**แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2**

**องค์ประกอบของวิทยาศาสตร์**

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม**

 หลังจากศึกษาบทเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

 1. บอกองค์ประกอบของวิทยาศาสตร์ได้

 2. บอกความหมายของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

 3. จำแนกประเภทความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

 4. ระบุองค์ประกอบที่สำคัญของจิตวิทยาศาสตร์ได้

 5. อธิบายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะย่อยได้

 6. บอกความสัมพันธ์ของจิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

 7. บอกความสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการสอนวิทยาศาสตร์ได้

**เนื้อหา**

 ความหมายและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

 ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์

 มโนมติทางวิทยาศาสตร์

 หลักการทางวิทยาศาสตร์

 กฎทางวิทยาศาสตร์

 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

 สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์วิธีการทางวิทยาศาสตร์

 วิธีการทางวิทยาศาสตร์

 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

 ทักษะการสังเกต

 ทักษะการวัด

 ทักษะการคำนวณ

 ทักษะการจำแนกประเภท

 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

 ทักษะการพยากรณ์

 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

 ทักษะการทดลอง

 ทักษะการกำหนดและความคุมตัวแปร

 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

จิตวิทยาศาสตร์

สรุป

คำถามท้ายบท

**วิธีสอนและกิจกรรม**

1. ทบทวนความรู้เดิมและร่วมอภิปรายสรุปความหมายของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์

 2. แจกเอกสารประกอบการเรียน

 3. แบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่มศึกษาประเด็นตามหัวข้อของเนื้อหาแล้วสรุปเป็นแผนผังความคิด

 4. นักศึกษาแต่ล่ะกลุ่มนำเสนอผลการศึกษา

 5. ร่วมอภิปรายซักถามถึงความจำเป็นและประโยชน์ของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ที่ต้องเน้นองค์ประกอบของวิทยาศาสตร์

 6. ตอบคำถามท้ายบท

**สื่อการเรียนการสอน**

 1. สื่อพาวเวอร์พอยท์สรุปประเด็นสำคัญ เรื่อง องค์ประกอบของวิทยาศาสตร์

 2. ใบงานกิจกรรมกลุ่ม

 3. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์

 4. คำถามท้ายบท

**การวัดและประเมินผล**

 1. ซักถามข้อความรู้เกี่ยวกับประเด็นสำคัญเกี่ยวกับความรู้เรื่ององค์ประกอบของวิทยาศาสตร์

 2. ประเมินการนำเสนอ

 3. ประเมินจากการตอบคำถามในคำถามท้ายบท

**บทที่ 2**

**องค์ประกอบของวิทยาศาสตร์**

 ความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์พยายามหาคำตอบเกี่ยวกับคำถามจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวว่าสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร และมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร การเปลี่ยนแปลงของสรรพสิ่งที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบันจะเป็นอย่างไรในอนาคต มนุษย์ใช้ประโยชน์

จากสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร ที่มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในอดีตจะได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ที่รอบตัวมนุษย์ เกิดจากความกระหายใคร่รู้ เกิดจากความช่างสังเกต ความคิดสร้างสรรค์และสติปัญญาของมนุษย์ จนเกิดกระบวนการแสวงหาความรู้อย่างเป็นระบบและ

มีขั้นตอนที่สามารถตรวจสอบได้ เพื่อศึกษาหาคำตอบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ

การเรียนรู้ซ้ำ ๆ ที่ผ่านการสังเกต การบันทึก การตั้งข้อสังเกต การสำรวจตรวจสอบ และการทดลองหาคำตอบ แล้วจึงนำผลที่ได้มาจัดระบบทางความคิดและสรุปเป็นข้อเท็จจริงจากการสังเกต มโนมติ ทฤษฎี หลักการ กฎ สมมติฐาน และข้อเท็จจริงจากการพยากรณ์

**ความหมายและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**

 คารินและซันด์ (Carin and Sund, 1975 : 4 – 5 ; อ้างถึงใน ภพ เลาไพบูลย์, 2542 : 1) ได้ให้ความหมายของคำว่าวิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนและการสะสมความรู้อย่างเป็นระบบที่ใช้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้อยู่ที่การสะสมข้อเท็จจริงเท่านั้นแต่ยังรวมถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงมีคำนิยามว่ามีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์

และผลิตผลหรือความรู้วิทยาศาสตร์

 ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 2) ได้ให้ความหมายว่าวิทยาศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่สืบค้นหา

ความจริง เกี่ยวกับธรรมชาติโดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

 ราชบัณฑิตยสถาน (2542 : 1075) ได้ให้ความหมายว่าวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้โดย

การสังเกตและค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ เป็นสาขาวิชาที่ค้นคว้าได้หลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ

 วรนุช แหยมแสง (2558 : 3) ได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเรื่องราวที่ว่าด้วยเรื่องของธรรมชาติซคึ่งประกอบด้วย สิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต และเรื่องราวของสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น

 กล่าวโดยสรุป วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ สามารถพิสูจน์ได้ว่าถูกต้อง และเป็นความจริง โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แล้วนําความรู้นั้นมาจัดให้เป็นระเบียบ เป็นหมวดหมู่ แล้วสรุปออกมาเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์

 โดยทั่วไปแล้วนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเชื่อและยอมรับว่าการทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของสรรพสิ่ง รวมทั้งการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องอยู่บนความจริงหลัก กล่าวคือ ธรรมชาติเป็นสิ่งที่มีอยู่ เป็นอยู่อย่างแท้จริง ธรรมชาติเป็นสิ่งที่มีระเบียบ มีกฎเกณฑ์ มีแบบแผน มีความสัมพันธ์กัน มีเหตุและมีผล ดังนั้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติส่งผลกระทบต่อกันไม่มีสิ่งใดที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญ ต้องเกิดจากเหตุ และส่งให้เกิดผลต่าง ๆ ตามมา ธรรมชาติเป็นสิ่งที่เข้าใจได้ นักวิทยาศาสตร์จึงมีการค้นคว้า ศึกษาและทดลอง อย่างไม่มีวันสิ้นสุด และประการสุดท้ายนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความจริง เริ่มจาก

การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การตีความหมายข้อมูล ไปจนถึงขั้นสรุปออกมาเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์

 นอกจากที่กล่าวแล้ว นักวิทยาศาสตร์ยังยอมรับอีกว่า วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามทุกคำถามอย่างสมบูรณ์ได้ และจำเป็นต้องอาศัยหลักฐานที่ได้จากการสังเกต และการทดลองมาใช้

ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น โดยพยายามที่จะหลีกเลี่ยงอคติต่อสิ่งที่สัมผัสและ เมื่อพิจารณาในแง่ของการรับใช้มนุษย์แล้ว วิทยาศาสตร์มีหน้าที่ในการอธิบาย ทำนาย และควบคุมปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้วิทยาศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อคนในสังคมหลายด้าน

จากหลักการแสวงหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์และการยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ ช่วยให้สรุปได้ว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีลักษณะครอบคลุมประเด็นสำคัญ 2 ประการ คือ ด้านกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ถือเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ในศาสตร์แขนงต่าง ๆ จนมีการพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์มาประยุกต์สร้างเป็นเทคโนโลยีและสิ่งอำนวยความสะดวก ส่วนในด้านความรู้วิทยาศาสตร์ถือเป็นความรู้ที่ไม่อยู่นิ่ง นักวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาและสร้าง

องค์ความรู้ใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา

 แม็คโคมาส์ (McComas, 2000 : 69 - 70 ; 2005 : 28 - 29) ได้ให้ความหมาย ว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือการผสมผสานการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน เช่น ด้านประวัติการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร นักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไร และสังคมมีปฏิกิริยาอย่างไรต่อวิทยาศาสตร์ ในเรื่องนี้ จอห์นสัน และเซ้าท์เธอแลนด์ (Johnson, and Southerland, 2002 : 1 - 2) อธิบายว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ คำอธิบาย

ที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับสาระของวิทยาศาสตร์ จากการให้ความหมายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พอจะสรุปความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งความรู้ การทำงานหรือสังคมของนักวิทยาศาสตร์ และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม

 ในขณะที่ American Association for the Advancement of Science (National Research Council, 1993 : 3 - 4) ได้เสนอขอบข่ายของวิทยาศาสตร์ได้ 3 ประเด็น คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise) โดยมีรายละเอียดดังนี้

 1. โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

 2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้

 3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความความคงทน

 4. วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบที่สมบรูณ์แก่คำถามทุกคำถามได้

 5. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

 6. วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

 7. วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

 8. นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

 9. วิทยาศาสตร์ไม่ใช่เรื่องการเชื่อฟังผู้มีอำนาจหรือเผด็จการ

 10. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่สลับซับซ้อน

 11. วิทยาศาสตร์ได้ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาวิชาสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการ

ในสถาบันต่าง ๆ

 12. การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

 13. นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะที่เป็นผู้เชี่ยวชาญและ

เป็นพลเมือง

 วิทยาศาสตร์จึงเป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ ความสัมพันธ์ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นดังภาพประกอบ 2.1



**ภาพประกอบ 2.1** ความสัมพันธ์ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก กุศลิน มุสิกุล (2551 : 68)

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพราะช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สร้างความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับหลักการ ต่าง ๆ อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจทั้งความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความเป็นมาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจความสำคัญของความรู้ที่ได้มาด้วยหลักฐานเชองประจักษ์ ตลอดจนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558 : 86) ดังนั้น

อาจกล่าวได้ว่า บุคคลจะมีการรู้วิทยาศาสตร์ไม่ได้เลยหากขาดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจต่อธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนการสอนนั้นควรให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

**ความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นความรู้เชิงประจักษ์ ถือหลักการเข้าถึงความรู้ที่เป็นความจริงได้โดยการใช้ประสบการณ์ผ่านการรับรู้เกี่ยวกับความจริงโดยใช้ประสาทสัมผัส 5 อย่าง ได้แก่

ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย กระทบหรือสัมผัสกับรูป เสียง กลิ่น รส และสิ่งที่กระทบกายเป็นคู่ ๆตามลำดับ เกิดเป็นประสบการณ์แล้วสรุปเป็นความรู้เชิงประจักษ์ ซึ่งถือว่าเป็นความจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานเพื่อคาดเดาคำตอบ การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้ประสบการณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลและการสรุปผล โดยใช้วิธีการ

ทางวิทยาศาสตร์จนเกิดผลสรุปเป็นที่ยอมรับว่าเป็นความจริง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะดังนี้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558 : 53 - 59)

 1. เป็นความรู้เชิงประจักษ์ (Empirical Knowledge) ที่สร้างขึ้นจากข้อเท็จจริงที่ได้

จากการสังเกตและทดลอง

 2. เป็นความรู้ที่ได้มาด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific

Inquiry)

 3. เป็นความรู้ที่มีลักษณะเป็นความจริงสากล (Universal) ความจริงนี้ใช้กันทั่วโลก

 4. เป็นความรู้ที่ยังไม่มีความจริงที่สมบูรณ์ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเป็นความจริงที่เชื่อถือได้สูงนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

 5. มีลักษณะเป็นปรนัย (Objectivity) คือเป็นสิ่งที่ได้ผ่านการตรวจสอบตามวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์จนเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ทุกคนจะเข้าใจตรงกัน สื่อความหมายตรงกัน รวมทั้งการกระทาของแต่ละคนในเรื่องนั้น ๆ ภายใต้สภาวะแวดล้อมอย่างเดียวกัน จะได้ผลออกตรงกัน เช่น เมื่อพูดว่าของแข็ง ปริมาตร พื้นที่ หรือความหนาแน่นทุกคนจะเข้าใจตรงกัน แต่ถ้าความรู้เป็นอัตนัย (Subjectivity) มักจะเปลี่ยนไปตามความเข้าใจของแต่ละคนตามเวลาและสถานที่

 6. เป็นความรู้ที่อาศัยเหตุผลง่าย ๆ ไปจนถึงเหตุผล ที่ต้องใช้ความรู้เฉพาะและต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจะมีความเข้าใจได้

 7. เป็นความรู้ที่นำมาพัฒนาความเจริญในด้านต่าง ๆ ได้แก่ กฎและทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์

ความจริงที่เกี่ยวกับธรรมชาติที่ได้มาโดยอาศัยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือที่เรียกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น มีลักษณะที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542 : 4 - 8 ; ประสาท เนืองเฉลิม, 2558 : 56 - 59 ; ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2557 : 352 - 364)

 1. ข้อเท็จจริงวิทยาศาสตร์ (Scientific Facts) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความจริงเดี่ยว (Fact) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกจัดไว้เป็นประเภทข้อเท็จจริงนั้น ได้แก่ ความรู้ที่ได้จาก การสังเกตวัตถุ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ มีทั้งที่สามารถสังเกตได้โดยตรง และโดยอ้อม กรณีที่สังเกตโดยอ้อมอาจจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการสังเกตความรู้ที่ได้นี้ เมื่อทดสอบในสถานการณ์หรือสภาวะเดียวกันจะได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น “น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ณ บริเวณที่ระดับน้ำทะเล”

 2. มโนมติ (Concepts) หรือ ความคิดรวบยอด หรือ มโนทัศน์ มโนมตินี้เกิดจาก การนำเอาข้อเท็จจริงหลาย ๆ ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกันมาผสมผสานกันจนเกิดรูปแบบใหม่ที่เรียกว่าความคิดรวบยอดหรือมโนมติของสิ่งนั้น ซึ่งเป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่บุคคลหนึ่งบุคคลใดสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทาให้เกิดการรับรู้ บุคคลนั้นจะนำการเรียนรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา และเมื่อเราพบข้อมูลชุดหนึ่งหรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง

ถ้าต้องการทราบว่าเรามีมโนมติหรือความคิดรวบยอดต่อข้อมูลนั้นหรือไม่ มีแนวทางในการพิจารณา 3 ประเด็น คือ การมองเห็นคุณสมบัติร่วมสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์นั้น การมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์นั้น และการมองเห็นแนวโน้มของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์นั้น

 ดังนั้นมโนมติในทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นความรู้ที่เป็นผลผลิตของการใช้ ความคิดพิจารณาจัดระบบข้อเท็จจริง และประสบการณ์อย่างรอบคอบ มโนมติของแต่ละบุคคลอาจจะแตกต่างกันขึ้นกับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคล ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

 3. หลักการ (Principles) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ความจริงหลัก” คือ ความจริง

ที่สามารถใช้เป็นหลักในการอ้างอิงได้ จากการนำมโนมติที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์มาผสมผสานกัน ดังนั้น หลักการจึงเป็นกลุ่มของมโนมติ คุณสมบัติของหลักการ คือจะต้องเป็นความจริงที่สามารถทดสอบได้ และได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง หลักการอาจเกิดมาจากการอุปมานมโนมติที่เกี่ยวข้องได้เป็นหลักการ แต่หลักการบางอย่างอาจเกิดจากอนุมานจากทฤษฎีด้วย

4. กฎ (Laws) คือ หลักการอย่างหนึ่ง เป็นข้อความที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล

และอาจเขียนในลักษณะรูปสมการแทนได้ กฎอาจถูกล้มเลิกได้ เมื่อมีผลการทดลองใดที่น่าเชื่อถือขัดแย้ง บางกฎได้มาโดยการอนุมาน (Deduction) จากทฤษฎี แต่กฎส่วนใหญ่ได้จากการอุปมาน (Induction) โดยนำเอาข้อเท็จจริงทั้งหลายมาผสมผสานกันเป็นมโนมติ เป็นหลักการจนถึงขั้นยอมรับเป็นกฎ ดังภาพประกอบ 2.2

**ภาพประกอบ 2.2** การอุปมานข้อเท็จจริงไปเป็นหลักการหรือกฎ

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 6 - 7)

 5. ทฤษฎี (Theories) เราจะเห็นว่ากฎและหลักการ เน้นเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเหตุ

กับผลและเป็นสิ่งที่มีจริงอยู่แล้วในธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ไปค้นพบเท่านั้น ไม่ได้สร้างขึ้นเอง โดยสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเอง คือทฤษฎี โดยการยอมรับทั่วกันว่า สามารถใช้อธิบายกฎหรือหลักการ และนำไปพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในขอบเขตของทฤษฎีนั้น ๆ เพราะลำพังตัวกฎหรือหลักการไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวเองได้ เกณฑ์ในการยอมรับทฤษฎี ทฤษฎี

ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นไม่ว่าจะสร้างด้วยวิธีใดก็ตาม การยอมรับว่าเป็นทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้น จะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542 : 7)

 5.1 ทฤษฎีจะต้องอธิบายกฎ หลักการ และข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องนั้นได้

 5.2 ทฤษฎีจะต้องอนุมานเป็นกฎหรือหลักการบางอย่างได้

 5.3 ทฤษฎีจะต้องอธิบายปรากฏการณ์ที่อาจเกิดตามมาได้

 ถ้าต้องการให้ทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปนั้นจะต้องนำทฤษฎีนั้นไปทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้ได้หลาย ๆ ครั้ง และหลาย ๆ ปรากฏการณ์

 6. สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Hypothesis) บางคนอาจไม่ยอมรับว่าสมมติฐานเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นความรู้ที่ยังไม่ได้รับการทดสอบหรือรับรอง

แต่สมมติฐานก็เป็นความจริง ชั่วคราว ที่อาจกลายเป็น กฎ หลักการ หรือทฤษฎีต่อไปได้

เมื่อสมมติฐานผ่านการทดสอบว่าเป็นจริง เช่น ตัวอย่างของ อาเมเดโอ อโวกาโดร (Amedeo Avogadro) นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีได้เสนอสมมติฐานว่า “ก๊าซทุกชนิดเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน

ภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกันจะมีโมเลกุลของก๊าซเท่ากัน” สมมติฐานนั้นได้รับการเชื่อถือ

มายาวนานไม่มีการทดลองใดมาหักล้างได้ ต่อมาจึงกลายเป็นกฎ เรียกว่า “กฎของอโวกาโดร”

ดังนั้น จะเห็นว่าสมมติฐานเป็นข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อคาดคะเน คำตอบของปัญหา

ไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง ซึ่งในที่นี้จัดว่าเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์อีกประเภทหนึ่ง สมมติฐานใดน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับว่าผู้ที่ตั้งสมมติฐานนั้น ศึกษาหลักฐานและเหตุผลประกอบที่มาสนับสนุน หรือคัดค้าน ทั้งทางตรง และทางอ้อมมากน้อยเพียงใด

 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ ทฤษฎี และสมมติฐาน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ประเภทนี้ จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ซึ่งสามารถสรุปโครงสร้างกระบวนการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ ดังภาพประกอบ 2.3

**การอนุมาน**

**การอุปมาน**

**ภาพประกอบ 2.3** แสดงโครงสร้างกระบวนการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 11)

**วิธีการทางวิทยาศาสตร์**

 การที่นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ นั้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการต่าง ๆ ที่นำมาใช้

ในการแสวงหาความรู้นั้นอาจแตกต่างกันบ้าง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ก : 24 ; 2561ก : 6)

 **1. การตั้งปัญหา**

 พยายามตั้งปัญหาให้ชัดเจน เมื่อมีปัญหา หรือข้อข้องใจใด ๆ เกิดขึ้น ว่าเป็นปัญหาเรื่องอะไร มีประเด็นปัญหาที่สำคัญอะไรบ้าง ก่อนที่จะดำเนินการค้นหาคำตอบ ต้องเข้าใจปัญหา ให้ชัดเจนก่อน ปัญหาที่ดีทางวิทยาศาสตร์ จะต้องเป็นปัญหาที่มีคุณค่าต่อการศึกษา ค้นคว้า สัมพันธ์กับความรู้เดิม (ข้อเท็จจริงที่รวบรวมได้ และสามารถวางแนวทางในการตรวจสอบได้ด้วยการทดลอง) เช่น อเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง (Alexander Fleming) ได้สังเกตพบโดยบังเอิญว่า ถ้ามีกลุ่มราชนิด *Penicillium notatum* มาขึ้นในจานเลี้ยงแบคทีเรียจะมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ แสดงว่า เฟลมมิง เป็นคนช่างสังเกต ละเอียดรอบคอบ มีความอยากรู้อยากเห็น เมื่อสงสัยเขาจึงตั้งปัญหาขึ้น โดยการฝึกตั้งปัญหาเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ เช่น

 1.1 ทำไมแบคทีเรียจึงไม่เจริญเติบโต เมื่อมีราอยู่ในจานเลี้ยงเชื้อ

 1.2 ราแย่งอาหารที่ทำลายแบคทีเรียได้หรือไม่

 1.3 ราชนิดใดบ้างมีอิทธิพลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

 1.4 แบคทีเรียชนิดใดบ้างที่ไม่เจริญในจานเพาะเลี้ยงเชื้อเมื่อมีราขึ้น

 1.5 ราปล่อยสารบางอย่างมายับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียใช่หรือไม่ บางอย่างมายับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียใช่หรือไม่ เป็นต้น

 **2. การเก็บรวบรวมข้อมูล หรือข้อเท็จจริง**

 เมื่อเราเข้าใจปัญหาแล้ว ต้องรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต และค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหานั้น ๆ เพื่อนำไปสู่การ แก้ปัญหาตัวอย่าง ตัวอย่างของข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เช่น

 2.1 ขณะที่เป็นไข้อุณหภูมิของร่างกายจะสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส

 2.2 ต้นพืชที่อยู่ใต้ต้นไม้ใหญ่มักไม่เจริญงอกงาม

 2.3 ใบไม้จะมีหลังใบสีเขียวเข้มกว่าด้านท้องใบ

 **3.** **การสร้างสมมติฐาน**

 หลังจากได้ข้อมูลต่าง ๆแล้วตั้งสมมติฐาน คือ คิดหาทางเลือกไว้ว่า ทางเลือกใดน่าจะเป็นทางเลือกที่ถูกต้อง โดยอาศัยการพิจารณาจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้ก่อนที่จะทดลองค้นหาความจริงต่อไป สมมติฐานที่ดี ควรสามารถอธิบายปัญหาต่าง ๆ ได้ชัดเจนและแน่นอน สมมติฐานที่ตั้งขึ้นในการแก้ปัญหาต่าง ๆ มีลักษณะสำคัญอยู่ 2 ประการ คือ สมมติฐานที่ดีต้องสามารถอธิบายถึงปัญหาต่าง ๆ ได้ชัดเจนและแน่นอน โดยอธิบายและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกต และสมมติฐานที่ดีต้องทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและข้อมูล

ต่าง ๆ อันก่อให้เกิดปัญหาอันใหม่หรือข้อมูลใหม่ที่แจ่มชัดมากขึ้น ตัวอย่างการตั้งสมมติฐาน เช่น อเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง ศึกษาอิทธิพลของราต่อการเจริญของแบคทีเรีย โดยตั้งสมมติฐานว่า เชื้อราสามารถย่อยแบคทีเรียจนตายหมด ราแข็งแรงและเจริญเร็วกว่าแบคทีเรียจึงแย่งที่จนแบคทีเรีย อยู่ไม่ได้ และราแย่งสารอาหารในวุ้นที่ใช้เลี้ยงแบคทีเรีย ฯลฯ ในกรณีที่สมมติฐานที่ยังพิสูจน์ไม่ได้ อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือล้มเลิกไป อย่างไรก็ตามสมมติฐาน และทฤษฎีซึ่งเป็นสมมติฐานที่ได้รับ การตรวจสอบมาแล้วหลายครั้ง และสามารถใช้อ้างอิงหรือกำหนดข้อเท็จจริงอื่น ๆ ได้กว้างขวาง อาจมีการเปลี่ยนแปลง หรือล้มเลิกไปได้ เมื่อได้รับข้อเท็จจริงเพิ่มขึ้นและถูกต้องกว่า โดยทั่วไปทฤษฎีที่ดีต้องกำหนดขอบเขต และสถานการณ์เป็นข้อบ่งชี้ไว้ด้วย ถ้านอกขอบเขตหรือสถานการณ์นี้แล้วจะไม่สามารถทำนายเหตุการณ์ได้อย่างถูกต้อง

 **4.** **การทดลองพิสูจน์**

 เมื่อกำหนดสมมติฐาน หรือกำหนดคำตอบไว้แล้วต้องทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ทุกคำตอบว่า คำตอบใดถูกต้องเป็นจริงเพื่อเป็นการทดสอบหาเหตุผล สมมติฐานที่ตั้งนั้น การตรวจสอบสมมติฐาน กระทำได้โดย ทำการทดลองที่มีการควบคุม (Control Experiment) กลุ่มควบคุม (Controlled Group) คือกลุ่มที่ไม่มีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องแต่มีไว้เป็นตัวเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง (Experiment Group) สิ่งที่ต้องควบคุมให้เหมือนกัน คือสิ่งที่เราไม่ต้องการศึกษาสิ่งที่ต้องการศึกษาจะให้แตกต่างกันเราเรียกว่า ตัวแปร (Variables) ดังตัวอย่าง เช่น การศึกษาการเจริญเติบโตของผักคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม ต้องการ pH ระหว่าง 5 – 6 จากตัวอย่างนี้ ตัวแปรต้น คือ pH ของสารละลายปุ๋ย ตัวแปรตาม คือ การเจริญเติบโตของผัก และตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ แสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณของสารละลายปุ๋ย เครื่องปลูกทุกชิ้น และเมล็ดพันธุ์

 **5.** **การสรุปผล**

 เมื่อกำหนดปัญหารวบรวมข้อมูล ตั้งสมมติฐาน และทดลองพิสูจน์แล้วก็นำผลที่ได้จากการทดลองมาสรุปผลการทดลองเพื่อ พิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้อง แล้วตั้งกฏเกณฑ์ สูตร และกฏวิทยาศาสตร์ขึ้นไว้สำหรับใช้ต่อไป

 ดังนั้น วิธีการทางวิทยาศาสตร์จึง เป็นวิธีการใช้ในการหาแสวงหาความรู้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนโดยทั่วไป (สุพรรฌทิพย์ อติโพธิ, 2557 : 1) ดังนี้

 5.1 การระบุปัญหา (Problem) หรือการตั้งคำถาม (Ask a Question) ที่เกิดจากการสังเกต (Observation)

 5.2 การตั้งสมมติฐาน (Construct Hypothesis)

 5.3 การตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยการสังเกต

การรวบรวมข้อเท็จจริง หรือพิสูจน์ด้วยการทดลอง (Experiment) เพื่อหาคำตอบของปัญหา

 5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) นำข้อมูลทั้งหมดมาแปลความหมายหรือเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

 5.5 การสรุปผล (Conclusion) เป็นการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานเพื่อนำไปสู่

การสร้างทฤษฎี



**ภาพประกอบ 2.4** ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ข : 6)

จากการศึกษาการทำงานของนักวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่านักวิทยาศาสตร์มีวิธีการทำงานอย่างมีระบบ มีขั้นตอนและมีการพัฒนาการต่อเนื่องกันมาตามลำดับจนได้ชื่อว่าเป็นวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการทำงานดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ประสบผลสำเร็จ และเกิดความเจริญก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว จนถึงปัจจุบันนี้บุคคลต่าง ๆ ในสาขาอื่น ๆ ก็ได้เล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์จากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่าสามารถนำไปใช้กับกระบวนการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมความรู้ทุกสาขาวิชา ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าวิธีการทางวิทยาสาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงแค่วิธีการเฉพาะสำหรับนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นวิธีการแสวงหาความรู้ทั่ว ๆ ไปที่เรียกว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์

**ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

พฤติกรรมที่เกิดจากการคิดและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและความคล่องแคล่วในการใช้เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ รวมเรียกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะค้นหา ผ่านการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง และวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำข้อมูล สารสนเทศและหลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Padilla, 1990 : 234 ; ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 25 - 27)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ใน การสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งสมาคมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความก้าวหน้า ทางวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science, 1993 : 24 - 27 ; 2001 : 32 - 36) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทั้งสิ้น 13 ทักษะ โดยจัดแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ ทักษะพื้นฐาน (ทักษะที่ 1 – 8) และทักษะขั้นบูรณาการ (ทักษะที่ 8 – 13) ดังนี้

 1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัส

อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความเห็นของผู้สังเกต

 2. ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัด

หาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมและความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องและใกล้เคียงกับความจริง

 3. ทักษะการคำนวณ (Using Numbers) หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น

 4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

 5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) หมายถึง ความสามารถใน การระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ

 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ

 5.2 สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร

 5.3 ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

 5.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

 6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจมากขึ้น อาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

 7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอยู่อาจได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลอง คำอธิบายนั้นได้มาจาก ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของ ผู้สังเกต ที่พยายามโยงบางส่วนที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์เดิม ให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

 8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตข้อมูล (Interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (Extrapolating)

 9. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง ความสามารถ

ในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป สมมุติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมุติฐาน ต้องสามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลองและแก้ไขได้เมื่อมีความรู้ใหม่เพิ่มเติม

 10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้ คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็น การวัด การทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

 11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling

Variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมุติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน
 12. ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

 12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดวิธีดำเนินการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

 12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

 12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

 13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

 พฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกเมื่อเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ไว้ดังต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 60 - 65 ; 2560ข : 25 - 27)

 **ทักษะการสังเกต**

 1. ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง

หรือหลายอย่าง

 2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ

 3. การบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ เช่น วันนี้อากาศร้อน ของเหลวในถ้วยนี้มีรสเค็ม ดอกไม้ดอกนี้มีกลิ่นหอม

 **ทักษะการวัด**

 1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

 2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

 3. บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

 4. ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาณ น้ำหนักและอื่น ๆ ได้ถูกต้อง

 5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

 **ทักษะการจำแนกประเภท**

 1. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

 2. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

 3. บอกเกณฑ์ที่คนอื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

 **ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา**

1. ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

2. วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

3. บอกชื่อของรูป และรูปทรงเรขาคณิตได้

4. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ เช่น ระบุรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจาก

หมุนรูป 2 มิติ หรือเมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ได้ เป็นต้น

5. บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

6. บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

 7. บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกเงา

ว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

 8. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

 **ทักษะการใช้ตัวเลข**

1. นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ และตัดสินว่า

ของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

2. บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีคิดคำนวณได้

 3. บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ หาค่าเฉลี่ยได้ และแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้

 **ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล**

 1. เลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

 2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

 3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

 4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เข้าใจดีขึ้นได้

 5. บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

 **ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล**

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นการอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของตนเอง เช่น ด่างทับทิมฆ่าเชื้อโรคได้ เป็นต้น

 **ทักษะการพยากรณ์**

 1. คาดคะเนคำตอบที่จะเกิดขึ้นจากหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

 2. การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลองจากข้อมูลที่มีอยู่ได้

 **ทักษะการตั้งสมมติฐาน**

 ทักษะการตั้งสมมติฐานเป็นทักษาะการหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น การให้ปุ๋ยแก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทางลำต้นให้ผลดกกว่าให้ทางราก หรือการให้ปุ๋ยแก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทางรากและลำต้นให้ผลไม่แตกต่างกัน เป็นต้น

 **ทักษะทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ**

 ทักษะทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้ และวัดได้ เช่น น้ำสะอาด คือน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส หรือความเจริญเติบโตของพืช หมายถึงความสูงของพืชที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

 **ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร**

 1. ระบุตัวแปรต้นได้

 2. ระบุตัวแปรตามได้

 3. ระบุตัวแปรควบคุมได้

 4. กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้อย่างเหมาะสม

  **ทักษะการทดลอง**

 1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

 2. ระบุอุปกรณ์และหรือสารเคมี ซึ่งจะต้องใช้ในการทดลองได้

 3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

 4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

 **ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป**

1. แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการหรือความสามารถที่สำคัญที่ใช้ใน

การหาคำตอบ หรือศึกษาเรียนรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ผู้เรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะสามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้จะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถจะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ดีที่สุดคือการให้เด็กได้เรียนรู้และหาคำตอบในสิ่งที่ตนเองสนใจ ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมเรียนรู้ทั้งในห้องเรียน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หรือการเรียนรู้จากแหล่งการเรียนรู้ภายนอก เช่น สวนพฤกษศาสตร์ พิพิธพัณฑ์วิทยาศาสตร์ แหล่งการเรียนรู้ธรรมชาตินอกห้องเรียน ฯลฯ ทั้งนี้คุณครูผู้สอนจะต้องสอดแทรกคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติในแต่ละทักษะอย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะซึ่งเป็นหัวใจสำคัญ ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

**ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี**

 การจัดการเรียนรู้วิชาการออกแบบและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาทักษะและกระบวนการ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ซึ่งทักษะสำคัญของการออกแบบและเทคโนโลยี เป็นความสามารถในการคิดเชิงระบบ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกัน และการสื่อสาร ซึ่งทักษะที่สำคัญประกอบด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทักษะการคิดเชิงคำนวณและการโค้ดดิ้ง (Coding) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 28 - 30)

 **1. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)**

 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการหาวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 28 - 29)

 1.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือ ความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

 1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

 1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

 1.4 ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อสร้างต้นแบบ (Create Prototype) เป็นการวางแผน การดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการตามวิธีที่ออกแบบ แล้วลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ จนได้ต้นแบบ (Prototype) ซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือชิ้นงานก็ได้

 1.5 ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ (Test, Evaluate, and Redesign Prototype) เป็นการทดสอบและประเมินการทำงานของต้นแบบซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือชิ้นงาน โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

 1.6 นำเสนอต้นแบบวิธีการและผลการแก้ปัญหา (Communicate Solutions and Prototype) เป็นการนำเสนอต้นแบบ พร้อมทั้งผลการทดสอบและประเมินการทำงานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องเพื่อนำมาปรับต้นแบบหรือการทำงานในครั้งถัดไป



**ภาพประกอบ 2.5** กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข : 29)

 จากภาพประกอบ 2.5 แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม ไม่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ลูกศรแบบ 2 หัว ที่เชื่อมระหว่างแต่ละขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แสดงให้เห็นว่าแต่ละขั้นสามารถเกิดขึ้นย้อนกลับไปมาได้ ส่วนลูกศรตรงกลางแสดงให้เห็นว่า กระบวนการแก้ปัญหาสามารถเกิดซ้ำได้ในบางขั้นตอนหากจำเป็น เช่น เมื่อดำเนินการแก้ปัญหาพบว่ายังต้องกลับไปรวบรวมข้อมูลหรือแนวคิดเพิ่มเติม หรือบางครั้งเมื่อพบว่าวิธีการที่เลือกไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ก็ต้องกลับไปเลือกวิธีการอื่นที่เคยสรรหาไว้ก่อนหน้านี้หรือรวบรวมแนวคิดและสรรหาวิธีการเพิ่มเติม

 **2. ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) และการ Coding**

 วิชาวิทยาการคำนวณ (Computing science) เป็นที่แพร่หลายในหลายประเทศ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยด้วย ซึ่งปัจจุบันนี้ได้บรรจุอยู่ในหลักสูตรการเรียนการสอนขั้นพื้นฐานสำหรับโรงเรียนทั่วประเทศเรียบร้อยแล้ว นอกจากวิชานี้จะสอนเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการเข้าใจสื่อสมัยใหม่แล้ว องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งคือการสอนเรื่องของ การคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) ที่จะพัฒนาให้เด็ก ๆ เกิดกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์ คิดอย่างเป็นระบบด้วยเหตุผลอย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ สามารถนำไปปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้ทั้ง คณิตศาสตร์ มนุษยศาสตร์ หรือวิชาอื่น ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560 : 30)

 2.1 ทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะนี้มีความสำคัญในการพัฒนาซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในศาสตร์อื่น ๆ และปัญหาในชีวิตประจำวันได้ด้วย ทักษะการคิดเชิงคำนวณมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

 2.1.1 การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (Decomposition) เป็น การพิจารณา และแบ่งปัญหา หรือแบ่งงาน หรือแบ่งส่วนประกอบ ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการ กับปัญหาได้ง่ายขึ้น

 2.1.2 การพิจารณารูปแบบของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบ แนวโน้ม และลักษณะทั่วไปของข้อมูล โดยพิจารณาว่าเคยพบปัญหาลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ หากมีรูปแบบของปัญหาที่คล้ายกันสามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาประยุกต์ใช้ และพิจารณารูปแบบปัญหาย่อยซึ่งอยู่ภายในปัญหาเดียวกัน ว่ามีส่วนใดที่เหมือนกัน เพื่อใช้วิธีการแก้ปัญหาเดียวกันได้ ทำให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น และการทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

 2.1.3 การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหา แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

 2.1.4 การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms) เป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงาน โดยมีลำดับของคำสั่งหรือวิธีการที่ชัดเจนที่คอมพิวเตอร์สามารถปฏิบัติตามได้

 แต่เมื่อนำแนวคิด 4 เสาหลักนี้ ไปใช้ในหลักสูตร พบว่ามีความซับซ้อนมากเกินกว่าที่ผู้เรียนในระดับประถมศึกษาจะเข้าใจได้ จึงมีการสร้างคำจำกัดความขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับเด็กมากขึ้น ในการประยุกต์คำจำกัดความเหล่านี้ไปใช้เพื่อกระตุ้นการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งประกอบด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 30)

 1. สร้างความชำนาญ (Tinkering) เป็นการฝึกทักษะผ่านการเล่น การสำรวจและการทดลอง โดยไม่ได้มีเป้าหมายแน่ชัด เหมือนเป็นการทดลองสิ่งใหม่ ๆ โดยเด็กจะฝีกความชำนาญผ่านการทำซ้ำ ๆ หรือลองวิธีการใหม่ ๆ ในแต่ละสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ

 2. สร้างความสามัคคีและทำงานร่วมกัน (Collaborating) เป็นการทำงานร่วมกับผู้อื่น ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมใด ๆ หรืองานอดิเรกในยามว่าง เป็นการร่วมมือกันเพื่อให้งานนั้น ๆ ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

 3. สร้างความคิดสร้างสรรค์ (Creating) เป็นการคิดค้นสิ่งที่เป็นต้นแบบ หรือสร้างสรรค์คุณค่าให้กับกิจกรรมใด ๆ เช่น การสร้างเกม แอนนิเมชั่น หรือหุ่นยนต์ง่าย ๆ เปิดโอกาสให้เด็กได้มีส่วนร่วมในการออกแบบและสร้างสิ่งต่าง ๆ แทนที่จะแค่ฟัง สังเกต และลงมือใช้ตามที่ครูสอน

 4. สร้างวิธีการแก้ไขจุดบกพร่อง (Debugging) เป็นการเรียนรู้ที่จะแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมใด ๆ ที่ต้องทำแบบเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อเจอจุดที่ผิดพลาด ต้องคิดวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล เพื่อแก้ไขและไม่ให้เกิดสิ่งนั้นขึ้นอีก

 5. สร้างความอดทนและความพยายาม (Persevering) เป็นการเผชิญหน้ากับ ความท้าทายในการทำกิจกรรมที่ยากและซับซ้อน แม้จะล้มเหลวแต่ต้องไม่ล้มเลิก ต้องใช้ ความพากเพียรในการทำงานชิ้นนั้น ๆ แม้จะต้องรับมือกับสิ่งที่ยากและสร้างความสับสนให้ในบางครั้ง แต่ต้องมี ความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ เพื่อผลลัพธ์ที่ดีตามที่ต้องการ

 โดยสรุปแล้ว การคิดเชิงคำนวณ เป็น“วิธีคิด” ให้เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหา สามารถวิเคราะห์และคิดอย่างมีตรรกะ เป็นระบบและสร้างสรรค์ รวมทั้งสามาถนำวิธีคิดเชิงคำนวณไปปรับใช้แก้ไขปัญหาในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เป็นประโยชน์ในการต่อยอดองค์ความรู้ต่าง ๆ ต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

 2.2 ทักษะการโค้ดดิ้ง (Coding) การโค้ดดิ้ง คือ การเขียนชุดคำสั่งของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโค้ด (Code) เพื่อให้โปรแกรมทำตามคำสั่ง อธิบายให้เข้าใจง่าย ๆ ก็คือการสั่งงานคอมพิวเตอร์ให้ทำตามที่เราต้องการ โดยการใช้ภาษาของคอมพิวเตอร์ เช่น C++ PHP Java หรือ Python เป็นต้น การโค้ดดิ้ง เป็นทักษะที่ช่วยให้เด็กคิดทุกเรื่องอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งจะส่งผลให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา คือ สามารถแตกปัญหาออกเป็นส่วน ๆ เพื่อหาสาเหตุและวิธีแก้ไขในแต่ละส่วนไปทีละปัญหาย่อย อีกทั้งในแต่ละขั้นตอนการเขียนโค้ดจะได้เรียนรู้ระบบการวางแผน เมื่อผู้เรียนฝึกฝนไปสักพักก็จะทำให้เข้าใจหลักการและจับประเด็นได้ดีขึ้น

 การสอนวิทยาการคำนวณถูกจัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นวิชาบังคับในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) จากเดิมที่เด็กไทยได้เรียนวิชาคอมพิวเตอร์ในฐานะผู้ใช้ ในหลักสูตรนี้จะสอนให้เป็นผู้เขียน ผู้พัฒนา และได้ฝึกหัดคิดอย่างเป็นระบบคอมพิวเตอร์มากขึ้น โดยโครงสร้างหลักสูตรแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) หัวใจหลักของวิชานี้ ทำให้คิดได้เป็นขั้นตอน โดยใช้การเขียนโปรแกรมมาเป็นเครื่องมือ ตามแนวทาง เทคโนโลยีสารสนเทศ (Computational Thinking ICT) ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูล จัดการข้อมูล นำข้อมูลมาประมวลผล และทำการตัดสินใจจากพื้นฐานของข้อมูลได้ และการรู้เท่าทันดิจิทัล (Digital Literacy) ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญ อีกทั้งสามารถสร้างสรรค์ผลงานบนเทคโนโลยีได้ วิธีคิดด้วยหลักเหตุและผลจะช่วยผู้เรียนได้ดีขึ้น เพราะผู้เรียนจะได้เรียนรู้โครงสร้างของคำตอบ และความคิดผ่านการแก้ไขปัญหา ในขั้นตอนดำเนินการต่าง ๆ พวกเขาจะได้เห็นและเข้าใจว่าการเขียนโค้ดสามารถช่วยให้เรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิชาอื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น เข้าใจได้รวดเร็วขึ้น เพราะการเขียนโค้ดกับหลักคณิตศาสตร์มีรากฐาน

ที่คล้ายคลึงกันมาก ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการและจับประเด็นได้ดีขึ้น

 การเขียนโค้ดเป็นทักษะสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนก้าวหน้าในโลกอนาคตที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ในขณะที่สอนการเขียนโค้ด ผู้เรียนก็จะได้สอนทักษะต่าง ๆ อย่างการคิด เชิงวิพากษ์และการแก้ไขปัญหาไปในตัวอีกด้วย และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในโลกออนไลน์ที่มีฐานข้อมูล และทรัพยากรต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเขียนโค้ดก็เปิดโอกาสในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนทุกคนทั้งในโรงเรียนและหลังเลิกเรียน

 กล่าวโดยสรุป ทักษะการโค้ดดิ้งเป็นทักษะที่ช่วยให้เด็กคิดทุกเรื่องอย่างเป็นเหตุ เป็นผล ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โครงสร้างของคำตอบ และความคิดผ่านการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนดำเนินการต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา คือ สามารถแตกปัญหาออกเป็นส่วน ๆ เพื่อหาสาเหตุและวิธีแก้ไขในแต่ละส่วนไปทีละปัญหาย่อย อีกทั้งในแต่ละขั้นตอนการเขียนโค้ดจะได้เรียนรู้ระบบและการวางแผนแก้ปัญหาต่าง ๆ

 ทักษะการโค้ดดิ้งถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งทักษะสำคัญแห่งยุคดิจิทัล ที่ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการให้นักเรียนได้เริ่มเรียนรู้การโค้ดดิ้งตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาถือได้ว่าเป็นที่เรื่องดี และยังช่วยทำให้นักเรียนยุคใหม่ก้าวทันโลกอีกด้วย ครูจึงควรผลักดันให้นักเรียนได้เรียนรู้ภาษาคอมพิวเตอร์และการโค้ดดิ้งให้กลายเป็นภาษาที่ 3 และวิชาใหม่ ในยุคดิจิทัลที่เด็ก ๆ ทุกคนจะได้เรียนรู้ไปพร้อม ๆ กัน

**ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21**

 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 หมายถึงกลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงานที่เชื่อว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะนี้เป็นผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (The Parnership for 21st Century Learning, 2011 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 31) โดยกรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นำเสนอทั้งส่วนของผลลัพธ์ของผู้เรียนและระบบสนับสนุนต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 2.6



**ภาพประกอบ 2.6** กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก The Parnership for 21st Century Learning (P21) Framework for 21st Century Learning (2011, Online)

 การศึกษาในยุคปัจจุบันต้องเตรียมเยาวชนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เด็กและเยาวชนควรมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หรือ 3Rs´7Cs (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 32 - 35) โดย 3Rs ประกอบด้วยทักษะการรู้หนังสือ ได้แก่ ทักษะ

การอ่าน (Reading) ทักษะการเขียน (Writing) และทักษะเลขณิต (Arithmetic) ส่วน 7Cs ประกอบด้วย ทักษะ 7 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information, and Media Literacy) ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork, and Leadership) การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง (Career and Learning Self–reliance) และความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ (Cross–cultural Understanding)

 กรอบความคิดนี้ยังอธิบายว่า ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ 21 จะประสบความสำเร็จในชีวิตและอาชีพได้จำเป็นต้องรู้หนังสือ นั่นคือมีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ควบคู่ไปกับความรอบรู้ ที่บูรณาการกันระหว่างความรู้ในวิชาการและทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นบุคคล

แห่งศตวรรษที่ 21 จะต้องเป็นผู้รู้หนังสือ มีทักษะในการเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตัวเองอันนำไปสู่ การเป็นผู้มีด้านความรู้ทางวิชาการที่เข้มแข็งจึงจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์สื่อสารและทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข : 31 - 35)

 นอกจากนี้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2560 : 15 - 16) ได้ระบุทักษะที่จำเป็น

แห่งศตวรรษที่ 21 ที่สอดคล้องกับสมรรถนะที่ควรมีในพลเมืองยุคใหม่รวม 7 ด้าน ดังนี้

 1. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem solving) เป็นความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ การคิดอย่างเป็นระบบ การประเมินและการตัดสินใจ และการแก้ปัญหา

 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) หมายถึง การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วยมุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้

 การแก้ปัญหา (Problem Solving) หมายถึง การแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ได้ โดยอาจใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ และประสบการณ์ที่เคยรู้มาแล้ว หรือการสืบเสาะหาความรู้วิธีการใหม่ มาใช้แก้ปัญหาก็ได้ นอกจากนี้ยังรวมถึงการซักถามเพื่อทำความเข้าใจมุมมองที่แตกต่างหลากหลายเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ดีมากขึ้น

 2. ด้านการสื่อสาร สารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information, and Media Literacy) หมายถึง ความสามารถในการเข้าถึง การจัดการ การประเมินและการใช้งานสารสนเทศอย่างมีประสิทธิผล (เวลาในการเข้าถึงสื่อ) และประสิทธิภาพ (การเข้าถึงและใช้งานแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย) รวมถึงความสามารถในการผลิตและใช้สื่อเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่น อย่างถูกต้อง เหมาะสม ประกอบด้วย

 2.1 สามารถเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง เหมาะสมเพื่อสร้างสื่อได้ตรงตามวัตถุประสงค์รวมถึงสามารถสื่อสารความคิดผ่านสื่อข้อความหรือสื่อรูปแบบอื่น

 2.2 เข้าใจวัตถุประสงค์ของการสร้างสื่อข้อความรวมถึงวิธีการสร้างสื่อนั้น ๆ

 2.3 เข้าใจอิทธิพลของความเชื่อและวัฒนธรรมต่อสื่อรูปแบบต่าง ๆ และผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม

 2.4 เข้าใจข้อตกลง ข้อกำหนด และกฎหมายในการใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ การใช้ลิขสิทธิ์ด้านสารสนเทศและสื่อของผู้อื่นโดยชอบธรรม

 3. ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork, and Leadership) เป็นการแสดงความสามารถในการทำงานร่วมกับคนกลุ่มต่าง ๆ ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพและให้เกียรติ มีความยืดหยุ่นและยินดีที่จะประนีประนอมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการทำงาน พร้อมทั้งยอมรับและแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน และเห็นคุณค่า ของผลงานที่พัฒนาขึ้นจากสมาชิกแต่ละคนในทีม

 4. ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) เป็นความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการนำไปปฏิบัติ

เพื่อสร้างนวัตกรรม

 5. ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) หมายถึงทักษะและความชำนาญในการนำเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวิธีการที่เกี่ยวกับดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดแวร์ เช่น คอมพิวเตอร์โทรศัพท์ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สื่อออนไลน์ จนกระทั่งฐานข้อมูลออนไลน์มาใช้ในการทำงานเพื่อการสืบค้น การรวบรวม การจัดการ

การประมวลผล การประเมินความถูกต้อง และการสื่อสารและนำเสนอสารสนเทศเพื่อพัฒนากระบวนการทำงานให้ทันสมัย และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ทักษะในด้านนี้ยังรวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสาร สามารถใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานคอมพิวเตอร์ การใช้แนวคิดเชิงคำนวณใน การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

 6. ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง (Career and Learning Self–reliance) หมายถึง ทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และทำงานในยุคปัจจุบันอย่างมีคุณภาพ ทักษะที่สำคัญในกลุ่มนี้ประกอบด้วยความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Flexibility and Adaptability) เพื่อให้เข้ากับภาวะการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รวมถึงภาวะที่มีทรัพยากรจำกัดในยุคปัจจุบันซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแผนการทำงานที่วางไว้ และสามารถนำความเห็นที่แตกต่างมาทำความเข้าใจ และสร้างดุลยภาพเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้ส่วนการริเริ่มและการกำกับดูแลตัวเอง (Initiative and Self-direction) ซึ่งทักษะนี้ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการทำงานได้ด้วยตนเองและมองเห็นโอกาสในการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิผลและขยายความเชี่ยวชาญของตนเองได้ ความสามารถในการกำหนดเป้าหมายจัดการเวลาและภาระงานของตนเอง และความสามารถ

ในการชี้นำตนเองและพัฒนาตนเองโดยการทบทวนจากประสบการณ์ที่ผ่านมา

 7. ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (Cross–cultural Understanding) ทักษะในด้านนี้หมายถึง ความสามารถในการทำงานและดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อม ที่คนมีความคิดเห็นและความเชื่อหลากหลายโดยไม่รู้สึกแปลกแยก เคารพ ความแตกต่างทางวัฒนธรรม สามารถยอมรับและตอบสนองความคิดเห็นที่แตกต่างในเชิงบวก นำไปสู่การสร้างแนวคิดหรือวิธีการทำงานใหม่ได้

 จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เป็นความสามารถและทักษะ

ที่สำคัญที่บุคคลพึงมีเพื่อเตรียมตัวสำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ทักษะ

แห่งศตวรรษที่ 21 ยังเป็นเป้าประสงค์ของการจัดการศึกษาและการเรียนรู้ที่ช่วยชี้นำวิธีการสร้างกระบวนการเรียนรู้ที่พัฒนาชีวิตของผู้เรียนให้มีคุณภาพและประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิต

การทำงานและสามารถดำรงชีพอยู่ได้กับการเปลี่ยนแปลงในสังคมโลกปัจจุบัน

**จิตวิทยาศาสตร์**

 จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิดในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือได้รับประสบการณ์

การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ การกระทำและการแสดงออกทางพฤติกรรมต่อความรู้หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความชอบ สนใจที่จะเรียนรู้ ตลอดจนมีความรู้สึก ที่ดีต่อวิทยาศาสตร์เพราะจะส่งผลต่อความรู้สึก นึกคิด และทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์และการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเป็นผู้ที่เชื่อมั่น ยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถ

นำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรมและมีคุณค่า โดยจิตวิทยาศาสตร์

จะครอบคลุมเกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ก : 36)

 สมาคมพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science ; AAAS, 2001 : 47) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานด้านจิตวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

 1. เข้าใจว่าหลักฐานชิ้นเดียวกันอาจจะมีคำอธิบายที่แตกต่างกันได้ และไม่จำป็น

ต้องมีคำอธิบายที่ถูกต้องเพียงหนึ่งเดียว

 2. มีส่วนร่วมกับการอภิปรายภายในกลุ่มเกี่ยวกับหัวข้อทางวิทยาศาสตร์โดยการสรุปสิ่งที่คนอื่นพูดให้ถูกต้อง ถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจชัดเจนหรือขยายขอบเขตความรู้ และนำเสนอทางเลือกใหม่ ๆ

 3. ใช้ตาราง แผนภูมิ และกราฟในการสร้างข้อโต้แย้งและสนับสนุนคำพูดและสิ่งที่นำเสนอ

 4. ระลึกไว้เสมอว่าอาจจะมีวิธีการที่ดีมากกว่าหนึ่งวิธีที่ใช้แปลความหมายชุดของข้อมูลที่ค้นพบ

 คุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า จิตวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทนรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 151 ; 2560ข : 37) หรืออาจกล่าวได้ว่า จิตวิทยาศาสตร์ เป็นคุณลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้

โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กล้าคิดกล้าแสดงออก เสนอความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่ม กระตือรือร้นในการปฏิบัติงานและตรงต่อเวลา มีเหตุผลรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่ม มีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น ภูมิใจในผลงานของกลุ่มที่ร่วมกันจัดทำ และแสดงความชื่นชมยินดีกับเพื่อนกลุ่มอื่น

 สรุปได้ว่า จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัย ความเชื่อของบุคคลที่เกิดขึ้นในขณะทำงานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรม ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความสื่อสัตย์ และความใจกว้างลักษณะของบุคคลที่มีจิตวิทยาศาสตร์

ที่เอื้ออำนวยต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะสำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ก : 37) ดังนี้

 1. ความอยากรู้อยากเห็น นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับ

ปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในเรื่องต่าง ๆ และจะมีความยินดีมากที่ได้พบ

ความรู้ใหม่

 2. ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีความรับผิดชอบและ มีความเพียรพยายาม ไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรค หรือมีความล้มเหลวในการทดลอง มีความตั้งใจ แน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้ เมื่อได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องก็จะได้ทราบว่าวิธีการเดิมใช้ไม่ได้ ต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่ และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นนั้นก็ถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องบันทึกไว้

 3. ความมีเหตุผล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อ มีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพออธิบาย หรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่าง ๆ

กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสดงหลักฐานและข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอก่อนจะสรุปผล เห็นคุณค่า

ในการสรุปผล เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผล ยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง

 4. ความมีระเบียบและรอบคอบ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้เห็นคุณค่าของ

ความมีระเบียบและรอบคอบว่ามีประโยชน์ในการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน

นำวิธีการหลาย ๆ วิธีมาตรวจสอบผลการทดลองหรือวิธีการทดลอง ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ ละเอียดถี่ถ้วนในการทำงานทำงานอย่างเป็นระบบเรียบร้อย มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

 5. ความซื่อสัตย์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความซื่อสัตย์ บันทึกผลหรือข้อมูล

ตามความเป็นจริงด้วยความละเอียดถูกต้อง ผู้อื่นสามารถตรวจสอบในภายหลังได้ เห็นคุณค่า

ของการเสนอข้อมูลด้วยความเป็นจริง

 6. ความใจกว้าง นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ยอมรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง ข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่นโดยไม่ยึดมั่นในความคิด

ของตนเองฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลง พร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับประเด็นปัญหา

ที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้

 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 133 - 136) ได้แนะนำ ถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ไว้ดังนี้

 1. ด้านความอยากรู้อยากเห็น

 1.1 ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะใช้เป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้

 1.2 มีความใฝ่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหา ใหม่ ๆ อยู่เสมอ

 1.3 มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่าง ๆ

 1.4 ชอบทดลองค้นคว้า

 1.5 ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น ฯลฯ

 2. ด้านความรับผิดชอบและเพียรพยายาม

 2.1 ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย

 2.2 เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ

 2.3 ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา

 2.4 เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม

 2.5. ทำงานเต็มความสามารถ

 2.6 ดำเนินการแก้ปัญหาจนกว่าจะได้คำตอบ

 2.7 ไม่ท้อถอยในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว

 2.8 มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลามาก ฯลฯ

 3. ด้านความมีเหตุผล

 3.1 ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

 3.2 เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่าง ๆ

 3.3 พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลาง หรือคำทำนาย

ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

 3.4 อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล

 3.5 หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น

 3.6 ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ

กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

 3.7 เสาะแสวงหาหลักฐาน/ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

 3.8 รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ ฯลฯ

 4. ด้านความมีระเบียบและรอบคอบ

 4.1 ยอมรับว่าความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มีประโยชน์

 4.2 เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ

 4.3 นำวิธีการหลาย ๆ วิธีมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง

 4.4 มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์

 4.5. มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน

 4.6 มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน

 4.7 ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง

 4.8 ทำงานอย่างมีระเบียบและเรียบร้อย ฯลฯ

 5. ด้านความซื่อสัตย์

 5.1 เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างกับผู้อื่น

 5.2 เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง

 5.3 บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองเข้าไปเกี่ยวข้อง

 5.4 ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง ฯลฯ

 6. ด้านความใจกว้าง

 6.1 รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น

 6.2 ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง

 6.3 รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ

 6.4 ยอมพิจารณาข้อมูลหรือแนวความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่

จะหาข้อมูลเพิ่มเติม ฯลฯ

 จิตวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิดในทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือได้รับประสบการณ์เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ การกระทำและการแสดงออกทางพฤติกรรมต่อความรู้หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนมีความจำเป็นที่จะต้อง

สร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความชอบ สนใจที่จะเรียน ตลอดจนมีความรู้สึกที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เพราะจะส่งผลต่อความรู้สึกนึกคิด และทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เห็นประโยชน์

และคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์และการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

**สรุป**

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สืบค้นหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติโดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งหาความรู้ การทำงานหรือสังคมของนักวิทยาศาสตร์ และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะที่สำคัญ

คือ เป็นความรู้เชิงประจักษ์ เป็นความรู้ที่ได้มาด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เป็นความรู้ที่มีลักษณะเป็นความจริงสากล เป็นความรู้ที่ยังไม่มีความจริงที่สมบูรณ์ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีลักษณะเป็นปรนัย เป็นความรู้ที่อาศัยเหตุผลง่าย ๆ ไปจนถึงเหตุผล ที่ต้องใช้ความรู้เฉพาะและต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจะมีความเข้าใจได้ และเป็นความรู้ที่นำมาพัฒนาความเจริญในด้านต่าง ๆ ได้แก่ กฏและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ

ความจริงที่เกี่ยวกับธรรมชาติที่ได้มาโดยอาศัยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือที่เรียกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น มีลักษณะที่แตกต่างกัน ได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ ทฤษฎี และสมมติฐาน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเสาะแสวงหาความจริงหรือความรู้ต่าง ๆในธรรมชาติอย่างมีกระบวนการที่เป็นแบบแผน มีขั้นตอนที่สามารถปฏิบัติตามได้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ ตั้งปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล หรือข้อเท็จจริง สร้างสมมติฐาน ทดลองพิสูจน์ และสรุปผล ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการคิดและ

การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและความคล่องแคล่วในการใช้เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ โดยจัดแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ ทักษะพื้นฐาน และทักษะขั้นบูรณาการ

 การจัดการเรียนรู้วิชาการออกแบบและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาทักษะและกระบวนการ

ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ซึ่งทักษะสำคัญของการออกแบบและเทคโนโลยี เป็นความสามารถในการคิดเชิงระบบ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกัน และการสื่อสาร ซึ่งทักษะที่สำคัญประกอบด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทักษะการคิดเชิงคำนวณและการโค้ดดิ้ง

 การศึกษาในยุคปัจจุบันต้องเตรียมเยาวชนให้มีทักษะสำหรับการออกไปดำรงชีวิตในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 เด็กและเยาวชนควรมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หรือ 3Rs´7Cs โดย 3Rs ประกอบด้วย ทักษะการรู้หนังสือ ได้แก่ ทักษะการอ่าน ทักษะการเขียน และทักษะเลขคณิต ส่วน 7Cs ประกอบด้วยทักษะ 7 ด้าน คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การสร้างสรรค์และนวัตกรรม คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การทำงาน การเรียนรู้และ การพึ่งตนเอง และความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์

 จิตวิทยาศาสตร์ หรือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วม

แสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

อย่างสร้างสรรค์ ลักษณะของบุคคลที่มีจิตวิทยาศาสตร์ ที่เอื้ออำนวยต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญ ดังนี้ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์และความใจกว้าง

**คำถามท้ายบท**

 1. จงบอกองค์ประกอบของวิทยาศาสตร์

 2. จงอธิบายความหมายของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์มาพอเข้าใจ

 3. จงอธิบายความหมายความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท

 4. จงระบุองค์ประกอบที่สำคัญของจิตวิทยาศาสตร์

 5. จงระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการพร้อมทั้ง บอกความหมายในแต่ละทักษะมาพอเข้าใจ

 6. จงอธิบายความสัมพันธ์ของจิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังความคิด

 7. จงบอกความสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาตร์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

 8. ลักษณะใดของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นปัจจัยสำคัญทำให้ นิวตันค้นพบกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล

 9. นักวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะใดบ้างที่ช่วยให้การศึกษาหาความรู้ประสบความสำเร็จ

 10. การทำงานอย่างเป็นระบบของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการค้นคว้าและสวงหาความรู้ มีขั้นตอนอย่างไร

**เอกสารอ้างอิง**

กุศลิน มุสิกุล. (2551). **ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.** ครูวิทยาศาสตร์, 15 (1), 66 –71.

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2557). **การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.** วารสาร

 สุทธิปริทัศน์, 28 (86), 352 - 364.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). **การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์

 แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดวิธีและเทคนิค**

 **การสอน 1.** กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2542). **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน.** กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์

 พับลิเคชั่นส์.

วรนุช แหยมแสง. (2558). **กระบวนวิชาพฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ 1 (Teaching Behavior**

 **in Science).** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุพรรฌทิพย์ อติโพธิ. (2557). **สรุปชีววิทยามัธยมปลาย.** กรุงเทพฯ : กรีนไลฟ์ พริ้นท์ติ้งเฮ้าท์.

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2531). **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.**

 กรุงเทพมหานคร : บริษัทเจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์ จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.**

 กรุงเทพฯ : สกสค. ลาดพร้าว.

\_\_\_\_\_\_\_. (2560ก). **คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้**

 **วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน**

 **พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอน

 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**.**

\_\_\_\_\_\_\_. (2560ข). **เอกสารประกอบการอบรมครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนคุณภาพของ สสวท.**

 **เรื่อง เทคนิคปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** กรุงเทพฯ : สถาบัน

 ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**.**

\_\_\_\_\_\_\_. (2561ก). **คู่มือการใช้หลักสูตรวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) และหนังสือเรียน**

 **วิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ).** กรุงเทพฯ : สกสค. ลาดพร้าว.

\_\_\_\_\_\_\_. (2561ข). **วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 1 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน**

 **วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ : สกสค. ลาดพร้าว.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2560 – 2579).**

 กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.

American Association for the Advancement of Science. (1993). **Benchmarks for**

 **Science Literacy.** New York : Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science. (2001). **Project 2061**

 **Textbooks Evaluations : Middle Grades Mathematics, Middle Grades**

**Science, Algebra, and High - School Biology.**  Retrieved July 10, 2011 from http://www.project2061.org/newsinfo/research/textbook/default.htm.

Johnson, A. T., and Southerland, S. A. (2002, April). **Conceptual Ecologies and Their**

**Influence on Nature of Science Conceptions : More Dazed and Confused Than Ever.** A Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.

McComas, W. F. (2000). The Principle Elements of the Nature of Science : Dispelling

the Myths. In McComas, W. F. (ed.), **The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies.** Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 53 – 70.

\_\_\_\_\_\_\_. (2005). **Laboratory Instruction in the Service of Science Teaching**

 **and Learning.** The Science Teacher, 72 (7), 24 - 29.

Padilla, M. J. (1990). **Research Matters to the Science Teacher.** NARST Publication,

 No. 9004.

The Partnership for 21st Century Skills**.** (2011). **Framework for 21st Century Learning.**

Retrieved June 18, 2018 from http://www.P21.org.