**แผนบริหารประจำบทที่ 1  
เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม** หลังจากศึกษาบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ได้

2. ระบุแนวทางการสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติแห่งการรู้วิทยาศาสตร์ได้

3. ระบุถึงลักษณะของบุคคลที่มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ได้

4. บอกเป้าหมายและความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ 5. อธิบายความสำคัญของจุดประสงค์ที่มีต่อผู้เรียนและผู้สอนได้

6. บอกวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้  
 7. ระบุสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้

8. ระบุเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้

**เนื้อหา**ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การรู้วิทยาศาสตร์

เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

1. วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3. สาระการเรียนรู้

4. มาตรฐานการเรียนรู้

5. คุณภาพผู้เรียน

6. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

จุดประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

1. ความรู้และความเข้าใจ

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ

5. เจตคติและความสนใจ

6. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์

สรุป

คำถามท้ายบท

**วิธีสอนและกิจกรรม** 1. ผู้สอนนำอภิปรายความหมายและความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการรู้วิทยาศาสตร์

2. แบ่งนักเรียนออกเป็น 5-6 กลุ่ม ให้ศึกษาเป้าหมายและจุดประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน  
 3. สรุปข้อความรู้ที่ได้โดยเขียนสรุปในลักษณะของผังความคิดในประเด็นต่อไปนี้

3.1 เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 1) วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2) เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4) มาตรฐานการเรียนรู้

3.2 จุดประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

1) ความรู้และความเข้าใจ

2) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

4) ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ

5) เจตคติและความสนใจ

6) การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์  
 4. นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอผังความคิดของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน  
 5. ร่วมอภิปรายซักถามระหว่างผู้สอนและนักศึกษาเพื่อทบทวนความเข้าใจโดยศึกษาเพิ่มเติมจากเอกสารประกอบการสอน  
 6. ตอบคำถามในแบบฝึกท้ายบท

**สื่อการเรียนการสอน** 1. ใบงานกิจกรรมกลุ่ม  
 2. เอกสารประกอบการสอน  
 3. คำถามท้ายบท

**การวัดและประเมินผล** 1. ซักถามข้อความรู้ทุกประเด็น  
 2. ประเมินการนำเสนอ  
 3. ประเมินการตอบคำถามท้ายบท

**บทที่ 1**

**เป้าหมายและจุดประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

**ธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากความพยายามของมนุษย์ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (scientific inquiry) ในการสังเกต สำรวจตรวจสอบ ศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ และการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา ซึ่งองค์ความรู้และกระบวนการแสวงหาคำตอบมีการถ่ายทอด ต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนาน ความรู้วิทยาศาสตร์ยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ ถูกนำมาใช้ในการออกแบบสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรม เทคโนโลยี สิ่งของ สินค้า บริการ หรือผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการในการแก้ปัญหาของมนุษย์

เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นสิ่งที่จะเรียกว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น จะต้องตั้งอยู่บนเงื่อนไข 3 ประการ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้จากการศึกษาธรรมชาติ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการใช้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตรวจสอบ ศึกษา วิจัย ค้นคว้าและค้นหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ผ่านการตรวจสอบ หรือยืนยันแล้วว่าเป็นความจริงตามเงื่อนไขที่กำหนด ส่วนสมมติฐานซึ่งเป็นความรู้ที่ยังสงสัยในความถูกต้องอยู่ และยังต้องรอการทดสอบจึงยังไม่จัดเข้าไว้ในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้วิทยาศาสตร์จะต้องสามารถอธิบายและตรวจสอบซ้ำได้ เพื่อนำมาใช้อ้างอิงทั้งในการสนับสนุน หรือโต้แย้งเมื่อมีการค้นพบข้อมูล หรือหลักฐานใหม่ หรือแม้แต่ข้อมูลเดิมเดียวกันก็อาจเกิดความขัดแย้งขึ้นได้ถ้านักวิทยาศาสตร์แปลความหมายด้วยวิธีการหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science, AAAS) ได้กำหนดลักษณะต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเด็น คือ

1. โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (scientific worldview) ด้วยวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดในธรรมชาติทั้งบนโลกและนอกโลกนักวิทยาศาสตร์จึงมีมุมมองเฉพาะตัวเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้ของปรากฏการณ์

ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งอาจแตกต่างจากมุมมองของศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้

1.1 เราสามารถทำความเข้าใจสิ่งต่างๆ บนโลกได้ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลกหรือในเอกภพ ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นแบบรูป (pattern) สามารถเข้าใจได้ด้วยสติปัญญา วิธีการศึกษาที่เป็นระบบ ผนวกกับการใช้ประสาทสัมผัสและเครื่องมือต่างๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสิ่งต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจได้และคำถามใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้เสมอ ยิ่งข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นก็ยิ่งทำให้มนุษย์เข้าใจและเข้าใกล้ความจริงของปรากฏการณ์นั้น ๆ ยิ่งขึ้น

1.2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ จากการสังเกต การทดลอง การสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดรอบคอบและเป็นระบบ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสิ่งที่สนใจ แต่ระหว่างการทำงานก็มักเกิดคำถามใหม่ขึ้นตลอดเวลาไม่มีสิ้นสุด ส่งผลให้มีการปรับปรุงหรือคิดค้นวิธีการใหม่ในการค้นหาคำตอบ และอาจได้หลักฐาน (Evidence) ใหม่ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายหรือองค์ความรู้ทาง

1.3 วิทยาศาสตร์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน และเชื่อถือได้ แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะยอมรับเรื่องความไม่แน่นอน และความไม่มีที่สิ้นสุดของความรู้หรือคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติ แต่ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นมาผ่านวิธีการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นระยะเวลาหนึ่งจนมั่นใจในคำอธิบายนั้น รวมถึงมีการตรวจสอบอย่างเข้มข้นจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ จนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ และจนกว่าการค้นพบความรู้ใหม่จะลบล้างความรู้เดิมได้อาจใช้ระยะเวลายาวนาน

1.4 ทฤษฎีและกฎมีความสัมพันธ์กันแต่แตกต่างกัน มักมีแนวความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า กฎเป็นทฤษฎีที่พัฒนาแล้ว จึงมีความน่าเชื่อถือและมีคุณค่ามากกว่าทฤษฎี ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ทั้งกฎและทฤษฎีต่างก็เป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญเท่าเทียมกัน โดย กฎ (law) คือ แบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาติ ส่วน ทฤษฎี (theory) คือ คำอธิบายแบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาตินั้น ๆ เช่น การใช้ทฤษฎีพลังงานจลน์ของอนุภาคมาอธิบายแบบรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิตามกฎของชาร์ล

1.5 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม วิทยาศาสตร์เชื่อถือข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต ทดลอง หรือวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สิ่งต่าง ๆ ในโลกหลายสิ่ง ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณ สิ่งลี้ลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ โชคชะตา หรือโหราศาสตร์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงไม่มีหน้าที่ให้คำตอบหรืออธิบายในเรื่องเหล่านี้ แม้ว่าบางครั้งอาจมีแนวคำตอบหรือทางเลือกที่เป็นไปได้ก็ตาม

2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (empirical evidence) จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์ เป็นการทำงานเพื่อสืบเสาะหาคำอธิบายสิ่งที่สนใจทั้งโดย

ส่วนตัวและร่วมกันของกลุ่มคนที่มีความสนใจเดียวกัน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นมากกว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์” หรือ “การทดลองทางวิทยาศาสตร์” แต่เป็นการค้นหาคำตอบที่สนใจผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบรอบคอบ แต่มีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะ

หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

2.1 คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้

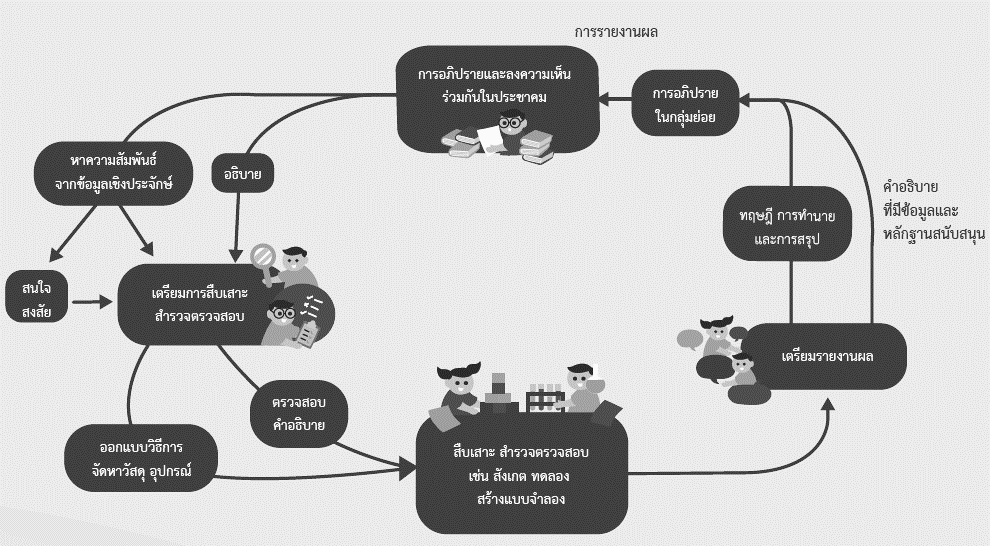
2.2 ข้อมูลหลักฐานทั้งเชิงประจักษ์และจากที่ผู้อื่นค้นพบ

2.3 การทำความเข้าใจ วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ แล้วหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่สงสัย

2.4 การเชื่อมโยง เปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น

2.5 การสื่อสารคำอธิบายหรือสิ่งที่ค้นพบให้ผู้อื่นทราบ

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น ไม่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ในขณะเดียวกันอาจต้องสืบเสาะซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อตอบคำถาม และอาจเกิดคำถามใหม่ที่ต้องสืบเสาะหาคำตอบต่อไปหมุนวนเช่นนี้เป็นวัฏจักร ดังแสดงไว้ ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชี้นำ

ที่มา: ปรับปรุงจาก (Magnusson, S. J., & Palincsar, A. S., 2005)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (evidence) การสร้างคำอธิบายหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ (empirical evidence) จากการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง หรือวิธีอื่น ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำซ้ำได้ และมีความถูกต้อง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใดที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคม ก็จะได้รับการยอมรับและเผยแพร่ให้คนทั่วไปในสังคมได้เรียนรู้ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่การค้นพบจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคมอาจต้องใช้เวลานาน เช่น แม้ว่าไอสไตน์ ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. 1905 แต่กว่าทฤษฎีนี้จะได้รับการยอมรับจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้เวลาถึง 14 ปี

2. วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์ (logic) จินตนาการ (imagination) และการคิดสร้างสรรค์ (creativity) การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกจะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผล (logic) เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์เข้ากับข้อมูลอื่น ๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลหลักฐานทุติยภูมิ (secondary data source) ที่ได้จากการสืบค้นเพื่อสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุป หลายครั้งที่การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังต้องใช้จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์

3. วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์ นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ความน่าเชื่อถือของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่ไม่เคยค้นพบมาก่อน นอกจากวิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ตา่ ง ๆ แล้ววิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการทำนายซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการพยากรณ์ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ในอนาคต หรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน

4. นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง ข้อมูลหลักฐานมีความสำคัญอย่างมากในการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะถามตัวเองก่อนเสมอว่ามีหลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวคิดนี้ การรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ปราศจากความลำเอียงอันเกิดจากตัวผู้สังเกต กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีการที่ใช้การตีความหมาย หรือการรายงานข้อมูล

5. วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่นวิทยาศาสตร์เชื่อว่าบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนใด มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งหน้าที่การงานสูงอย่างไร ก็ไม่มีอำนาจตัดสินว่า อะไรคือความจริง ไม่มีใครมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่น ๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกค้นพบต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถตรวจสอบได้ และหากแนวคิดใหม่นั้นถูกต้องกว่าแนวคิดเดิม ก็ย่อมได้รับการยอมรับแม้ว่าจะถูกค้นพบโดยผู้ไม่มีชื่อเสียง ซึ่งต้องมาแทนที่ความรู้เดิมที่ค้นพบโดยคนมีชื่อเสียงก็ได้

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ (scientific enterprise) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษยชาติ (human activity) และเป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อนแตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ และมีความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายจึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการสอนสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการศึกษาชั้นพื้นฐาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดไว้ดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ

ทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และ

สภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อ

สังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า

7) เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

นอกจากนี้แล้วหลักการที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปบูรณาการกับการสอนได้ทุกระดับชั้น และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (Lederman et al., 2002; McComas, 2005) ได้แก่

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งต้องอาศัยหลักฐาน ข้อมูล ผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

3. กฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันกฏจะบอกถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีแบบแผนที่แน่นอน ณ สภาวะใด ๆ แต่ทฤษฏีจะอธิบายที่มาหรือเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น ๆ

4. การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความบังเอิญ การทดลองโดยวิธีคิด (thought experiment)

5. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตและการลงข้อสรุปจะแตกต่างกัน การสังเกตจะให้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการลงข้อสรุป ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากมายอาศัยการลงข้อสรุปจากหลักฐานที่ได้โดยการสังเกต เช่น การศึกษาเกี่ยวกับอะตอม เป็นต้น

6. การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

7. วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งได้รับผลกระทบจาก ประสบการณ์ การฝึกฝน ความเชื่อ ความรู้สึกนึกคิดของคน เช่น ศีลธรรม ความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ การตีความ มุมมอง แนวคิด อคติและความลำเอียง ดังนั้นในการทำงานวิทยาศาสตร์ จึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ การนำเสนอผลงาน หรือการตีพิมพ์ในวารสาร

8. วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

ดังนั้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นลักษณะเฉพาะ ซึ่งจะบ่งบอกถึงความแตกต่างระหว่างตัววิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ ธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะของค่านิยม ข้อสรุป แนวคิดหรือแม้แต่คำอธิบายที่จะบอกว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีส่วนเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง และอย่างไร คำอธิบายเหล่านี้จะผสมผสานกลมกลืนอยู่ในวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการมองสิ่งเหล่านี้ในเชิงปรัชญาเกี่ยวกับการกำเนิดของสิ่งต่าง ๆ ความเข้าใจในธรรมชาติ วิธีการและขอบเขตของความรู้ของมนุษย์ (Epistemology) และความเข้าใจในเชิงสังคมวิทยา (Sociology) ด้วย

**การรู้วิทยาศาสตร์**

การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เป็นการผสมผสานระหว่างแนวคิดพื้นฐาน ประวัติศาสตร์ และปรัชญาเพื่อให้สามารถเข้าใจเรื่องทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน การรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะร่วมที่สำคัญ ดังนี้

1. มุ่งหวังให้ทุกคนเข้าใจหรือตระหนักและซาบซึ้งในคุณค่าของความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่ได้มุ่งหวังให้ทุกคนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่เชี่ยวชาญ เช่น คนที่เรียนวิทยาศาสตร์จะไม่สามารถสังเคราะห์ตัวยาใหม่ ๆ จากสมุนไพรได้ทุกคน แต่คนที่เรียนวิทยาศาสตร์ทุกคนควรตระหนักว่า สมุนไพรมีคุณค่ามากขึ้นหากสามารถใช้ความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาตัวยาจากสมุนไพร

2. มีความรู้หลักการพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ที่กว้างและควรรู้ลึก เพียงพอที่จะเข้าใจความเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ผ่านสื่อช่องทางต่าง ๆ

3. พลเมืองที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ ควรสามารถอ่านเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ในสื่อได้คล่องแคล่ว และสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างมีเหตุผล

ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์จะครอบคลุมถึงความรอบรู้เชิงวิทยาศาสตร์หรือการรู้เชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง การที่บุคคลสามารถเข้าใจในทุกแง่มุมของความรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งความเป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทัศนคติเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึงการที่บุคคลสามารถเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ ลึกซึ้ง จนสามารถนำเอาความรู้นั้นไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถนำไปใช้ดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม ทั้งด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science) ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (science knowledge) และด้านจิตวิทยาศาสตร์ (habits of mind หรือ scientific mind) ดังนั้นในการที่จะสอนให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ ครูจึงควรมีมุมมองและทำความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้  
 1. สอนให้เข้าในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science) โดยควรสอนให้เข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการชี้ให้เห็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. สอนให้เกิดทั้งความรู้ที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (knowledge of science) และวิธีที่จะให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ถ้าเราชี้ให้ผู้เรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและวัฒนธรรมคืออะไร ทุกอย่างจะก่อให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างไร การรู้วิทยาศาสตร์จึงกินความหมายหมายรวมไปถึงการรู้ การใช้การตัดสินใจ ความมีเหตุมีผล การคิดแบบวิทยาศาสตร์ และการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจจนเกิดวัฒนธรรมวิทยาศาสตร์ (culture of science) แบบใหม่ คือ การเปลี่ยนวัฒนธรรมการสอนวิทยาศาสตร์จากการสอนแบบบอกเนื้อหาเพียงอย่างเดียว เป็นการสอนเนื้อหาพร้อมกับชี้ให้เห็นกระบวนการให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ ให้มีการอภิปราย ขบคิดเกี่ยวกับความเป็นวิทยาศาสตร์หรือธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย  
 3. สอนให้เกิดจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) ผ่านเรื่องราวที่เกี่ยวกับประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ (history of science) ปรัชญาวิทยาศาสตร์ (philosophy of science) และสังคมวิทยา (sociology) ให้กับผู้เรียนเพื่อให้เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นยังช่วยในการนำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มาใช้อีกด้วย เช่น การสื่อสาร การใช้ภาษา การสังเกต การจัดการ การประเมินค่า การคำนวณ การคิดวิเคราะห์ ตลอดจนตระหนักและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ความสมเหตุสมผล คำนึงถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม  
 4. สอนให้เปลี่ยนกระบวนทัศน์ใหม่ (paradigm shift) จากที่เคยรอรับความรู้เพียงฝ่ายเดียว ให้ปรับเปลี่ยนแนวคิดที่จะค้นหาความรู้ด้วยตนเอง เมื่อเจอปัญหาสามารถศึกษา และหาสาเหตุของปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบ สรุป วิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างองค์ความรู้ของตนเอง (constructivist practice) จนทำให้เกิดความคงทนของความรู้ และอาจได้ความรู้ใหม่ หรือวิธีการหาความรู้แบบใหม่ต่อไป

องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Corporation and Development : OECD) ให้ความหมาย การรู้วิทยาศาสตร์ว่าเป็น **“ความสามารถที่จะใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะตอบคำถามและเพื่อสรุปข้อมูลโดยอาศัยหลักฐาน ทำให้เข้าใจและช่วยในการตัดสินใจในเรื่องโลกธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์”** จะเห็นว่าการรู้วิทยาศาสตร์นั้นจะต้องเน้นทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการรู้กระบวนการวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการพัฒนา ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความเข้าใจวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อตอบคำถามและเพื่อสรุปข้อมูลจากหลักฐานเพื่อให้เข้าใจและช่วยในการตัดสินใจ

แนวการสร้างการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตามนิยามการรู้วิทยาศาสตร์ที่สะท้อนปัจจัยที่สอดคล้องกับมิติแห่งการรู้วิทยาศาสตร์ (dimensions of scientific literacy) ที่สำคัญ 7 องค์ประกอบ ดังนี้

1.ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science) บุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์เข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ โดยการใช้ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนได้สืบเสาะและค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง

2. แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ (key science concepts) บุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์ เข้าใจและสามารถนำเอาแนวคิด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสังคมและสิ่งแวดล้อมรอบตัวได้

3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (processes of science) บุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ตัดสินใจ และทำความเข้าใจในสังคมและสิ่งแวดล้อมได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

4. ความสัมพันธ์กันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (science-technology-society-environment-interrelationships) บุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์เข้าใจและตระหนักถึงคุณค่าในความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมไปถึงผลกระทบที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

5. ทักษะทางวิทยาศาสตร์และทางเทคนิค (scientific and technical skills) บุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์ได้พัฒนาตนเองให้เกิดทักษะการใช้ร่างกาย สำหรับการปฏิบัติการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

6. คุณค่า (values) ที่แสดงความเป็นวิทยาศาสตร์ บุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์มีปฏิสัมพันธ์กับสังคมและสิ่งแวดล้อมในวิถีทางที่สอดคล้องกับคุณค่าที่แสดงความเป็นวิทยาศาสตร์

7. ความสนใจและทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (science-related interests and attitudes) บุคลลผู้รู้วิทยาศาสตร์ได้พัฒนาตนเองให้มีมุมมองในวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นเอกลักษณ์ และสานต่อเพื่อขยายการศึกษาไปตลอดชีวิต

**เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน**

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

**1. วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์กำหนดไว้เพื่อให้บุคลากรทางการศึกษา เช่น ผู้บริหารโรงเรียน ครูผู้สอน ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษา รวมทั้งนักเรียนและชุมชนร่วมกันพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ และปฏิบัติร่วมกันสู่ความสำเร็จ ซึ่งมุมมองภาพในอนาคตที่สังคมมุ่งหวังว่าจะมีการพัฒนาอะไร อย่างไร ที่จะสอดคล้องกับการปรับเปลี่ยนของสังคม (กรมวิชาการ, 2545: 3-4) ได้โดยวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นถูกกำหนดขึ้นภายใต้กรอบความคิดในการพัฒนาการศึกษาเพื่อเตรียมคนในสังคมแห่งความรู้และสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กล่าวคือ

1. หลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเชื่อมโยงเนื้อหา แนวคิดหลัก และกระบวนการที่เป็นสากล แต่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศและมีความยืดหยุ่นหลากหลาย

2. หลักสูตรและการเรียนการสอนต้องตอบสนองผู้เรียนที่มีความถนัดและความสนใจแตกต่างกันในการใช้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

3. ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหาและการคิดค้นสร้างสรรค์องค์ความรู้

4. ใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นโดยถือว่ามีความสำคัญควบคู่กับการเรียนในโรงเรียน

5. ใช้ยุทธศาสตร์การเรียนการสอนหลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการ ความสนใจ และวิธีเรียนที่แตกต่างกันของผู้เรียน

6. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญที่ทุกคนต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถเรียนรู้ตลอดชีวิต จึงจะประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต

7. การเรียนการสอนต้องส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามมาตรฐานหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้ดังนี้

1. ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาและสร้างความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความสงสัย เกิดคำถามในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติรอบตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถามคำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้

2. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นเต้น ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง ก็จะเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นและชีวิตทำให้สามารถอธิบาย ทำนาย คาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้นความรู้ที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงต้องสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิต โดยใช้แหล่งเรียนรู้หลากหลายในท้องถิ่นและคำนึงถึงผู้เรียนที่มีวิธีการเรียนรู้ ความสนใจและ ความถนัดแตกต่างกัน

3. การจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน เป็นการเรียนรู้เพื่อเข้าใจ ซาบซึ้งและเห็นความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของโลก สิ่งแวดล้อม ตลอดจนใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการเรียนรู้และสื่อสาร ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งหมดแบบองค์รวม สร้างความรู้เป็นของตนเอง เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้วิทยาศาสตร์ จินตนาการและศาสตร์อื่นๆ ร่วมด้วย สามารถตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต และร่วมกันดูแลรักษาโลกธรรมชาติอย่างยั่งยืน

**2. เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

กระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ได้ดำเนินการจัดทำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พร้อมทั้งจัดทำสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้และสาระดังกล่าวในแต่ละระดับชั้น เพื่อให้เขตพื้นที่การศึกษา หน่วยงานระดับท้องถิ่น และสถานศึกษาทุกสังกัดที่จัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา และจัดการเรียนการสอน

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และ

การจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

**3. สาระการเรียนรู้**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต

การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2. วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร

การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3. วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์

ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4. เทคโนโลยี

4.1 การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิต

ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

4.2 วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**4. สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระไว้ทั้งหมด 4 สาระ ดังนี้ สาระวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ สาระวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระเทคโนโลยี โดยแต่ละสาระมีมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 มาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละสาระสำหรับผู้เรียนแต่ละระดับ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **มาตรฐานการเรียนรู้** | **ระดับของผู้เรียน** | | |
| ประถม  ศึกษา | มัธยมศึกษาตอนต้น | มัธยมศึกษาตอนปลาย |
| **สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ**  **มาตรฐาน ว 1.1** เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **มาตรฐาน ว 1.2** เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | ✓ | ✓ | ✓ |

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **มาตรฐานการเรียนรู้** | **ระดับของผู้เรียน** | | |
| ประถม  ศึกษา | มัธยมศึกษาตอนต้น | มัธยมศึกษาตอนปลาย |
| **มาตรฐาน ว 1.3** เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ**  **มาตรฐาน ว 2.1** เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ  ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี | ✓ | ✓ | ✓ |
| **มาตรฐาน ว 2.2** เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **มาตรฐาน ว 1.3** เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **มาตรฐาน ว 2.3** เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ**  **มาตรฐาน ว 3.1** เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ  ที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ | ✓ | ✓ | ✓ |

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **มาตรฐานการเรียนรู้** | **ระดับของผู้เรียน** | | |
| ประถม  ศึกษา | มัธยมศึกษาตอนต้น | มัธยมศึกษาตอนปลาย |
| **มาตรฐาน ว 3.2** เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม | ✓ | ✓ | ✓ |
| **สาระที่ 4 เทคโนโลยี**  **มาตรฐาน ว 4.1** เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม |  | ✓ | ✓ |
| **มาตรฐาน ว 4.2** เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม | ✓ | ✓ | ✓ |

**5. คุณภาพผู้เรียน** หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ได้กำหนดคุณภาพผู้เรียน ดังนี้

**จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**

เข้าใจลักษณะทั่วไปของสิ่งมีชีวิต และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตรอบตัว

เข้าใจลักษณะที่ปรากฏ ชนิดและสมบัติบางประการของวัสดุที่ใช้ทำวัตถุและการเปลี่ยนแปลงของวัสดุรอบตัว

เข้าใจการดึง การผลัก แรงแม่เหล็ก และผลของแรง ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้า การเกิดเสียง แสงและการมองเห็น

เข้าใจการปรากฏของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์และดาว ปรากฏการณ์ขึ้นและ

ตกของดวงอาทิตย์ การเกิดกลางวัน กลางคืน การกำหนดทิศ ลักษณะของหิน การจำแนกชนิดดินและการใช้ประโยชน์ ลักษณะและความสำคัญของอากาศ การเกิดลม ประโยชน์และโทษของลม

ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ สังเกต สำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย รวบรวมข้อมูล บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบด้วยการเขียนหรือวาดภาพ และสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ด้วยการเล่าเรื่อง หรือด้วยการแสดงท่าทางเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ

แก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหา มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเบื้องต้น รักษาข้อมูลส่วนตัว

แสดงความกระตือรือร้น สนใจเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น

แสดงความรับผิดชอบด้วยการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างมุ่งมั่นรอบคอบ ประหยัด ซื่อสัตย์ จนงานลุล่วงเป็นผลสำเร็จ และทำงานร่วม

กับผู้อื่นอย่างมีความสุข

ตระหนักถึงประโยชน์ของการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ

**จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

เข้าใจโครงสร้าง ลักษณะเฉพาะและการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่ การทำหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของพืชและการทำงานของระบบย่อยอาหารของมนุษย์

เข้าใจสมบัติและการจำแนกวัสดุ สถานะและการเปลี่ยนสถานะของสสาร

การละลาย การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และผันกลับไม่ได้ และการแยกสารอย่างง่าย

เข้าใจลักษณะของแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลัพธ์ แรงเสียดทาน แรงไฟฟ้าและผลของแรงต่าง ๆ ผลที่เกิดจากแรงกระทำต่อวัตถุ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายปรากฏการณ์เบื้องต้นของเสียง และแสง

เข้าใจปรากฏการณ์การขึ้นและตก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างปรากฏ

ของดวงจันทร์ องค์ประกอบของระบบสุริยะ คาบการโคจรของดาวเคราะห์ความแตกต่างของดาวเคราะห์และดาวฤกษ์ การขึ้นและตกของกลุ่มดาวฤกษ์ การใช้แผนที่ดาว การเกิดอุปราคา พัฒนาการและประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ

เข้าใจลักษณะของแหล่งน้ำ วัฏจักน้ำ กระบวนการเกดิ เมฆ หมอก น้ำค้างน้ำค้างแข็ง หยาดน้ำฟ้า กระบวนการเกิดหิน วัฏจักรหิน การใช้ประโยชน์จากหินและแร่ การเกิดซากดึกดำบรรพ์ การเกิดลมบก ลมทะเล มรสุม ลักษณะและผลกระทบของภัยธรรมชาติ ธรณีพิบัติภัย การเกิดและผลกระทบ

ของปรากฏการณ์เรือนกระจก

ค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและประเมินความน่าเชื่อถือ ตัดสินใจเลือกข้อมูล ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการทำงานร่วมกัน เข้าใจสิทธิและหน้าที่ของตน เคารพสิทธิของผู้อื่น

ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ คาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ วางแผนและสำรวจ

ตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพวิเคราะห์ข้อมูล ลงความเห็น และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มาจากการ

สำรวจตรวจสอบในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อสื่อสารความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบได้อย่างมีเหตุผล และหลักฐานอ้างอิงแสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง แสดงความคิดเห็นของตนเอง

ยอมรับในข้อมูลที่มีหลักฐานอ้างอิง และรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นแสดงความรับผิดชอบด้วยการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างมุ่งมั่นรอบคอบ ประหยัด และ ซื่อสัตย์ จนงานลุล่วงเป็นผลสำเร็จ และทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้ หรือตามความสนใจ

แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย และแสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ การดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า

**จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ และการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสมหลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสมบัติทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม

เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์ เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศ และความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์พลังงานทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะ โครงสร้างภายในโลกกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับ

ผิดชอบต่อสังคม

ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสมเลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป และสื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเองโดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชี่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่นและยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุล

ของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพ

**จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

เข้าใจการการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ กลไกการรักษาดุลยภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทาง พันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลกการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอมสมบัติบางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมี โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเขียนสมการเคมี

เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่ง ผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุแรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อนการหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สีกับการมองเห็นสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานสาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิสที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลทีมี่ต่อภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของการหมุนเวยี นของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร และผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซีโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดและการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูง ที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และ

บันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และ

ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงาน ที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทรัพยากรเพื่อออกแบบ สร้าง หรือพัฒนาผลงานสำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคมโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่น มาประยุกต์ใช้ สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัยและมีจริยธรรม

ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำหนดไว้ในส่วนที่เป็นเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพและวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เป็นพื้นฐานที่เพียงพอสำหรับการดำรงชีวิตและรู้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก ทั้งนี้สำหรับกลุ่มผู้เรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ที่ต้องการศึกษาต่อในสายวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน หรือเพื่องานวิจัยที่

ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องเรียนรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ในคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

**เป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

การจัดการศึกษาเป็นกระบวนการซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ขึ้น และการเรียนการสอนก็คือ กระบวนการที่จัดขึ้นอย่างมีระบบโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน ให้มีความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดจากที่ไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน และพฤติกรรมของผู้เรียนต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตเห็นได้ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของคลอพเฟอร์ (Leopold E. Klopfer) นั้น คลอพเฟอร์ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ที่ผู้จัดหลักสูตรหรือครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต้องการจะให้บรรลุถึงนั้น คือ สามารถระบุพฤติกรรมที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนจะแสดงออก พฤติกรรมดังกล่าว คลอพเฟอร์ได้แบ่งไว้เป็น 6 ด้านดังนี้

**1. ความรู้และความเข้าใจ (knowledge and comprehension)** ในการสอนวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมแรกที่หวังให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน คือ ความรู้ ความจำ พฤติกรรมด้านความรู้ความจำอาจแบ่งเป็นพฤติกรรมย่อยได้ 9 ประเภท คือ

1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (facts) ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์มีมากมาย นักเรียนไม่จำเป็นต้องจำข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้เรียนแล้วได้ทั้งหมด แต่มีความจำเป็นที่นักเรียนจะต้องจำข้อเท็จจริงบางอย่างที่สำคัญ ๆ ได้ เช่น แมลงสาบมี 6 ขา เหล็กลอยบนปรอท เป็นต้น

1.2 ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific terminology) วิชาวิทยาศาสตร์มีศัพท์เฉพาะจำนวนมาก ในการเรียนวิทยาศาสตร์นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้หรือจำความหมายของศัพท์ต่าง ๆ ที่จำเป็นได้ เช่น ความดันคืออะไร เซลล์ มีนิยามว่าอย่างไร

1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (concepts of science) มโนมติทางวิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จัดเป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เป็นผลของความคิดสรุปรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น มโนมติเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง มีต่อมน้ำนมที่มีเฉพาะในเพศเมียเท่านั้นเพื่อใช้ผลิตน้ำนมเพื่อใช้เลี้ยงลูกวัยแรกเกิด เป็นสัตว์เลือดอุ่น มีขนเป็นเส้น ๆ (hair) หรือขนอ่อน (fur) ปกคลุมทั่วทั้งร่างกาย เพื่อเป็นการรักษาอุณหภูมิในร่างกาย มีหัวใจสี่ห้อง มีฟันฝังในขากรรไกร มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมส่วนใหญ่ออกลูกเป็นตัว

1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (conventions) ในทางวิทยาศาสตร์มีข้อตกลงต่าง ๆ มากมาย ทั้งอยู่ในรูปของเครื่องหมาย สัญลักษณ์ อักษรย่อ อันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าเป็นตัวแทนของความสัมพันธ์หรือสิ่งต่าง ๆ บางประการ เช่น C14 เป็นต้น

1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอน (sequences) ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติจะมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่แน่นอน นักวิทยาศาสตร์ได้สนใจและค้นหาขั้นตอนเหล่านั้น ทำให้เราทราบขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น ขั้นตอนการเจริญเติบโตของแมลง การเกิดหินงอกหินย้อย เป็นต้น

1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท จัดประเภทละเกณฑ์ (classifications, categories and criteria) เมื่อนักวิทยาศาสตร์รวบรวมข้อเท็จจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ ได้แล้ว นักวิทยาศาสตร์จะจำแนกประเภทสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นออกเป็นหมวดหมู่ เมื่อค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ก็จะพยายามศึกษาต่อไปว่าสิ่งนั้นอยู่ในประเภทใด โดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ มาพิจารณา เช่น ผึ้งเป็นสัตว์ประเภทแมลง เนื่องจากผึ้งมีขา 6 ขา และลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน หรือปรอทจัดเป็นธาตุ เนื่องจากไม่สามารถแยกปรอทออกให้เป็นสารย่อยลงไปอีกได้ด้วยวิธีทางเคมีธรรมดา

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ (scientific technique and procedure) ในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีในการทดลองต่าง ๆ เทคนิควิธีและขั้นตอนในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น รู้ว่าจะทดสอบน้ำตาลได้อย่างไร รู้วิธีการศึกษาการเจริญพัฒนาของเซลล์และการแบ่งเซลล์

1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ (scientific principles and laws) นักเรียนสามารถบอกเกี่ยวกับหลักการและกฎในทางวิทยาศาสตร์ได้ หลักการและกฎนี้เป็นข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์จำนวนมาก ตัวอย่าง หลักการและกฎในทางวิทยาศาสตร์ เช่น หลักการของเบอร์นูลี กฎของบอยล์ กฎของเมนเดล

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือแนวความคิดที่สำคัญ (theories or major conceptual schemes) ทฤษฎีเป็นความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์คิดขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือแม้แต่ยกเลิกไปก็ได้ถ้ามีการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ที่ขัดแย้งกับทฤษฎีนั้น นักเรียนสามารถบอกถึงข้อสรุปที่ซับซ้อนในระดับทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญในวิชาต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีวิวัฒนาการ โครงสร้างจำลองของอะตอม

พฤติกรรมความรู้ความจำ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถจะระลึกถึงสิ่งที่เคยอ่านหรือได้เรียนมาอย่างตรงไปตรงมา แต่ในการสอนวิทยาศาสตร์ ครูยังต้องการให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่สอนด้วย พฤติกรรมด้านความเข้าใจอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1) ความสามารถในการระบุหรือชี้บ่งความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (identification of knowledge in a new context) การระบุถึงข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ หรือทฤษฎีต่าง ๆ ได้ถูกต้องแม้ว่าสิ่งเหล่านั้นจะอยู่ในรูปแบบใหม่ที่ต่างไปจากรูปแบบที่เคยเรียนมาแล้ว ตัวอย่างเช่น นักเรียนเคยเรียนเกี่ยวกับเกณฑ์ในการจัดแบ่งสัตว์พวกแมลงโดยใช้ผึ้งเป็นตัวอย่าง เมื่อนักเรียนได้ทราบรายละเอียดของลักษณะของสัตว์พวกตั๊กแตน นักเรียนก็บอกได้ว่าตั๊กแตนก็เป็นแมลงเช่นเดียวกัน

2) ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง (translation of knowledge from one symbolic to another) การแปลความหมายของข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการหรือทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้ เช่น เมื่อกำหนดสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีให้นักเรียนสามารถบรรยายสมการเคมีนั้นออกมาเป็นถ้อยคำได้ หรือเมื่อบรรยายการเคลื่อนที่ของลูกบอลในสนาม นักเรียนสามารถเขียนเวกเตอร์ของการเคลื่อนที่ของลูกบอลได้

**2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (processes of scientific inquiry)**

พฤติกรรมด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเปลี่ยนแปลง

พฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหา และการหาวิธีที่ใช้แก้ปัญหา การแปลความหมายของการสังเกตและการวัดข้อมูลและการสร้างข้อสรุป การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การสังเกตและการวัดเป็นพฤติกรรมพื้นฐานที่จำเป็นอย่างยิ่งในการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง การสังเกตและการวัดในที่นี้รวมความหมายไปถึงความสามารถในด้านการสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ การบรรยายสิ่งที่สังเกตได้ โดยใช้ภาษาที่เหมาะสมและสื่อความหมายให้เป็นที่เข้าใจตรงกัน การวัดขนาดของวัตถุและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม และการประมาณค่าในการวัดและรู้ข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้วัด

ตัวอย่างการสังเกตและการวัด เช่น เอาก้อนน้ำแข็งใส่แก้ววางไว้ ณ อุณหภูมิห้อง แล้วให้นักเรียนสังเกตดูการเปลี่ยนแปลง และรายงานถึงสิ่งต่าง ๆ ที่สังเกตพบ จะเป็นรายงานด้วยข้อเขียนหรือปากเปล่าก็ได้ เมื่อนักเรียนต้องการสังเกตให้ละเอียดก็ต้องใช้การวัดและเครื่องมือต่าง ๆ มาช่วย เช่น การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็งในแก้ว นักเรียนก็ใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิเมื่อเวลาเปลี่ยนไป และนักเรียนก็ต้องเลือกใช้เทอร์มอมิเตอร์ปรอท นอกจากนี้นักเรียนก็ต้องทราบถึงความเที่ยงตรงของการวัดสิ่งต่าง ๆ นั้นมีขอบเขตจำกัด เนื่องจากสเกลที่กำหนดไว้บนเครื่องวัดนั้นมีขีดจำกัด

2.2 การมองเห็นปัญหาการมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา ประกอบด้วยความสามารถย่อย ๆ คือ การยอมรับและมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐานและการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

การมองเห็นการมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาปัญหาเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก นักเรียนอยู่ในสถานการณ์เดียวกันไม่จำเป็นต้องมองเห็นปัญหาเหมือนกัน หรือบางคนอาจมองไม่เห็นปัญหาเลย ความสามารถในการมองเห็นปัญหาของคนนั้น ส่วนใหญ่เกิดจากความช่างสังเกตการมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา ช่างคิด รวมทั้งความรู้และประสบการณ์เดิมด้วย เช่น ถ้าต้มน้ำในบีกเกอร์ให้ร้อนถึง 85 °C แล้วนำออกจากเตามาวางไว้บนโต๊ะ ณ อุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที ปรากฏว่าอุณหภูมิของน้ำลดลงเป็น 77 °C โดยไม่ได้ทำอะไรเลย นักเรียนจะมีความรู้สึกว่าพบปัญหาแล้วและต้องการศึกษาปรากฏการณ์เกี่ยวกับเรื่องความร้อนในของเหลว ความร้อนจากของเหลวนั้นถ่ายเทออกสู่อากาศรอบ ๆ ได้หลายทาง นักเรียนต้องควบคุมการสูญเสียความร้อนเหล่านั้น นักเรียนจะใช้วัสดุอะไรทำภาชนะบรรจุของเหลวที่ต้องการศึกษา นักเรียนอาจตั้งสมมติฐานว่า “ปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกไปจากภาชนะถ่ายเท่ผ่านผนังของภาชนะที่ทำด้วยวัสดุอย่างหนึ่งได้ดีกว่าผ่านผนังของภาชนะที่ทำด้วยวัสดุอย่างอื่น” ต่อจากนั้นนักเรียนต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมในการสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผลในการออกแบบการทดลองที่จะวัดปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกจากภาชนะที่ทำด้วยวัสดุต่างชนิดกัน วิธีการอย่างหนึ่งที่สามารถทำได้คือ ใช้ภาชนะสองใบที่มีรูปร่างเหมือนกัน มีขนาดเท่ากัน แต่ทำด้วยวัสดุต่างชนิดกัน เช่น โลหะ พลาสติก กรอกน้ำร้อนลงไปในภาชนะทั้งสองนั้นให้มีปริมาณเท่า ๆ กัน วัดอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในภาชนะทั้งสองไว้ จากนั้นบันทึกอุณหภูมิของน้ำในภาชนะทั้งสองนั้นทุก ๆ 1 นาทีเป็นเวลา 30 นาที เป็นต้น

2.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป ความสามารถของนักเรียนในการแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป ได้แก่ การจัดกระทำกับข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การแปลความหมายของการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การเพิ่มเติมความและการขยายความ การตรวจสอบสมมติฐานด้วยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และการสร้างข้อสรุป กฎ หรือหลักการที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผล ตามความสัมพันธ์ที่พบ

ตัวอย่างการแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป เช่น ในการทดลองเรื่องการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สเมื่อความดันคงที่ เมื่อนักเรียนได้ทำการทดลองโดยทำให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในหลอดคะปิลลารียาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ซึ่งปลายหลอดด้านหนึ่งปิด แล้วรัดหลอดคะปิลลารีเข้ากับไม้บรรทัด โดยให้ปลายปิดของหลอดคะปิลลารีอยู่ตรงกับขีดศูนย์ของสเกลบนไม้บรรทัดพอดี เพื่อสะดวกในการอ่านความยาวของลำอากาศในหลอดคะปิลลารี เมื่ออากาศในหลอดคะปิลลารีขยายตัว แล้วจุ่มหลอดด้านปลายปิดและเทอร์มอมิเตอร์ลงในแก้วน้ำร้อนอุณหภูมิไม่ควรเกิน 50 °C รอจนน้ำมันหยุดนิ่งแล้ววัดความยาวของลำอากาศในหลอดแก้วพร้อมทั้งอ่านอุณหภูมิของน้ำ หาปริมาตรของอากาศในหลอดคะปิลลารีโดยให้พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้วเป็น 2 ตารางเซนติเมตร แล้วนำเสนอข้อมูลในรูปตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของลำอากาศและอุณหภูมิที่ความยาวของลำอากาศต่างกัน

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ครั้งที่ | ความยาวของลำอากาศ (cm) | ปริมาตรของลำอากาศ (cm3) | อุณหภูมิ (°C) |
| 1  2  3  4  5 | 2.6  2.5  2.4  2.3  2.2 | 52  50  48  46  44 | 40  30  20  10  5 |

นำข้อมูลจากตารางมาเขียนกราฟระหว่างปริมาตรของลำอากาศและอุณหภูมิ ซึ่งจะได้กราฟดังภาพที่ 1.2

ภาพที่ 1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของลำอากาศและอุณหภูมิ

ในขณะที่ลำน้ำมันหยุดนิ่ง ความดันของลำอากาศในหลอดแก้วเท่ากับความดันของบรรยากาศ ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อลำน้ำมันหยุดนิ่ง แสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อลำน้ำมันมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น แรงดันของลำอากาศภายในจึงเท่ากับแรงดันของบรรยากาศรวมกับแรงดันเนื่องจากน้ำหนักของลำน้ำมัน แต่แรงดันเนื่องจากน้ำหนักของลำน้ำมันในหลอดมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงดันของบรรยากาศ จึงไม่คิดแรงดันเนื่องจากน้ำหนักของลำน้ำมันในหลอดแก้ว จึงถือได้ว่าแรงดันของลำอากาศภายในหลอดเท่ากับแรงดันของบรรยากาศ หรือความดันของลำอากาศในหลอดเท่ากับความดันของบรรยากาศ จึงถือได้ว่าความดันของลำอากาศในหลอดมีค่าคงที่ และจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของอากาศกับอุณหภูมิ มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง (สมการเส้นตรง y= 4.98x - 195) แต่ไม่ผ่านจุดกำเนิด การที่ได้กราฟเส้นตรงแสดงว่าปริมาตรของอากาศเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยที่วัดความดันของอากาศคงที่ และเมื่อต่อเส้นกราฟออกไปจะตัดแกนนอน (แกน y) ที่อุณหภูมิ -258 °C ซึ่งจุดตัดนี้อาจมีค่าต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการทดลองของนักเรียน

การที่จุดตัดของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกันไป อาจมีสาเหตุมาจาก

1) อากาศในหลอดแก้วมีความชื้น มีไอน้ำซึ่งอาจกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ทำให้อ่านปริมาตรของลำอากาศในหลอดผิดไป

2) หยดน้ำมันที่อยู่ในหลอดแก้ว เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงอาจกลายเป็นไอ รวมกับอากาศในหลอดแก้ว ทำให้ปริมาตรของอากาศผิดไป คือ อ่านปริมาตรได้มากขึ้น

3) อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์มอมิเตอร์ไม่ได้เป็นอุณหภูมิที่แท้จริงของอากาศในหลอดแก้ว เพราะวัดอุณหภูมิของอากาศในหลอดแก้วโดยตรงไม่ได้

4) อากาศในหลอดคะปิลลารีน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อย สเกลใช้อ่านความยาวของลำอากาศไม่ละเอียดพอ ทำให้อ่านความยาวได้ผิดพลาด

เมื่อนำผลการทดลองมาแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป พบว่าเมื่อความดันคงที่ ปริมาตรของลำอากาศในหลอดแก้วขึ้นกับอุณหภูมิ ในการทดลองนี้ใช้อากาศอย่างเดียวเท่านั้น ถ้าเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ จะได้ ผลเช่นเดิมหรือไม่ ฌาก อาแล็กซ็องดร์ เซซาร์ ชาร์ล (Jacques Alexandre César Charles) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ทำการทดลองกับแก๊สหลายชนิดและพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊สที่ความดันคงที่ จะได้ลักษณะเป็นกราฟเส้นตรงแต่ไม่ผ่านจุดกำเนิด ถ้าต่อเส้นกราฟให้มาตัดแกนนอน เส้นกราฟของแก๊สแต่ละชนิดจะตัดแกนนอนที่จุดเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ -237.15 OC ซึ่งหมายความว่า ปริมาตรของแก๊สทุกชนิดจะลดลงเป็นศูนย์ที่อุณหภูมินี้ อุณหภูมินี้ถือว่าเป็นอุณหภูมิต่ำสุด เรียกว่า อุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ หน่วยอุณหภูมิสัมบูรณ์เป็นเคลวิน และชาร์ลได้สรุปเป็นกฎของชาร์ลได้ว่า ถ้าความดันคงตัว ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของแก๊สนั้น ๆ หรือผลหารของปริมาตรกับอุณหภูมิมีค่าคงตัวเสมอ หรืออาจกล่าวได้ว่าสำหรับแก๊สปริมาณหนึ่งที่ความดันคงที่ ที่ปริมาตรของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

2.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี แบบจำลองเชิงทฤษฎี (theoretical model) มีความหมายทำนองเดียวกับทฤษฎี (theory) ซึ่งสามารถใช้แทนกันได้ แบบจำลองเชิงทฤษฎีสามารถอธิบายปรากฏการณ์ หลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ค้นพบ และถ้าแบบจำลองเชิงทฤษฎีสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างดีจนเป็นที่ยอมรับแล้ว จะเรียกแบบจำลองเชิงทฤษฎีนั้นว่า ทฤษฎี

ในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนควรจะแสดงความสามารถในการสร้างทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี ดังนี้คือ การตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องมีแบบจำลองเชิงทฤษฎี การสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎี การระบุปรากฏการณ์และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองเชิงทฤษฎี การสร้างสมมติฐานจากแบบจำลองเชิงทฤษฎี การแปลความหมายและประเมินผลการทดลองเพื่อตรวจสอบแบบจำลองเชิงทฤษฎี และการปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลองเชิงทฤษฎี

ตัวอย่าง เช่น นักเรียนเคยศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับเรื่องของความร้อนมาแล้ว และทราบว่าความร้อนทำให้วัตถุขยายตัว ความร้อนถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูงไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำ โลหะนำความร้อนได้ดี อโลหะนำความร้อนได้ไม่ดี จากความรู้เหล่านี้ นักเรียนอาจสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีขึ้น อธิบายว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

นักเรียนบางคนอาจสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีได้ ดังนี้

1. ความร้อนเป็นสารที่ไหลได้ ไม่มีสี ไม่กลิ่น

2. ของไหลนี้มีมวล และต้องการที่อยู่เช่นเดียวกับสารชนิดอื่น ๆ เพียงแต่ว่ามวลของมันมีขนาดเล็กมากเท่านั้น

3. ของไหลนี้เคลื่อนที่ได้เอง จากที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำ จากวัตถุที่ร้อนไปยังวัตถุที่เย็นกว่า

4. ของไหลนี้จะต้องรวมเข้ากับสารอื่นด้วย และทำให้การจัดเรียงตัวของสารนั้นไม่เป็นระเบียบมากขึ้น

5. ของไหลนี้เข้ารวมกับแก๊ส ของเหลวหรือของแข็งต่างชนิดกันได้ยากง่ายต่างกัน

6. เมื่อสสารเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเป็นแก๊ส มันจะดูดซับของไหลนี้เข้าไป และในทางตรงกันข้ามเมื่อสสารเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลวหรือจากของเหลวเป็นของแข็ง มันจะคายของไหลนี้ออกมา

หากแบบจำลองเชิงทฤษฎีดังกล่าวเหมาะสม นักเรียนก็สามารถที่จะใช้อธิบายถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเรื่องของความร้อนได้ ข้อความต่าง ๆ แต่ละข้อที่ประกอบกันขึ้นเป็นแบบจำลองเชิงทฤษฎีนี้เรียกว่า ข้อตกลง (assumption) หรือ สัจพจน์ (axiom) นักเรียนต้องวิเคราะห์ต่อไปว่า แบบจำลองเชิงทฤษฎีที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ เกี่ยวกับความร้อนได้หรือไม่อย่างไร เช่น ปรากฏการณ์ที่ว่าวัตถุบางชนิดนำความร้อนได้ดี บางชนิดนำความร้อนได้ไม่ดี สามารถอธิบายได้ด้วยข้อตกลงข้อ 2 ข้อ 3 ข้อ 4 หรือ เมื่อใส่วัตถุที่เผาให้ร้อนลงในน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ด้วยข้อตกลงข้อ 3 เป็นต้น ถ้าข้อตกลงหรือสัจพจน์ต่าง ๆ ในแบบจำลองเชิงทฤษฎีนั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้กว้างขวาง ก็จะทำให้ให้เป็นแบบจำลองเชิงทฤษฎีที่ยอมรับกัน แต่ถ้าหากว่าเมื่อใดมีการค้นพบปรากฏการณ์ที่แบบจำลองเชิงทฤษฎีนั้นอธิบายไม่ได้ ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขหรือสร้าง

จากแบบจำลองเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนที่ตั้งไว้ ข้อตกลงข้อ 1 และ 2 กล่าวว่าความร้อนเป็นของไหลที่มีมวล ทำให้นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น มวลของวัตถุจะเพิ่มขึ้น เป็นต้น แล้วนักเรียนจึงออกแบบดำเนินการเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ซึ่งเมื่อนักเรียนทำการทดลองโดยชั่งมวลของวัตถุชิ้นเดียวกันที่อุณหภูมิต่างกัน เช่น 100, 200, 300, 400 และ 500 °C พบว่ามวลไม่ต่างกัน เมื่อพบเช่นนี้ทำให้ ปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าไม่เป็นจริง ทำให้เกิดข้อสงสัยต่อไปว่าทฤษฎีที่กล่าวว่าความร้อนเป็นของไหลและมีมวลนั้น คงไม่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การสรุปเช่นนี้อาจจะมีผู้แย้งว่ามวลของความร้อนนั้นน้อยมาก เมื่อทำให้อุณหภูมิต่างกันเพียง 400 °C มวลที่เพิ่มขึ้นยังไม่มากพอที่จะชั่งได้ด้วยเครื่องชั่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน

จากผลการสังเกตใหม่ ๆ ที่เพิ่มพูนขึ้น จากการแปลความหมายของผลที่ได้จากการทดลองเป็นจำนวนมาก และจากการอภิปรายโต้แย้งกันนั้น ทำให้แบบจำลองเชิงทฤษฎีที่ตั้งขึ้นได้รับการปรับปรุงขึ้นเป็นลำดับหรือยกเลิกไป เช่น ทฤษฎีความร้อนที่ได้เสนอว่า ความร้อนเป็นของไหลที่มีมวล ก็อาจเสนอใหม่ว่า ความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารในการเคลื่อนที่ของอนุภาคจะมีคลื่นความร้อนแผ่ไป

**3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (application of scientific knowledge and methods)**

การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาต่าง ๆ นั้นยังไม่เป็นการเพียงพอ ควรได้ฝึกให้นักเรียนได้รู้จักนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้ด้วย นักเรียนควรฝึกการนำไปใช้แก้ปัญหา 3 ประเภท คือ การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่นๆ และการนำไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างการนำความรู้ของวิชาฟิสิกส์ไปแก้ปัญหาใหม่ที่เกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ หรือเป็นปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ หรืออาจเป็นปัญหาที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันทั่ว ๆ ไป หรือปัญหาทางด้านเทคโนโลยี เช่น การสร้าง การออกแบบ และประดิษฐ์คิดค้นสิ่งอำนวยประโยชน์ต่าง ๆ เป็นต้น ตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดพฤติกรรมด้านนี้ เช่น เพราะเหตุใดห้องทาสีขาวจึงสว่างกว่าห้องทาด้วยสีเข้มพวกสีเทา เพราะเหตุใดจานรับสัญญาณคลื่นสื่อสารดาวเทียมจึงออกแบบเป็นรูปพาราโบลา นักเรียนจะใช้วิธีทางชีววิทยาป้องกันการระบาดของศัตรูพืชได้อย่างไร ซึ่งการตอบปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ได้ นักเรียนต้องนำความรู้วิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จำนวนมากมาใช้แก้ปัญหา

**4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ (manual skills)**

นักเรียนจะต้องทำการปฏิบัติการ กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงมีความจำเป็นต้องมีทักษะในการปฏิบัติการ กล่าวคือคือมีการพัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และมีการปฏิบัติงานโดยใช้เทคนิคในการทดลองทั่วๆ ไป อย่างระมัดระวังและปลอดภัย

ตัวอย่าง เช่น นักเรียนต้องมีทักษะในการจัดเครื่องมือ การติดตั้งเครื่องมือ การใช้เครื่องมืออย่างถูกวิธี การระมัดระวังความเสียหายของเครื่องมือ รู้จักป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นแก่ตนเองในการใช้เครื่องมือ เครื่องมือปฏิบัติการทั่วๆ ไป ได้แก่ เครื่องชั่ง กล้องจุลทรรศน์ เทอร์มอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ เครื่องวัดไฟฟ้า เป็นต้น การปฏิบัติการทดลอง เช่น การเก็บตัวอย่างแก๊สที่ไม่ละลายน้ำ การตัดชิ้นส่วนของพืชเพื่อส่องดูกล้องจุลทรรศน์ การหาค่าความต้านทานของเส้นลวดที่กำหนดให้ การตรวจสอบความแข็งของตัวอย่างแร่ เป็นต้น

**5. เจตคติและความสนใจ (attitudes and interests)**

พฤติกรรมส่วนนี้เป็นการวัดด้านเจตพิสัย (affective Domain) โดยเน้นการวัดความรู้สึก อารมณ์ การยอมรับ ครูวิทยาศาสตร์หวังว่านักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์จะมีการพัฒนาความรู้สึก อารมณ์ที่ชอบวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์

ผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ที่มีลักษณะ ดังนี้คือ เป็นผู้ที่ชอบแสวงหาสาเหตุของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ไม่เชื่อในสิ่งที่ปราศจากหลักฐานต่าง ๆ เป็นผู้มีจิตใจกว้างขวาง ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นและทบทวนความคิดของตน เป็นผู้ที่ให้ความคิดเห็นและสรุปเรื่องราวต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานที่เชื่อถือได้ มีการพิจารณาไตร่ตรองอย่างดี เป็นผู้ที่ชอบประเมินผลเทคนิควิธีการทำงานของตนเสมอและใช้เทคนิควิธีการซึ่งพิสูจน์แล้วว่าได้ผลดี และเป็นผู้ที่อยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ต้องการคำอธิบายที่แจ่มแจ้ง

เจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นส่วนมากจะเกิดขึ้นจากการที่นักเรียนได้เรียนรู้ว่านักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร เกิดจากการที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนอย่างจริงจังและประสบผลสำเร็จอย่างดี ส่วนผู้ที่มีความสนใจในวิทยาศาสตร์นั้นอาจจะสนใจเพื่อศึกษาหาความรู้ในวิทยาศาสตร์ หรือมีความสนใจเพื่ออยากเลือกอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จะเป็นทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์หรือยึดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำเป็นงานอดิเรกในโอกาสต่อไปก็ได้

ในการสอนวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ต้องการให้นักเรียนได้มีเจตคติและความสนใจในวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้ คือ การมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ การยอมรับว่ากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นแนวทางของความคิดแนวหนึ่ง การเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความพอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความสนใจในวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความสนใจที่จะเลือกอาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

**6. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์ (orientation)**

พฤติกรรมส่วนนี้เป็นการวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเรื่องอื่น ๆ ที่เป็นพฤติกรรมความพยายามของมนุษย์เช่นกัน และกับวิถีทางของความคิดแนวอื่น ๆ การที่นักเรียนได้มองเห็นถึงความสัมพันธ์เหล่านี้จะช่วยให้ได้รับรู้ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ได้เล็งเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมที่บ่งถึงความรู้สำนึกของนักเรียนในเรื่องต่อไปนี้ คือ การตระหนักถึงความสัมพันธ์และความแตกต่างของข้อความทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ กัน การยอมรับขีดจำกัดของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และอิทธิพลของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อปรัชญาทั่วไป การตระหนักถึงวิวัฒนาการของวิทยาศาสตร์ ประวัติความเป็นมาของวิทยาศาสตร์ การตระหนักในความสัมพันธ์ระหว่างความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางเทคโนโลยีและการพัฒนาทางสังคม ทางเศรษฐกิจ และการยอมรับความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในแง่ของสังคมและจริยธรรม

**สรุป**

การที่จะสอนให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรมีมุมมองและทำความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. สอนให้เข้าในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science)

2. สอนให้เกิดทั้งความรู้ที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (knowledge of science) และวิธีที่จะให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. สอนให้เกิดจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) เพื่อให้เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

4. สอนให้เปลี่ยนกระบวนทัศน์ใหม่ (paradigm shift) จากที่เคยรอรับความรู้เพียงฝ่ายเดียว ให้ปรับเปลี่ยนแนวคิดที่จะค้นหาความรู้ด้วยตนเอง เมื่อเจอปัญหาสามารถศึกษา และหาสาเหตุของปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบ สรุป วิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างองค์ความรู้ของตนเอง จนทำให้เกิดความคงทนของความรู้ และอาจได้ความรู้ใหม่ หรือวิธีการหาความรู้แบบใหม่ต่อไป

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นไปเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องกับมิติแห่งการรู้วิทยาศาสตร์ ที่สำคัญ 7 ประการ ดังนี้

1. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science)

2. แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ (key sciences concepts)

3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (processes of science)

4. ความสัมพันธ์กันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (science-technology-society-environment-interrelationships)

5. ทักษะทางวิทยาศาสตร์และทางเทคนิค (scientific and technical skills)

6. คุณค่าที่แสดงความเป็นวิทยาศาสตร์ (values of science)

7. ความสนใจและทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (science-related interests and attitudes)

เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีสาระสำคัญดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในกลุ่มวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิด จินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และความสามารถในการตัดสินใจ

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7. เพื่อให้เป็นคนมีเหตุผล ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหา สนใจและใฝ่รู้ในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ที่ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต้องการจะให้บรรลุตามแนวคิดของคลอพเฟอร์ ระบุถึงพฤติกรรมที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนจะแสดงออกพฤติกรรมดังกล่าวไว้ 6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ เจตคติและความสนใจ และการมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสร์

**คำถามท้ายบท**

1. การที่จะสอนให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ จึงควรมีมุมมองและทำความเข้าใจในประเด็นสำคัญใดบ้าง

2. แนวการสร้างการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนที่สอดคล้องกับมิติแห่งการรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยประเด็นสำคัญอะไรบ้าง

3. บุคคลที่มีความรู้ความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร

4. อธิบายเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

5. อธิบายความสำคัญของจุดประสงค์ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

6. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายอะไรบ้าง

7. จงบอกวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของคลอฟเฟอร์พร้อมอธิบายใจความสำคัญในแต่ละข้อ

8. เราจะนำวัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของคลอฟเฟอร์มาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร จงอธิบาย

9. จงระบุสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน

10. เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานคืออะไร

**เอกสารอ้างอิง**

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **ตัวชี้วัดและสาระ**

**การเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. พิมพ์ครั้งที่ 1 (พ.ศ. 2560). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้**

**วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ.** กรุงเทพมหานคร :

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2542). **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.**

กรุงเทพฯ : สถาบัน.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2560). **คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐาน**

**วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** กรุงเทพฯ : สถาบัน.

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

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

Bloom, Benjamin S. (1956). **Taxonomy of Education Objectives Hand Book I: Cognitive**

**Domain.** New York: David Mac Kay Company, Inc.

Holbrook, Jack and Miia Rannikmae. (2009). “The Meaning of Scientific Literacy.”

***International Journal of Environmental & Science Education.***Vol. 4, No. 3, July 2009, 275-288.

McComas, W.F., Clough, M. and Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the

Nature of Science in Science Education. In W.F. McComas (Ed.) **The Nature of Science in Science Education.** Kluwer Academic Publishers: Netherlands.

Magnusson, S. J., & Palincsar, A. S. (2005). Teaching to promote the development of

scientific knowledge and reasoning about light at the elementary school level. In J. Bransford & S. Donovan (Eds.), **How students learn: History, mathematics, and science in the classroom** (pp. 421–474). Washington, DC: National Academies Press.

Rodger W. Bybee, Janet Carlson Powell, Leslie W. Trowbridge. (2008). **Teaching**

**secondary school science : strategies for developing scientific literacy.** Upper

Saddle River, NJ : Pearson/Merrill/Prentice Hall.

Saskatchewan Education. (1992). **Science: A Curriculum Guide for the Secondary**

**Level, Biology** ***20/30***. Retrieved November, 12, 2013

from https://www.edonline.sk.ca/bbcswebdav/xid-181910\_1‎.

The American Association for the Advancement of Science. (2011). **Atlas of Scientific**

**Literacy, Project 2061**. Washington. 2011.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2003). **PISA 2003**

**Assessment Framework- Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills” Chapter 3**. Retrieved November, 12, 2013 from

http://www.oecd.org/dataoecd/38/29/33707226.pdf

Hazen, Robert M. (Online, 2002). “**Why Should You Be Scientifically Literate?” Action**

**Bioscience.** Retrieved March, 1, 2011 from http://www.actionbioscience.org/newfrontiers/hazen.html.