอบได้ รวมถึงการสร้างองค์ความรู้ที่ต่อยอดได้สำหรับการศึกษาในอนาคต ขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เริ่มจากการสังเกตและตั้งคำถาม ซึ่งช่วยให้ นักวิทยาศาสตร์ระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้อย่างชัดเจน จากนั้นสร้างสมมติฐานหรือคำตอบที่คาดว่าจะตอบคำถามได้ ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบและทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน การทดลองจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ อย่างเป็นระบบเพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์และตีความอย่างรอบคอบ ซึ่งหากผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐานก็สามารถยืนยันคำตอบได้ แต่หากไม่สอดคล้อง นักวิทยาศาสตร์จะทำการปรับปรุงหรือสร้างสมมติฐานใหม่ และทดสอบซ้ำจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาความรู้ที่ถูกต้องและแม่นยำ ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษยชาติ นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การวิเคราะห์อย่างรอบคอบ และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทั้งนี้ กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาและการวิจัยในสาขาวิชาต่าง ๆ ซึ่งล้วนส่งผลต่อความก้าวหน้าของวิทยาการและเทคโนโลยี

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ “Science” มาจากคำว่า Scientific ในภาษาละติน แปลว่า ความรู้ (Knowledge) ฉะนั้น วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทั่วไป เกี่ยวกับ ธรรมชาติที่มนุษย์ สะสมมาแต่อดีต ปัจจุบัน และอนาคต อย่างไม่รู้จักจบสิ้น

วิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการศึกษาค้นคว้าและหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการสังเกต การทดลอง และการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและเป็นเหตุเป็นผล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายธรรมชาติอย่างมีหลักฐานที่เป็นรูปธรรม วิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นไปที่การหาความจริงและสร้างความรู้ที่สามารถตรวจสอบและยืนยันได้ตามหลักฐานเชิงประจักษ์

ประเภทของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีการศึกษาหาความรู้อย่างกว้างขวาง มีการจัดแบ่งประเภทของ วิทยาศาสตร์หลายระบบ แต่ละระบบมีเหตุผลและหลักเกณฑ์ต่าง ๆ กัน หากจะแบ่งวิทยาศาสตร์ ออกเป็นสาขาแยกย่อย ในช่วงแรกๆ จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เป็นส่วนอธิบายถึงความรู้ในเรื่องวัตถุที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ฟิสิกส์ (Physics) เป็นความรู้ในเรื่องพลังงาน และสมบัติต่างๆ เคมี (Chemistry) เป็นความรู้ในเรื่องสมบัติภายในเนื้อของวัตถุ ศึกษาส่วนประกอบและโครงสร้าง ชีววิทยา (Biology) เป็น วิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่รวบรวมความรู้เกี่ยวกับชีวิต และความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิต ดาราศาสตร์ (Astronomy) เป็นวิทยาศาสตร์ที่บรรยายถึงความรู้เกี่ยวกับเทหวัตถุบนท้องฟ้า

2. วิทยาศาสตร์สังคม เป็นวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงสิ่งมีชีวิตเกี่ยวข้องกับทางสังคมต่างๆ เช่น จิตวิทยา รัฐศาสตร์ สังคมวิทยา และมีการจำแนกตามธรรมชาติของวิชา แบ่งเป็น 3 สาขา คือ

2.1 วิทยาศาสตร์กายภาพ เป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและ ปรากฏการณ์ต่างๆ ของทุกสิ่งในโลกและจักรวาลในด้านสิ่งไม่มีชีวิต

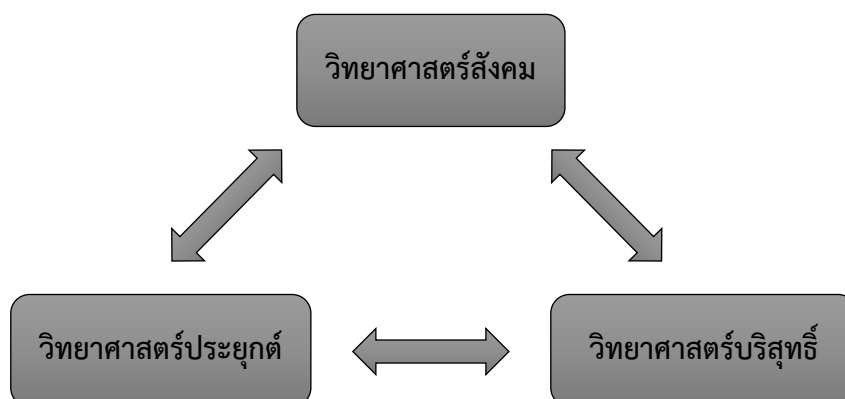
2.2 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและ ปรากฏการณ์ต่างๆ ของทุกสิ่งในโลกและจักรวาลในด้านสิ่งมีชีวิต

2.3 วิทยาศาสตร์สหสาขาวิชา ในวิชาวิทยาศาสตร์จะมีสหสาขาวิชาอยู่หลายวิชา ต่อมาแบ่งประเภทของวิทยาศาสตร์กายภาพและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Science) คือ ความรู้ขั้นพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย กฎ และทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนความจริง ความคิดรวบยอด ที่มาจากการค้นคว้าหาความรู้ของ นักวิทยาศาสตร์เนื่องจากความต้องการที่จะหาความรู้ต่างๆ

2. วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Science) คือ การนำความรู้ขั้นมูลฐานในวิทยาศาสตร์ไปประดิษฐ์สิ่งต่างๆที่เป็นประโยชน์โดยตรงต่อมนุษย์ โดยมุ่งหวังให้เกิดประโยชน์แก่สังคมโดยตรง

การแบ่งประเภทของวิทยาศาสตร์ ออกเป็นสาขาแยกย่อย ตามความสัมพันธ์แนวทางการศึกษาหาความรู้ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของสาขาวิทยาศาสตร์

1. วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Science) วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ เป็นความรู้ที่อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติ เกิดจากการสังเกต การค้นคว้า การทดลอง จนเกิดเป็นความรู้แล้วนำมาจัดระเบียบให้เป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาและการค้นคว้า โดยใช้ความรู้พื้นฐาน ได้แก่ ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎีต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ เป็นต้น นักวิทยาศาสตร์ที่ทำการค้นคว้าหาความรู้เหล่านี้ เราเรียกว่า นักวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Scientist) เช่น เซอร์ ไอแซค นิวตัน, ไมเคิล ฟาราเดย์ สามารถจำแนกได้ 2 สาขา คือ

1.1 วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical science) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและปรากฏการณ์ต่างๆของทุกสิ่งทุกอย่างในโลกและจักรวาลในส่วนของสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ เคมี ธรณีวิทยา และคณิตศาสตร์ เป็นต้น

1.2 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological science) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและปรากฏการณ์ต่างๆของทุกสิ่งทุกอย่างในโลกและจักรวาลในส่วนของสิ่งมีชีวิต เช่น ชีววิทยา สัตววิทยา เป็นต้น

2. วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Science or Technology) บางครั้งเรียกว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ที่มุ่งนำไปใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตในสังคม โดยนำความรู้ขั้นพื้นฐานหรือวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ไปประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ นักวิทยาศาสตร์ผู้คิด

ประดิษฐ์สิ่งต่างๆ เราเรียกว่านักวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Scientist) เช่น ทอมัส อัลวา เอดิสัน , ไมเคิล ฟาราเดย์

3. วิทยาศาสตร์สังคม (Social science) หรือเรียกว่าสังคมศาสตร์ เป็นศาสตร์ ที่ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ และพฤติกรรมของมนุษย์ที่รวมกันอยู่เป็นชุมชนหรือสังคม เช่น สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ จิตวิทยา สังคมวิทยา เป็นต้น

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถในการเรียนรู้ได้อย่างมหัศจรรย์ เริ่มตั้งแต่การเรียนรู้ เพื่อดำรงชีวิตตามสัญชาตญาณของสิ่งมีชีวิตไปสู่การทำความเข้าใจเพื่อยังชีพ จนพัฒนาขึ้นเป็นวิถีชีวิต วิธีการสร้างและการถ่ายทอดความรู้ของแต่ละสังคม การเรียนรู้ของมนุษย์เกิดขึ้นอย่างมีขั้นตอน สิ่งแรกที่ กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้คือการที่บุคคลเริ่มสงสัยสนใจในบางสิ่งขึ้น สิ่งที่ยังไม่เคยรู้จักมาก่อน (ประสาท อิศรปรีดา, 2549) ความสนใจดังกล่าวเป็นแรงกระตุ้นให้มนุษย์ต้องแสวงหาข้อมูลหรือวิธีการที่จะมาตอบสนองความสงสัยหรือแก้ปัญหาในสิ่งที่เผชิญอยู่ โดยทดลองกระทำเพื่อแก้ปัญหาจนกระทั่ง ค้นพบคำตอบหรือประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหา ความพยายามในการหาคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักวิทยาศาสตร์จะตั้งคำถาม 3 ประการ ดังนี้

1. มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง (What question) คำถามนี้จะทำให้นำไปสู่การสังเกตอย่างละเอียด ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้ข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดตามสภาพที่เป็นจริง เป็นการถามหารายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้จากประสาทสัมผัสโดยตรง นักวิทยาศาสตร์จะต้องสังเกตแล้วบันทึกผลไว้ นำข้อมูลที่ได้อธิบายสังเคราะห์ สร้างเป็นความรู้ต่อไป

2. มันเกิดขึ้นได้อย่างไร (How question) คำถามนี้จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้ลำดับ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นว่าอะไรเกิดก่อนเกิดหลัง และมีกระบวนการอย่างไร นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การคาดการณ์ตอบปัญหา ซึ่งเมื่อทำการค้นหาคำตอบแล้วจะได้ความรู้ วิทยาศาสตร์ออกมา เช่น ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้อย่างไร วิเคราะห์เพื่อศึกษาลักษณะองค์ประกอบโดยละเอียด และนำผลจากการวิเคราะห์มารวมกันหรือสังเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ โดยอาศัยการอ้างอิงตีความ และการสรุปที่ถูกต้องตามหลักเหตุผล

3. ทำไมจึงเกิดขึ้น (Why question) คำถามนี้จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ค้นหาคำอธิบาย เพื่อสร้างเป็นทฤษฎี เช่น ทำไมเหล็กเมื่อเป็นแม่เหล็กจึงมีอำนาจดึงดูด (ทฤษฎีโมเลกุลแม่เหล็ก)คำถามประเภทนี้ต้องการคำอธิบาย เพื่อขยายความการทดลองปรากฏการณ์ โดยยกเหตุผลมาอ้างอิง สรุปได้ว่า มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง เป็นการถามหารายละเอียดของข้อมูล มันเกิดขึ้นได้อย่างไร ถามหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และทำไมมันจึงเกิดขึ้น ถามหาทฤษฎีคำถามทั้ง 3 คำถามนี้ เป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้ นักวิทยาศาสตร์ได้คำตอบของปัญหา ได้ค้นพบความจริงของธรรมชาติที่มีอยู่แล้ว

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก็คือ ส่วนที่เป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นหลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้ ความรู้นั้นจะถูกรวบรวมไว้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งอาจจำแนกได้เป็น 6 ประเภท คือ

1. ข้อเท็จจริง (Fact) ได้แก่ ความรู้ที่ได้จากการสังเกตวัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ทั้งที่สามารถสังเกตได้โดยตรง และโดยทางอ้อม กรณีที่สังเกตโดยทางอ้อมอาจจำเป็น ต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการสังเกต และหลักฐานสำคัญของความรู้ประเภทนี้ อีกอย่างหนึ่งก็คือ ความรู้ที่จะจัดเป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นความจริงเสมอ ไม่ว่าจะถูกทดสอบกี่ครั้งก็ตาม ย่อมได้ผลเหมือนเดิม ทั้งนี้เมื่ออยู่ในสถานการณ์นั้นๆ เช่น น้ำบริสุทธิ์จะเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งข้อเท็จจริงนี้ ไม่ว่าจะนำไปตรวจสอบกี่ครั้งก็ตามจะเป็นจริงเสมอ แต่ถ้าจัดสถานการณ์ไปต้มน้ำบนยอดเขาที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิอื่นไม่ใช่ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นต้น ตัวอย่างอื่นๆ ของความรู้ประเภทข้อเท็จจริง

- ▶ ส่วนประกอบของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล
- ▶ น้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำกว่า
- ▶ สเปกตรัมของแสงอาทิตย์มี 6 สี คือ ม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง
- ▶ ดอกมะลิมีกลิ่นหอม
- ▶ ตะขามีขาปล้องละ 1 คู่
- ▶ น้ำจะไหลจากยอดเขาลงสู่ลำธาร
- ▶ เปลือกมีรสเค็ม
- ▶ น้ำแข็งลอยน้ำได้

2. มโนทัศน์ (Concept) หมายถึง ความคิดหลัก (Main Idea) ของคนเราที่มีต่อวัตถุ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติ มโนทัศน์ของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์หรือวิถีชีวิตของบุคคลนั้น ๆ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม สามารถแบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นคำอธิบายเพื่อกำหนดคุณสมบัติร่วมของสิ่งต่างๆ ไว้เป็นกลุ่มเพื่อใช้ในการบรรยายถึงสิ่งเหล่านั้นให้เข้าใจตรงกัน เช่น

- ▶ สสารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ
- ▶ กล้องโทรทรรศน์ คือ เครื่องมือที่ใช้ส่องขยายดูวัตถุที่อยู่ไกลยากต่อการดูด้วยตาเปล่า

2.2 มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อย ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน เช่น

- ▶ ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น
- ▶ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความต้านทาน เมื่อความดันไฟฟ้าคงที่

ไฟฟ้าคงที่

2.3 มโนทัศน์ทางทฤษฎี เป็นการอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างหรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง แต่รู้อย่างนั้นจริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนให้มีความเข้าใจในเรื่องนั้นอย่างเป็นเหตุเป็นผล เช่น

- ▶ โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อ นม ไข่
- ▶ อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และ

อิเล็กตรอน

ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

- ▶ สัตว์มีทั้งประโยชน์และโทษ
- ▶ ตาเป็นอวัยวะที่สำคัญ
- ▶ เนื้อ นม ไข่ ผัก ผลไม้ เป็นอาหารที่จำเป็นแก่ร่างกาย
- ▶ สัตว์ที่มี 6 ขา เป็นพวกแมลง หรือสัตว์ที่มีขามากกว่า 6 ขา ไม่ใช่ พวกแมลง
- ▶ พืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีเส้นใบเรียงเป็นระเบียบ หรือพืชใบเลี้ยงคู่จะมีเส้นใบเรียงไม่เป็นระเบียบ

เป็นระเบียบ

- ▶ ดินเหนียวระบายน้ำยากกว่าดินร่วน หรือดินร่วนระบายน้ำง่ายกว่าดินเหนียว

3. หลักการ (Principle) เป็นกลุ่มของมโนคติที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถสรุปเป็นความรู้ที่นำไปใช้เป็นหลักในการอ้างอิงและพยากรณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ ตัวอย่างของหลักการทางวิทยาศาสตร์

- ▶ โลหะเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว
- ▶ โลหะเป็นวัสดุนำความร้อนได้ดีกว่าอโลหะ
- ▶ แสงสะท้อนวัสดุผิวเรียบได้ดีกว่าวัสดุผิวไม่เรียบ
- ▶ กรดมีรสเปรี้ยว
- ▶ แสงจะหักเหเมื่อเดินทางผ่านน้ำไปสู่กระจก

หลักการที่ได้มาจากกลุ่มของมโนคติที่มีความสัมพันธ์กัน คือ

- ▶ เหล็กเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว
- ▶ ทองแดงเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว

- ▶ อะลูมิเนียมเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ฯลฯ

4. กฎ (Law) คือ หลักการนั่นเอง แต่เป็นหลักการที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล กฎส่วนใหญ่มาจากการอุปมานข้อเท็จจริง (Induction) โดยการนำข้อเท็จจริงทั้งหลายที่เกี่ยวข้องกัน มารวมกันเป็นมโนมติ เป็นหลักการจนถึงการยอมรับเป็นกฎ ตัวอย่างกฎทางวิทยาศาสตร์

- ▶ กฎของบอยล์ กล่าวว่า ปริมาตรของก๊าซจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความดันถ้า อุณหภูมิคงที่
- ▶ กฎสัดส่วนคงที่ กล่าวว่า อัตราส่วนระหว่างมวลสารของธาตุที่รวมกันเป็น สารประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งจะมีค่าคงที่เสมอ
- ▶ ถ้าเอาข้าวแม่เหล็กเหมือนกันมาไว้ใกล้กัน มันจะผลักรัน แต่ถ้าข้าวต่างกันมันจะดูด กัน
- ▶ น้ำเมื่อเย็นลงจนเป็นน้ำแข็ง ปริมาตรของมันจะมากขึ้น

หรือ กฎ ก็คือ หลักการที่มักจะเน้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล ข้อความที่อยู่ในกฎ และหลักการนั้นมีจริงอยู่แล้วในธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้สร้างขึ้นเองแต่เป็นเพียงผู้ไป ค้นพบเท่านั้น

5. ทฤษฎี (Theory) เป็นข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น โดยการยอมรับกันทั่วไป ในการใช้อธิบายกฎหรือหลักการ และนำไปใช้พยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในขอบเขตของทฤษฎี นั้น ๆ เพราะสำหรับตัวของกฎหรือหลักการไม่สามารถอธิบาย ถึงความสัมพันธ์ของตัวเองได้ การสร้าง ทฤษฎีนักวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยข้อมูลที่รวบรวมไว้ โดยการสังเกตการวัด การทดลอง หรือจาก แหล่งข้อมูลอื่น ในสิ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน รวมกับการสร้างจินตนาการเพื่อกำหนดข้อความที่จะ นำไปอธิบายถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผล ที่เกี่ยวข้อง เกณฑ์ขั้นการยอมรับทฤษฎีทฤษฎีที่ นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นนั้น ไม่ว่าจะสร้างโดยวิธีใดก็ตาม การยอมรับว่าเป็นทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้น จะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎีนั้นจะต้องอธิบายหลักการและข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องนั้น ๆ ได้
2. ทฤษฎีจะต้องอนุมาน (คาดหมาย, คาดคะเน) (Deduction) ไปเป็นกฎหรือ หลักการ บางอย่างได้
3. ทฤษฎีจะต้องทำนายปรากฏการณ์ที่อาจเกิดตามมาได้

ตัวอย่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

- ▶ ทฤษฎีโมเลกุลของแม่เหล็ก กล่าวว่า “สารแม่เหล็กทุกชนิดจะมีโมเลกุลซึ่งมี อำนาจ แม่เหล็กอยู่ แต่ละโมเลกุลนี้จะประกอบด้วย ข้าวเหนียวและข้าวใต้ หากโมเลกุลแม่เหล็กเหล่านี้ เรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ อำนาจแม่เหล็กจะถูกทำลายกันเองหมดเพราะข้าวเหนียวและข้าวใต้ มีอำนาจ

คนละชนิด แต่ถ้าหากโมเลกุลแม่เหล็กนั้นเรียงตัวกันเป็นระเบียบ ขั้วเหนือจะชี้ไปทางปลายหนึ่งของแท่งแม่เหล็ก ส่วนขั้วใต้ก็จะชี้ไปอีกปลายหนึ่ง จึงเกิดมีขั้วอิสระที่ปลายทั้งสองข้าง”

► ทฤษฎีของก๊าซ กล่าวว่า “ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลขนาดเล็กมากและอยู่ห่างกัน โมเลกุลของก๊าซเป็นโมเลกุลอิสระไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกันเลย แต่ละโมเลกุลเคลื่อนไหวยเป็นเส้นตรงตลอดเวลาด้วยความเร็วคงที่ ไปตามทิศทางใดทิศทางหนึ่ง จนกระทั่งโมเลกุลเหล่านั้นมีการชนกันเอง หรือชนผนังภาชนะที่บรรจุแล้วจะเปลี่ยนทิศทางและอาจเปลี่ยนความเร็วด้วย”

6. สมมติฐาน (Hypothesis) เป็นข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาล่วงหน้า ก่อนที่จะดำเนินการทดลอง สมมติฐานใดจะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ ขึ้นอยู่กับหลักฐาน เหตุผลที่จะสนับสนุนหรือคัดค้านทั้งทางตรงและทางอ้อม

ตัวอย่างสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์

- ถ้าเพิ่มตัวละลาย จุดเดือดของสารละลายจะเพิ่มขึ้น
- ถ้าเพิ่มปริมาณปุ๋ยให้กับพืชมากเกินไป พืชจะเฉาและตาย
- เมื่อน้ำแข็งและน้ำมีมวลเท่าๆกัน น้ำแข็งจะมีปริมาณมากกว่า

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นผลิตภัณฑ์ (product) ทางวิทยาศาสตร์ จากกระบวนการวิทยาศาสตร์ (The Science process) ซึ่งความรู้ที่ถือว่าเป็นความรู้วิทยาศาสตร์จะต้องทดสอบยืนยันได้ว่าถูกต้อง โดยทำการทดสอบหลายๆครั้ง และการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น อาจแสดงได้ดังรูป



ภาพที่ 2 แสดงรูปทั่วไปการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์

การทำความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้ การรู้วิทยาศาสตร์จึงแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับวัฒนธรรม (Cultural literacy) การรู้ระดับนี้ทำให้ได้ข้อมูลที่แท้จริง โดยการอ่านข่าววิทยาศาสตร์ในหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร และจดจำข้อมูลมากกว่าการทำความเข้าใจในศัพท์วิทยาศาสตร์ ซึ่งการรู้ระดับนี้ส่วนใหญ่มักจะเป็นคนที่มีความสามารถในการอ่าน การเขียน สามารถบริโภคข่าวสารวิทยาศาสตร์ได้

2. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการ (Functional literacy) การรู้ระดับนี้ จะเกี่ยวข้องกับทำความเข้าใจในบางแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และส่วนใหญ่มักจะเป็นคนที่มีความสามารถสนทนา พูดคุยเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการรู้วิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการเป็นการรู้วิทยาศาสตร์

มากกว่าแค่การจดจำจากการอ่านเท่านั้น หากแต่มีความสามารถในการทำความเข้าใจในบางประเด็นจนสามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้

3. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับจริงแท้ (True science literacy) การรู้ระดับนี้เป็นความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ มีความตระหนักถึงบทบาทและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ การทดลอง กระบวนการสืบเสาะความรู้ และคิดเป็นเหตุเป็นผล

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ

1. เป็นความจริงชั่วคราว ไม่มีความเป็นอมตะในวิทยาศาสตร์
2. เป็นสาธารณะ ทุกคนสามารถสังเกตหรือทดสอบได้
3. ทำให้เกิดขึ้นใหม่ได้ ภายในภาวะคล้ายกัน แม้ว่าเวลาและสถานที่จะเปลี่ยนไป
4. เป็นเรื่องของโอกาสที่จะเป็นไปได้
5. เป็นผลของความพยายามของมนุษย์ ที่จะทำความเข้าใจหรือหาแบบแผนของ

ธรรมชาติ

6. ความรู้วิทยาศาสตร์ในอดีต เป็นพื้นฐานในการพบความรู้ใหม่ๆ ในปัจจุบัน และความรู้ในปัจจุบันจะเป็นพื้นฐานในการค้นพบสิ่งใหม่ในอนาคต

7. มีลักษณะเฉพาะตัวคือ ได้จากวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
8. มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน คือ ความรู้วิทยาศาสตร์ จะช่วยเสริมมโนทัศน์อื่นๆ
9. วิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ยังมีระบบ ปราศจากอคติ ปราศจาก

ผลตอบแทน

ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้และการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ตั้งแต่สิ่งใกล้ตัวเล็กจิ๋วอย่างอะตอมหรืออะมีบา ไปจนถึงจุดที่อยู่ไกลที่สุดที่มนุษย์สามารถใช้เครื่องมือตรวจจับได้อย่างกาแล็กซี MACS0647-JD ในปัจจุบันคงจะไม่มีใครค้านว่าวิทยาศาสตร์ได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตเรา องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกนำมาใช้และพัฒนาทุกสิ่งทุกอย่างรอบตัวเรา ไม่ว่าจะเป็นอาหาร ยารักษาโรค เสื้อผ้า เชื้อเพลิง พาหนะนโยบายสาธารณะ และนโยบายในการพัฒนาเศรษฐกิจระดับประเทศ ฯลฯ

วิทยาศาสตร์ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อโลกปัจจุบันและอนาคตอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคสมัยนี้ที่วิทยาศาสตร์ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์ทุกคน ทั้งในด้านการดำเนินชีวิต การงาน อาชีพ ข้าวของเครื่องใช้รวมถึงผลผลิตต่างๆที่ล้วนแต่จะต้องมีหลักวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ตลอด ทุกอย่างล้วนเต็มไปด้วยความสะดวกสบายในการทำงานและการดำเนินชีวิตที่มีผลมาจากวิทยาศาสตร์ ความรู้ การคิดวิจัยต่างๆ

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญ ดังนี้

1. ช่วยพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษย์ให้ดีขึ้น ความสำคัญข้อแรกนี้ต้องยอมรับว่า นับตั้งแต่โลกได้ก่อกำเนิดนักวิทยาศาสตร์คนแรกขึ้นมา มันก็สร้างความสะดวกสบายให้กับมนุษย์เราแบบ ไม่หยุดยั้งจริงๆ สิ่งต่างๆ รอบตัวเราที่เกิดขึ้นแทบทั้งหมดล้วนมาจากวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น ยกตัวอย่าง ง่ายๆ อาทิ ไฟฟ้า หลอดไฟ เครื่องบิน รถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น หากไม่มีสิ่งที่เรียกว่า วิทยาศาสตร์ก็คงไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เหล่านี้ให้เราได้ใช้งานกันอย่างแน่นอน

2. เป็นแหล่งความรู้ในด้านข้อเท็จจริง การศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ก็คือการศึกษา ในด้านความเป็นจริงบนโลกว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นมาได้อย่างไร เช่น การศึกษาเรื่องของแรงโน้มถ่วง การศึกษาในด้านระบบสุริยะจักรวาล เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ในอดีตมนุษย์อาจยังไม่รู้จักมาก่อนกระทั่งเมื่อมี วิทยาศาสตร์เข้ามาก็ทำให้เราได้เข้าใจกับข้อเท็จจริงของเรื่องราวมากมายบนโลกใบนี้

3. ช่วยพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ เมื่อวิทยาศาสตร์กลายเป็นสิ่งที่เราพบเจอได้ใน ชีวิตประจำวันนั้นหมายถึงการคิดค้นหลายๆ ด้านสามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจให้ก้าวไปข้างหน้าได้แบบ ไม่หยุดยั้ง เช่น การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ เพื่อนำออกสู่ตลาดโลก การผลิตคิดค้นตัวยาต่างๆ การ คิดค้นเกี่ยวกับการเกษตร เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ช่วยให้ระบบเศรษฐกิจของแต่ละประเทศเดินหน้าได้อย่างมี เสถียรภาพ เพราะผลผลิตที่วิทยาศาสตร์มีส่วนร่วม

4. ใช้สำหรับการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ บนโลกใบนี้มีปัญหาต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย ทั้งปัญหาที่มีทางแก้ไขในตัวเองหรือปัญหาที่ต้องใช้เหตุผลเข้ามาเป็นตัวชี้วัด ในเมื่อวิทยาศาสตร์เป็น การศึกษาด้านของเหตุและผล มีสมมุติฐานต่างๆ มารองรับชัดเจน ทำให้การแก้ปัญหาหลายๆ ด้าน วิทยาศาสตร์สามารถตอบโจทย์ได้อย่างแม่นยำ เทียบตรง มีแหล่งข้อมูลอ้างอิงชัดเจน เช่น เรื่องของฝน ตกในอดีตเราไม่รู้เกิดจากอะไรแต่เมื่อมีวิทยาศาสตร์เข้ามาทำให้เข้าใจเหตุและผลของมัน เป็นต้น

5. สร้างจินตนาการใหม่ๆ ให้เกิดขึ้นตลอดเวลา เมื่อคนเราอยากรู้เรื่องราวอะไรก็จะใช้ วิทยาศาสตร์เป็นตัวช่วยในการค้นคว้าข้อมูลเรื่องนั้นๆ จนเกิดเป็นความเข้าใจ วิทยาศาสตร์จึงช่วยสร้าง จินตนาการต่างๆ ให้กับผู้คนได้มากมาย

ความสำคัญเหล่านี้คือสิ่งที่วิทยาศาสตร์ให้กับโลกของเราตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ถือเป็นด้านดีๆ ที่ทำให้เราใช้ชีวิตได้อย่างไม่ต้องลำบากแบบคนยุคก่อน

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการช่วยสร้างความคิดที่พัฒนาให้มนุษย์ให้ว่าจะเป็นการคิด วิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะและศึกษาหาความรู้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันนี้กับวัฒนธรรมสมัยใหม่ ที่เป็นสังคมแห่งการค้นคว้าและเรียนรู้ ทำให้ทุก คนจำเป็นที่จะต้องคอยศึกษาด้านวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ เพื่อที่จะมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีในปัจจุบัน อย่างสร้างสรรค์ มีเหตุผลและพัฒนาคุณภาพชีวิตได้ดีมากยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้นเราจะเห็นได้ว่าในปัจจุบัน

นี้ได้มีเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ โดยทั้งหมดนี้ล้วนมีรากฐานมาจากวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานเข้ากับเทคโนโลยีทั้งสิ้น

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่บ่งบอกถึงความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ ชอบตั้งคำถามและคิดหาคำตอบเกี่ยวกับธรรมชาติ ผลักดันให้มนุษย์รู้จักค้นหาความรู้ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับโลกรอบตัว มีจินตนาการ คิดเป็น ทำเป็น หาทางแก้ไขปัญหาต่างๆได้ วิทยาศาสตร์เป็นสมบัติของมนุษยชาติในฐานะที่เป็นความรู้และกระบวนการที่ได้สั่งสมมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะในช่วงหลายร้อยปีที่ผ่านมาเฉกเช่นทำนองเดียวกับศิลปกรรม วรรณคดี สถาปัตยกรรม และงานสร้างสรรค์อื่นๆ (ยงยุทธ ยุทธพงศ์, 2554) วิทยาศาสตร์มีส่วนที่แตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ ในส่วนที่ว่าด้วยการค้นคว้าหาความจริง ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำการทดลอง สรุป ตั้งสมมติฐานและสามารถพิสูจน์ได้ มีจิตวิทยาศาสตร์และรู้วิทยาศาสตร์อย่างดี วิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ได้มาจากประสบการณ์และทดสอบด้วยประสบการณ์เชิงประจักษ์
2. วิทยาศาสตร์ต้องเป็นสาธารณะ ความจริงที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบจะต้องแสดงหรือทดลองให้ทุกคนเห็นได้เหมือนกัน และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ของส่วนตัวแต่เป็นของสาธารณะที่ผู้อื่นรู้เห็นอย่างเดียวกันกับผู้ค้นพบได้
3. วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นสากล นักวิทยาศาสตร์พยายามขยายความรู้ให้เป็นสากลมากที่สุด เพราะความรู้ที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงมีความหมายน้อย และขาดการยอมรับ
4. วิทยาศาสตร์ช่วยในการคาดหมายอนาคต วิทยาศาสตร์มีลักษณะความเป็นสากลใช้ได้โดยทั่วไป จึงสามารถคาดหมายสิ่งที่จะเกิดในอนาคตได้ด้วยกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
5. วิทยาศาสตร์มีความเป็นปรนัย เมื่อวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับและพิสูจน์แล้วว่าเป็นจริง ดังนั้น ไม่ว่าใครจะนำผลการทดลองไปพิสูจน์อีกเมื่อใด ที่ใดก็ตาม ผลที่ออกมาย่อมไม่แตกต่างจากเดิม

วิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อมนุษย์และมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ผลของการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวโยงกับความเจริญในด้านต่างๆ เช่น การแพทย์ การสื่อสารคมนาคม การเกษตร การศึกษา การอุตสาหกรรม การเมือง การเศรษฐกิจ ฯลฯ สรุปได้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ช่วยให้มีความสามารถในการสังเคราะห์ ในสังคมที่มีสิ่งแวดล้อมทางวิทยาศาสตร์ บุคคลที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นผู้มีความสามารถ และมีความสำคัญต่อการพัฒนาชุมชนและสังคม
2. วิทยาศาสตร์ช่วยแนะแนวอาชีพ วิทยาศาสตร์ก่อให้เกิดอาชีพหลายสาขา และเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต

3. วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดความเจริญทางร่างกายและจิตใจ การได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ อนามัย อาหาร การดำรงชีวิต จะช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโตและมีสุขภาพแข็งแรง
 4. วิทยาศาสตร์ช่วยให้เป็นผู้บริโภคที่สามารถ หมายถึง การตัดสินใจในการใช้สินค้า หรือบริการต่างๆ โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์
 5. วิทยาศาสตร์ช่วยให้รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจ
 6. วิทยาศาสตร์ช่วยให้รู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นประโยชน์
 7. วิทยาศาสตร์ช่วยแก้ปัญหาต่างๆ
- ลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ ได้แก่
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ถือว่าเป็นความจริงเพียงชั่วคราวที่จะต้องแก้ไขตลอดเวลาอยู่เสมอ ไม่มีความจริงทางวิทยาศาสตร์ กฎ มโนทัศน์ หรือทฤษฎีใดๆ ที่ถูกต้องแน่นอนจนไม่สามารถจะแก้ไขปรับปรุงได้
 2. มีความคิดขัดแย้งกันตลอดเวลาในผลงานทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นเหตุให้มีแนวคิด ผลผลิต สิ่งประดิษฐ์ หรือข้อค้นพบใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นอยู่เสมอ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดของนักวิทยาศาสตร์ เป็นคุณลักษณะที่มีความจำเป็นต้องมีในตัวของผู้ที่จะต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือปฏิบัติงานต่างๆ ที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่างๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ ซึ่งประกอบด้วย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) 8 ทักษะ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นบูรณาการ (Integrated science process skills) 5 ทักษะ ดังตารางแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills)	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (Integrated science process skills)
1. การสังเกต (Observing) 2. การวัด (measurement) 3. การจำแนกประเภท (classification) 4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา (space/space relationships and space /time relationships) 5. การคำนวณ (using numbers) 6. การจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and communication) 7. การลงความเห็นจากข้อมูล (inferring) 8. การพยากรณ์ (prediction)	9. การตั้งสมมติฐาน (formulating hypotheses) 10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) 11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variables) 12. การทดลอง (experimenting) 13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data conclusion)

ทักษะที่ 1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อค้นหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใช้ความเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย

การสังเกตจัดเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและยังเป็นทักษะที่สำคัญยิ่งต่อกระบวนการดำรงชีวิต การสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ธรรมชาติของมนุษย์ต้องอาศัยอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้า คือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เป็นตัวรับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ซึ่งอาจจะใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน และอาจใช้เครื่องมือช่วยในการสังเกตด้วย เมื่อสังเกตแล้วทราบผลเป็นอย่างไร ก็ควรให้มีการบันทึกข้อมูลไปตามนั้น บันทึกอย่างตรงไปตรงมาตามสภาพความเป็นจริงของข้อมูล ไม่เพิ่มเติมความคิดเห็นใด ๆ ที่นอกเหนือจากการสังเกตลงไปข้อมูล เพราะข้อมูลที่ได้นั้นอยู่ภายใต้ขอบเขตของประสาทสัมผัสมนุษย์ ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง แต่ก็เป็นที่ยอมรับได้ตามข้อเท็จจริงและความสามารถในการรับรู้ถึงสภาวะของการสังเกต

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ประกอบด้วย

1. ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่าง ลักษณะและสมบัติ
2. ข้อมูลเชิงปริมาณ
3. ข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นจากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น

ทักษะการสังเกต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การสังเกตเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตลักษณะของสิ่งต่างๆ เช่น สี รูปร่าง รส กลิ่น เสียงและสถานะ เป็นต้น

2. การสังเกตเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขนาด ความยาว ความสูง น้ำหนัก ปริมาตร และอุณหภูมิของสิ่งนั้น

การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการสังเกต

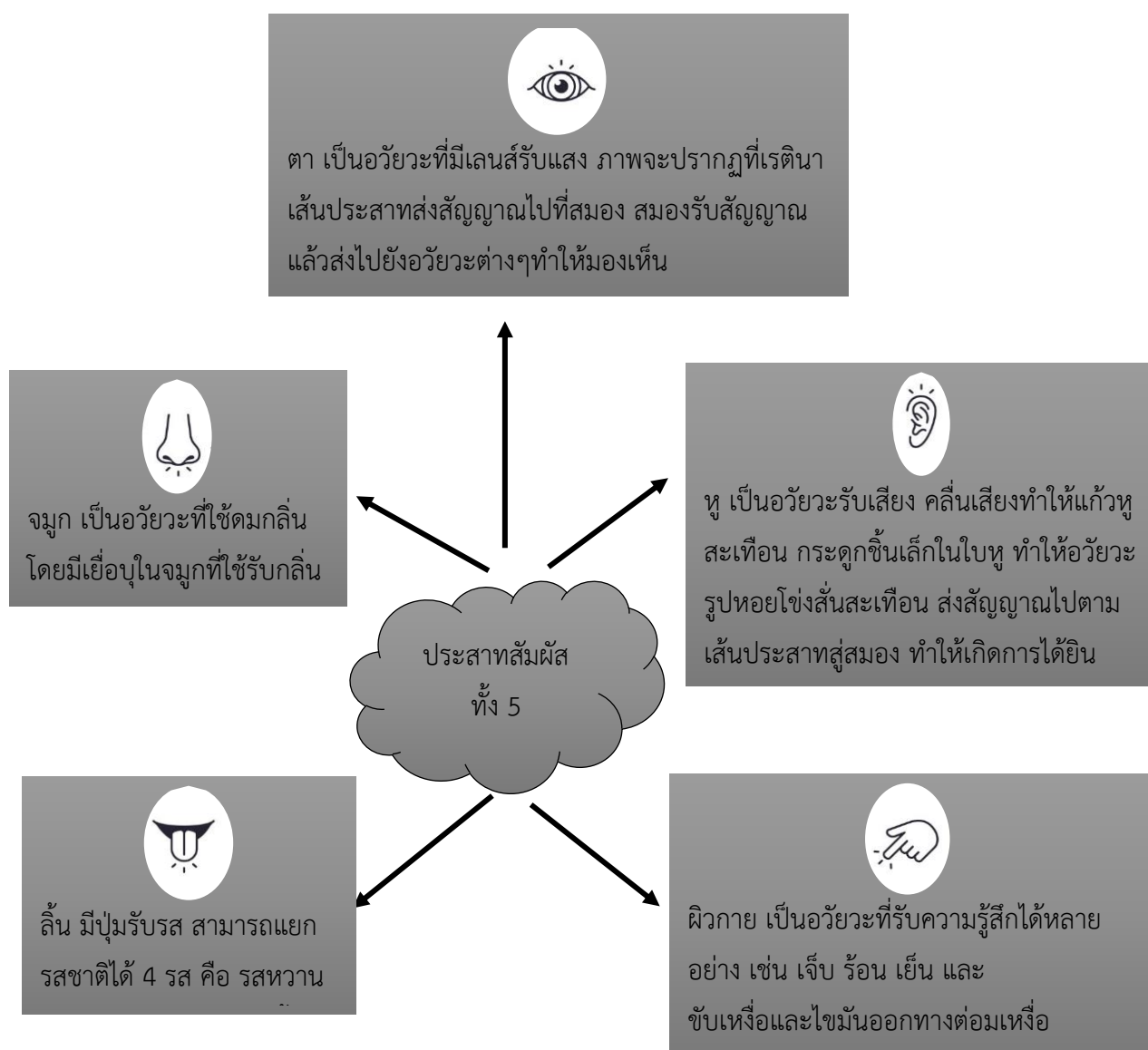
***** ประสาทตา สังเกตได้โดยการดู เพื่อบอกรูปร่าง รูปทรง ขนาด สี สันและสถานะ

***** ประสาทหู สังเกตโดยการฟัง เพื่อบอกลักษณะของเสียงที่ได้ยิน เช่น เสียงดัง เสียงค่อย เสียงสูง เสียงต่ำ เสียงทุ้ม เสียงแหลม

***** ประสาทจมูก สังเกตโดยการดมกลิ่น เพื่อบอกว่าสิ่งที่สังเกตมีกลิ่นอย่างไร เช่น หอมเหม็น ฉุน

***** ประสาทลิ้น สังเกตโดยการลองลิ้มชิมรส เพื่อบ่งบอกรสชาติของสิ่งที่สังเกต เป็นอย่างไร เช่น หวาน ขม เผ็ด เค็ม เปรี้ยว ฝาด

***** ประสาทผิวหนัง สังเกตได้โดยการใช้ผิวสัมผัส เพื่อบ่งบอกถึงสภาพต่าง ๆ ของวัตถุแวดล้อมที่สังเกต อาทิ อุณหภูมิ เช่น อุ่น ร้อน หนาว ลักษณะพื้นผิว เช่น หยิบละเอียดเรียบ แหลมนุ่ม



ภาพที่ 3 ประสาทสัมผัสทั้ง 5

ประสาทสัมผัสของมนุษย์มีความสามารถที่จำกัดแตกต่างกัน เช่น ถ้ามองวัตถุที่อยู่ในระยะทางไกล ๆ ก็ไม่สามารถมองเห็นได้ ถ้าวัตถุมีขนาดเล็กมาก ตาก็จะไม่สามารถบอกรายละเอียดได้ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงหรือต่ำเกินไป หนมนุษย์ก็ไม่สามารถได้ยินเสียง และยิ่งไปกว่านั้นระดับความสามารถในการรับรู้ของมนุษย์แต่ละคนก็ยิ่งแตกต่างกัน เช่น สายตาสั้น สายตาวาย สายตาเอียง หูตึง หูหนวก เป็นต้น ด้วยความจำกัดและข้อบกพร่องบางประการเกี่ยวกับการรับสัมผัส มนุษย์จึงได้แสวงหาแนวทางในการรับรู้ข้อมูลจากการสังเกตมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความถูกต้องตามสภาพที่เป็นจริง มีความเชื่อถือได้ โดยการกำหนดเป็นมาตรฐาน ทำให้การสื่อความหมายเป็นไปในแนวทางเดียวกัน เช่น การนำเครื่องมือ

มาช่วยขยายขอบเขตของข้อจำกัดประสาทสัมผัส การสังเกตซ้ำหลาย ๆ ครั้ง และศึกษาผลการสังเกตของหลาย ๆ คนในสิ่งที่กำลังสังเกต

ผู้ที่มีทักษะการสังเกต ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

◆ การชี้บ่งและการบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

◆ บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้ โดยการกะประมาณ

◆ บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

ทักษะที่ 2 การวัด (measurement) หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดอย่างเหมาะสม และใช้เครื่องมือนั้นหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็วโดยมีหน่วยกำกับ ตลอดจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง

การวัดเป็นการเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสิ่งที่วัด โดยมีหน่วยที่ใช้วัดกำกับ สามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง แสดงวิธีใช้เครื่องมือวัดอย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้ การสังเกตแค่เพียงอย่างเดียวก็ทำให้เราทราบรูปร่าง รูปทรง ลักษณะ คุณสมบัติ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น แต่ไม่สามารถบอกปริมาณที่แน่นอนได้ การใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าในการสังเกตมีขอบเขตจำกัด ดังนั้น มนุษย์จึงต้องขยายขอบเขตข้อจำกัดของประสาทสัมผัสทั้งห้าโดยใช้เครื่องมือวัด เพื่อให้ได้ข้อมูลจากสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างน่าเชื่อถือ ถ้าต้องการทราบปริมาณหรือจำนวนที่แน่นอนของสิ่งต่าง ๆ จะต้องทำการวัดด้วยเครื่องมือ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการวัดจะเป็นข้อเท็จจริงที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น การวัดจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเครื่องมือสำหรับวัด หน่วยหรือค่ามาตรฐานในการวัดตัวเลขจากการวัด และผู้ที่ทำการวัด การวัดทุกครั้งจะต้องพิจารณาว่า

1. จะวัดอะไร เช่น ความสูงของห้องเรียน อุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำชี ขนาดของมุมแรงดันของไฟฟ้า น้ำหนักของสารเคมี ฯลฯ

2. จะใช้เครื่องมืออะไรวัด เช่น ใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของกระดาษ ใช้กระบอกตวงวัดปริมาตรของน้ำกลั่น ฯลฯ

3. ทำไมจึงเลือกใช้เครื่องมือชนิดนั้น เช่น ทำไมจึงเลือกใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของกระดาษ ถ้าไม่ใช่ไม้บรรทัดจะใช้อะไรวัด หรือจะใช้เครื่องมือชนิดอื่นวัดได้หรือไม่

4. จะวัดอย่างไร เช่น เมื่อมีเชือกและไม้บรรทัดจะทำการวัดอย่างไรหรือมีเทคนิคอย่างไรที่จะทำให้ทราบว่าแฉงไม้ผลนี้มีมีความยาวของเส้นรอบวงเท่าไร

การวัดช่วยให้การสังเกตแสดงผลออกมาเป็นจำนวนตัวเลขได้ ถ้าหากสิ่งที่สังเกตไม่สามารถวัดได้หรือแสดงผลเป็นเชิงปริมาณ สิ่งที่เราจะรู้ก็จะไม่สมบูรณ์ เนื่องจากปริมาณที่เกิดจากการวัดส่งผลต่อการตีความหมายของข้อมูล เช่น มีนักศึกษาที่สนใจไปใช้สิทธิเลือกตั้งประธานชมรมวิทยาศาสตร์มาก แต่ถ้าหากนับจำนวนผู้มาใช้สิทธิเลือกตั้งแล้วบอกเป็นตัวเลขก็จะทำให้เข้าใจง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น มีนักศึกษาให้ความสนใจไปใช้สิทธิเลือกตั้งประธานชมรมวิทยาศาสตร์มากถึง 112 คน จากผู้มีสิทธิออกเสียงทั้งหมด 120 คน หรือมีนักศึกษาไปใช้สิทธิเลือกตั้งประธานชมรมวิทยาศาสตร์ครั้งนี้คิดเป็นร้อยละ 93.33

การเลือกใช้เครื่องมือควรให้ถูกต้องกับสิ่งที่วัด ถ้าหากนำมาใช้แล้วไม่เหมาะสม ค่าที่ได้จากการวัดก็จะไม่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงการเลือกและใช้เครื่องมือวัด เช่น รูปร่าง ลักษณะของสิ่งที่จะทำการวัดเป็นอย่างไร การวัดความยาวของตุ้มน้ำวัดได้ง่ายกว่าวัดความยาวของเครื่องบิน เครื่องมือที่จะใช้มีความเหมาะสมกับสิ่งที่วัดเพียงไร เช่น การชั่งข้าวสาร การชั่งสารเคมี ก็ต้องใช้เครื่องชั่งต่างกัน วิธีการวัดทำอย่างไร เช่น การวัดระดับของเหลวในหลอดทดลอง จะต้องอ่านระดับของเหลวที่ขอบบนหรือขอบล่าง

ความเที่ยงตรงแน่นอนในการวัดและค่าที่ถูกต้อง การวัดปริมาณใด ๆ มักจะเกิดความคลาดเคลื่อน (Error) อยู่เสมอ เช่น เกิดจากการอ่านค่าผิดพลาด หรือบันทึกผิด หรือเกิดจากการใช้วิธีวัดไม่ถูกต้อง วิธีแก้ไขความคลาดเคลื่อนของการวัดทำได้โดยการวัดหลาย ๆ ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ทักษะในการวัดจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ เช่น ศึกษาเครื่องมือวัด วิธีการใช้เครื่องมือ วิธีการอ่านค่า หน่วยของการวัด เมื่อต้องการวัดปริมาณสิ่งของต่าง ๆ

วิธีการในการวัดจึงกระทำได้เป็น 3 วิธีคร่าว ๆ คือ

1. การนับจำนวน (Count) เป็นวิธีการวัดที่ง่ายที่สุด การวัดด้วยวิธีนี้จะนับจำนวนสิ่งที่ปรากฏจากการมองเห็นโดยใช้ตาหรือจับด้วยมือแล้วบอกจำนวน
2. การวัดโดยตรง (Direct measurement) เป็นการวัดโดยใช้เครื่องมือสำหรับปริมาณและอ่านค่าตัวเลขออกมาได้โดยตรง เช่น การวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมมิเตอร์ การวัดค่าความเป็นกรด-เบสด้วยเครื่องวัด pH
3. การวัดโดยอ้อม (Indirect measurement) เป็นการวัดที่ใช้เครื่องมือทำการวัดแล้วจะต้องนำผลที่ได้มาคำนวณจึงจะทราบปริมาณที่แน่นอน เช่น การหาปริมาตรน้ำในเขื่อน การหาระยะทางระหว่างโลกและดวงจันทร์ ซึ่งค่าที่วัดได้นี้มาจากการคำนวณโดยใช้สูตร

หน่วยของการวัดที่นิยมใช้และส่วนมากรู้จัก ได้แก่ ระบบเมตริก (Metric system) และระบบเอสไอ (System International Units) ทักษะการวัดเป็นทักษะที่จำเป็นในการสังเกตเชิงปริมาณ การจำแนกประเภทและการเปรียบเทียบสิ่งของต่าง ๆ และการสื่อความหมายอย่างมีประสิทธิภาพกับผู้อื่น

หน่วยในระบบเมตริกที่ใช้กันมากที่สุดมี 3 หน่วย คือ เมตร ลิตร และกิโลกรัม ดังนี้

✎ เมตร เป็นหน่วยมูลฐานในการวัดความยาวและเครื่องมือที่ใช้วัดความยาว ได้แก่ ไม้บรรทัด ไม้เมตร ตลับเมตร สายวัด ไม้บรรทัดใช้วัดความยาวหรือความสูงได้มีการออกแบบให้มีสเกลแบบต่าง ๆ อยู่บนไม้บรรทัดอันเดียวกัน (ภาพที่ 2.6) แต่ละสเกลสามารถอ่านค่าละเอียดได้แตกต่างกัน ดังนั้น การใช้จะต้องเลือกและดูว่าใช้สเกลใดวัด ทั้งนี้จะได้บันทึกมาตราส่วนได้อย่างถูกต้อง ค่าที่วัดได้จะละเอียดเพียงใดขึ้นอยู่กับสเกลบนไม้บรรทัดนั้น ในการวัดจะต้องจรดปลายสเกลบนไม้บรรทัดให้ตรงและตั้งฉากกับขอบของวัตถุที่จะทำการวัด แล้วอ่านค่าที่ปลายขอบอีกข้างหนึ่งของวัตถุจากสเกลบนไม้บรรทัด โดยที่สายตาของผู้สังเกตต้องตั้งฉากกับขีดบอกความยาวหรือส่วนสูงนั้น

✎ ลิตร เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาตรของของเหลว 1 ลิตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,000 มิลลิลิตร รูปทรงลูกบาศก์ที่มีด้านยาว 1 เซนติเมตร ด้านกว้าง 1 เซนติเมตร และมีความสูง 1 เซนติเมตร จะมีปริมาตรเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าเอาของเหลวเต็มลงในรูปทรงลูกบาศก์ที่มีปริมาตรลูกบาศก์เซนติเมตร ของเหลวนั้นจะมีปริมาตรเท่ากับ 1 มิลลิลิตร ดังนั้น 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีความจุ 1 มิลลิลิตร

✎ กิโลกรัม เป็นหน่วยที่ใช้วัดมวลที่มีขนาดใหญ่ 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 1,000 กรัม และเป็นมวลของน้ำ 1 ลิตร เมตริกตัน เป็นหน่วยที่ใช้วัดมวลที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ 1 เมตริกตัน มีค่าเท่ากับมวล 1,000 กิโลกรัม และมิลลิกรัม เป็นหน่วยที่ใช้วัดมวลที่มีขนาดเล็กกว่า 1 กรัม ในการวัดค่ามวลเราใช้เครื่องชั่ง

อุปกรณ์การวัดปริมาตรที่ใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ กระบอกตวง บิวเรตต์ ปิเปตต์ ขวดรูปชมพู่ และหลอดฉีดยา อุปกรณ์การวัดปริมาตรจะแสดงความจุและบอกอุณหภูมิที่ทำการวัดปริมาตรของอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วย เช่น ตอนบนของกระบอกตวงจะเขียนไว้ว่า 20 องศาเซลเซียส 500 มิลลิลิตร ซึ่งหมายความว่า กระบอกตวงนี้มีขนาด 500 มิลลิลิตรและวัดได้ถูกต้องที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้น การนำกระบอกตวงนี้ไปใช้ตวงปริมาตรของของเหลวที่อุณหภูมิต่าง ๆ ปริมาตรก็จะแตกต่างกันออกไปเล็กน้อย และมักจะใช้วัดปริมาตรของของเหลวเพื่อนำไปใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดหรือความถูกต้องในการวิเคราะห์มากนัก กระบอกตวงมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5 มิลลิลิตร จนถึง 2 ลิตร

กระบอกตวงที่มีขนาดเล็กจะมีขีดวัดปริมาตรที่มีความละเอียดมากกว่าขนาดใหญ่ การวัดปริมาตรของของเหลว ควรคำนึงถึงขนาดของกระบอกตวงและปริมาณของของเหลวที่ต้องการจะวัดด้วยการอ่านปริมาตรจากกระบอกตวงนั้นให้อ่านขีดปริมาตรที่ส่วนโค้งต่ำสุดของพื้นผิวของของเหลวในระดับสายตา อาจกล่าวได้ว่า การวัดปริมาณต่าง ๆ ได้ตรงกับความเป็นจริงมากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับเทคนิควิธีการวัด มาตรฐานของเครื่องมือ และความละเอียดรอบคอบ

ผู้ที่มีทักษะการวัด ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

- ◆ เลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดปริมาณต่าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษา
- ◆ ใช้เครื่องมือวัดปริมาณต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว
- ◆ คิดวิธีการที่จะหาค่าปริมาณต่างๆ ได้ ในกรณีที่ไม้อาจใช้เครื่องมือวัดปริมาณนั้นได้

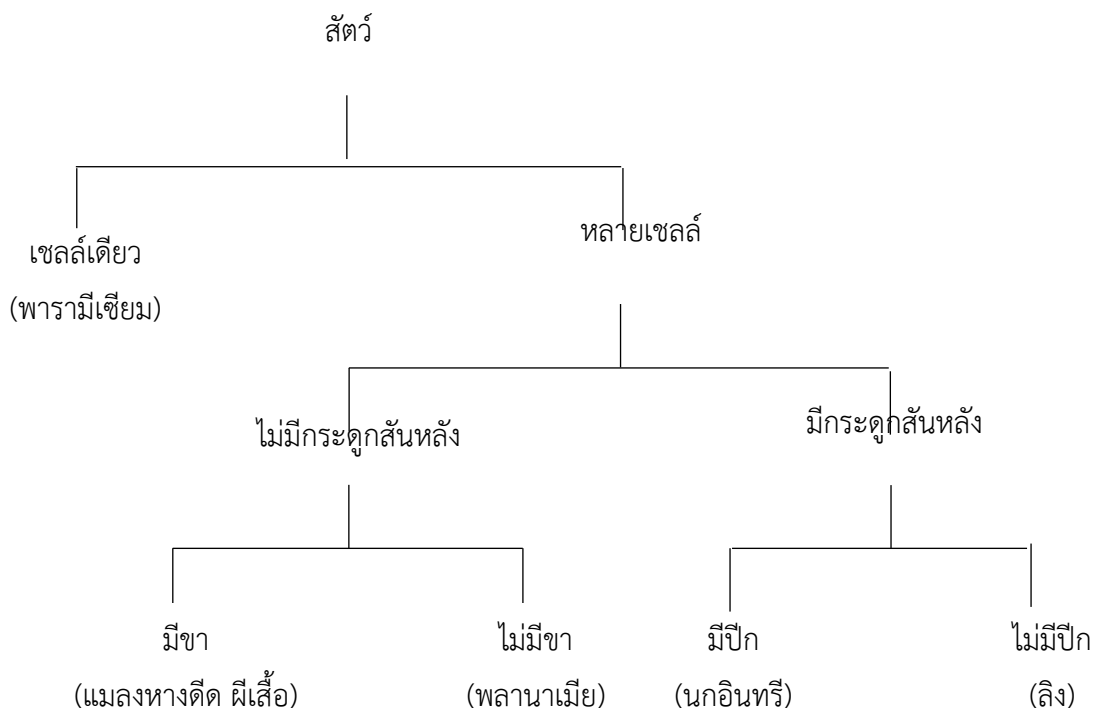
โดยตรง

- ◆ เลือกหน่วยที่มีค่ามากๆ หรือน้อยๆ นิยมใช้คำอุปสรรคแทนพหุคูณปริมาณนั้น ๆ
- ◆ บอกความหมายของปริมาณซึ่งได้จากการวัดได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ ปริมาณที่ได้จากการวัด ละเอียดถึงทศนิยมหนึ่งตำแหน่งของหน่วยย่อยที่สุดเท่านั้น
- ◆ บอกความหมายของเลขนัยสำคัญได้

ทักษะที่ 3 การจำแนกประเภท (classification) หมายถึง การจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ตัวอย่างเช่น การแบ่งพวกของสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ สามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตนเองพร้อมทั้งบอกได้ว่าผู้อื่นแบ่งพวกของสิ่งนั้นโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์ การกำหนดเกณฑ์อาจทำได้โดยการกำหนดขึ้นเองหรือมีผู้อื่นกำหนดให้ การจำแนกประเภทอาจทำได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่กำหนด เช่น การแบ่งประเภทสิ่งของ เกณฑ์ที่ใช้มักเป็นสี ขนาด รูปร่าง ลักษณะผิว วัสดุที่ใช้ทำ ราคา หรือการนำไปใช้ ส่วนพวกสิ่งที่มีชีวิตมักจะใช้เกณฑ์ลักษณะ รูปร่าง อาหาร ที่อยู่อาศัย การสืบพันธุ์ ประโยชน์

นักชีววิทยาจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่ (Classification) เช่น พืช สัตว์ รา แบคทีเรีย และโพรติสต์ โดยอาศัยลักษณะของเซลล์ โครงสร้างร่างกาย กลไกการทำงานของร่างกาย ฯลฯ ซึ่งลักษณะความเหมือนและความแตกต่างนี้เอง ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่ม ๆ ในระดับที่เล็กลงได้อีก

ทักษะการจำแนกเริ่มต้นด้วยการจัดแบ่งกลุ่มและเรียงลำดับสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้หรือโดยใช้เกณฑ์ที่ตนเองกำหนดขึ้น ทัวไปแล้วมักจะเลือกเกณฑ์ที่แบ่งสิ่งต่าง ๆ ออกเป็น 2 กลุ่มย่อยก่อนแล้วจึงค่อยเลือกเกณฑ์อื่นแบ่งกลุ่มย่อยนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยต่อไปอีก การจะเลือกใช้เกณฑ์ในการจำแนกขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ เช่น พารามีเซียม พลาณาเรีย ลิง ผีเสื้อ นกอินทรี และแมลงหางดีด ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 4 การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่

วิธีการจำแนกประเภทหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นหมวดหมู่ เริ่มต้นด้วยการใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งของวัตถุเป็นเกณฑ์ในการจำแนกวัตถุออกเป็นกลุ่มย่อย โดยทั่วไปมักจะเลือกคุณสมบัติที่ทำให้จำแนกวัตถุเหล่านั้นออกเป็น 2 กลุ่มก่อน กลุ่มหนึ่งมีคุณลักษณะนั้น ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งไม่มีลักษณะดังกล่าว เช่น นักชีววิทยาจำแนกสิ่งทั้งหมดบนโลกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกจากสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ การเคลื่อนที่ การหายใจ การตอบสนองต่อสิ่งเร้า การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การขับถ่าย และการกินอาหาร ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกพืชและสัตว์ คือ สัตว์ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องกินสัตว์หรือพืชชนิดอื่นเป็นอาหาร เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยกล้ามเนื้อ มีอวัยวะรับสัมผัส มีระบบประสาท และเซลล์ไม่มีผนังเซลล์ห่อหุ้ม ส่วนพืชสร้างอาหารได้เอง เซลล์มีผนังเซลล์ห่อหุ้ม เคลื่อนที่ไม่ได้และไม่มีการระบบประสาท ส่วนกลุ่มสิ่งมีชีวิตก็จำแนกออกมาเป็น 2 กลุ่ม คือ พืชและสัตว์ พืชจำแนกออกเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ สัตว์ก็ใช้เกณฑ์จำแนกออกเป็นกลุ่มระหว่างสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เป็นต้น

ทักษะการจำแนกประเภทไม่จำกัดอยู่เฉพาะในวิชาชีววิทยาหรือวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่สามารถนำไปใช้ในสาขาวิชาอื่นและในชีวิตประจำวันได้ อาทิ การจัดสิ่งของภายในบ้านที่ต้องแยกออกตามประโยชน์ใช้สอย เช่น ของใช้ภายในห้องครัว ของใช้ภายในห้องน้ำ ของใช้ภายในห้องนอน

การจำแนกสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันจะช่วยให้เกิดความสะดวกในการนำมาใช้และมีความเป็นระเบียบสวยงาม

ผู้ที่มีทักษะการจำแนกประเภท ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

- ◆ เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้
- ◆ เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้
- ◆ บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

ทักษะที่ 4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา

(space/space relationships and space/time relationships)

สเปซของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับช่วงเวลา หรือความสัมพันธ์ของสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลา

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลาเป็นความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ
2. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏบนกระจกเงา
3. ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง
4. ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปซของ

วัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

รูป 2 มิติ คือ รูปที่มีเพียง 2 ด้าน คือ ด้านกว้างและด้านยาว ซึ่งมีชื่อเรียกกันหลายอย่าง เช่น

- รูปสามเหลี่ยม (Triangle)
- รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square)
- รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle)
- รูปวงกลม (Circle)
- รูปวงรี
- รูปไฮเพอร์โบลา (Hyperbola)
- รูปพาราโบลา (Parabola)

➤ รูปห้าเหลี่ยม (Pentagon)

➤ รูปหกเหลี่ยม (Hexagon)

รูปทรง 3 มิติ จะมีลักษณะต่างจากรูป 2 มิติ คือ นอกจากจะมีด้านกว้างและด้านยาวแล้วยังมีด้านสูงหรือด้านลึกเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งด้าน และจะเรียกค่านำหน้าชื่อว่า "ทรง" เช่น

➤ ทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

➤ ทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม

➤ รูปกรวย (Cone)

➤ รูปทรงกลม

➤ รูปไข่

➤ รูปปริซึมฐานสามเหลี่ยม

➤ รูปปริซึมฐานสี่เหลี่ยม

ผู้ที่มีทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปซของวัตถุ ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

◆ การชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติที่กำหนดได้

◆ สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุ หรือภาพ 3 มิติที่กำหนดได้

◆ บอกชื่อของรูป และรูปทรงเรขาคณิตได้

◆ บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ เช่น ตำแหน่งหรือทิศของวัตถุ และตำแหน่งหรือทิศของวัตถุต่ออีกวัตถุ

◆ ระบุนิยาม 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ

◆ สามารถบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลาได้

◆ สามารถบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขนาด ปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

ทักษะที่ 5 การคำนวณ (using numbers) เป็นการนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ โดยนับและนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการ บวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ยยกกำลังสองหรือถอดราก เพื่อใช้ในการสื่อความหมายให้ชัดเจนและเหมาะสม โดยการเกิดทักษะการคำนวณจะแสดงออกจากการนับที่ถูกต้อง ส่วนการคำนวณจะแสดงออกจากการเลือก สูตรคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีคำนวณ และการคำนวณที่ถูกต้อง แม่นยำ

ตัวเลขที่นำมาคำนวณได้จากการใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น การหาปริมาตร ความยาว อุณหภูมิ ความเร็ว ฯลฯ ค่าที่ได้จากการวัดแสดงถึงความละเอียดของเครื่องมือ เช่น ตัวเลขรายงานผลการวัดอุณหภูมิอากาศเป็นดังนี้ 36.4 , 34.5 , 35.0 องศาเซลเซียส การแปลผลอาจใช้วิธีบวก ลบ คูณ หาร ตามแต่ความต้องการแปลผลข้อมูล ถ้าอยากทราบว่า การวัดอุณหภูมิ ทั้ง 3 ครั้งได้ค่าเฉลี่ยเท่าไรก็ลง

มีค่าบวก และสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ทศนิยมในการแสดงนัยถึงความละเอียดของข้อมูล อาจจะเป็น 1 ตำแหน่งหรือมากกว่า ขึ้นกับความต้องการในการนำข้อมูลไปใช้ในการแปลผลการทดลอง ผู้ที่มีทักษะการคำนวณ ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

- ◆ หาผลลัพธ์ของการบวก และการลบปริมาณที่ได้จากการวัดได้อย่างถูกต้อง
- ◆ หาผลลัพธ์ของการคูณและการหาปริมาณที่ได้จากการวัดได้อย่างถูกต้อง
- ◆ หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูล โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในเรื่องการ

แปรผัน การสร้างสมการ มาสร้างเป็นสูตรได้

- ◆ คำนวณเกี่ยวกับปริมาณที่มีค่าอุปสรรคประกอบหน่วยได้อย่างถูกต้อง
- ◆ สามารถนับจำนวนของวัตถุได้ถูกต้อง
- ◆ สามารถบอกวิธีคำนวณ แสดงวิธีคำนวณ และคิดคำนวณได้ถูกต้อง

ทักษะที่ 6 การจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and communication) หมายถึง การนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจาก ตำแหน่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การหาความถี่ การเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การคำนวณหาค่าใหม่ เป็นต้น

ข้อมูล หมายถึง ข้อเท็จจริงที่จะนำไปใช้ในการอ้างอิงหรือคำนวณ ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูล ตามระดับความยากง่ายในการทำความเข้าใจได้ 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลดิบ เป็นข้อมูลที่ทำให้ความเข้าใจยาก โดยได้จากการสังเกต การวัด การ จำแนก การคำนวณ
2. ข้อมูลที่จัดกระทำแล้ว เป็นข้อมูลที่ทำให้ความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งได้มาจากการนำ ข้อมูลดิบมาตัดแปลงใหม่นั้นเอง การตัดแปลงข้อมูลดิบให้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้นดังกล่าว เช่น หาค่าความถี่ จัดลำดับ แยกประเภท คำนวณหาค่าใหม่

การสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่จัดกระทำนั้นมาเสนอหรือแสดงให้ บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น อาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียนบรรยาย หรือย่อความพอสังเขป เพื่อให้ผู้อื่นได้เข้าใจในสิ่งที่ ต้องการสื่อให้ชัดเจน ถูกต้อง และรวดเร็ว ตลอดจนเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดหรือการ ทดลองมาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายและมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น จนง่ายต่อการแปล ความหมายให้ชัดเจน การสื่อความหมายที่จัดกระทำข้อมูลแล้ว อาจนำเสนอโดยวิธีการที่เหมาะสม

ผู้ที่มีทักษะการจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

- ◆ เลือกรูปแบบที่จะใช้การเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
- ◆ บอกเหตุในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูล

- ◆ ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
- ◆ เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น
- ◆ บรรยายลักษณะสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด สื่อ

ความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

ทักษะที่ 7 การลงความเห็นจากข้อมูล (inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้ หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลนี้อาจจะได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง การลงความเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกัน อาจลงความเห็นหรือมีคำอธิบายได้หลายอย่างทั้งนี้เนื่องจากประสบการณ์ และความรู้เดิมต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม การลงความเห็นนั้นต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือข้อมูลที่สังเกตได้

การใช้ประสาทสัมผัสสิ่งของหรือเหตุการณ์ให้ได้ข้อมูลอย่างหนึ่ง แล้วเพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวลงไปให้กับข้อมูลนั้น ความคิดเห็นส่วนตัวอาจได้มาจากการประสบการณ์เดิม โดยการอธิบายหรือสรุปเกินข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และเพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวลงไป

การลงความเห็นจากข้อมูลดังกล่าว เป็นการลงความเห็นเกี่ยวกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วเท่านั้น ไม่ได้เป็นการลงความเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หากเป็นการลงความเห็นเกี่ยวกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จะเรียกว่า การทำนาย (Prediction) ดังนั้น การลงความคิดเห็นเป็นการอธิบายผลที่ได้จากการสังเกต ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจลงความเห็นได้หลายอย่าง โดยอาศัยประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมเข้าช่วยของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน การลงความคิดเห็นจะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับข้อมูลที่สังเกตได้เท่านั้น

การลงความคิดเห็นเป็นการนำประสบการณ์หรือความรู้เดิมมาอธิบายผลการสังเกตที่ได้ว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น การสร้างความคิดเห็นนั้นจะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือข้อมูลที่สังเกตได้ ส่วนการจะตัดสินใจว่าความคิดเห็นใดถูกต้องหรือสมเหตุสมผลที่สุดก็จะต้องมีการหาหลักฐานหรือข้อมูลอื่นมาประกอบ ซึ่งอาจจะได้มาจากการทดลองหรือการสังเกตเพิ่มเติม

การลงความเห็นต่างจากข้อมูล ต่างจากการทำนายในแง่ที่ว่า การลงความเห็นจากข้อมูลไม่ได้บอกเหตุการณ์ในอนาคต เป็นแค่เพียงการอธิบาย หรือหาความหมายของข้อมูล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วยเท่านั้น

ผู้ที่มีทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้คือ สามารถอธิบายหรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

ทักษะที่ 8 การพยากรณ์ (prediction) เป็นการคาดคะเนคำตอบหรือสิ่งที่จะเกิดล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือข้อมูลจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วย การทำนายที่แม่นยำเป็นผลจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึกและการกระทำกับข้อมูลอย่างเหมาะสม

การทำนายเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟทำได้ 2 แบบ คือ การทำนายภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ (interpolating) และการทำนายภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ (extrapolating)

ผู้ที่มีทักษะการพยากรณ์ ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

- ◆ พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
- ◆ พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
- ◆ ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

ทักษะที่ 9 การตั้งสมมติฐาน (formulating hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้า ก่อนจะกระทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดหาล่วงหน้านี้อย่างไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจถูกหรือผิดก็ได้ซึ่งจะทราบภายหลังการทดลองเพื่อหาคำตอบสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ นอกจากนี้การตั้งสมมติฐานควรตั้งให้มีขอบเขตกว้างขวาง ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้มากที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้

ความสามารถในการให้คำตอบล่วงหน้าหรือการทำนายผลล่วงหน้าในสถานการณ์ใหม่ที่ยังไม่เคยรู้มาก่อนได้อย่างเหมาะสมและสามารถนำไปทดสอบได้ต้องอาศัยหลักการและเหตุผลที่ได้เรียนรู้มาช่วยตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นเครื่องมือกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลอง โดยกล่าวไว้เป็นข้อความที่บ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามสมมติฐานที่ตั้งขึ้น อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ก็ต่อเมื่อมีการพิสูจน์ทดลองเพื่อหาคำตอบมาสนับสนุนสมมติฐานหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

เมื่อตั้งสมมติฐานแล้วก็ต้องมีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ถ้าข้อมูลที่ได้มีผลตรงกันข้ามกับสมมติฐาน สมมติฐานนั้นก็จะได้รกรกเลิกไป แต่ถ้าหากข้อมูลสนับสนุนเพียงบางส่วน สมมติฐานก็จะได้รับการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปทดลองในครั้งต่อไป ถ้าสมมติฐานที่ได้รับการทดลองยืนยันว่าเป็นความจริงแล้วก็จะกลายเป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี

การตั้งสมมติฐานสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งสมมติฐาน คือ การบอกชื่อตัวแปรต้น ซึ่งอาจจะมีผลต่อตัวแปรตาม การตั้งสมมติฐานผู้เรียนต้องทราบตัวแปร เช่น มีตัวแปรอะไรบ้างที่ส่งผลต่อการสูญพันธุ์ของมนุษย์ ตัวแปรจึงเกี่ยวข้องกับทั้งมนุษย์และสภาพแวดล้อม

😊 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เช่น สภาพร่างกาย โรคทางพันธุกรรม

😊 ส่วนตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม เช่น โรคระบาด ภัยพิบัติธรรมชาติ สงครามนิวเคลียร์ การปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม

เมื่อผู้เรียนบอกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีอยู่ได้แล้ว ก็สามารถตั้งสมมติฐานเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนทราบว่าควรออกแบบการทดลองอย่างไร การตั้งสมมติฐานจึงเป็นการแสดงให้เห็นว่าตัวแปรตัวใดจะเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ ตัวแปรใดจะเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรใดจะเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุม

ผู้ที่มีทักษะการตั้งสมมติฐาน ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

◆ หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมได้

◆ สร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานได้

◆ แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้

ทักษะที่ 10 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ(defining operationally)

หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จะแตกต่างกันกับการกำหนดนิยามทั่ว ๆ ไป เพราะการกำหนดนิยามทั่วไปเป็นการให้ความหมายของคำหรือข้อความอย่างกว้าง ๆ ส่วนการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นการกำหนดความหมายให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้ในสถานการณ์นั้น ๆ ลองพิจารณานิยามต่อไปนี้

ก. นิยามทั่วไป ออกซิเจน หมายถึง ธาตุชนิดหนึ่งมีสถานะเป็นก๊าซ มีน้ำหนักอะตอม 16 และมีเลขอะตอมเป็น 8

ข. นิยามเชิงปฏิบัติการ ออกซิเจน หมายถึง ก๊าซที่ช่วยให้ไฟติด เมื่อนำรูปที่ติดไฟเป็นถ่านแดงแห้งลงไปในกระบอกเก็บก๊าซนี้ จะเกิดเป็นเปลวไฟขึ้น

จะเห็นว่า นิยาม ก. ทดสอบได้ยาก ส่วนนิยาม ข. ทดสอบได้ง่าย ดังนั้น การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จึงมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตหรือตรวจสอบได้ง่าย

การทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานนั้น อาจมีคำหรือข้อความในสมมติฐานที่มีความหมายได้หลายอย่าง ทำให้เข้าใจไม่ตรงกันและอาจสังเกต วัด หรือตรวจสอบ จึงจำเป็นต้องกำหนดความหมายของคำหรือข้อความนั้นให้สามารถเข้าใจตรงกันได้ และสามารถสังเกตหรือตรวจสอบได้ง่าย ซึ่งเป็นการจำกัดขอบเขตของการศึกษาทดลอง

นิยามเชิงปฏิบัติการมีสาระสำคัญ 2 ประการคือ

1. ระบุสิ่งที่สังเกต
 2. ระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือจากการทดลอง
- สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ มีดังนี้
1. ควรใช้ภาษาที่ชัดเจน ไม่กำกวม
 2. อธิบายถึงสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำไว้ด้วย
 3. อาจมีนิยามเชิงปฏิบัติการมากกว่า 1 นิยามก็ได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์

สิ่งแวดล้อม และเนื้อหาในบทเรียน

ผู้ที่มีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

◇ กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สามารถทดสอบหรือวัดได้

◇ แยกนิยามเชิงปฏิบัติการออกจากนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการได้

◇ สามารถบ่งชี้ตัวแปรหรือคำที่ต้องการใช้ในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้

ทักษะที่ 11 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variables) หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ได้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (independent variable) คือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ เป็นตัวแปรที่เป็นต้นเหตุให้คาดว่าทำให้ผลออกมาต่างกัน

2. ตัวแปรตาม (dependent variable) คือสิ่งที่เป็นผลเนื่องจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรควบคุม (controlled variable) คือสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้การผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

ตัวอย่างเช่น ดินอะไรปลูกต้นสาลวดีได้ดีที่สุด ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองโดยการนำกิ่งสาลวดีจากต้นเดียวกันปลูกลงในกระถางที่มีขนาดเท่ากัน โดยแยกใส่ดินให้ต่างกัน ชนิดละ 3 กระถาง แล้วสังเกตการเจริญเติบโตที่คาดว่าจะแตกต่างกัน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ สาลวดี กระถาง ดิน ปุ๋ย การดูแลรักษา สถานที่ และระยะเวลา ดังนั้นจึงต้องกำหนดและควบคุมตัวแปร โดยกำหนดตัวแปรต้น คือ ชนิดของดิน ตัวแปรตาม คือ การเจริญเติบโตของต้นสาลวดี และตัวแปรควบคุม คือ กิ่งสาลวดี

วติ กระถาง น้ำ ปุ๋ย การดูแลรักษา แสงแดด สถานที่ทดลอง ระยะเวลาที่ทดลอง ตัวแปรทั้ง 3 ชนิดนี้ย่อมมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละการศึกษาค้นคว้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ การจะบ่งชี้ว่าอะไรเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม หรือตัวแปรที่ต้องควบคุม

ผู้ที่มีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

◆ บ่งชี้ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม หรือสมบัติทาง

กายภาพ หรือชีวภาพของระบบได้

◆ บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

◆ สร้างวิธีการทดสอบ หาผลที่เกิดจากตัวแปรต้นหนึ่งตัว หรือหลายตัวได้

◆ บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่าตัวแปร

เหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุกกรณี

◆ บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรมีความคงที่ และสภาพการณ์อย่างไรไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่

ทักษะที่ 12 การทดลอง (experimenting) หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง และใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสมและถูกต้อง เพื่อหาคำตอบเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง (Experimental design) เป็นการวางแผนการทดลองก่อนที่จะลงมือทดสอบจริง เพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งสัมพันธ์กับการกำหนดและควบคุมตัวแปรและวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องเตรียมไว้ใช้ในการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นการวางแผนการทดลอง จะช่วยบอกวิธีทดลองให้รู้ว่า จะทำการทดลองหรือปฏิบัติอย่างไร จะเลือกอุปกรณ์ เครื่องมือ วัสดุ หรือสารเคมีที่จะใช้ทดลอง ให้รู้ว่าจะต้องใช้อะไร จำนวนเท่าไร และใช้อย่างไร การออกแบบการทดลองที่ดีต้องสามารถทดลองได้สะดวก ปลอดภัย รวดเร็ว เที่ยงตรง ประหยัด และเห็นผลได้อย่างชัดเจน

ก่อนที่ผู้เรียนจะออกแบบการทดลอง ผู้เรียนต้องรู้ว่าตัวแปรในการทดลองของผู้เรียนคืออะไร สมมติฐานข้อใดที่ต้องการทดสอบ คำถามเหล่านี้จะหาคำตอบได้โดยการวิเคราะห์การทดลองมีหลายตัวแปรซึ่งอาจมีผลต่อผลที่ได้จากการทดลอง และก็มีหลายตัวแปรที่ผู้ทำการทดลองไม่ได้สนใจในช่วงเวลานั้น

ตัวอย่างสมมติฐาน เช่น เมื่อพืชได้รับแสงมากขึ้นพืชเจริญเติบโตมากขึ้น ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้โดยปลูกพืชในที่ที่มีแสงและปลูกพืชในที่มืดสลัว อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการทดลองอาจจะไม่มีความหมาย ถ้าปริมาณน้ำที่พืชแต่ละต้นที่ได้รับไม่เท่ากันหรือต่างกับปลูกในดินที่ต่าง

ชนิดกัน เพื่อที่จะให้ผลที่เกิดขึ้นมาจากตัวแปรนั้นจริง ๆ จำเป็นต้องควบคุมตัวแปรอื่น ๆ เพื่อไม่ให้มีผลต่อการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง (Experimentation) เป็นการลงมือปฏิบัติจริงและใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งจะต้องใช้ทักษะด้านอื่น ๆ ประกอบอีกมาก เช่น ทักษะการวัด ทักษะการสังเกต ทักษะการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

การทดลองแต่ละครั้งจำเป็นที่จะต้องอาศัยการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถที่จะบอกชนิดของตัวแปรในการทดลองได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรควบคุม

3. การบันทึกผลการทดลอง (Recording) เป็นการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง การบันทึกผลการทดลองอาจจะอยู่ในรูปตารางหรือการเขียนกราฟ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะแสดงค่าของตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระบนแกนนอนและค่าของตัวแปรตามบนแกนตั้ง พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งค่าของตัวแปรบนกราฟได้อย่างถูกต้อง

การบันทึกผลการทดลอง เป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องจากการปฏิบัติการทดลอง เมื่อผู้ทดลองได้สังเกต ได้วัดปริมาณ ได้นับจำนวน หรือได้ให้คะแนนอย่างไร ก็บันทึกผลตามนั้นลงในแบบบันทึกที่ได้เตรียมไว้ ซึ่งแบบบันทึกนี้จัดเป็นวัสดุอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่ต้องเตรียมไว้

ผู้ที่มีทักษะการทดลอง ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

◆ กำหนดวิธีการทดลองได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับสมมติฐาน โดยคำนึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

◆ ระบุวัสดุอุปกรณ์ และ / หรือสารเคมี ที่จะต้องใช้ในการทดลอง

◆ ปฏิบัติการทดลอง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และปลอดภัย

◆ บันทึกผลการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้อง

ทักษะที่ 13 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น

การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ตาราง รูปภาพ หรือกราฟ ฯลฯ ที่รวบรวมรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลไว้อย่างครบถ้วนและกะทัดรัด สะดวกต่อการนำไปใช้ และการนำข้อมูลไปใช้จำเป็นต้องตีความหมายข้อมูลดังกล่าวให้อยู่ในรูปของภาษาพูด หรือ ภาษาเขียน ที่สื่อความหมายกับคนทั่วไปได้โดยเป็นที่เข้าใจตรงกัน

การตีความหมายข้อมูล แบ่งเป็น

1. การตีความข้อมูล จากกราฟ มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.1 ควรให้รายละเอียดที่ชัดเจนและเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์
 - 1.2 รายละเอียดของข้อมูลจากกราฟบางส่วนอาจแปลให้มาอยู่ในรูปของตาราง เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น
 - 1.3 ผลที่ได้จากการตีความหมายข้อมูลไปสู่การลงความเห็นได้
2. การตีความหมายข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง
3. การตีความหมายจากแผนภาพหรือรูปภาพ

ความสามารถทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่สำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเป็นการเรียนรู้เพื่อดำรงชีวิต ทักษะนี้เป็นสิ่งที่จะต้องได้รับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ เช่น การฝึกทำงาน อยู่เสมอ การฝึกฝนตนเองจากการทำงานจะช่วยหล่อหลอมให้เกิดเจตคติที่ดีต่อตนเองและต่อ วิทยาศาสตร์ การทำงานช่วยเสริมสร้างประสบการณ์เพิ่มมากขึ้น คิดค้นหาหนทางแก้ไข การทดลองทาง วิทยาศาสตร์ย่อมเผชิญกับปัญหาอยู่ตลอดเวลา ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการ คิดตัดสินใจ กระบวนการแก้ปัญหา ช่วยฝึกให้เป็นคนที่มีความอดทน ละเอียดรอบคอบ ซึ่งบางครั้ง ความคิดอาจจะไม่ถูกหรือผิดเสมอไป แต่การแสดงความคิดเห็นจะช่วยให้ได้ข้อมูลใหม่ ๆ หรือความรู้ ใหม่ ๆ ว่าสิ่งที่กระทำลงไปแล้วหรือกำลังจะกระทำนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมใน แต่ละกิจกรรมตามบทบาทหน้าที่แต่ละคน

ผู้ที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูล และการสรุป ต้องมีความสามารถที่แสดงให้เห็นว่า เกิดทักษะนี้ประกอบด้วย

- ◆ แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ได้
- ◆ อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่างๆ ได้
- ◆ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้

วิธีการทางวิทยาศาสตร์

มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถในการเรียนรู้ได้อย่างมหัศจรรย์ เริ่มตั้งแต่การเรียนรู้เพื่อ ดำรงชีวิตตามสัญชาตญาณของสิ่งมีชีวิตไปสู่การทำมาหากินเพื่อยังชีพ จนพัฒนาขึ้นเป็นวิถีชีวิต วิธีการ สร้างและการถ่ายทอดความรู้ของแต่ละสังคม การเรียนรู้ของมนุษย์เกิดขึ้นอย่างมีขั้นตอน สิ่งแรกที่ กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้คือ การที่บุคคลเริ่มสงสัยสนใจในบางสิ่งขึ้น สิ่งที่ยังไม่เคยรู้จักมาก่อน ความสนใจดังกล่าวเป็นแรงกระตุ้นให้มนุษย์ต้องแสวงหาข้อมูลหรือวิธีการที่จะมาตอบสนองความสงสัย หรือแก้ปัญหาในที่เผชิญอยู่ โดยทดลองกระทำเพื่อแก้ปัญหาจนกระทั่งค้นพบคำตอบหรือประสบในการ

แก้ปัญหา ความพยายามในการหาคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักวิทยาศาสตร์จะตั้งคำถาม 3 ประการ ดังนี้

1. มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง (What question) คำถามนี้จะทำให้นำไปสู่การสังเกตอย่างละเอียด ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้ข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดตามสภาพที่เป็นจริง เป็นการถามหารายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้จากประสาทสัมผัสโดยตรง นักวิทยาศาสตร์จะต้องสังเกตแล้วบันทึกผลไว้ นำข้อมูลที่ไปวิเคราะห์สังเคราะห์ สร้างเป็นความรู้ต่อไป

2. มันเกิดขึ้นได้อย่างไร (How question) คำถามนี้จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ ได้ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นว่าอะไรเกิดก่อนเกิดหลัง และมีกระบวนการอย่างไร นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การคะเนการตอบปัญหา ซึ่งเมื่อทำการค้นหาคำตอบแล้วจะได้ความรู้วิทยาศาสตร์ออกมา เช่น ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้อย่างไร วิเคราะห์เพื่อศึกษาลักษณะองค์ประกอบโดยละเอียด และนำผลจากการวิเคราะห์มารวมกันหรือสังเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ โดยอาศัยการอ้างอิงตีความ และการสรุปที่ถูกต้องตามหลักเหตุผล

3. ทำไมจึงเกิดขึ้น (Why question) คำถามนี้จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ค้นหาคำอธิบายเพื่อสร้างเป็นทฤษฎี เช่น ทำไมเหล็กเมื่อเป็นแม่เหล็กจึงมีอำนาจดึงดูด (ทฤษฎีโมเลกุลแม่เหล็ก) คำถามประเภทนี้ต้องการคำอธิบาย เพื่อขยายความการทดลองปรากฏการณ์ โดยยกเหตุผลมาอ้างอิง สรุปได้ว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้าง เป็นการถามหารายละเอียดของข้อมูล มันเกิดขึ้นได้อย่างไร ถามหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทำไมมันจึงเกิดขึ้น ถามหาทฤษฎีคำถามทั้ง 3 คำถามนี้ เป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้ นักวิทยาศาสตร์ได้คำตอบของปัญหา ได้ค้นพบความจริงของธรรมชาติที่มีอยู่แล้ว

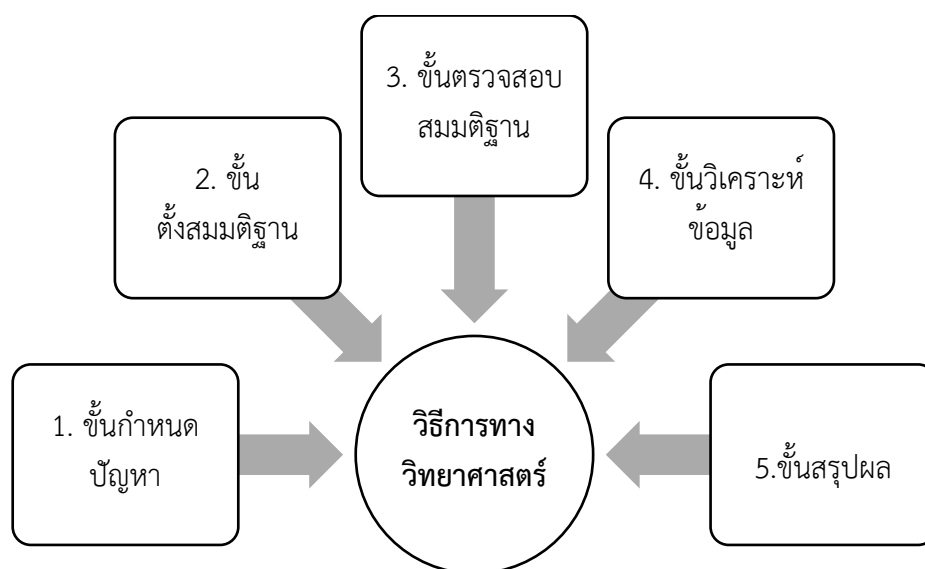
การค้นคว้าหาความรู้จึงต้องทำความเข้าใจอย่างนักวิทยาศาสตร์ การพัฒนาอะไรก็ตามย่อมต้องมีเครื่องมือเพื่อใช้ในการก่อสร้างสิ่งใหม่ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ต้องมีเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ วิทยาศาสตร์อาศัยเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ และเครื่องมือที่สำคัญก็คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ค้นคว้าหาความรู้อย่างมีเหตุผล และเป็นระบบระเบียบ

ดังนั้นสรุปได้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการและขั้นตอนในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถค้นคว้าหาความรู้จากธรรมชาติโดยมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ มีวิธีการทำงานอย่างมีระบบมีขั้นตอนได้วิวัฒนาการสืบทอดต่อกันมาตามลำดับจนได้ชื่อว่าเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการทำงานดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ประสบผลสำเร็จ และเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว จนถึงปัจจุบันนี้บุคคลต่าง ๆ ในสาขาอื่น ๆ ก็ได้มองเห็นความสำคัญและประโยชน์จากวิธีการ

ทางวิทยาศาสตร์ว่า สามารถนำไปใช้กับกระบวนการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมความรู้ทุกสาขาวิชา ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงไม่ควรเป็นวิธีการเฉพาะของนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ควรเป็นวิธีการแสวงหาความรู้ทั่ว ๆ ไปที่เรียกว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์”

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มี 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

1. ขั้นกำหนดปัญหา (Ask a question) สำคัญที่ว่าการแก้ปัญหา จะต้องคำนึงว่าปัญหาเกิดขึ้นได้อย่างไร ปัญหาเกิดจากการสังเกต การสังเกตเป็นคุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ การสังเกตอาจจะเริ่มจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา อาจจะเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แม้แต่ อเล็กซานเดอร์เฟลมมิง (Alexander Fleming) ได้สังเกตเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อ พบว่าถ้ามีราเพนิซิลเลียม (*Penicillium notatum*) อยู่ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียจะไม่เจริญเติบโต ผลของการสังเกตของ อเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง นำไปสู่ประโยชน์มหาศาลในวงการแพทย์ การสังเกตจึงเป็นขั้นแรกที่สำคัญนำไปสู่ข้อเท็จจริงบางประการ และมีส่วนให้เกิดปัญหา การสังเกตจึงควรสังเกตอย่างรอบคอบ ละเอียดถี่ถ้วน ดังนั้น ในการตั้งปัญหาที่ดี ควรจะอยู่ในลักษณะที่น่าจะเป็นไปได้ สามารถตรวจสอบหาคำตอบได้ง่าย และยึดข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่รวบรวมมาได้

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) สมมติฐานมีคำตอบที่อาจเป็นไปได้ และคำตอบที่ยอมรับว่าถูกต้องเชื่อถือได้ เมื่อมีการพิสูจน์ หรือตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง ลักษณะสมมติฐานที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

- ⇒ เป็นสมมติฐานที่เข้าใจได้ง่าย
- ⇒ เป็นสมมติฐานที่แนะสู่ทางที่จะตรวจสอบได้
- ⇒ เป็นสมมติฐานที่ตรวจได้โดยการทดลอง
- ⇒ เป็นสมมติฐานที่สอดคล้อง และอยู่ในขอบเขตของข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกต

และสัมพันธ์กับปัญหาที่ตั้งไว้

การตั้งสมมติฐานต้องยึดปัญหาเป็นหลักเสมอ ควรตั้งหลาย ๆ สมมติฐานเพื่อมีแนวทางของคำตอบหลาย ๆ อย่าง แต่ไม่ยึดสมมติฐานใด สมมติฐานหนึ่ง เป็นคำตอบ ก่อนที่จะพิสูจน์ตรวจสอบสมมติฐานหลาย ๆ วิธี และหลายครั้ง ๆ

3. ขั้นตรวจสอบสมมติฐาน (Experiment) เมื่อตั้งสมมติฐานแล้ว หรือคาดเดาคำตอบหลาย ๆ คำตอบไว้แล้ว วิธีการทางวิทยาศาสตร์ขั้นต่อไป คือ ตรวจสอบสมมติฐาน ในการตรวจสอบสมมติฐานจะต้องยึดข้อกำหนดสมมติฐานไว้เป็นหลักเสมอ เนื่องจากสมมติฐานที่ดี ได้แนะสู่ทางตรวจสอบและการออกแบบการตรวจสอบไว้แล้ว วิธีการตรวจสอบสมมติฐาน ได้แก่ การสังเกต และรวบรวมข้อเท็จจริงต่าง ๆ

ที่เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อีกวิธีหนึ่งโดยการทดลอง ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุด เพื่อทำการค้นคว้าหาข้อมูล รวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบดูว่าสมมติฐานข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ในการตรวจสอบโดยการทดลองนั้น ควรจะระบุนักการทดลองที่จะปฏิบัติจริง ควรจะมีการวางแผนลำดับขั้นตอน การทดลองก่อนหลัง ออกแบบการทดลองให้ได้ผลอย่างดี การใช้วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือ มีการควบคุมดูแล ระวังระวัง ในการวิเคราะห์ข้อมูลควรจะวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปได้อย่างไร

กระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้ทดลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้ทดลองจะต้องควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง เรียกว่า ตัวแปร (Variable) คือสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการทดลอง ซึ่งควรมีตัวแปรน้อยที่สุด ตัวแปรแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

❖ ตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) (Independent variable) คือ ตัวแปรที่ต้องศึกษาทำการตรวจสอบและดูผลของมัน เป็นตัวแปรที่เรากำหนดขึ้นมา เป็นตัวแปรที่ไม่อยู่ในความควบคุมของตัวแปรใด ๆ

❖ ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ตัวแปรที่ไม่มีความเป็นอิสระในตัวมันเอง เปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรอิสระ เพราะเป็นผลของตัวแปรอิสระ

❖ ตัวแปรควบคุม (Controlled variable) หมายถึง สิ่งอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้น ที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนแต่เราควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลอง เนื่องจากยังไม่ต้องการศึกษา

ยกตัวอย่างเช่น จากปัญหา “แสงจากหลอดไฟช่วยให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่”
เราจึงออกแบบการทดลองโดยกำหนด

☆ ตัวแปรต้น = แหล่งกำเนิดแสงที่ให้พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงที่แตกต่างกัน
คือ แสงจากดวงอาทิตย์และแสงจากหลอดไฟ

☆ ตัวแปรตาม = ข้อมูลที่สะท้อนถึงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เช่น เรารู้ว่า
ผลิตภัณฑ์จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชคือแป้ง น้ำตาล และออกซิเจน จึงเลือกวัดปริมาณแป้งและ
น้ำตาลที่สะสมในใบพืช ตัวแปรตามของการทดลองครั้งนี้จึงเป็นปริมาณแป้งและน้ำตาลที่สะสมในใบพืช

☆ ตัวแปรควบคุม = สิ่งที่เราต้องควบคุมให้เหมือนกันทั้งหมดในการทดลอง สำหรับ
การทดลองนี้จะเป็นชนิดและอายุของพืชที่ใช้ ปริมาณดินและขนาดกระถาง ปริมาณน้ำที่รดให้พืชในแต่ละ
วัน จำนวนชั่วโมงที่พืชได้รับแสง เป็นต้น

ในการตรวจสอบสมมติฐาน นอกจากจะควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง จะต้องแบ่งชุด
ของการทดลองเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

✱ กลุ่มทดลอง หมายถึง กลุ่มที่เราใช้ศึกษาผลของตัวแปรอิสระ คือตัวอย่างที่ มีการ
เพิ่มหรือลดระดับตัวแปรต้น เพื่อดูอิทธิพลของตัวแปรต้นต่อการทดลองนี้ ยกตัวอย่างเช่น การทดลอง
ปลูกพืชโดยให้รับแสงจากดวงอาทิตย์ในตอนกลางวัน และให้รับแสงจากหลอดไฟเพิ่มในเวลากลางคืน 1,
2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ

✱ กลุ่มควบคุม หมายถึง ชุดของการทดลองที่ใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิง คือตัวอย่างที่
เป็นปกติ ไม่มีการเพิ่มหรือลดตัวแปรต้นเข้าไปเลย เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง กลุ่ม
ควบคุมจะแตกต่างจากกลุ่มทดลองเพียง 1 ตัวแปรเท่านั้น คือ ตัวแปรที่เราจะตรวจสอบหรือตัวแปร
อิสระ ในขั้นตอนนี้ จะต้องมีการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลอง แล้วนำข้อมูลที่ได้มา
จัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย ซึ่งจะต้องมีการออกแบบการบันทึกข้อมูลให้อ่านเข้าใจง่ายอาจจะ
บันทึกในรูปตาราง กราฟ

แผนภูมิ หรือ แผนภาพ หากยกตัวอย่างจากการทดลอง “แสงจากหลอดไฟช่วยให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสง
ได้หรือไม่” ของเรา ชุดควบคุมก็ควรเป็นพืชที่สังเคราะห์ด้วยแสง โดยรับแสงจากดวงอาทิตย์อย่างเดียว

นอกจากนี้ในการทดลองสำหรับงานวิจัยที่จริงจังมากขึ้นจะมีการทำ ‘ชุดการทดลองซ้ำ
(Duplicate)’ โดยจะจัดชุดควบคุมและชุดทดลองซ้ำตั้งแต่ 3 - 5 ชุดขึ้นไป เพื่อลดความคลาดเคลื่อน
หรือผลจากปัจจัยภายนอกที่อยู่เหนือการควบคุมของเรานั้นเอง

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze) เป็นขั้นที่นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การค้นคว้า การ
ทดลอง หรือการรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริง มาทำการวิเคราะห์ผล อธิบายความหมายของข้อเท็จจริง
แล้วนำไปเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ว่าสอดคล้องกับสมมติฐานข้อใด เมื่อมีหลักฐานอ้างอิงที่

สามารถนำมาสนับสนุนสมมติฐานหรือโต้แย้งอย่างพอเพียงแล้ว ก็นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ตีความหมาย พิจารณาหาความจริงที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ

5. ขั้นสรุปผล (Conclusions) เป็นขั้นสรุปผลที่ได้จากการทดลอง การค้นคว้ารวบรวม ข้อมูล สรุปข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลองว่าสมมติฐานข้อใดถูก พร้อมทั้งสร้างทฤษฎีที่จะใช้เป็นแนวทางสำหรับอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่คล้ายกัน และนำไปใช้ปรับปรุงชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ให้ดีขึ้น

ยกตัวอย่างปัญหา “ต้นผักชีที่ปลูกไว้ตายโดยไม่ทราบสาเหตุ” สามารถนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน หาคำตอบอย่างเป็นระเบียบ ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem) ในขั้นตอนแรกให้ลองสังเกต และปัญหาที่ทำให้ต้นผักชีตาย เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

2. การตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) ขั้นตอนที่ 2 เป็นการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบ เช่น ถ้าดินที่มีสารอาหารและแร่ธาตุเพียงพอ จะทำให้ต้นไม่งอกงาม ดังนั้น ผักชีที่ปลูกในดินที่ดีจะงอกงาม ถ้าแสงแดดมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น ผักชีที่อยู่บริเวณได้รับแสงแดดจะต้องไม่ตาย

3. การทดลองหรือตรวจสอบสมมติฐาน (Test with experiment) ในขั้นนี้เปรียบเสมือนขั้นตอนสำคัญในการทดลอง ตรวจสอบ เพื่อหาว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้เป็นจริงหรือไม่ เช่น การนำดินไปตรวจสอบแร่ธาตุและสารอาหาร การทดลองวางผักชีไว้บริเวณในที่ที่ได้รับแสงกับในที่ที่ไม่ได้รับแสง ทั้งนี้ ในการทดลองและตรวจสอบจะต้องทำซ้ำ เพื่อให้เกิดความแม่นยำ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analyze) หลังจากการตรวจสอบสมมติฐาน ให้นำข้อมูลดังกล่าวมาตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล เช่น หลังจากบันทึกการเปลี่ยนแปลงของผักชีที่วางไว้บริเวณที่ได้รับแสงกับที่ไม่ได้รับแสง ให้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ว่าความสูง ใบ สี มีลักษณะเปลี่ยนไปอย่างไร

5. การสรุปผล (Conclusion) หลังจากขั้นตอนทั้ง 4 จะนำไปสู่การสรุปผล ว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ เพราะเหตุใด ก่อนจะบันทึกข้อมูล เผยแพร่ความรู้และทฤษฎีดังกล่าวต่อไป

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ต่างๆของมนุษย์ประกอบด้วยข้อเท็จจริงและทฤษฎีต่างๆ การแสวงหาความรู้ของ มนุษย์เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยสติปัญญาและการฝึกฝนต่างๆ วิธีแสวงหาความรู้ของมนุษย์ จำแนกได้ดังนี้

1. การสอบถามจากผู้รู้ (Authority) เช่นในสมัยโบราณ เมื่อเกิดน้ำท่วมหรือโรคระบาด ผู้คนก็จะ ถามผู้ที่เกิดก่อนว่าจะทำอย่างไร ซึ่งในสมัยนั้นผู้ที่เกิดก่อนก็จะแนะนำให้ทำพิธีสวดมนต์อ่อนวอนสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ปัจจุบันก็มีการแสวงหาความรู้ที่ใช้วิธีการสอบถามจากผู้รู้ เช่น ผู้พิพากษาใน ศาล

เวลาตัดสินใจเกี่ยวกับการปลอมแปลงลายมือยังต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านลายมือให้ช่วย ตรวจสอบให้ ข้อควรระมัดระวังในการเสาะแสวงหาความรู้โดยการสอบถามจากผู้รู้คือต้องมั่นใจว่าผู้รู้ นั้นเป็นผู้รู้ในเรื่องที่จะสอบถามอย่างแท้จริง

2. การศึกษาจากขนบธรรมเนียมประเพณี (Tradition) วิธีการเสาะแสวงหาความรู้ของมนุษย์อีกวิธีหนึ่งที่ใกล้เคียงกันกับการสอบถามจากผู้รู้ก็คือการศึกษาจากขนบธรรมเนียมประเพณี หรือวัฒนธรรมต่างๆ เช่น ในการศึกษาความรู้เกี่ยวกับการแต่งกายประจำชาติต่างๆ ซึ่งผู้ใช้วิธีการ แสวงหาความรู้แบบนี้ต้องตระหนักว่า สิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นในอดีตจนเป็นขนบธรรมเนียมนั้นไม่ใช่ว่าจะ เป็นสิ่งที่ถูกต้องและเที่ยงตรงเสมอไป ถ้าศึกษาเหตุการณ์ต่างๆทางด้านประวัติศาสตร์จะพบว่ามีข้อ ปฏิบัติหรือทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากวัฒนธรรมหรือขนบธรรมเนียมประเพณีนั้นซึ่งได้ ยึดถือปฏิบัติกันมาหลายปี และพบข้อเท็จจริงในภายหลังถึงความผิดพลาดข้อปฏิบัติหรือทฤษฎี เหล่านั้นก็ต้องยกเลิกไป ดังนั้นผู้ที่จะใช้วิธีการเสาะแสวงหาความรู้โดยการศึกษากจากขนบธรรมเนียม ประเพณีนั้น ควรจะได้นำมาประเมินอย่างรอบคอบเสียก่อนที่จะยอมรับว่าเป็นข้อเท็จจริง

3. การใช้ประสบการณ์ (Experience) วิธีการเสาะแสวงหาความรู้ที่มนุษย์การใช้กันอยู่บ่อยๆ คือ การใช้ประสบการณ์ตรงของตนเอง เมื่อเผชิญปัญหา มนุษย์พยายามที่จะค้นคว้าหาคำตอบในการแก้ปัญหาโดยใช้ประสบการณ์ตรงของตนเองที่เคยประสบมา เช่น เด็กมักจะมีความถามมาถามครู บิดา มารดา ญาติ ผู้ที่มีอาวุโสมากกว่า บุคคลเหล่านั้นมักจะใช้ประสบการณ์ตรงของตนเองในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาให้กับเด็ก การใช้ประสบการณ์ตรงนั้นเป็นวิธีการเสาะแสวงหาความรู้ แต่ถ้าใช้ ไม่ถูกวิธีอาจจะทำให้ได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้องได้

4. วิธีการอนุมาน (Deductive method) การเสาะแสวงหาความรู้โดยใช้วิธีการอนุมานนี้เป็นกระบวนการคิดค้นจากเรื่องทั่วไป ไปสู่เรื่องเฉพาะเจาะจง หรือคิดจากส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อย จากสิ่งที่รู้ไปสู่สิ่งที่ไม่รู้ วิธีการอนุมานนี้ประกอบด้วย

4.1 ข้อเท็จจริงใหญ่ ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เป็นจริงอยู่แล้วในตัวเอง

4.2 ข้อเท็จจริงย่อย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกรณีของข้อเท็จจริงย่อย และ

4.3 ข้อสรุป (Conclusion) ถ้าข้อเท็จจริงใหญ่และข้อเท็จจริงย่อยเป็นจริง ข้อสรุปก็จะต้องเป็นจริง เช่น สัตว์ทุกชนิดต้องตาย สุนัขเป็นสัตว์ชนิดหนึ่ง ข้อสรุป สุนัขต้องตาย

5. วิธีการอุปมาน (Inductive method) จะเริ่มจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ วิธีการอุปมานนี้อาจจะจัดแยกเป็น 2 ชนิด คือ

5.1 วิธีการอุปมานแบบสมบูรณ์ (perfect inductive method) เป็นวิธีการเสาะแสวงหาความรู้โดยรวบรวมข้อเท็จจริงย่อยๆ จากทุกหน่วยของกลุ่มประชากร จึงสรุปไปสู่ส่วนใหญ่ เช่น ต้องการทราบว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครนับถือศาสนาอะไร ก็ต้องมาถามจากผู้ที่อาศัย อยู่ใน

กรุงเทพมหานครว่าทุกคนนับถือศาสนาอะไร แล้วจึงนำมาสรุปรวมว่าผู้ที่อาศัยใน กรุงเทพมหานครนับ
ถือศาสนาอะไรบ้าง

5.2 วิธีการอุปมานแบบไม่สมบูรณ์ (Imperfect inductive method) เป็นวิธีการ
เสาะแสวงหาความรู้โดยรวบรวมข้อเท็จจริงย่อยๆ จากบางส่วนของกลุ่มประชากรแล้วสรุปรวมไปสู่ ส่วน
ใหญ่ ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่จะรวบรวมข้อเท็จจริงย่อยๆ จากทุกๆ หน่วยของกลุ่มประชากร จึงใช้
วิธีรวบรวมข้อเท็จจริงย่อยๆ จากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มประชากร

6. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นวิธีการแสวงหาความรู้โดยใช้
หลักการของวิธีการอุปมานและวิธีการอนุมานมาผสมผสานกัน โดยมีขั้นตอนการเสาะแสวงหาความรู้
โดยเริ่มจากการที่มนุษย์เริ่มเรียนรู้ที่เล็กที่ละน้อยจากประสบการณ์ตรงความรู้เก่าๆ และการสังเกต
เป็นต้น จนกระทั่งรวบรวมแนวความคิดเป็นแนวความรู้ต่างๆ ที่สมมติขึ้นมา ซึ่งเป็นวิธีการอุปมานและ
หลังจากนั้นก็ใช้วิธีการอนุมานในการแสวงหาความรู้ทั่วไป โดยเริ่มจากสมมติฐานซึ่งเป็นส่วนรวม แล้ว
ศึกษาไปถึงส่วนย่อยๆ เพื่อที่จะศึกษาถึงการหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยกับส่วนรวม เพื่อให้ได้
ข้อสรุปของความรู้ต่างๆ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นวิธีการเสาะแสวงหาความรู้
ที่ดีในการแก้ปัญหาต่างๆ ไม่เพียงแต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยัง
สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางการศึกษาได้ด้วย

แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 กระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์

1. วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Science) คือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงยกตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มาอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างนิยามทั่วไปและนิยามเชิงปฏิบัติการ พร้อมยกตัวอย่างนิยามเชิงปฏิบัติการที่ต่างจากตัวอย่างในบทเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงอธิบายวิธีการกำหนดและควบคุมตัวแปรในการทดลอง พร้อมยกตัวอย่างการทดลองที่เกี่ยวข้องกับพืช

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. จงอธิบายขั้นตอนและความสำคัญของการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปในการทดลองทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 กระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใด **ไม่ใช่** วิทยาศาสตร์สังคม
 - ก. จิตวิทยา
 - ข. รัฐศาสตร์
 - ค. สังคมศาสตร์
 - ง. สังคมวิทยา
2. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์
 - ก. น้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำกว่า
 - ข. โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อ นม ไข่
 - ค. สสารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ
 - ง. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลขนาดเล็กมากและอยู่ห่างกัน
3. คำถามใดต่อไปนี้เป็นที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
 - ก. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเปลี่ยนตัวแปรนี้
 - ข. มันเกิดขึ้นได้อย่างไร
 - ค. ใครเป็นผู้ค้นพบปรากฏการณ์นี้
 - ง. เมื่อใดที่ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นอีก
4. ข้อใดต่อไปนี้เป็นลักษณะของกฎทางวิทยาศาสตร์
 - ก. กฎเป็นสมมติฐานที่ยังไม่ได้รับการพิสูจน์
 - ข. กฎเป็นแนวคิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามการทดลอง
 - ค. กฎต้องสามารถอธิบายเหตุและผลของปรากฏการณ์ได้
 - ง. กฎต้องไม่สามารถถูกทดสอบในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
5. ข้อใดต่อไปนี้เป็น การสังเกตเชิงคุณภาพ
 - ก. การวัดความยาวของไม้บรรทัด
 - ข. การบันทึกน้ำหนักของวัตถุ
 - ค. การบอกสีของดอกไม้
 - ง. การวัดอุณหภูมิของน้ำ

6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นการใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสม
 - ก. ใช้ไม้บรรทัดวัดน้ำหนักของสารเคมี
 - ข. ใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ
 - ค. ใช้สายวัดวัดปริมาตรของของเหลว
 - ง. ใช้ตาชั่งวัดความยาวของไม้บรรทัด
7. ข้อใดต่อไปนี้เป็นารวัดโดยตรง
 - ก. การนับจำนวนของดอกไม้ในสวน
 - ข. การใช้กระบอกตวงวัดปริมาตรของน้ำ
 - ค. การคำนวณระยะทางจากโลกไปดวงจันทร์
 - ง. การหาปริมาตรของของเหลวโดยใช้สูตรคำนวณ
8. วัตถุในข้อใดต่อไปนี้มีลักษณะเป็น 3 มิติ
 - ก. รูปวงกลม
 - ข. รูปสามเหลี่ยม
 - ค. พีระมิดฐานสามเหลี่ยม
 - ง. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
9. การคำนวณในข้อใดที่เกี่ยวข้องกับการหาค่าเฉลี่ย
 - ก. การหาผลลัพธ์ของการบวกและการลบปริมาณที่ได้จากการวัด
 - ข. การหาผลลัพธ์ของการคูณและการหารปริมาณที่ได้จากการวัด
 - ค. การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูล
 - ง. การหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากการวัดหลายครั้ง
10. ข้อใดต่อไปไม่ใช่การจัดกระทำข้อมูลเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น
 - ก. การหาค่าความถี่
 - ข. การจัดลำดับ
 - ค. การแยกประเภท
 - ง. การวัดความยาวของวัตถุ

หน่วยที่ 2 การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้

- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงาน
- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้
- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ :

สามารถอธิบายความหมายและลักษณะของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบต่างๆได้

ด้านทักษะ :

1. นักศึกษาสามารถวางแผนและดำเนินการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนได้
2. นักศึกษาสามารถนำเสนอผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและ

มีประสิทธิภาพ

3. นักศึกษาสามารถตั้งคำถามและกำหนดปัญหาที่ต้องการสืบเสาะหาคำตอบได้
4. นักศึกษาสามารถค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสืบเสาะ

หาความรู้ได้

5. นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดคำถามเพื่อแก้ไขปัญหที่กำหนดไว้ได้
6. นักศึกษาสามารถสรุปผลและนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านคุณค่าและทัศนคติ :

1. นักศึกษาตระหนักถึงความสำคัญของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์

2. นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานร่วมกันในกลุ่มและการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา

3. นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อการตั้งคำถามและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ

4. นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อการเผชิญและแก้ไขปัญหาโดยใช้ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์

บทนำ

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้มนุษย์เข้าใจและรับมือกับปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติ เทคโนโลยี และสังคม กระบวนการนี้เกิดจากการตั้งคำถาม การสังเกต และการทดลองที่เป็นระบบและมีการควบคุม ซึ่งอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์และเหตุผล การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงการหาคำตอบเฉพาะหน้า แต่เป็นการค้นหาความจริงที่สามารถพิสูจน์และทดสอบได้ รวมถึงการสร้างองค์ความรู้ที่ต่อยอดได้สำหรับการศึกษาในอนาคต

ขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เริ่มจากการสังเกตและตั้งคำถาม ซึ่งช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้อย่างชัดเจน จากนั้นสร้างสมมติฐานหรือคำตอบที่คาดว่าจะตอบคำถามได้ ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบและทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน การทดลองจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ อย่างเป็นระบบเพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์และตีความอย่างรอบคอบ ซึ่งหากผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐานก็สามารถยืนยันคำตอบได้ แต่หากไม่สอดคล้อง นักวิทยาศาสตร์จะทำการปรับปรุงหรือสร้างสมมติฐานใหม่ และทดสอบซ้ำจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาความรู้ที่ถูกต้องและแม่นยำ ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษยชาติ นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การวิเคราะห์อย่างรอบคอบ และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทั้งนี้ กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาและการวิจัยในสาขาวิชาต่าง ๆ ซึ่งล้วนส่งผลต่อความก้าวหน้าของวิทยาการและเทคโนโลยี

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงาน

โครงงานวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการเรียนรู้ ที่เกิดจากความสนใจ ความสงสัย อยากรู้คำตอบ หรือต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆให้มากขึ้น โดยมีวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนอย่างละเอียด แล้วลงมือปฏิบัติ จนได้ข้อสรุป ได้คำตอบในเรื่องนั้นๆ

การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-based Learning) เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดและศักยภาพการแก้ปัญหา โดยที่ผู้เรียนช่วยกันคิดและร่วมแรงแข่งขันกันทำงาน ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนเริ่มแรกต้องเรียนรู้ร่วมกันด้วยการจำแนกประเด็นปัญหา การพัฒนาแผน/แนวทางการพัฒนา การทดสอบเพื่อพิสูจน์ความคิดของกลุ่ม และการสะท้อนคิดหลังจากที่ได้ปฏิบัติแล้ว การเรียนรู้แบบนี้เน้นกระบวนการออกแบบและจัดทำสิ่งต่าง ๆ ในลักษณะของโครงงาน ผู้เรียนได้คิด ได้เขียน ได้ลงมือทำ และนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มเพื่อน โดยกระบวนการนำเสนอและทบทวนโครงการผ่านประชาคมห้องเรียน การเรียนรู้แบบนี้มีข้อดีตรงที่นอกจากจะพัฒนาคุณภาพผู้เรียนโดยตรงในทุก ๆ ด้านแล้ว ยังพัฒนาคุณภาพของสถานศึกษา

สร้างแรงบันดาลใจแก่ผู้เรียนทั้งสถานศึกษาจากการมีความสุขที่ได้เรียนด้วยการทำในสิ่งที่ผู้เรียนชอบ และถนัด สร้างเสริมเจตคติที่ดีต่อสถานศึกษาในฐานะที่เป็นแหล่งบ่มเพาะสรรพวิทยาการ เช่นกัน

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นขั้นตอนดำเนินการทำโครงการเพื่อหาคำตอบของปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา
2. ออกแบบการรวบรวมข้อมูล
3. ปฏิบัติการรวบรวมข้อมูล
4. วิเคราะห์ผลและสื่อความหมาย
5. แปลความหมายข้อมูลและสรุปผล

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงการจึงเป็นการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลายสิ่งที่ยากหาคำตอบให้ลึกซึ้งหรือเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ให้มากยิ่งขึ้น โดยใช้กระบวนการที่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบมีขั้นตอน มีการวางแผนการศึกษาอย่างละเอียด ปฏิบัติงานตามแผนที่ได้วางไว้จนได้ข้อสรุปหรือพอสรุปที่เป็นคำตอบในเรื่องนั้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้คำแนะนำ ปรีกษา และดูแลของผู้สอนหรืออาจารย์ที่ปรึกษา อาจใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ มาช่วยในการศึกษา เพื่อให้การศึกษานั้นบรรลุวัตถุประสงค์

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงการเน้นให้ผู้เรียนรู้จักการทำโครงการวิจัยเล็ก ๆ เพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ซึ่งผู้สอนต้องรู้จักกระตุ้นผู้เรียนให้รู้จักสังเกต ตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบความรู้และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถสรุปและทำความเข้าใจกับสิ่งที่ค้นพบ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกเรื่องที่ต้องการจะศึกษาด้วยตนเองตามความสนใจ ใช้กระบวนการแก้ปัญหาในการศึกษาและนำเสนอ ผลการศึกษาตามวิธีการของตนอย่างเป็นขั้นตอน อาจศึกษาเป็นรายบุคคลหรือเป็นรายกลุ่ม การเรียนรู้แบบโครงการจึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการทำวิจัยด้วยตัวของผู้เรียน โดยใช้ระเบียบวิธีการที่เป็นระบบใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่ผู้เรียนสงสัยด้วยวิธีการต่าง ๆ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เลือกตามความสนใจของผู้เรียนหรือกระบวนการตัดสินใจของกลุ่ม เพื่อทำให้เกิดการสร้างสรรคขึ้นงานที่สามารถนำไปใช้ได้จริง การเรียนรู้แบบนี้ใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบที่นำมาบูรณาการร่วมกัน ได้แก่ กระบวนการกลุ่ม การฝึกคิด การแก้ปัญหา การเน้นกระบวนการ การสอนแบบปริศนาความคิด และการสอนแบบร่วมกันคิด ผู้เรียนจึงเป็นผู้ที่ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อค้นหาคำตอบที่อยากรู้ให้กับตนเองด้วยตนเอง ซึ่งมุ่งเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงตามแนวคิด Dewey ตั้งแต่การวางแผน

การออกแบบการเรียนรู้ การสร้างสรรค์และประยุกต์ และการประเมินผลงาน การเรียนรู้แบบโครงงาน
 จึงเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในกระบวนการสืบเสาะและสร้างความรู้ในสิ่งที่ชอบและสิ่งที่ใช่ โดยใช้
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นกลไกสำคัญในการต่อยอดความรู้เดิม

แนวคิดของการเรียนรู้แบบนี้มุ่งให้ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบ (Design-based learner)
 พัฒนาและสร้างสรรค์ผลงานด้วยกระบวนการที่ต่อเนื่อง ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่อย่างกระตือรือร้น
 แทนการรับฟังและซึมซับความรู้จากผู้สอน ผู้เรียนจะเป็นผู้คิดค้นตามความคิดของตนด้วยการหลอมรวม
 ความคิดหรือข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้ากับความคิด หรือความรู้เดิมที่เรียนรู้มาแล้ว จากนั้นก็ปรับขยาย
 เปลี่ยนแปลงให้เกิดเป็นความรู้ใหม่ ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางการเรียน
 เน้นภาวะแวดล้อมของการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง การเรียนรู้จึงเป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริม
 ศักยภาพทั้งผู้เรียนและผู้สอน เกิดเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ เข้าใจในเนื้อหาสาระวิชาไปพร้อม ๆ
 กับพัฒนาการด้านอื่น ๆ อาทิ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสื่อสารและการนำเสนอ การคิด
 วิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม และรู้จักประเมินความก้าวหน้าของตนเอง

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงานสะท้อนธรรมชาติการเรียนรู้ของมนุษย์ในด้านการคิด
 และการลงมือทำ โดยที่ผู้สอนเป็นเพียงผู้สร้างแรงบันดาลใจและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อ
 กระบวนการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน ต้องเติมเต็มศักยภาพการเรียนรู้สู่ความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ด้วยการ
 สร้างวัฒนธรรมห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะศตวรรษที่ 21 เน้นทักษะที่จำเป็นและการคิดที่จะช่วย
 ให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่อย่างมีความสุขและมีคุณภาพชีวิตที่ดี แต่อย่างไรก็ตาม การคิดที่มักพบใน
 การเรียนการสอนนั้นมีหลากหลายประการ โดยได้สรุปได้ดังนี้

1. การขาดเหตุผล การเรียนการสอนแบบโครงงานจะช่วยปรับพฤติกรรมการอ้างเหตุผลที่
 ไม่สมเหตุสมผล หรือการอ้างหลักการเหตุผล หรือการอ้างทฤษฎีจนลืมนึกความจริงไปว่า ทฤษฎีนี้บางครั้ง
 เมื่อนำมาใช้แล้วอาจไม่คุ้มค่าในทางปฏิบัติ ซึ่งผู้เรียนจะก้าวข้ามความไม่มีเหตุผลนี้ได้ก็ต่อเมื่อได้ใช้
 ความคิดและประสบการณ์ตรงพิสูจน์ข้อเท็จจริงร่วมกัน

2. การคิดไม่ได้ การคิดไม่ได้จัดเป็นปัญหาสำคัญของการพัฒนาคน พัฒนาชุมชนและ
 พัฒนาชาติ เมื่อไรก็ตามหากผู้เรียนคิดไม่ได้ก็ย่อมหมายความว่าเขาไม่สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรม
 และจำเป็นที่จะต้องพึ่งพาบุคคลอื่นเรื่อยไป อาศัยเทคโนโลยีจากภายนอกอยู่เสมอ

3. ขาดการแยกแยะสิ่งที่จริงกับสิ่งที่ไม่จริง เป็นการคิดวิเคราะห์ประเด็นที่ผู้เรียน
 ต้องการอยากรู้ เป็นการหาความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเมื่อได้รับมาแล้ว
 การพิจารณาว่าสิ่งใดมีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือจะนำไปสู่การตัดสินใจในคุณค่าของสิ่งเหล่านั้นได้
 อย่างแม่นยำขึ้น

4. การขาดความสามารถในการประเมินค่า ไม่กล้าตัดสินใจ ไม่มีความมั่นใจในความคิด ไม่
 รู้ว่าสิ่งใดมีคุณค่าแท้/คุณเทียม

5. ขาดความสามารถในการแก้ปัญหา ทั้งนี้เกิดจากผู้เรียนมีความรู้ที่ไม่เพียงพอ ขาดการฝึกฝนทักษะ และขาดการไตร่ตรองข้อมูลที่จำเป็นต่อการคิด ท้ายที่สุดก็จะนำไปสู่การขาดความมั่นใจในการแก้ปัญหา

6. ขาดความกล้าหาญในการแสดงความคิด บางครั้งผู้เรียนอาจมีข้อมูลเพียงพอ คิดได้ แต่ไม่มั่นใจที่จะแสดงความคิดเห็นแย้งกับบุคคลอื่น ขาดความกล้าหาญทางวิชาการเพื่อโต้แย้งแม้มีเหตุผลที่มากพอก็ตาม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงานจะช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดให้ผู้เรียนได้รู้จักนำข้อมูลและประสบการณ์ที่มีมาใช้แก้ปัญหาผ่านกิจกรรมกลุ่ม ได้คิดวางแผนดำเนินงานร่วมกัน และสื่อสารสิ่งที่ทำออกมาเป็นระบบด้วยสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ การเรียนรู้แบบนี้

บทบาทผู้เรียน

การเรียนรู้เป็นหน้าที่ของผู้เรียนในการปรับโครงสร้างทางปัญหามุ่งไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ บทบาทของผู้เรียนตามการเรียนการสอนแบบโครงงานมีดังนี้

1. สนทนาและวางแผนร่วมกันแสวงหาคำตอบ
2. นำเสนอแนวทางการค้นคว้าหาคำตอบ
3. ร่วมกันลงมือหาคำตอบ
4. ใช้ทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อค้นหาคำตอบ
5. กระตือรือร้นและเอาใจใส่ในกระบวนการเรียนรู้
6. สรุปและนำเสนอข้อมูลที่ค้นพบ
7. จัดแสดงผลงานและเสนอความรู้

ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบโครงงาน คือ ต้องเป็นไปตามความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน แต่ละกลุ่ม แต่ละระดับชั้น โดยมีขั้นตอนในการทำโครงงานดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา หรือสำรวจความสนใจ ผู้สอนเสนอสถานการณ์หรือตัวอย่างที่เป็นปัญหาและกระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือช่วยให้ผู้เรียนมีความต้องการศึกษาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียน ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าเรียนเพื่ออะไร จะทำโครงงานนั้นเพื่อแก้ปัญหาอะไร ซึ่งทำให้ผู้เรียนกำหนดโครงงานได้ตามแนวทางในการดำเนินงานตรงตามจุดมุ่งหมาย

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนและวิเคราะห์โครงงาน ให้ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งเป็นโครงงานเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้ แล้วเสนอแผนการดำเนินงานให้ผู้สอนพิจารณา ให้คำแนะนำช่วยเหลือและข้อเสนอแนะการวางแผนโครงงานของผู้เรียน ผู้เรียนเขียนโครงงานตามหัวข้อซึ่งมีหัวข้อสำคัญ (ชื่อ

โครงการ หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมาย เจ้าของโครงการ ที่ปรึกษาโครงการ แหล่งความรู้ สถานที่ดำเนินการ ระยะเวลาดำเนินการ งบประมาณ วิธีดำเนินการ เครื่องมือที่ใช้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ)

ขั้นที่ 4 ขั้นลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนดไว้โดยมีผู้สอนเป็นที่ปรึกษา คอยสังเกต ติดตาม แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักสังเกต เก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกผลดำเนินการด้วยความมานะอดทน มีการประชุมอภิปราย ปรึกษาหารือกันเป็นระยะ ๆ ผู้สอนจะเข้าไปเกี่ยวข้องเท่าที่จำเป็น ผู้เรียนเป็นผู้ใช้ความคิด ความรู้ ในการวางแผน และตัดสินใจทำด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลระหว่างปฏิบัติงาน ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผล ก่อนดำเนินการ ระหว่างดำเนินการ และหลังดำเนินการ คือรู้จักพิจารณาว่าก่อนที่จะดำเนินการ มีสภาพเป็นอย่างไร มีปัญหาอย่างไรระหว่างที่ดำเนินงานตามโครงการนั้น ยังมีสิ่งใดที่ผิดพลาดหรือเป็นข้อบกพร่องอยู่ ต้องแก้ไขอะไรอีกบ้าง มีวิธีแก้ไขอย่างไร เมื่อดำเนินการไปแล้วผู้เรียน มีแนวคิดอย่างไร มีความพึงพอใจหรือไม่ ผลของการดำเนินการตามโครงการ ผู้เรียนได้ความรู้อะไร ได้ประโยชน์อย่างไร และสามารถนำความรู้นั้นไปพัฒนาปรับปรุงงานได้อย่างดียิ่งขึ้น หรือเอาความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตได้อย่างไร โดยผู้เรียนประเมินโครงการของตนเองหรือเพื่อนร่วมประเมิน จากนั้นผู้สอนจึงประเมินผลโครงการตามแบบประเมิน ซึ่งผู้ปกครองอาจจะมีส่วนร่วมในการประเมินด้วยก็ได้

ขั้นที่ 6 ขั้นสรุป รายงานผล และเสนอผลงาน เมื่อผู้เรียนทำงานตามแผนและเก็บข้อมูลแล้ว ต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปและเขียนรายงานเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งนอกเหนือจากรายงานเอกสารแล้ว อาจมีแผนภูมิ แผนภาพ กราฟ แบบจำลอง หรือของจริงประกอบการนำเสนอ อาจจัดได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดนิทรรศการ การแสดงละคร ฯลฯ

ประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์ มี 4 ประเภท ดังนี้

1. โครงการประเภทการทดลอง เป็นการหาคำตอบโดยใช้การทดลอง ที่ผ่านการพิสูจน์อย่างน่าเชื่อถือ เป็นการศึกษาผลของตัวแปรหนึ่ง ที่มีผลต่ออีกตัวแปรหนึ่งโดยควบคุมตัวแปรอื่นๆที่มีผลกระทบ มีตัวแปรที่สำคัญ 3 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรต้น คือสิ่งที่ เป็นสาเหตุ / ตัวแปรตาม คือสิ่งที่ต้องการศึกษาและตัวแปรควบคุม คือ สิ่งที่กำหนดให้คงที่ เหมือนกัน เท่ากัน เพื่อไม่ให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ลักษณะสำคัญของโครงการประเภทนี้คือ ต้องออกแบบทดลองและดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบหรือเพื่อตรวจสอบ สมมติฐานที่ตั้งไว้

2. โครงการประเภทการสำรวจรวบรวมข้อมูล เป็นโครงการที่ใช้การสำรวจและรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ นำเสนอในรูปแบบต่างๆให้น่าสนใจ ดังนั้น ลักษณะสำคัญของโครงการประเภทนี้คือ ไม่มีการกำหนดสมมติฐานและตัวแปรที่ต้องการศึกษา

3. โครงการประเภทการสร้างสิ่งประดิษฐ์ เป็นการประดิษฐ์สิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น เครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ หรือ ของเล่น เพื่อประโยชน์ใช้สอย เพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง หรือเป็นแบบจำลอง ก็ได้ โดยมีการนำความรู้ ทฤษฎี หลักการทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบาย อาจเป็นสิ่งที่ผู้เรียนคิดขึ้นเอง หรือปรับปรุงดัดแปลงจาก ของเดิมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นก็ได้ มีการกำหนดตัวแปร/สมมติฐานและ ต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน

4. โครงการประเภทการสร้างทฤษฎีและหลักการ เป็นโครงการที่ต้องการนำเสนอความรู้ ทฤษฎี หลักการแนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่ยังไม่เคยมีใครคิดมาก่อนหรือขัดแย้ง ขยาย จากของเดิมที่มีอยู่ ที่ผ่านการพิสูจน์อย่างมีหลักการ

การตั้งชื่อโครงการที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. ตรงกับเรื่อง เมื่ออ่านชื่อเรื่องแล้วสามารถบอกได้ว่าเรื่องนั้นมีลักษณะอย่างไร
2. สั้นกะทัดรัด ชื่อโครงการไม่ควรยาวเกินไป ควรเขียนให้สั้นกะทัดรัด แต่ต้องได้ใจความ ตรงกับเรื่อง

3. ไม่ควรเป็นประโยคคำถาม เพราะไม่ใช่คำถาม หรือปัญหา

4. ควรมีลักษณะเร้าความสนใจ แต่ต้องไม่ทำให้ผิดเพี้ยนไปจากเนื้อเรื่องของโครงการ ส่วนการระบุวัตถุประสงค์ของโครงการนั้น จัดว่าเป็นการเขียนวัตถุประสงค์ของการศึกษา ค้นคว้า หรือ เป็นวัตถุประสงค์ของการทดลอง วัตถุประสงค์ที่ดี ควรมีความเฉพาะเจาะจง เป็นสิ่งที่ สามารถวัดได้ บอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจน และไม่เขียนอยู่ในรูปของประโยคคำถามที่สำคัญ คือ ต้อง สอดคล้องกับชื่อของโครงการ

หัวข้อเรื่องในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ อาจได้มาจากสิ่งต่อไปนี้

1. จากการสังเกตสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว หรือในชุมชน โดยพิจารณาว่ามีปัญหาอะไรเกิดขึ้น บ้าง หรือพยายามนำสิ่งที่ไม่มีประโยชน์มาทำให้เกิดประโยชน์
2. จากการสำรวจอาชีพในท้องถิ่น แล้วหาทางปรับปรุงอาชีพนั้นโดยใช้วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี
3. งานอดิเรกของนักศึกษา หรืออาชีพเสริมของครอบครัว
4. ความเชื่อของคนในท้องถิ่นที่ยังไม่มีการพิสูจน์ เช่น การใช้สมุนไพรบางชนิดในการ รักษาโรค
5. จากการค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์จากเอกสารต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ หรือวารสาร
6. จากการฟังบรรยายทางวิชาการ การชมรายการวิทยุ โทรทัศน์ หรือค้นคว้าจาก อินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หรือสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา และพัฒนาให้ดีขึ้นได้

7. ศึกษาจากโครงการที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือจากการไปศึกษาดูงาน

8. จากเรื่องที่นักศึกษากำลังเรียนเป็นการทำโครงการเพื่อเสริมบทเรียน

เค้าโครงของโครงการวิทยาศาสตร์ คือ โครงการเพื่อขอเสนอทำโครงการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. ชื่อโครงการ ชื่อโครงการเป็นสิ่งสำคัญประการแรก เพราะชื่อโครงการจะช่วยโยนความคิดไปถึงวัตถุประสงค์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ และควรกำหนดชื่อโครงการให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักด้วย การตั้งชื่อโครงการของนักศึกษาในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา นิยมตั้งชื่อให้มีความกะทัดรัดและดึงดูดความสนใจจากผู้อ่าน ผู้ฟัง แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ ผู้ทำโครงการวิทยาศาสตร์ ต้องเข้าใจปัญหาที่สนใจศึกษาอย่างแท้จริง อันจะนำไปสู่การเข้าใจวัตถุประสงค์ของการศึกษาอย่างแท้จริงด้วย เช่น

☆ โครงการวิทยาศาสตร์ ชื่อ “ถุงพลาสติกพิชิตแมลงวันตัวน้อย” ซึ่งปัญหาเรื่องที่น่าสนใจศึกษาคือถุงน้ำพลาสติกสามารถไล่แมลงวันที่มาตอมอาหารได้จริงหรือ จากเรื่องดังกล่าวผู้ทำโครงการวิทยาศาสตร์ บางคนหรือบางคณะอาจสนใจตั้งชื่อโครงการวิทยาศาสตร์ ว่า “การศึกษาการไล่แมลงวันด้วยถุงน้ำพลาสติก” หรือ “ผลการใช้ถุงน้ำพลาสติกต่อการไล่แมลงวัน” ก็เป็นไปได้ อย่างไรก็ตามจะตั้งชื่อโครงการในแบบใด ๆ นั้น ต้องคำนึงถึงความสามารถที่จะสื่อความหมายถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจน

2. ผู้จัดทำโครงการ การเขียนชื่อผู้รับผิดชอบโครงการวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งดีเพื่อจะได้ทราบว่าโครงการนั้นอยู่ในความรับผิดชอบของใครและสามารถติดตามได้ที่ใด

3. ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ การเขียนชื่อผู้ให้คำปรึกษาควรให้เกียรติยกย่องและเผยแพร่ รวมทั้งขอบคุณที่ได้ให้คำแนะนำการทำโครงการวิทยาศาสตร์จนบรรลุเป้าหมาย

4. ที่มาและความสำคัญของโครงการ ในการเขียนที่มาและความสำคัญของโครงการวิทยาศาสตร์ ผู้ทำโครงการจำเป็นต้องศึกษา หลักการทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจจะศึกษา หรือพูดเข้าใจง่าย ๆ ว่าเรื่องที่สนใจจะศึกษานั้นต้องมีทฤษฎีแนวคิดสนับสนุน เพราะความรู้เหล่านี้จะเป็นแนวทางสำคัญในเรื่องต่อไปนี้

☆ แนวทางตั้งสมมติฐานของเรื่องที่ศึกษา

☆ แนวทางในการออกแบบการทดลองหรือการรวบรวมข้อมูล

☆ ใช้ประกอบการอภิปรายผลการศึกษา ตลอดจนเสนอแนะเพื่อนำความรู้และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ค้นพบไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การเขียนที่มาและความสำคัญของโครงการ คือ การอธิบายให้กระจ่างชัดว่าทำไม ต้องทำ ทำแล้วได้อะไร หากไม่ทำจะเกิดผลเสียอย่างไร ซึ่งมีหลักการเขียนคล้ายการเขียนเรียงความ ทว่า ๆ ไป คือ มีคำนำ เนื้อเรื่อง และสรุป

ส่วนที่ 1 คำนำ : เป็นการบรรยายถึงนโยบาย เกณฑ์ สภาพทั่ว ๆ ไป หรือปัญหาที่มีส่วนสนับสนุนให้ริเริ่มทำโครงการวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 2 เนื้อเรื่อง : อธิบายถึงรายละเอียดเชื่อมโยงให้เห็นประโยชน์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยมี หลักการ ทฤษฎีสนับสนุนเรื่องที่ศึกษา หรือการบรรยายผลกระทบ ถ้าไม่ทำโครงการเรื่องนี้

ส่วนที่ 3 สรุป : สรุปถึงความจำเป็นที่ต้องดำเนินการตามส่วนที่ 2 เพื่อแก้ไขปัญหา ค้นคว้าความรู้ใหม่ ค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ให้เป็นไปตามเหตุผลส่วนที่ 1

5. วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ วัตถุประสงค์ คือ กำหนดจุดมุ่งหมายปลายทางที่ต้องการให้เกิดจากการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ในการเขียนวัตถุประสงค์ ต้องเขียนให้ชัดเจน อ่านเข้าใจง่ายสอดคล้องกับชื่อโครงการ หากมีวัตถุประสงค์หลายประเด็น ให้ระบุเป็นข้อ ๆ การเขียนวัตถุประสงค์มีความสำคัญต่อแนวทาง การศึกษา ตลอดจนข้อความรู้ที่ค้นพบหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ค้นพบนั้นจะมีความสมบูรณ์ครบถ้วน คือ ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทุก ๆ ข้อ

6. สมมติฐานของการศึกษา เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ทำโครงการ ต้องให้ความสำคัญ เพราะจะทำให้เป็นการกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลองได้ชัดเจนและรอบคอบ ซึ่งสมมติฐานก็คือ การคาดคะเนคำตอบของปัญหาอย่างมีหลักและเหตุผล ตามหลักการ ทฤษฎี รวมทั้งผลการศึกษาของโครงการที่ได้ทำมาแล้ว

7. ขอบเขตของการทำโครงการ ผู้ทำโครงการวิทยาศาสตร์ ต้องให้ความสำคัญต่อการกำหนดขอบเขตการทำโครงการ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่น่าเชื่อถือ ซึ่งได้แก่ การกำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนตัวแปรที่ศึกษา

7.1 การกำหนดประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ การกำหนดประชากรที่ศึกษา อาจเป็นคนหรือสัตว์หรือพืช ชื่อใด กลุ่มใด ประเภทใด อยู่ที่ไหน เมื่อเวลาใด รวมทั้งกำหนด กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเหมาะสมเป็นตัวแทนของประชากรที่สนใจศึกษา

7.2 ตัวแปรที่ศึกษา การศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ ส่วนมากมักเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป การบอกชนิดของตัวแปรอย่างถูกต้องและชัดเจน รวมทั้งการควบคุมตัวแปรที่ไม่สนใจศึกษา เป็นทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ทำโครงการต้องเข้าใจ ตัวแปรใดที่ศึกษาเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดที่ศึกษาเป็น ตัวแปรตาม และตัวแปรใดบ้างเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุมเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบการทดลอง ตลอดจนมีผลต่อการเขียนรายงานการทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สื่อความหมายให้ผู้ฟังและ ผู้อ่านให้เข้าใจตรงกัน

8. วิธีดำเนินการ หมายถึง วิธีการที่ช่วยให้งานบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ ตั้งแต่เริ่มเสนอโครงการกระทั่งสิ้นสุดโครงการ ซึ่งประกอบด้วย

8.1 การกำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

8.2 การสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

8.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

8.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเขียนวิธีดำเนินการให้ระบุกิจกรรมที่ต้องทำให้ชัดเจนว่าจะทำอะไรบ้าง เรียงลำดับกิจกรรมก่อนและหลังให้ชัดเจน เพื่อสามารถนำโครงการไปปฏิบัติอย่างต่อเนื่องและถูกต้อง

9. ผลที่คาดว่าจะได้รับ คือ การคาดหวังถึงผลการดำเนินการตามโครงการ ในการเขียนต้องคาดคะเนเหตุการณ์ว่าเมื่อได้ทำโครงการวิทยาศาสตร์สิ้นสุดลง ใครเป็นผู้ได้รับประโยชน์อย่างไรและได้รับมากน้อยเพียงใด ผลที่ได้รับสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ศึกษา

10. แผนการกำหนดเวลาปฏิบัติงาน การทำโครงการวิทยาศาสตร์ ต้องกำหนดตารางเวลาดำเนินการทุกขั้นตอน เพราะ การทำตารางเวลาจะเป็นประโยชน์ให้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เป็นประโยชน์ต่อการติดตามประเมินผลการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน จนสิ้นสุดการทำโครงการนั้น

11. เอกสารอ้างอิง คือ รายชื่อเอกสารที่นำมาอ้างอิงเพื่อประกอบการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเขียนรายงานการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ควรเขียนตามหลักการ ที่นิยมกัน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการเข้าถึงความรู้ความจริงของนักวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ศึกษาโลกรอบตัว และนำเสนอข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์สู่สาธารณชนด้วยการอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ประกอบกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือ นอกจากนี้ การสืบเสาะหาความรู้ยังครอบคลุมไปถึงกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนนำไปพัฒนาความรู้และความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เฉกเช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การเรียนรู้แบบสืบเสาะยังเชื่อว่าความรู้ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคลล้วนผ่านกระบวนการคิด จัดกระทำข้อมูล และการบูรณาการความรู้โดยอาศัยปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ที่นำไปสู่การแบ่งปันความรู้จากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่งด้วยภาษาและวัฒนธรรมแบบวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนแบบนี้เป็นการพัฒนามุมมองของผู้เรียนให้เข้าใจในโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ควรได้รับการปรับปรุงเมื่อมีข้อมูลใหม่หรือหลักฐานที่ขัดแย้ง วิทยาศาสตร์ควรได้รับการเรียนการสอนในวิถีของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากห้องปฏิบัติการ อ่านรายงานวิจัย ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย แล้วนำความรู้ที่ได้มาอภิปรายร่วมกัน การเรียนการสอนแบบนี้จึงเป็นการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ (Habit of the mind) ผ่านยุทธศาสตร์การสอน เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ โดยการบูรณาการระหว่างการคิดและลงมือกระทำ (Hands-on and minds-on activities) และการกระตุ้นความคิดขั้นสูงโดยใช้คำถาม

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และยังเป็นกระบวนการที่นำพาผู้เรียนไปสู่คุณลักษณะของผู้ที่ใฝ่รู้ในยุคโลกาภิวัตน์ เรียนรู้ที่จะแสวงหาความรู้ต่าง ๆ ด้วยการตั้งคำถาม การค้นคว้าหาคำตอบ และการใช้วิจารณ์ญาณเพื่อตัดสินใจ มีหัวใจนักปราชญ์ สร้างเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต รู้จักตนเอง ปรับปรุงความคิด ยอมรับกติกาของกลุ่ม ลงมือตรวจสอบหาความรู้ด้วยตนเอง และถ้อยโยงการเรียนรู้ด้วยปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน

ความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีรากฐานทฤษฎีมาจากความคิดเห็นเกี่ยวกับสาระของความรู้และการสืบเสาะหาความรู้โดยทั่วไปแล้วเมื่อนักวิทยาศาสตร์ค้นพบองค์ความรู้ใหม่ก็จะมี การนำเสนอและเผยแพร่แนวคิดผ่านสังคมวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกัน ผู้สอนและผู้เรียนเปรียบเสมือนอยู่ในสังคมแห่งการเรียนรู้ ซึ่งจะต้องมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และส่งผ่านความรู้จากคนหนึ่งสู่อีกคนหนึ่ง ผู้เรียนจึงได้รับการคาดหวังว่าจะมีพฤติกรรมคล้ายนักวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งคำถาม การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสื่อสารและนำเสนอความรู้สู่สาธารณชน นอกจากนี้ ยังต้องมีความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และเป็นคนใจกว้าง เนื่องจากว่าการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้มีความสำคัญกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (What scientists do) และบริบทของข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ (What scientists know) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรใช้การสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นแนวทางที่จะช่วยยกระดับความเข้าใจในมโนทัศน์ของวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจใฝ่เรียนรู้สูงขึ้น เนื่องจากผู้เรียนแต่ละบุคคลล้วนมีความกระหายใคร่รู้สิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ ผู้เรียนควรได้รับประสบการณ์ที่เป็นเรื่องน่าตื่นเต้น น่าสนใจ และเกินความคาดหวัง จะทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ใหม่ ๆ พัฒนาทั้งทักษะทางปัญญาและทักษะที่จำเป็นเพื่อค้นหาคำตอบ

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างนักวิทยาศาสตร์ ผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปออกมาเป็นหลักการหรือวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะสำคัญ ดังนี้

๑ การสืบเสาะหาความรู้เป็นส่วนหนึ่งของการสอนวิทยาศาสตร์ที่ช่วยพัฒนาทั้งด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

๒ ผู้เรียนได้รับการพัฒนาคุณลักษณะอย่างนักวิทยาศาสตร์ ค้นคว้าหาความรู้โดยเกิดจากความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

๓ ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตนเอง

❧ ผู้เรียนได้เรียนรู้การสื่อสารอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และสามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❧ ผู้เรียนได้รับโอกาสในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นตามความเข้าใจและความรู้สึกของตน จนทำให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

❧ การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นเทคนิคการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การหาความสัมพันธ์ของคำถามที่มาจากประสบการณ์ส่วนบุคคล

❧ การเรียนการสอนแบบนี้ช่วยส่งเสริมศักยภาพการทำงานของสมอง

❧ ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่แท้จริงในสิ่งที่เรียนไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว

❧ ความรู้ได้จากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่จนเกิดเป็นความเข้าใจที่คงทน

❧ ผู้เรียนคือผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งขึ้นกับความสามารถและความพร้อมทางการเรียนของแต่ละคน

❧ ผู้เรียนเรียนจากการลงมือปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีชีวิตชีวา

❧ ผู้เรียนจะเกิดการรู้คิด (Metacognition) จากกระบวนการทำงานร่วมกัน

❧ ผู้เรียนได้ใช้เครื่องมือในการเรียนรู้อย่างหลากหลาย

❧ ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตย

❧ การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด ได้จินตนาการ ได้แก้ปัญหา และลงมือตรวจสอบความคิดตนเองผ่านการใช้ประสาทสัมผัสสัมพันธ์กับกระบวนการทางสมอง ผู้เรียนได้ร่วมกันคิดและตั้งคำถามร่วมกับเพื่อน มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอน เข้าใจผู้อื่นและพัฒนาจิตวิญญาณความเป็นมนุษย์ พัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และทำความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ก็ยังมีข้อจำกัดดังนี้

- ผู้สอนต้องใช้ระยะเวลาเตรียมการสอนนานมากกว่าการสอนปกติ
- การเรียนแบบนี้ต้องใช้เวลามากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อเวลาเรียนของวิชาอื่น
- ผู้เรียนได้ทำงานเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้คุณภาพการทำงานลดลง
- การเรียนการสอนมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เมื่อมีกิจกรรมออกไปศึกษานอกห้องเรียน

หรือมีการทดลอง

- เมื่อพบกับสถานการณ์และปัญหาที่ผู้สอนกำหนดให้ ผู้เรียนอาจเกิดความวิตกกังวล

- ถ้าสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัยหรือน่าสนใจ อาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในบทเรียนการเรียนรู้
- การสอนแบบนี้อาจไม่เหมาะกับห้องเรียนขนาดใหญ่ เพราะต้องใช้เวลาอุปกรณ์ และทรัพยากรอื่น ๆ จำนวนมาก

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถกำหนดเป็นแนวทางได้โดยพิจารณาจากบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนมากน้อยเพียงไร ดังนั้น ผู้สอนสามารถศึกษาและวิเคราะห์ว่าแนวทางการเรียนการสอนแบบใดที่เหมาะสมกับบริบทห้องเรียนวิทยาศาสตร์ตนเอง ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยการตั้งคำถาม (Inquiry through questioning) เน้นกระบวนการได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง การตั้งคำถามเป็นเทคนิคที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดตั้งคำถาม ประเด็นปัญหาที่นำไปสู่การตั้งสมมติฐานเพื่อค้นคว้าหาคำตอบ ตามพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม โดยคำนึงถึงคุณภาพของคำถามที่ถาม การจะได้คำถามที่มีคุณภาพดีนั้นผู้สอนต้องคิดคำถามล่วงหน้า คำถามต้องสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ชนิดของคำถามที่มีทั้งปลายปิดและปลายเปิด โครงสร้างของคำถามและขั้นตอนที่จะถามในระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งเทคนิคการตั้งคำถามมีดังนี้

- ◆ จัดเตรียมคำถามไว้ล่วงหน้าและจัดเรียงลำดับความสำคัญของคำถาม
- ◆ คำถามไม่ควรยากเกินไปและใกล้เคียงกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน
- ◆ คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนตอบควรเป็นประโยคหรือเป็นวลีก็ได้
- ◆ ผู้สอนควรถามคำถามในชั้นเรียนก่อน เพื่อให้ได้แนวคิดหลัก ๆ แล้วค่อยเปิด

โอกาสให้ผู้เรียนเสนอแนวคิดเป็นรายบุคคล

- ◆ ผู้สอนต้องมีท่าทีสนใจในคำถามและคำตอบของผู้เรียนทุกคน
- ◆ ผู้สอนควรทวนคำตอบซ้ำสำหรับทุกคำถาม เพื่อย้ำให้ผู้เรียนได้ยินและคิดทบทวน
- ◆ เมื่อผู้เรียนตอบคำถาม ผู้สอนควรกล่าวชมเชยและให้กำลังใจบ้างเป็นบางครั้ง
- ◆ เมื่อผู้เรียนตอบผิด ผู้สอนควรนำเสนอประเด็นทางเลือกเพื่อให้ผู้เรียนได้พิจารณา

ทบทวนคำตอบ

- ◆ ผู้สอนไม่ควรแสดงกิริยาขบขัน หัวเราะเยาะหรือลงโทษผู้เรียนที่ตอบผิด
- ◆ ผู้สอนต้องให้โอกาสผู้เรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์ คือ การคิดแบบโยงความสัมพันธ์ คิดวิเคราะห์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้ได้คำตอบตรงตามต้องการโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การตั้งคำถามจึงเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดแบบนักวิทยาศาสตร์

2. การสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยการสาธิต (Inquiry through demonstration) เป็นวิธีการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เข้าใจโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสังเกตโดยตรง ตั้งคำถามในสิ่งที่สังเกตผ่านการสาธิต การเรียนการสอนแบบนี้เป็นการแสดงโมทัศน์ให้ผู้เรียนได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ผู้เรียนอาจทำกิจกรรมเดี่ยวหรือรายกลุ่มก็ได้ผลลัพธ์ในการเรียนรู้ที่มีค่าเช่นกัน อาจเป็นการทดลองที่ให้ผลการทดลองโดยที่ไม่ทราบมาก่อนหรืออาจเป็นเพียงการทดสอบยืนยันหรืออธิบายสิ่งที่ได้ทราบมาแล้ว ซึ่งสามารถนำมาช่วยในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างสถานการณ์ที่นำไปสู่การกำหนดปัญหา การแสดงให้เห็นประเด็นสำคัญและต้องการเน้นย้ำให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างชัดเจน ดังนี้

- ☆ ผู้สอนศึกษาหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแจ่มชัดและทำความเข้าใจในขอบเขตของเนื้อหาสาระวิชา
- ☆ ผู้สอนกำหนดวัตถุประสงค์ของการสาธิตทางวิทยาศาสตร์
- ☆ ผู้สอนศึกษาจากหนังสือ เอกสารต่าง ๆ และออกแบบกิจกรรมการสาธิต
- ☆ ผู้สอนเตรียมเครื่องมือ สื่อและอุปกรณ์ให้เหมาะสมและพอเพียง
- ☆ ผู้สอนเตรียมเครื่องมือการประเมินผลการเรียนรู้
- ☆ การสาธิตอาจเริ่มที่ผู้สอนตั้งคำถามแล้วลงมือทำให้ผู้เรียนดู หรือแบ่งกลุ่มให้ผู้เรียนช่วยกันคิดและลงมือทดลอง
- ☆ ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาร่วมกัน ลงมือปฏิบัติตามแนวทางของกลุ่ม
- ☆ ผู้สอนสังเกตและประเมินการเรียนรู้อย่างใกล้ชิด

การสาธิตช่วยสร้างความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี เมื่อมีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสอดคล้องกับหลักจิตวิทยาการเรียนรู้โดยเชื่อว่าการเรียนรู้จากของจริง ได้ดูจากตัวอย่างที่ดี หรือมีส่วนร่วมในการทดลอง ผู้เรียนได้สังเกตและตั้งคำถามตามสิ่งที่สังเกตได้ ก่อให้เกิดพัฒนาการทางความคิด ย่อมทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองในหลาย ๆ ด้าน

3. การสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยการอภิปราย (Inquiry through discussion) มุ่งเน้นการสืบเสาะหาความรู้โดยที่ผู้สอนตั้งคำถามและอภิปรายร่วมกันกับผู้เรียน การอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาความรู้ในแง่มุมต่าง ๆ กัน อาจเป็นการอภิปรายระหว่างผู้เรียนด้วยกันหรือระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ทุกคนมีอิสระทางความคิดและสามารถแสดงความคิดเห็น

ของตนผ่านกระบวนการกลุ่ม อย่างไรก็ตาม การที่ผู้เรียนจะแสดงความคิดเห็นได้นั้นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องนั้นก่อนเสมอ ผู้สอนสามารถใช้การอภิปรายโดยกำหนดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความคิดผู้เรียน ผู้สอนต้องนำอภิปรายได้ในหลายสถานการณ์ตามความเหมาะสม ต้องตั้งคำถามและตั้งปัญหาที่ผู้เรียนรู้สึกว่ามีคุณค่าที่จะแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ต้องรู้จักรับฟังข้อคิดเห็นของผู้เรียน และรู้จักวิธีที่จะยุติการอภิปรายอย่างประนีประนอม

การอภิปรายอาจเป็นหัวข้อวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ หรือการอภิปรายผลลัพธ์ของการทดลอง การอภิปรายเพื่อการทบทวนและสรุปโดยย่อ การอภิปรายจะทำให้เกิดการมีส่วนร่วม ผู้เรียนมีโอกาสดูแลค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ต้องคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ รู้จัก รัก เคารพ ให้เกียรติซึ่งกันและกัน ก่อให้เกิดความสามัคคีในการทำงาน เป็นคนกล้าแสดงออกและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเรียนรู้การทำงานร่วมกับคนอื่นในสภาพชีวิตจริง มีการแบ่งปันคุณค่าและนำพาผู้เรียนไปสู่ภาวะของการเป็นผู้นำ

4. การสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยการปฏิบัติการทดลอง (Inquiry through laboratory work) การเรียนแบบนี้เป็นยุทธศาสตร์ทางการศึกษาที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทดลองและการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถประเมินผลการตนเองได้ กิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสมาช่วยในการแก้ปัญหาผ่านการเลือกกิจกรรมการทดลองที่เหมาะสม จะเป็นการสร้างเสริมความรู้ความเข้าใจและมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

การที่ผู้เรียนทำการทดลองแบบง่าย ๆ ทำให้สามารถค้นคว้าหาคำตอบได้ รู้สึกภาคภูมิใจในคำตอบ ขั้นตอนของการสอนแบบทดลองแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและสังเกต และขั้นสรุปผลการทดลอง ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบนี้แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

4.1 การทดลองที่มีการควบคุม เป็นการทดลองที่มีการควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยควบคุมตัวแปรอื่นไว้ เหลือไว้เพียง 2 ตัวแปร เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม แล้วศึกษาทดลองว่าเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป จะมีผลกระทบต่อตัวแปรตามอย่างไร โดยที่ผู้เรียนยังไม่ ทราบว่าผลจะเป็นอย่างไร

4.2 การทดลองที่เป็นการฝึกหัด กิจกรรมจำนวนมากที่ทำในห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และเรียกว่าเป็นการทดลองนั้น ที่จริงแล้วเป็นการฝึกหัดใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ บางกิจกรรมออกแบบให้ผู้เรียนได้ค้นเคยและมีทักษะในการใช้เครื่องมือ บางกิจกรรมออกแบบเพื่อแสดงให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการวิทยาศาสตร์บางอย่าง ข้อแตกต่างของการฝึกหัดและการทดลองก็คือ ผู้สอนเป็นผู้

บอกผู้เรียนว่าเมื่อทำกิจกรรมแล้วจะได้ผลลัพธ์อะไร และทำอย่างไรจึงจะได้ผลลัพธ์นั้น โดยผู้สอนกำหนดให้ผู้เรียนศึกษาเป็นการค้นคว้าอิสระก็ได้

4.3 การทดลองที่เป็นงานปฏิบัติการ เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มและทำการทดลองเองโดยใช้ความคิดขั้นสูง ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติการกำหนดปัญหา หาวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะคุ้นเคยกับข้อจำกัดของข้อมูลและต้องระมัดระวังในการสรุปผล ฝึกให้ผู้เรียนได้คิดอย่างพินิจพิเคราะห์

โครงสร้างที่สำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ จำแนกได้ 5 ประการคือ

1. ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำถามที่เป็นวิทยาศาสตร์
2. ผู้เรียนรวบรวมประจักษ์พยาน ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาและประเมินคำอธิบายไปสู่การตั้งคำถามที่เป็นวิทยาศาสตร์
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยานที่สามารถนำไปสู่การตอบคำถามวิทยาศาสตร์
4. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายด้วยการสร้างทางเลือกที่เกิดจากการสะท้อนคิด
5. ผู้เรียนนำเสนอและสื่อสารสิ่งที่ได้เรียนรู้อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งดำเนินลักษณะต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ได้แก่ ขั้นเตรียมการ (Initiation) ขั้นประดิษฐ์ (Invention) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigation) ขั้นแปลผล (Interpretation) และขั้นการเรียนการสอน (Instruction) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ (Initiation) ขั้นนี้ผู้สอนจะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนหรือพัฒนาประเด็นที่ผู้เรียนต้องการสืบเสาะหาความรู้ โดยเริ่มจากการถามคำถามผู้เรียนหรือเป็นประเด็นปัญหาที่ผู้สอนนำเสนอในชั้นเรียน
2. ขั้นประดิษฐ์ (Invention) ขั้นนี้ผู้เรียนจะพัฒนาการคิดแก้ปัญหา แสวงหาวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง หรือขั้นตอนวิธีการที่จะทำให้ผู้เรียนได้คำตอบ
3. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigation) ขั้นนี้ผู้เรียนจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ลงมือปฏิบัติร่วมกับเพื่อนเพื่อตรวจสอบสมมติฐานด้วยวิธีการที่ร่วมกันวางแผน
4. ขั้นแปลผล (Interpretation) ขั้นนี้ผู้เรียนจะแปลผลจากข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมา ประเมินผลและสรุปผลการเรียนรู้ผ่านการสะท้อนคิด
5. ขั้นการเรียนการสอน (Instruction) ขั้นนี้ผู้สอนและผู้เรียนจะสื่อสารในสิ่งที่เรียนรู้ในทุกขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้จัดบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้และเป็นผู้อำนวยความสะดวกการเรียนการสอน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้แบ่งขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้เป็นการแนะนำบทเรียนหรือประเด็นที่สนใจ ประเด็นอาจมาจากผู้เรียนนำเสนอหรือผู้สอนเป็นผู้เสนอแนะในห้องเรียนกิจกรรมการเรียนการสอนประกอบด้วยการซักถามประเด็นปัญหา การถกประเด็นปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนควรจะอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้ว

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับขยายความคิด โดยที่ผู้เรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจงจากผู้สอน และมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้อย่างเพียงพอ ผู้สอนไม่ควรบอกผู้เรียนว่าจะต้องเรียนอะไรและต้องไม่อธิบายแนวคิดมากนัก เพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ ผู้เรียนต้องมีบทบาทร่วมกันในการรับผิดชอบต่อสิ่งที่สำรวจการเก็บรวบรวมและ/หรือการบันทึกข้อมูลของตนเอง ผลที่ได้การสำรวจจะนำมาสร้างคำอธิบายตามความหมายและความเข้าใจของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นนี้มุ่งหาสิ่งอำนวยความสะดวกทางจิตใจให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนวางแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนด้วยความร่วมมือระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ซึ่งมีส่วนในการเลือกและจัดทำสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา สามารถกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเอง ผู้สอนเสนอแนะแนวทางแก่ผู้เรียนจนสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจหรือกรอบแนวคิดของตน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Expansion) ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่ม ผู้เรียนจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดผ่านการค้นพบ ทำการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน ผู้เรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายความคิด จากตัวอย่างหรือจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม สามารถค้นคว้าหารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษาและสำรวจตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจนมีการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการทดสอบความรู้ ความเข้าใจตามมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่องซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น การเรียนการสอน วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น เป็นขยายกรอบแนวคิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นเป็น 7 ขั้น มุ่งเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน

ซึ่งจะทำให้ผู้สอนค้นพบว่าผู้เรียนต้องเรียนรู้อะไรเสียก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) ผู้สอนจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวันและผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ผู้สอนได้ทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ผู้สอนควรเติมเต็มส่วนใดให้กับผู้เรียน และผู้สอนยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นนี้เป็นการเร้าผู้เรียนให้เข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของผู้เรียนหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนเพิ่งเรียนรู้ ผู้สอนเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด แต่ไม่ควรบังคับให้ผู้เรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ผู้สอนกำลังสนใจ ยั่วเย้าให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่ผู้เรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็น

ที่น่าสนใจอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เมื่อผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็จะมีการวางแผนร่วมกัน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบข้อมูลอาจทำได้หลายวิธี เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบปัญหาและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation) เมื่อผู้เรียนได้ข้อมูลมาแล้วผู้เรียนก็นำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นแผนภูมิ รูปภาพ แผนภาพ กราฟ หรือสื่ออื่น ๆ ประกอบการอธิบาย ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูลสรุป และอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไป เชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้านำมาใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ผู้สอนควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้ผู้เรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้สอนจึง

ควรมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้กระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ผู้สอนจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ผู้สอนเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้เดิมไปเชื่อมโยงเพื่อสร้างความรู้ใหม่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างและประเมินคำอธิบาย ผู้เรียนมีโอกาสซักถามและตรวจสอบหลักฐาน การมีส่วนร่วมในการสร้างคำอธิบายช่วยให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบการเชื่อมโยงที่สมเหตุสมผลของหลักฐาน

บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น

ตารางที่ 2 แสดงบทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
1. ตรวจสอบความรู้เดิม	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็นปัญหา ✧ กระตุ้นให้ผู้เรียนได้นำเสนอพื้นฐานความรู้เดิม ✧ ตรวจสอบความรู้ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน ✧ ทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน ✧ เติมเต็มประสบการณ์เดิม ✧ วางแผนการจัดการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ นำเสนอประเด็นปัญหา ➤ ตอบคำถามตามความเข้าใจตนเอง ➤ แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ➤ อภิปรายร่วมกับผู้สอนและเพื่อนในชั้นเรียน
2. เร้าความสนใจ	<ul style="list-style-type: none"> ✧ สร้างความสนใจในบทเรียน ✧ กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักร่วมกันคิด ✧ ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ✧ สร้างความกระหายใคร่รู้ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ถามคำถามตามประเด็น ➤ แสดงความสนใจในเหตุการณ์ ➤ กระหายอยากรู้คำตอบ

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ ✧ จัดสถานการณ์ที่น่าสนใจ ✧ ตั้งคำถามที่ยังไม่ชัดเจนนักมาให้ผู้เรียนได้คิดและอภิปรายร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิด ➤ นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจ ➤ อภิปรายประเด็นที่ต้องการอยากรู้
3. สำรวจค้นหา	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงาน ร่วมกันเพื่อสำรวจค้นหา ✧ ชักถามผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การสำรวจค้นหา ✧ สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียน ✧ ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแก่ผู้เรียน ✧ ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะ ✧ แนวทางนำไปสู่การสำรวจค้นหา ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สำรวจค้นหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ✧ ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ ✧ ส่งเสริมและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียน 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจค้นหา ➤ ทดสอบการคาดคะเนและตั้งสมมติฐาน ➤ คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ ➤ หาทางเลือกในการแก้ปัญหา ➤ อภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ ➤ บันทึกผลการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น ➤ ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ➤ ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจค้นหา ➤ เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ➤ มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์
4. อธิบาย	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายความเข้าใจ ✧ กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักนำหลักฐานมาแสดงและให้เหตุผลอย่างเหมาะสม ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ตนเองสังเกต 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ ➤ รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ ➤ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ ➤ ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์ ➤ รับฟังและพยายามทำความเข้าใจ

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ให้ผู้เรียนอธิบายคำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากปรากฏการณ์ ✧ ให้ผู้เรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานการอธิบายโนทัศน์ 	<p>เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้สอนนำเสนอ</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว ➤ ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย
5. ขยายความรู้	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ ✧ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการที่เรียนรู้มาไปปรับใช้อย่างเหมาะสมตามบริบท ✧ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลายและเท่าเทียม ✧ ให้ผู้เรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม ➤ ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง ➤ บันทึกผลการสังเกตและขยายความคำอธิบาย ➤ ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อน ๆ
6. ประเมินผล	<ul style="list-style-type: none"> ✧ สังเกตผู้เรียนในการนำเสนอความคิด ✧ ประเมินการแสดงความคิดเห็นและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ✧ วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ✧ วัดความพึงพอใจและความสนใจในวิทยาศาสตร์ ✧ ประเมินความรู้และทักษะ ✧ หาหลักฐานที่แสดงว่าผู้เรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยาน หลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับได้ ➤ แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสำรวจค้นหา ➤ ประเมินผลตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง ➤ เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็น

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
	<ul style="list-style-type: none"> ✧ ให้ผู้เรียนประเมินตนเองด้านการเรียนรู้และกิจกรรมทักษะกระบวนการกลุ่ม ✧ ถามคำถามปลายเปิดในประเด็นต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 	ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสำรวจค้นหาต่อไป
7. นำความรู้ไปใช้	<ul style="list-style-type: none"> ✧ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท ✧ กระตุ้นให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ ✧ เน้นแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ✧ ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนการสอน 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม ➤ ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา ➤ มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เข้าใจในสภาพปัญหาที่แท้จริง เรียนรู้จากการเรียนและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อค้นคว้าหาวิธีแก้ปัญหา มุ่งพัฒนาทักษะการเรียนรู้มากกว่าความรู้ที่ได้มา โดยที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดสถานการณ์หรือผู้เรียนเรียนร่วมกันกำหนดประเด็นปัญหา เพื่อนำไปสู่การวางแผนร่วมกัน และลงมือทำเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม การเรียนการสอนแบบนี้ตอบสนองต่อธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในฐานะที่เป็นการเรียนรู้ตามสภาพจริง นั้นหมายความว่า ผู้เรียนเป็นผู้คิดและลงมือทำมากกว่าเรียนรู้แค่ซึมซับจากห้องเรียน ต้องทำความเข้าใจปัญหา ค้นคว้าวิธีการแก้ปัญหา พัฒนานวัตกรรมกับเพื่อนร่วมงาน การปรับตัวเพื่อทำงานร่วมกับกลุ่ม และนำเสนอความรู้จากสิ่งที่ค้นพบด้วยตนเองบนพื้นฐานของพัฒนาการและความสนใจ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ ได้นำเสนอลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเกิดจากประสบการณ์ของผู้เรียน
2. ปัญหานั้นพบได้บ่อยและมีความสำคัญ
3. ปัญหาสามารถค้นหาข้อมูลได้อย่างเพียงพอต่อการค้นคว้า
4. ปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจนตายตัว กลุ่มเครือข่าย หรือผู้เรียนยังมีความสงสัย

5. ปัญหาที่เป็นประเด็นขัดแย้ง ข้อถกเถียงในสังคมที่ยังไม่มีข้อยุติ
6. ปัญหาที่อยู่ในความสนใจแต่ยังไม่รู้
7. ปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง แต่ผู้เรียนไม่เชื่อว่าจริง
8. ปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้หลายแนวทาง
9. ปัญหานั้นเหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน
10. ปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องอาศัยการสำรวจค้นหาและค้นคว้าหาข้อมูล
11. ปัญหาส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาและทักษะที่สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เป็น การบูรณาการ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา การใช้เหตุผล การคิดวิเคราะห์และการคิด ตัดสินใจ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานเป็นทีม ผู้เรียนได้มีโอกาส แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่นทำให้มีความรู้กว้างขวางมากขึ้น นับเป็นการพัฒนาทักษะ ทางสังคมให้เกิดกับผู้เรียน การที่ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการเรียนที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น ปัญหาจะเป็น ตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและค้นคว้าหาคำตอบ โดยการกำหนดจุดมุ่งหมายการ เรียน รู้วิธีการแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ รวบรวมความรู้และนำมาสรุปเป็นความรู้ใหม่ เป็น ลักษณะของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะการเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ อภิปราย มีวิธีการแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความหมายสำคัญ ช่วยให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ

ความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนและผู้เรียน ต้องปรับกระบวนการเรียนการสอน การนำเสนอประเด็นปัญหาน่าสนใจเป็นตัวกระตุ้นที่ท้าทายให้ ผู้เรียนได้คิดและลงมือทำด้วยตนเอง รากเหง้าของการเรียนรู้เริ่มจากมหาวิทยาลัย McMaster University ประเทศแคนาดา ราว ค.ศ. 1969 เพื่อใช้เป็นแนวทางพัฒนาการเรียนการสอนสำหรับนิสิต แพทย์ และต่อมาได้รับการแพร่ขยายแนวคิดออกไปสู่แวดวงทางการศึกษาอย่างกว้างขวาง การเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพัฒนาผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและแรงบันดาลใจในการเฝ้าหาความรู้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากกว่าการรับฟังเนื้อหาจากผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว การมีส่วนร่วมทำให้เกิดความรู้สึกความเป็นเจ้าของความรู้ เมื่อมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา ความคิดที่ว่าวิทยาศาสตร์น่า เบื่อก็หายไป ความรู้สึกได้รับการกระตุ้นและผลักดันให้ผู้เรียนนำความรู้ หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมมา ใช้แก้ปัญหาอย่างน่าสนใจและท้าทายในการค้นหาคำตอบ

สรุปความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

- สถานการณ์ที่เป็นปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้
- ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นและพบเห็นได้ในสภาพชีวิต

จริงของผู้เรียน

- ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบนำตนเอง วางแผนการเรียนรู้ ค้นคว้าหาคำตอบ คัดเลือกแหล่งเรียนรู้และประสบการณ์ และประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

- การเรียนรู้แบบนี้มีการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน มีโอกาสเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคล การทำความเข้าใจและปรับตัวให้เข้ากับกลุ่มเพื่อน

- ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็น

ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ โอกาสได้ โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการและพัฒนาทักษะในการแก้ไขปัญหาเกิดจากการค้นคว้าด้วยตนเอง หรือได้รับมาจากการปรึกษาผู้อื่น การจัดสภาพการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา เรียนรู้ทักษะที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา ร่วมคิด ร่วมทำ และร่วมรับผิดชอบต่อสังคม โดยผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์จริง หรือจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา แล้วฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มทำให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหา เห็นทางเลือกในการแก้ปัญหา เกิดการใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหา

ประเภทของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการนำมาใช้ในห้องเรียนมี 2 รูปแบบ คือ แบบเน้นปัญหา (Problem-stimulated PBL) และแบบเน้นผู้เรียน (Student-centered PBL)

1. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นปัญหา รูปแบบนี้เน้นบทบาทปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิต ผู้สอนสามารถแนะนำและส่งเสริมการเรียนรู้ได้จากเรื่องใกล้ตัว การเรียนแบบนี้โดยมุ่งพัฒนาทักษะเฉพาะเจาะจง (Domain-specific skills) ทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving skills) และการได้มาซึ่งความรู้เฉพาะเจาะจง (Domain-specific knowledge) ประกอบด้วยกระบวนการดังนี้

1.1 ผู้เรียนได้รับทรัพยากรการเรียนรู้ได้แก่ สภาพปัญหาวัตถุประสงค์ที่ผู้เรียนคาดหวังว่าจะได้รับขณะปฏิบัติการแก้ปัญหา รายการอ้างอิงของทรัพยากรต่าง ๆ คำถามที่เน้นมโนทัศน์สำคัญ และการประยุกต์ใช้ฐานความรู้

1.2 ผู้เรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้โครงการประสบความสำเร็จ สามารถแก้ปัญหาให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ผู้เรียนแต่ละคนมีบทบาทหน้าที่ที่ต่างกันในกลุ่ม ไม่ว่าจะเป็นบทบาทผู้นำ ผู้ช่วยเหลือ ผู้บันทึก และสมาชิกกลุ่ม การจัดสรรเวลาที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของกิจกรรม การเรียนการสอน การจัดตารางกิจกรรมการปฏิบัติงานของทีมและวางแผนให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด

1.3 ความสามารถของผู้เรียนได้รับการประเมินโดยผู้สอน เพื่อนร่วมชั้น และตัวผู้เรียนเอง ได้แก่ การสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกต และการประเมินอื่น ๆ กระบวนการทั้งหมด ผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนแก่กลุ่มผู้เรียน และให้คำแนะนำตามแนวทางที่เหมาะสมรวมทั้งกำหนดทิศทาง ถ้ากลุ่มผู้เรียนร้องขอหรือเกิดปัญหาอุปสรรคในการค้นคว้าหาคำตอบ

2. การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นผู้เรียน รูปแบบนี้คล้ายกับรูปแบบแรกในบางลักษณะ และส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Fostering life-long learning skills) เน้นการพัฒนาทำงานอยู่ตลอดเวลา ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยผู้เรียนได้รับสถานการณ์ปัญหา ผู้เรียนทำการฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาในรูปแบบกลุ่ม ผู้เรียนระบุปัญหาการเรียนรู้ที่ต้องการค้นหา กำหนดเนื้อหาที่ต้องการศึกษา กำหนดและค้นหาแหล่งข้อมูลที่เป็นต้องใช้ และกำหนดประเด็นที่ต้องการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยตัดสินใจว่าจะใช้ข้อมูลและความรู้ใหม่ที่ได้รับมาแก้ปัญหาได้อย่างไรจึงจะเหมาะสม ผู้เรียนได้รับการประเมินด้วยวิธีการที่หลากหลายโดยผู้สอน เพื่อนร่วมชั้น และตัวผู้เรียนเอง

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยึดหลักแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยใช้ปัญหากระตุ้น รู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีม อภิปรายกลุ่ม แล้วสรุปเป็นความรู้ใหม่ ปัญหาที่กำหนดขึ้นอิงกับสภาพของสังคมที่ประสบพบเจอ แต่ไม่ควรซับซ้อนมากนัก ผู้เรียนสามารถเรียนและทำความเข้าใจหาทางแก้ไขปัญหาด้วยวิถีทางแบบประชาธิปไตย ซึ่งจะเป็นการฝึกฝนตนเองทั้งด้านความรู้ ความรับผิดชอบ และความตระหนักต่อสังคม อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานและทักษะชีวิตได้เป็นอย่างดี ซึ่ง

การเรียนรู้แบบนี้มีข้อดีดังต่อไปนี้

- * ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียน ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง
- * ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ใช้ความคิดที่ประยุกต์จากสิ่งที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา
- * ผู้เรียนได้รับการฝึกทักษะในการแก้ปัญหา พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา
- * ผู้เรียนแสดงออกทางความคิด การใช้เหตุผล การวิเคราะห์ และการคิดตัดสินใจ
- * ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม/เป็นทีม
- * ผู้เรียนได้ฝึกการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
- * ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการติดต่อสื่อสาร

การฝึกฝนและลงมือทำจริงจะช่วยพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียน เพื่อทำงานกับสิ่งไม่รู้และปัญหาที่สร้างขึ้น ผู้สอนต้องวางแผนการจัดการเรียนการสอน เตรียมสื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน ปรับเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งปัญหาที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนแบบนี้ควรสอดคล้องกับความสนใจ และสามารถจูงใจให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ทำความเข้าใจในปัญหานั้นได้อย่างลึกซึ้งและเชื่อมโยงกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เมื่อไรก็ตามที่ผู้เรียนมีความกระหายใคร่รู้ในประเด็นใดก็ย่อมสามารถทุ่มเทร่างกาย แรงใจ และสติปัญญาแก้ไขปัญหาให้ลุล่วงได้

ปัญหาที่ดีจึงมีความท้าทายให้ผู้เรียนได้มีการคิดเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง ส่งเสริมผู้เรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น

รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) จากการศึกษาผลงานวิจัยด้านพัฒนาการเรียนการสอนที่ใช้ PBL ทั้งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่อาศัยลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบ PBL เป็น กรอบในการออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้พบว่าการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันตาม ขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ เริ่มจากรูปแบบพื้นฐานที่มี 7 ขั้นตอนหลัก แล้วมีการปรับขยายหรือเพิ่ม ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้จนถึง 11 ขั้นตอน ในที่นี้ขอเสนอ 4 รูปแบบคือ แบบ 7, 9, 10 และ 11 ขั้นตอน เพื่อให้ศึกษาความแตกต่างของแต่ละรูปแบบ จะได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียนและลักษณะเฉพาะของเนื้อหาวิชาที่จะจัดการเรียนรู้ด้วย PBL

รูปแบบที่ 1 แบบ 7 ขั้นตอน ลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. Clarifying unfamiliar terms กลุ่มผู้เรียนทำความเข้าใจคำศัพท์ ข้อความที่ปรากฏอยู่ในปัญหาให้ชัดเจน โดยอาศัยความรู้ พื้นฐานของสมาชิกในกลุ่มหรือการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา หรือสื่ออื่นๆ
2. Problem definition กลุ่มผู้เรียนระบุปัญหาหรือข้อมูลสำคัญร่วมกัน โดยทุกคนในกลุ่มเข้าใจปัญหา เหตุการณ์ หรือ ปรากฏการณ์ใดที่กล่าวถึงในปัญหานั้น
3. Brainstorm กลุ่มผู้เรียนระดมสมองวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ และหาเหตุผลมาอธิบาย โดยอาศัยความรู้เดิมของ สมาชิกกลุ่ม เป็นการช่วยกันคิดอย่างมีเหตุมีผล สรุปรวบรวมความรู้และแนวคิดของกลุ่มเกี่ยวกับ กลไกการเกิดปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างสมมติฐานที่สมเหตุสมผลเพื่อใช้แก้ปัญหานั้น
4. Analyzing the problem กลุ่มผู้เรียนอธิบายและตั้งสมมติฐานที่เชื่อมโยงกันกับปัญหาตามที่ได้ระดมสมองกัน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาจัดลำดับความสำคัญ โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน การแสดงความคิดอย่างมีเหตุผล
5. Formulating learning issues กลุ่มผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อค้นหาข้อมูลที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์ที่ตั้งไว้ ผู้เรียนสามารถบอกได้ว่าความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดต้องกลับไปทบทวน ส่วนใดยังไม่รู้หรือจำเป็นต้อง ไปค้นคว้าเพิ่มเติม
6. Self-study ผู้เรียนค้นคว้ารวบรวมสารสนเทศจากสื่อและแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ ด้วยตนเอง (Self-directed learning)
7. Reporting จากรายงานข้อมูลสารสนเทศใหม่ที่ได้เข้ามา กลุ่มผู้เรียนนำมาอภิปรายวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการและแนวทางเพื่อนำไปใช้อีกต่อไป

การนำรูปแบบ 7 ขั้นตอนนี้ ไปใช้ข้างท่านเสนอแนะว่า อาจจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน ตามลำดับขั้นที่ไม่ซับซ้อนก็ได้ ดังนี้

1. เมื่อผู้เรียนได้รับโจทย์ปัญหา ผู้เรียนจะทำความเข้าใจหรือทำความเข้าใจในความกระจ่างในคำศัพท์ที่อยู่ในโจทย์ปัญหานั้น เพื่อให้เข้าใจตรงกัน
2. การจับประเด็นข้อมูลที่สำคัญหรือระบุปัญหาในโจทย์
3. ระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายหาคำอธิบาย แต่ละประเด็นปัญหาว่าเป็นอย่างไร เกิดขึ้นได้อย่างไร ความเป็นมาอย่างไร โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมเท่าที่ผู้เรียนมีอยู่
4. ตั้งสมมติฐานเพื่อหาคำตอบของปัญหาประเด็นต่างๆ พร้อมจัดลำดับความสำคัญของสมมติฐานที่เป็นไปได้อย่างมีเหตุผล
5. จากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนจะประเมินว่าเรามีความรู้เรื่องอะไรบ้าง มีเรื่องอะไรที่ยังไม่รู้หรือยังขาดความรู้อะไร และความรู้อะไรจำเป็นที่จะต้องใช้เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ซึ่งเชื่อมโยงกับโจทย์ปัญหา ที่ได้ขั้นตอนนี้กลุ่มจะกำหนดประเด็นการเรียนรู้ (learning issue) หรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (learning objective) เพื่อจะไปค้นคว้าหาข้อมูลต่อไป
6. ผู้เรียนแต่ละคนค้นคว้าหาข้อมูลและศึกษาเพิ่มเติมจากทรัพยากรการเรียนรู้ต่างๆ เช่น หนังสือ ตำรา วารสาร สื่อการเรียนสอนต่างๆ การศึกษาในห้องปฏิบัติการ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน อินเทอร์เน็ต หรือปรึกษาอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาขาเฉพาะ เป็นต้น พร้อมทั้งประเมินความถูกต้อง
7. นำข้อมูลหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ ปัญหา พร้อมสรุปเป็นแนวคิดหรือหลักการ โดยที่กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนที่ 1-5 เป็นขั้นตอนที่ใช้กระบวนการกลุ่มในชั้นเรียน ขั้นตอนที่ 6 เป็นกิจกรรมของผู้เรียนรายบุคคลนอกห้องเรียน และขั้นตอนที่ 7 เป็นกิจกรรมที่กลับมาในกระบวนการกลุ่มในชั้นเรียนอีกครั้ง

รูปแบบที่ 2 แบบ 9 ขั้นตอน ลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. อ่านสถานการณ์โดยละเอียดทำความเข้าใจกับคำและความหมายของคำในสถานการณ์ โดย อาศัยความรู้พื้นฐานของสมาชิกภายในกลุ่ม หรือเอกสาร ตำรา
2. นิยามปัญหา หรือระบุสถานการณ์ โดยแสวงหาความคิดเห็นแบบระดมสมองอย่างมีเหตุผล และวิจารณ์
3. วิเคราะห์ปัญหา หรือสถานการณ์ โดยแสวงหาความคิดเห็นแบบระดมสมองอย่างมีเหตุผล และวิจารณ์
4. ตั้งสมมติฐาน โดยพยายามตั้งสมมติฐานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
5. จัดลำดับความสำคัญของสมมติฐาน พิจารณาข้อยุติสำหรับสมมติฐานที่ปฏิเสธได้

6. กำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้จากสมมติฐาน ที่ได้เลือกไว้พิจารณาว่าต้องหาความรู้เรื่อง อะไรบ้าง

7. ศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมจากภายนอกกลุ่ม เช่น เอกสาร ตำรา ผู้เชี่ยวชาญ

8. สังเคราะห์ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมจากภายนอกกลุ่ม เช่น เอกสาร ตำรา ผู้เชี่ยวชาญ

9. สรุปการเรียนรู้หลักการและแนวคิดจากการแก้ปัญหาโดยนำความรู้มาเสนอต่อสมาชิก

รูปแบบที่ 3 แบบ 10 ขั้นตอน ลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่คลุมเครือ

2. ผู้เรียนถามคำถามในสิ่งที่สนใจจากสถานการณ์ โดยใช้ IPF question ตัวอย่าง การใช้ IPF question ในการเรียนรู้เรื่อง เซลล์มะเร็ง

I – Interesting question เช่น มีอะไรพิเศษในเซลล์ที่เป็นสาเหตุให้เซลล์เปลี่ยนไปทำไมเซลล์จึงถูกกำหนดให้ตาย กลไกที่ใช้เพื่อซ่อมแซมส่วนที่เสียหายเป็นอย่างไร

P- Puzzling question เช่น อะไรเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย อะไรเป็นสาเหตุให้มีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งมากกว่าผู้อื่น

F- Important answers to find เช่น องค์ประกอบที่ส่งเสริมต่อการซ่อมแซมเซลล์ที่เสียหายคืออะไร เราสามารถนำผลการวิจัยมาดูแลสุขภาพอย่างไร ในการป้องกันโรคมะเร็งเราจะต้องควบคุมที่อะไร

3. การดำเนินการค้นหา เริ่มจากคำถาม IPF

บทบาทครู - แนะนำวิธีการค้นปัญหา เช่น การเขียนปัญหา การใช้คำถาม “ทำไม” การเขียนแผนผังการ เชื่อมโยงสถานการณ์ต่างๆ

4. เขียนแผนผังการค้นปัญหา และจัดลำดับความสำคัญ

บทบาทครู - แนะนำ อำนวยความสะดวก (แต่ไม่ตัดสินใจให้)

5. การสำรวจปัญหา / สืบเสาะ เพื่อช่วยกำหนดกลยุทธ์ของกลุ่ม

บทบาทครู ครูจะวางระบบแผนงานโดยรวมอย่างไร สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มจะรับผิดชอบอะไรบ้าง บทบาทครู ใช้คำถามแนะนำการสืบเสาะ ตามที่กลุ่มได้ตัดสินใจใช้วิธีสัมภาษณ์ คุณจะสัมภาษณ์ใคร คุณจะพบผู้ให้สัมภาษณ์ได้อย่างไร ต้องการข้อมูลใดจากผู้ให้สัมภาษณ์ คุณจะบันทึกอะไร

6. การวิเคราะห์ ผู้เรียนรับผิดชอบต่อการวิเคราะห์ผล

บทบาทครู

1. ใช้คำถามแนะนำ เช่น การเปรียบเทียบผลการสัมภาษณ์จะมีประโยชน์หรือไม่ คุณจะแสดงผลการเปรียบเทียบอย่างไร

2. แนะนำวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

7. การเรียนรู้ซ้ำ เสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ต่อกัน เกิดความเข้าใจใหม่และนำไปใช้แก้ปัญหาและ
นิยามปัญหา ถ้าไม่ชัดเจนไปเรียนรู้เพิ่ม

บทบาทครู - การใช้คำถามให้คิดใคร่ครวญ เช่น ผลลัพธ์ที่จะช่วยให้คุณเข้าใจปัญหาที่
คุณสำรวจอย่างไร ถ้าคุณไปสำรวจใหม่อีกครั้ง คุณจะทำอะไรที่แตกต่างจากเดิม ด้วยเหตุผลใด

8. การสร้างแนวคำตอบและข้อแนะนำ สร้างความรู้จากผลลัพธ์ที่ได้

บทบาทครู - แนะนำวิธีการสร้างความรู้ ใช้คำถาม “อย่างไร” ทุกครั้งที่ผู้เรียนเสนอ
แนวคำตอบ แนะนำให้เสนอความรู้แบบต่างๆ เช่น การเชื่อมโยง โมเดล อุปมาอุปมัย แผนผังความคิด

9. สื่อความหมายผลลัพธ์ที่ได้ บทบาทครู เรื่องที่ค้นพบได้จากไหน ได้ข้อสรุปอะไรบ้าง
ใครได้รับประโยชน์จากเรื่องนี้ และได้อะไร

10. การประเมินผล โดยครู ผู้เรียน และเพื่อน

บทบาทครู - การประเมินปฏิบัติการ โดยประเมินการใช้ข้อมูลร่วมกัน การค้นหาและ
นิยามปัญหา การได้มาซึ่ง ความรู้ การนำตนเอง ทักษะการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการแก้ปัญหา ใช้การ
ประเมินตามสภาพจริง โดยสร้างเกณฑ์การประเมิน (Rubric Scoring) เพื่อการประเมิน การอภิปราย
การเขียนอนุทิน บันทึกการทดลอง การให้คะแนนตนเอง และการสัมภาษณ์

รูปแบบที่ 4 แบบ 11 ขั้นตอน ลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. จัดกลุ่มแนะนำสมาชิก
2. กำหนดวัตถุประสงค์
3. ศึกษาปัญหาที่ได้รับ ขยายรายละเอียดของปัญหา
4. กำหนดประเด็น ประเด็นในการเรียนรู้
5. กำหนดวัตถุประสงค์ของแผนดำเนินการ
6. ทำความเข้าใจร่วมกันในเรื่องของ ข้อมูลที่ต้องศึกษา
7. กำหนดแหล่งเรียนรู้
8. รวบรวมความรู้ที่ได้มาจากการค้นคว้าสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง
9. ทำความเข้าใจซ้ำอีกกับความรู้ที่ได้รับใหม่
10. เลือกวิธีในการแก้ปัญหา/ นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา
11. การประเมินผล ผู้เรียนได้พัฒนาอะไรบ้างจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

เมื่อพิจารณาจากแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละรูปแบบ จะเห็นว่าผู้เรียนได้มี
โอกาส พัฒนาทั้งความรู้ในเนื้อหาวิชาและทักษะต่าง ๆ ที่เป็นเป้าหมายการพัฒนาผู้เรียนใน
ระดับอุดมศึกษา ซึ่งพอ สรุปได้ดังนี้

1. ได้ความรู้ที่สอดคล้องกับบริบทจริงและสามารถนำไปใช้ได้

2. พัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล (Rational Thinking) การคิดสังเคราะห์ (Synthetic Thinking) การคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และนำไปสู่การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) ที่มี ประสิทธิภาพ

3. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง นำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life-long learning) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของบุคคลในศตวรรษที่ 21

4. ผู้เรียนสามารถทำงานและสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. เป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

6. ความคงอยู่ (retention) ของความรู้จะนานขึ้น

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนที่มีคิดกว้าง คิดไกล มองเห็นปัญหา และแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนได้มีโอกาสในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม วิธีการแก้ปัญหานั้นมาจากหลายคน ซึ่งแต่ละคนก็ค้นคว้าแล้วบุคคลที่มีประสบการณ์มาช่วยกัน แก้ปัญหาที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพมาก การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่าการที่ผู้เรียนเกิดความเข้าใจนั้นย่อมมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อม ความขัดแย้งทางปัญญาหรือปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี และความรู้เกิดจากการปรับสมดุลความเข้าใจของแต่ละบุคคล การเรียนแบบนี้จึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาด้วยวิธีการคิดที่หลากหลาย ผู้สอนต้องมีความเชื่อว่าผู้เรียนทุกคนพัฒนาได้ แต่เร็วช้าแตกต่างกันตามความพร้อมและพัฒนาการ ผู้เรียนจะพัฒนาความคิดได้ต้องอาศัยบรรยากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เร้าความสนใจ ทั้งนี้

ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

- ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง
- การเรียนรู้เกิดขึ้นในกลุ่มผู้เรียนที่มีขนาดเล็ก
- ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำ
- ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
- ปัญหาที่นำมาใช้มีคำตอบหลายคำตอบหรือแก้ไขปัญหได้หลายทาง
- ผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหา โดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง
- ประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยสังเกตจากความสามารถในการปฏิบัติการ

เรียนรู้

การเรียนรู้แบบนี้ "ปัญหา" จะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจใฝ่หาความรู้ การกำหนดประเด็นปัญหาเพื่อนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้จึงเริ่มต้นที่ความสนใจของผู้เรียน หากเป็นเรื่องใกล้

ตัว น่าสนใจ มีคุณค่าและความหมายแล้ว ก็จะนำไปสู่การพัฒนาเรียนการสอนที่ยกระดับคุณภาพผู้เรียน ทั้งความรู้ ทักษะกระบวนการ การคิดขั้นสูงการทำงานร่วมกันเป็นทีมได้ ทั้งนี้ ผู้สอนต้องคำนึงถึง หลักสูตรสถานศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูล ขอบข่ายของปัญหา กิจกรรมการเรียนการสอน เทคนิคการ ตั้งคำถาม และวิธีการประเมินผล การกำหนดบทบาทผู้สอนและผู้เรียนตามแนวทางการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ดังนี้

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนคือผู้ที่มีบทบาทสำคัญโดยตรงต่อการออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอน รวมไปถึงการประเมินผลการเรียนรู้ที่นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการศึกษา

- ☺ มุ่งมั่นและรู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
- ☺ รู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของผู้เรียน
- ☺ เข้าใจขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างถ่องแท้
- ☺ มีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้และติดตามประเมินผลการพัฒนา

ของผู้เรียน

- ☺ อำนวยความสะดวกในการจัดหาและสนับสนุนสื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้ให้

เหมาะสมและเพียงพอ

- ☺ มีจิตใจสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา
- ☺ ปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
- ☺ มีความรู้ ความสามารถด้านการวัดประเมินผลตามสภาพจริง

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนต้องเป็นผู้รู้จักการเรียนรู้นำตนเองและสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านปัญหาที่เป็น ตัวกระตุ้นสำคัญให้เกิดความงอกงามทางปัญญา

- ☺ ปรับทัศนคติต่อบทบาทและหน้าที่ในการเรียนรู้ของตนเอง
- ☺ ต้องพัฒนาพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้
- ☺ มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน และรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- ☺ พัฒนาทักษะการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ

อาจกล่าวได้ว่า การเรียนรู้แบบนี้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาทที่จะต้องกระทำให้บรรลุตาม แนวทางการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดเนื้อหาสาระ การใช้คำถาม การเตรียมความพร้อม ทางการเรียนรู้ การจัดสรรเวลา การพัฒนาทักษะกระบวนการที่จำเป็น สิ่งเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้าง ศักยภาพให้แก่ผู้เรียนด้วยการลงมือทำ เกิดการจดจำสิ่งที่เรียนได้นาน เปลี่ยนผ่านการเรียนรู้จากปัญหา สู่ปัญญา

กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะของผู้เรียนให้มีความพร้อมต่อการดำรงชีวิตและปรับตัวในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นหนักกับการให้ความสำคัญที่ผู้เรียนในการตั้งคำถาม วางแผน และลงมือแก้ไขปัญหาร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ (Creative problem-solving) ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ (Collaborative innovation) โดยมีเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาเรียนรู้แบบนำตนเอง สามารถทำกิจกรรมร่วมกับกลุ่มเพื่อน และเกิดแรงจูงใจในการเรียน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงและระบุปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและได้มองเห็นปัญหา ระบุได้ว่าสิ่งที่เป็นปัญหานั้นกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นและนำติดตาม

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหาและกำหนดแนวทางที่น่าจะเป็นไปได้ ผู้เรียนจะต้องร่วมมือกันวางแผนศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ โดยอาศัยการอภิปรายในกลุ่ม แสวงหาคำตอบตามวิถีทางแบบประชาธิปไตย ผู้สอนทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทางความคิดและการวางแผน

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนนำข้อค้นพบที่ได้จากการปฏิบัติมาอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อให้เกิดการสังเคราะห์ความรู้ที่สามารถนำไปปรับใช้ได้อย่างต่อเนื่อง

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่ม ประเมินผลงานและการจัดการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงไร พยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินการเรียนรู้

การเรียนการสอนนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการทำงาน ยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนบนวิถีทางแบบประชาธิปไตย รู้จักบทบาทหน้าที่ตนในการร่วมมือกับกลุ่มเพื่อแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นโดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม ปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ และเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล การสืบค้นหาข้อมูล และกระบวนการคิดขั้นสูง

อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนนี้ยังจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการและสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ผู้สอนเสนอแนะแนวทางที่ช่วยให้เกิดการคิดขั้นสูง การปรับตัว มุ่งพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายต่อผู้เรียน กระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. เตรียมความพร้อมผู้เรียน ผู้สอนต้องทำการวิเคราะห์ความรู้ ความสามารถและทักษะที่ผู้เรียนมีเป็นพื้นฐานเดิม และสิ่งที่ผู้เรียนอยากรู้เพิ่มเติม ซึ่งการวิเคราะห์นี้อาจได้มาจากการสังเกต การสัมภาษณ์ โดยผู้สอนต้องเชื่อว่าผู้เรียนทุกคนมีความรู้เป็นพื้นฐานเพียงแต่มากน้อยแตกต่างกัน หลังจากนั้นผู้สอนทำการปฐมนิเทศแนวทางการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนทราบวิธีการเรียนการสอน บทบาทของผู้สอนและผู้เรียน ระยะเวลาในการเรียนหรือเงื่อนไขอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. เสนอสถานการณ์ของปัญหา ผู้สอนอาจเกริ่นนำเพื่อเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับสถานการณ์ใหม่ที่ผู้เรียนจะได้พบ หรือผู้เรียนเป็นผู้นำเสนอประเด็นปัญหา ผู้สอนแจ้งวัตถุประสงค์หรือประเด็นปัญหาที่ต้องการให้แก้ไขร่วมกัน ซึ่งผู้สอนต้องปรับบทบาทให้ตนเองเป็นผู้เสนอแนะหรือเป็นที่ปรึกษาในการวิเคราะห์ปัญหา รวมทั้งนำเสนอแหล่งข้อมูลที่เตรียมไว้และแหล่งข้อมูลภายนอกที่ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้

3. กำหนดกรอบการศึกษา ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่จะศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา การกำหนดกรอบก็เปรียบเสมือนการวางแผนทางที่จะดำเนินการ มองเห็นภาพและเป้าหมายร่วมกัน รวมถึงการกำหนดวิธีการที่จะทำการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบบรรลุเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ให้ชัดเจนขึ้น

4. สร้างสมมติฐาน ผู้เรียนแบ่งกลุ่มและช่วยกันระดมความคิดเห็นจากสมาชิกภายในกลุ่ม แลกเปลี่ยนเรียนรู้และเชื่อมโยงแนวคิดของแต่ละคน อาศัยความรู้เดิมเป็นข้อมูลในการสร้างสมมติฐาน จากนั้นร่วมกันจำแนกและคัดเลือกแต่ละสมมติฐานที่นจะเป็นไปได้

5. ค้นคว้าข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละคนค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลภายในและภายนอกตามที่ได้แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ การค้นคว้าหาข้อมูลจะช่วยให้ผู้เรียนได้ขยายกรอบแนวคิด เกิดมุมมองที่กว้างขึ้น และมีข้อมูลที่มากพอต่อการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น

6. ตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มปรึกษารื้อร่วมกันเพื่อพิจารณาเลือกสมมติฐานที่น่าจะเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด โดยข้อมูลที่ได้นั้นต้องเกิดจากการคิดและลงมือสืบเสาะหาข้อมูลร่วมกัน ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้พัฒนาตนเองในหลาย ๆ ด้าน เกิดการปรับเปลี่ยนมุมมองต่อวิธีการทำงานและการสร้างความรู้

7. สร้างผลงานตามแนวทางที่เลือก ผู้เรียนช่วยกันนำแนวทางที่เลือกไปทดลองแก้ปัญหา หากแก้ปัญหาไม่ได้ก็ให้ใช้ทางเลือกข้อถัดไป หรือค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงทางเลือกนั้นให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและนำไปทดลองใหม่อีกครั้ง

8. ประเมินผลโดยวิธีการที่หลากหลาย ผู้เรียนนำเสนอผลการแก้ปัญหาหรือแนวทางการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน การประเมินจะไม่วัดเฉพาะความรู้หรือผลงานสุดท้ายเพียงอย่างเดียว แต่จะวัดกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลงานด้วย การประเมินสามารถวัดได้จากแบบทดสอบ แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกต หรือวิธีการประเมินอื่น ๆ

หากพิจารณาการเรียนรู้แบบนี้จะพบว่า ประเด็นที่นำไปสู่จุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ก็คือ ปัญหา ซึ่งปัญหาจะต้องสามารถทำความเข้าใจได้ตามพัฒนาการของวัยและความพร้อมที่ผู้เรียนควรจะได้รับการตามสภาพแวดล้อมทางการเรียน การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential learning) เริ่มจากประสบการณ์ตรงผ่านกระบวนการคิดและการสะท้อนคิด (Reflection) การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed learning) เรียนรู้ตามความถนัดและศักยภาพของตนเอง และสามารถประเมินตนเองเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่เรียนรู้ได้ เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนในกลุ่ม (Active and collaborative learning)

เงื่อนไขสำคัญที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ได้แก่ การเรียนรู้สิ่งใหม่จะได้ผลดีขึ้น ถ้าได้มีการเชื่อมโยงหรือกระตุ้นความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ (Activation of prior knowledge) การเรียนรู้เนื้อหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงหรือมีประสบการณ์ตรง ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น (Encoding specificity) และการเรียนกลุ่มย่อยช่วยพัฒนาการแสดงออก แสดงความคิดเห็นหรืออภิปรายช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและเรียนรู้สิ่งนั้นได้ดีขึ้น (Elaboration of knowledge) เป็นการเรียนรู้ที่เตรียมพร้อมผู้เรียนเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 และสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีตามแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้และผลิตความรู้ด้วยกระบวนการที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังรู้จักที่จะนำกระบวนการวิจัยมาปรับใช้ได้เหมาะสมตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้อีกด้วย

แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. อธิบายแนวคิดและขั้นตอนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงาน (Project-based Learning) พร้อมยกตัวอย่างโครงงานที่นักศึกษาสามารถทำได้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) กับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) โดยเน้นที่กระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่ได้

.....

.....

.....

.....

.....

3. อธิบายถึงแต่ละขั้นตอนและให้ตัวอย่างปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning)

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดอยู่ในขั้นตอนการวางแผนการทำงาน
 - ก. การเลือกหัวข้อโครงการ
 - ข. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
 - ค. การทำเค้าโครงการ
 - ง. การจัดทำโครงการ
2. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงการ (Project-based Learning) เน้นการทำงานในลักษณะใด
 - ก. การศึกษาในตำราเรียน
 - ข. การทดลองในห้องปฏิบัติการ
 - ค. การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสร้างผลงานหรือโครงการ
 - ง. การฟังบรรยายจากครู
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เขียนไว้ในบทใดของโครงการ
 - ก. บทที่ 2
 - ข. บทที่ 3
 - ค. บทที่ 4
 - ง. บทที่ 5
4. ประโยชน์หลักของการเรียนรู้แบบโครงการคืออะไร
 - ก. เพิ่มทักษะการท่องจำ
 - ข. พัฒนาทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น
 - ค. ลดเวลาการเรียนรู้ในห้องเรียน
 - ง. เพิ่มจำนวนงานที่ต้องทำ
5. ข้อใดคือขั้นตอนแรกของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning)
 - ก. การวิเคราะห์ข้อมูล
 - ข. การตั้งสมมติฐาน
 - ค. การวางแผนการทดลอง
 - ง. การตั้งคำถามหรือปัญหาที่ต้องการศึกษา

6. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เน้นการพัฒนาทักษะใด
- ก. ทักษะการฟัง
 - ข. ทักษะการแก้ปัญหา
 - ค. ทักษะการทำงานเป็นทีม
 - ง. ทักษะการเขียน
7. ข้อใดต่อไปนี้เป็นขั้นตอนของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้
- ก. การตั้งคำถาม
 - ข. การรวบรวมข้อมูล
 - ค. การฟังบรรยาย
 - ง. การวิเคราะห์และสรุปผล
8. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) มักจะเริ่มต้นด้วยขั้นตอนใด
- ก. การระบุปัญหาที่สำคัญ
 - ข. การสรุปผลการทดลอง
 - ค. การนำเสนอผลงาน
 - ง. การอ่านเอกสารวิจัย
9. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบใช้ปัญหาเป็นฐานจะช่วยให้ นักศึกษาพัฒนาทักษะใดมากที่สุด
- ก. ทักษะการแก้ปัญหา
 - ข. ทักษะการจัดจำข้อมูล
 - ค. ทักษะการทำงานในห้องปฏิบัติการ
 - ง. ทักษะการฟังบรรยาย
10. ในการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน นักศึกษามักจะทำงานในลักษณะใด
- ก. การทำงานเดี่ยว
 - ข. การทำงานกลุ่ม
 - ค. การทำงานผ่านการบรรยาย
 - ง. การทำงานผ่านการทดลองในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถาบันราชภัฏภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (2542). **วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต โครงการผลิตสื่อการศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : บุ๊คพอยท์ จำกัด.
- กุลิสรา จิตรขณาวณิช. (2564). **วิธีการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์. (2534). **แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทย เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทย**. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ณัฐญา อัมรินทร์. (2562). **วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะชีวิต**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์ การพิมพ์.
- เต็มศักดิ์ เศรษฐราชวานิช. (2560). **การตั้งสมมติฐาน**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา <https://www.slideshare.net/ppompuypantham/ss-65014318>. 24 มกราคม 2560.
- ทิพย์วัลย์ เรืองขจร. (2554). **วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต**. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ธรรมบุญ โรจนะบุรานนท์. (2531). **ธรรมชาติวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ประภา นรพัลลภ. (2546). **วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : ดิจิตอล สกรีนเพลย์ จำกัด.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). **การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : บริษัทแอคทีฟ พรินท์ จำกัด.
- ผดุงยศ ดวงมาลา. (2530). **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา (ฉบับปรับปรุง)** ภาควิชา วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- พัชรภรณ์ พสุวัต. (2522). **พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2562). **สร้างนวัตกรรมบนฐานการวิจัย PLC & Logbook**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542**. กรุงเทพมหานคร : นานมี บุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2560). **เทคโนโลยี** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก HTTP: <http://th.wikipedia.org/wiki/เทคโนโลยี>. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2560.

_____. (2560). **วิทยาศาสตร์** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก HTTP: <http://th.wikipedia.org/wiki/วิทยาศาสตร์> สืบค้นเมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2560.

วิน เชื้อโพธิ์ทัก. (2539). **วิทยาศาสตร์พัฒนาชีวิต**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครปฐม.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2560). **ครูยุคใหม่กับการจัดการเรียนรู้สู่การศึกษา 4.0**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิควรรินต์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579**. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน**. กรุงเทพมหานคร : พิมพ์ดีการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2549) **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

<https://wanutter.wordpress.com> สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2560.

<http://gotoknow.org>. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2561.

<http://www.truelookpanya.com> สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2561.