

คำนำ

เอกสารหลักสูตรอบรมแบบ e-Training หลักสูตร สารระการเรียนรู้อุตสาหกรรม: อุตสาหกรรม สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 – 3 เป็นหลักสูตรฝึกอบรมภายใต้โครงการพัฒนาหลักสูตรและพัฒนาครู และบุคลากรทางการศึกษาโดยยึดถือภารกิจและพื้นที่เป็นฐานด้วยระบบ TEPE Online โดยความร่วมมือของสำนักงานคณะกรรมการ การการศึกษาขั้นพื้นฐานและคณะกรรมการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อพัฒนาผู้บริหาร ครูและบุคลากรทางการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการขององค์กร โดยพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างมีคุณภาพ โดยใช้หลักสูตรและวิทยาการที่มีคุณภาพ เน้นการพัฒนาโดยการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถเข้าถึงองค์ความรู้ ในทุกที่ทุกเวลา

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและคณะกรรมการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหลักสูตรอบรมแบบ e-Training หลักสูตรสารระการเรียนรู้อุตสาหกรรม: อุตสาหกรรม สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 – 3 จะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา ตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อยังประโยชน์ต่อระบบการศึกษาของประเทศไทยต่อไป

สารบัญ

คำนำ	1
หลักสูตร“สารระการเรียนรู้อุทยาาศาสตร:วิทยาาศาสตรสำหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่1-3”	3
เค้าโครงเนื้อหา	4
ตอนที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาาศาสตรและเทคโนโลยี	7
ตอนที่ 2 การนำมาตรฐานการเรียนรู้อุทยาาศาสตร	22
ตอนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้อุทยาาศาสตรที่เหมาะสมกับวิทยาาศาสตร	33
ตอนที่ 4 คำถามกับการเรียนรู้อุทยาาศาสตร	42
ใบงานที่ 1	59
ใบงานที่ 2	60
ใบงานที่ 3	61
ใบงานที่ 4	62
แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียนหลักสูตร	64

หลักสูตร

สารระการเรียนรู้อุทยาาศาสตร: วิทยาาศาสตร สำหรับชั้นมัธยมศีกษา ปีที่ 1 – 3

รหัส TEPE-00207

ชื่อหลักสูตรรายวิชา สารระการเรียนรู้อุทยาาศาสตร: วิทยาาศาสตร สำหรับชั้นมัธยมศีกษา ปีที่ 1 – 3

ปรับปรุงเนื้อหาโดย

คณาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศีกษา คณะครุศาสตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเนื้อหา

1. ดร.พิเชษฐ จีบจิตต์
2. ดร.สุทธิดา จำรัส
3. ดร.ลือชา ลดาชิตี
4. รศ.ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์
5. รศ.พเยาว์ ยินดีสุข

หลักสูตร TEPE-00207

สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: วิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 – 3

เค้าโครงเนื้อหา

ตอนที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- เรื่องที่ 1.1 ความรู้พื้นฐานของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- เรื่องที่ 1.2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- เรื่องที่ 1.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์

แนวคิด

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มุมมองทางวิทยาศาสตร์ ครอบคลุม 1) เราสามารถทำความเข้าใจธรรมชาติได้ 2) ความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนเป็นช่วงเวลา 4) วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบกับทุกคำถามได้ 5) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานหรือประจักษ์พยาน 6) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานของตรรกะและจินตนาการ 7) วิทยาศาสตร์มุ่งอธิบายและทำนาย 8) วิทยาศาสตร์พยายามระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง และ 9) วิทยาศาสตร์ไม่มีอำนาจ โดยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นจะมีความสัมพันธ์กัน

2. องค์ประกอบสำคัญของการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้ตามขั้นตอน 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจค้นหา 3) อธิบายและลงข้อสรุป 4) ขยายความรู้ และ 5) ประเมินผล

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีมิติแห่งความเป็นบุคคล สังคม และสถาบัน

วัตถุประสงค์

- 1. สามารถบอกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2. สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้
- 3. สามารถอธิบายการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

ตอนที่ 2 การนำมาตรการเรียนรู้สู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์

- เรื่องที่ 2.1 ลักษณะสำคัญของหลักสูตรอิงมาตรฐาน
- เรื่องที่ 2.2 การออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

แนวคิด

1. ลักษณะสำคัญของหลักสูตรอิงมาตรฐาน แนวปฏิบัติของหลักสูตรอิงมาตรฐานครอบคลุม 1) มาตรฐานเป็นจุดเน้นของการพัฒนาหลักสูตรในทุกระดับ 2) องค์ประกอบของหลักสูตรเชื่อมโยงกับมาตรฐาน 3) หน่วยการเรียนรู้คือหัวใจของหลักสูตร 4) กระบวนการ และขั้นตอนการจัดทำหลักสูตร และ 5) การประเมินผลสะท้อนมาตรฐานอย่างชัดเจน

2. กระบวนการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ ครอบคลุม ชั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย (มาตรฐานการ เรียนรู้/ตัวชี้วัด) ชั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานการเรียนรู้ วางแผนการวัดประเมินผล และชั้นที่ 3 การจัดกิจกรรม/การจัดประสบการณ์การเรียนรู้

วัตถุประสงค์

1. สามารถอธิบายการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. สามารถวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และนำมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด ลงสู่การปฏิบัติในชั้นเรียน

ตอนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 3.1 Pedagogical Content Knowledge : PCK กับครูวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 3.2 การเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน

เรื่องที่ 3.3 การจัดระบบความคิดโดยใช้แผนผัง

แนวคิด

1. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge, PCK) มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความรู้ด้านเนื้อหาวิชา (content Knowledge) ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้ด้านบริบท (Contextual Knowledge)
2. การศึกษาค้นคว้าด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ ครอบคลุม 1. ชั้นให้ความรู้ 2. ชี้นำหัวข้อเรื่อง/ปัญหา มาปรึกษา 3. ชี้นำวางแผนการทำโครงงาน 4. ชั้นปฏิบัติการทดลอง 5. ชั้นสรุปและอภิปรายผล 6. ชั้นประเมิน และ 7. ชั้นจัดแสดงนิทรรศการในโรงเรียน หรือนำผลงานไปแสดงหรือส่งเข้าประกวด
3. การจัดระบบความคิดโดยใช้แผนผัง ครอบคลุม แผนผังโนมตี (Concept mapping) และแผนผังเวนน์ (Venn diagram)

วัตถุประสงค์

1. สามารถยกตัวอย่างกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. สามารถเลือกใช้วิธีการ/เทคนิค/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานการเรียนรู้

ตอนที่ 4 คำถามกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 4.1 การใช้คำถามในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 4.2 การพัฒนากระบวนการคิด

แนวคิด

1. การใช้คำถามในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประเภทของคำถามครอบคลุม 1) คำถามที่เน้นหรือจุดประกายความสนใจ 2) คำถามที่เกี่ยวกับการวัดและการนับ 3) คำถามเปรียบเทียบ 4) คำถามที่นำไปสู่การกระทำหรือการปฏิบัติ 5) คำถามที่ตั้งปัญหา 6) คำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม ของครู และ 7) คำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม ของนักเรียน

2. การพัฒนากระบวนการคิดระดับสูงครอบคลุม 1) ความคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)
- 2) ความคิดวิจารณ์ญาณหรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking) และ3) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

วัตถุประสงค์

1. สามารถตั้งคำถามตามประเภทของคำถามต่างๆ ได้ และการใช้คำถามในการพัฒนาการคิด
2. สามารถใช้คำถามในการพัฒนาการคิดของนักเรียนได้

ตอนที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่องที่ 1.1 ความรู้พื้นฐานของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความสัมพันธ์กันแบบเกื้อกูล กล่าวคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก่อให้เกิดพัฒนาการทางเทคโนโลยี ในขณะที่เดียวกันเทคโนโลยีก็ช่วยให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ละเอียด แม่นยำ และเพิ่มศักยภาพในการศึกษาค้นคว้ามากขึ้น

ในมาตรฐานหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ได้กำหนดให้มีสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้เป็นสาระ การเรียนรู้ที่ 8 ในมาตรฐานที่ 8.1 ซึ่งกล่าวว่า

“ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน” โดยแนะนำให้จัดการเรียนการสอนตามมาตรฐานที่สอดคล้องไปกับมาตรฐาน ที่สอดคล้องกับมาตรฐานของสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 สาระการเรียนรู้ คือ สิ่งมีชีวิต กับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก และดาราศาสตร์และอวกาศ

ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนตามมาตรฐานหลักสูตร จึงจำเป็นต้องเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มนุษย์ได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง ประกอบด้วยข้อเท็จจริง (Fact) และความคิด (Idea) แนวความคิดหลัก (Concept) หลักการ กฎ และ ทฤษฎี ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มาเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง ด้วยการสืบเสาะหา ความรู้ (Inquiry) ที่ผ่านการสังเกต การคิด การสำรวจ การทดลอง และการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดย บุคคล และองค์กร สิ่งเหล่านี้แสดงถึงลักษณะเฉพาะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. มุมมองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)
3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise)
4. ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Relationship between Science and Technology)

มุมมองวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์แบ่งปันองค์ความรู้ที่ค้นพบ ความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับ งานที่ได้ศึกษา ค้นคว้าแก่สังคมของนักวิทยาศาสตร์ และประชาชนทั่วไป มุมมองทางวิทยาศาสตร์ต่อ ธรรมชาติมีดังนี้

1. เราสามารถทำความเข้าใจธรรมชาติได้ นักวิทยาศาสตร์ถือว่าสิ่งต่างๆ และเหตุการณ์ในเอกภพ (Universe) ปรากฏขึ้นในรูปแบบ (Pattern) ที่แน่นอน และสามารถทำความเข้าใจโดยผ่านการศึกษาอย่างมีระบบและรอบคอบ-นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เมื่อใช้ปัญญาและเครื่องมือช่วยขยายความสามารถการรับรู้ จะทำให้เราสามารถค้นพบรูปแบบธรรมชาติทั้งหมด นอกจากนั้นนักวิทยาศาสตร์ยังเชื่อว่า เอกภพเป็นระบบเดียวที่กว้างใหญ่ไพศาล ซึ่งกฎพื้นฐานต่างๆ ในทุกที่เป็นอย่างเดียวกัน ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาที่ส่วนหนึ่งของเอกภพ สามารถนำไปใช้ได้กับส่วนอื่น

2. ความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับ การสังเกตปรากฏการณ์อย่างรอบคอบ และการสร้างทฤษฎีที่ทำให้สิ่งที่สังเกตเหล่านั้นมีความหมาย ความรู้อาจเปลี่ยนแปลงไปได้เนื่องจากมีข้อมูลใหม่ ๆ จาก การสังเกต ซึ่งทำลายทฤษฎีที่มีอยู่ ไม่ว่าจะทฤษฎีหนึ่งจะสามารถอธิบายกลุ่มข้อมูลที่สังเกตได้ดีเพียงไร ก็เป็นไปได้ที่มีอีกทฤษฎีหนึ่งอาจจะเหมาะกับสิ่งที่สังเกตได้ดีหรือดีกว่าหรืออาจจะเหมาะสมกับสิ่งที่สังเกตได้ดีหรือดีกว่าหรืออาจจะเหมาะสมกับสิ่งที่สังเกตได้กว้างขวางกว่า-ซึ่ง นักวิทยาศาสตร์ถือว่า แม้จะไม่มีทางใดที่จะยืนยันหาคำความจริงที่แท้จริง (Absolute Truth) ก็ตาม ถ้ามีการประมาณค่าที่แม่นยำเพิ่มขึ้นก็สามารถยอมรับสิ่งที่ดำรงอยู่ในโลกได้

3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนเป็นช่วงเวลา แม้ว่านักวิทยาศาสตร์จะเลิกล้มความคิดเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความจริงที่แท้จริง และยอมรับว่าความไม่แน่นอนเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ก็มีความคงทน แทนที่จะยกเลิกความคิดที่มีอยู่ไปทั้งหมด แต่มีการปรับปรุงความคิดนั้นให้ถูกต้อง ถือว่าเป็นบรรทัดฐานของวิทยาศาสตร์และเป็นการสร้างความรู้ที่ทรงพลัง มีความแม่นยำและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ตัวอย่าง เช่น ในการสร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ ไอน์สไตน์ไม่ได้ละทิ้งกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แต่แสดงให้เห็นว่ากฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมีข้อจำกัดในการนำมาใช้กับกรณีทั่วไปที่กว้างขวางกว่า ยิ่งไปกว่านั้นความสามารถของนักวิทยาศาสตร์ในการทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่แม่นยำช่วยสนับสนุนหลักฐานที่เราเข้าใจธรรมชาติมากขึ้น

4. วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบกับทุกคำถามได้ มีสิ่งต่างๆ มากมายที่ไม่สามารถตรวจสอบหรือพิสูจน์ได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อที่เกี่ยวกับพลังหรืออำนาจลึกลับเหนือธรรมชาติ ในบางกรณีวิทยาศาสตร์ก็พิสูจน์ให้เห็นอย่างมีเหตุผล แต่ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ที่ยังยึดมั่นอยู่กับความเชื่อเดิม เช่น เชื่อในปาฏิหาริย์ การทำนายโชคชะตา โหราศาสตร์ และเรื่องผีสิง

5. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานหรือประจักษ์พยาน ความเที่ยงตรงของวิทยาศาสตร์อยู่ที่การสังเกตปรากฏการณ์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จะมุ่งมั่นอยู่กับการหาข้อมูลที่แม่นยำ หลักฐานเหล่านี้ได้รับจากการสังเกตและการวัด จากสถานการณ์ในธรรมชาติไปสู่ห้องปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์ทำการสังเกตโดยใช้ประสาทรับรู้ เครื่องมือที่ตรวจวัด เช่น กล้องจุลทรรศน์เพื่อขยายประสาทการรับรู้ ลักษณะที่มนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ นักวิทยาศาสตร์รวบรวมข้อมูลหลายวิธี เช่น สังเกต เก็บตัวอย่าง และการทดลอง ในบางสถานการณ์นักวิทยาศาสตร์สามารถควบคุมเงื่อนไขตามเจตนาอย่างแม่นยำเพื่อให้ได้รับหลักฐาน เช่น ควบคุมอุณหภูมิ เปลี่ยนความเข้มข้นของสารเคมี หรือการผสมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตอื่น โดยการเปลี่ยนแปลงเพียงเงื่อนไขเดียวในแต่ละครั้ง แล้วดูว่าจะมีผลต่อตัวแปรอื่นอย่างไร

6. **วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานของตรรกะและจินตนาการ** การใช้ตรรกะและการตรวจสอบหลักฐานอย่างใกล้ชิด มีความจำเป็น แต่ไม่ใช่สิ่งที่เพียงพอเสมอไปสำหรับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ แนวความคิดหลักจะไม่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติจากข้อมูลหรือการวิเคราะห์ข้อมูลเท่านั้น การตั้งสมมติฐานหรือทฤษฎีเพื่อจินตนาการว่าปรากฏการณ์ต่างๆ ในโลกทำงานอย่างไร และการมองว่าสมมติฐานหรือทฤษฎีจะนำมาใช้ในการทดสอบความจริงได้อย่างไร เป็นความสร้างสรรค์เหมือนกับการเขียนบทประพันธ์ การเขียนเพลง หรือการออกแบบตึกระฟ้า บางครั้งการค้นพบทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นอย่างไม่คาดหวังมาก่อน แม้แต่เกิดขึ้นโดยอุบัติเหตุก็มี แต่ความรู้และความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อการรับรู้ความหมายของสิ่งที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดหวัง ข้อมูลบางอย่างที่นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งทิ้งขว้างไป อาจนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น

7. **วิทยาศาสตร์มุ่งอธิบายและทำนาย** นักวิทยาศาสตร์พยายามทำให้การสังเกตปรากฏการณ์มีความหมาย โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันในการอธิบาย คำอธิบายหรือทฤษฎีอาจมีจำกัด แต่จะต้องมีผลและสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากสังเกตทางวิทยาศาสตร์ที่เที่ยงตรง

8. **วิทยาศาสตร์พยายามระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง** เมื่อต้องเผชิญกับสิ่งที่เป็นความจริง นักวิทยาศาสตร์จะตอบสนองกับการถามหาประจักษ์พยานที่สนับสนุน แต่ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์อาจมีความลำเอียงในด้านการแปลความหมายข้อมูล ในการบันทึกหรือการนำเสนอข้อมูล หรือแม้แต่ในการเลือกว่าข้อมูลใดควรจะมาก่อน นักวิทยาศาสตร์ที่มีเชื้อชาติ เพศ อายุ หรือความเชื่อทางการเมืองต่างกัน อาจมีความลำเอียงที่จะค้นหา หรือเน้นที่ประจักษ์พยานบางอย่าง หรือ การแปลความหมาย

9. **วิทยาศาสตร์ไม่มีอำนาจ** เป็นเรื่องปกติทางวิทยาศาสตร์ที่จะค้นหาแหล่งความรู้ และความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ แต่ผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ อาจให้ข้อมูลที่ผิดพลาด ซึ่งปรากฏว่าได้ผิดพลาดมาหลายครั้งในประวัติของวิทยาศาสตร์ในระยะยาว จะไม่มีนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงหรือมีศักดิ์สูงส่ง ถูกเชิดชูให้มีอำนาจในการตัดสินนักวิทยาศาสตร์คนอื่นว่า ทำถูกและไม่มีข้อสรุปสร้างไว้ก่อนว่า นักวิทยาศาสตร์คนอื่นทำถูกและไม่มีนักวิทยาศาสตร์คนอื่นที่จะเข้าถึงรากฐานในการสำรวจตรวจสอบของเขา

ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ในสมัยปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์บนโลกนี้ทุกภาคส่วน วิชาการทางวิทยาศาสตร์ การทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการตรวจสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานใด ๆ ได้พัฒนาก้าวไกลไปมาก เกิดความคิดการวิจัยและการค้นพบทางวิทยาศาสตร์แบบผสมผสานกันของวิทยาศาสตร์หลายสาขา เพื่ออธิบายถึงปรากฏการณ์ และการนำความรู้มาใช้ประโยชน์ ในการดำรงชีวิตและเพื่อชีวิตที่ดีกว่าในการทำงาน การแก้ปัญหา การผลิต การจัดการ เช่น การเกษตร การแพทย์ ความมั่นคง ธุรกิจการค้า และอุตสาหกรรม เป็นต้น

“วิทยาศาสตร์” เป็นความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ มีการสะสมรวบรวมไว้อย่างมีกระบวนการและเป็นระบบ ส่วน “เทคโนโลยี” เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ มาผสมผสานประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติเป็นรูปธรรมได้ ด้วยการนำทรัพยากรต่างๆ มาใช้ มีการค้นคว้าวิจัย ปรับปรุงพัฒนา ขจัดปัญหา และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้นมาเรื่อยๆ เพื่อให้

เหมาะสมกับความต้องการมนุษย์ หากเทคโนโลยีนั้นไม่เหมาะสมหรือไม่สอดคล้องกับความต้องการ ก็มักจะทำให้เกิดปัญหาตามมา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงต้องดำเนินและเจริญควบคู่กันไป ไม่สามารถแยกออกจากกันได้

นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงชีวิตของเราที่เห็นได้ชัดเจน ได้แก่ เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ เทคโนโลยีวัสดุ เทคโนโลยีนาโน เทคโนโลยีชีวภาพและจีโนม เทคโนโลยีพลังงาน และในอนาคตอันใกล้นี้ เชื่อกันว่า แรงกดดันจากความต้องการของสังคมมนุษย์ จะเกิดกลุ่มนวัตกรรมเทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานและการใช้ชีวิตของคนเรา เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า จะใช้เทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ ผ่านเซลล์สุริยะแบบฟิล์มบาง ซึ่งต้นทุนต่ำกว่าและดีกว่าแบบแผ่นซิลิกอนมาก สามารถติดตั้งได้เกือบทุกที่ ใช้สำหรับอาคารสถานที่ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก รถยนต์ หรือวัสดุบนเสื้อผ้าได้อีกด้วย

การสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่าย ได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญในชีวิตประจำวันแบบสังคมไร้พรมแดน ไม่ว่าจะเป็นด้านการศึกษา ค้นคว้า การจัดการธุรกิจ ศิลปะอุตสาหกรรม สันทนาการและความบันเทิง การปกครอง ความมั่นคงของชาติเป็นสังคมสารสนเทศ หรือสังคมข่าวสาร ในรูปแบบต่างๆ ทุกที่ทุกประเภท การค้นข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต การใช้ตู้ ATM การส่งจดหมาย e-mail การติดต่อค้าขาย การจองตั๋วเดินทาง การประชุมทางไกล การแลกเปลี่ยนข่าวสาร การดำเนินชีวิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หากนำเทคโนโลยีไปใช้อย่างสร้างสรรค์

ผลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ดังนี้

วัฒนธรรมและสังคมการดำเนินชีวิต

สภาพสิ่งแวดล้อม การสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ

วัสดุโลก ธรรมชาติและและการทดแทน

ชีวภาพและพันธุกรรม

การเกษตร

การอาหาร การอุปโภคบริโภค

การอุตสาหกรรม

การพลังงาน

เศรษฐกิจ การเงินการคลัง

ธุรกิจการค้า

การศึกษา การเรียนรู้ ค้นคว้าและการวิจัย

ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การแพทย์ การสาธารณสุข สุขอนามัย

เสถียรภาพความมั่นคง

ชีวิตและทรัพย์สิน

ฯลฯ

สรุป

มาตรฐานหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดให้มีสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้เป็นสาระการเรียนรู้ที่ 8 ในมาตรฐานที่ 8.1 เนื่องจาก ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อให้เกิดพัฒนาการทางเทคโนโลยี ในขณะเดียวกันเทคโนโลยีก็ช่วยให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ละเอียด แม่นยำ และเพิ่มศักยภาพในการศึกษาค้นคว้ามากขึ้น โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้ 1) มุมมองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific World View) 2) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) 3) กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) และ 4) ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Relationship between Science and Technology) ซึ่งผลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ อย่างมากมาย

เรื่องที่ 1.2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในโลกปัจจุบันและอนาคต วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมฐานความรู้ (Knowledge Based Society) วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนากระบวนการคิด มีทักษะที่สำคัญในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ เพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งหมายถึงมีความรู้ ความเข้าใจโลกธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุผลมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ มีคุณธรรมทั้งในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมธรรมชาติอย่างยั่งยืน

1. วิทยาศาสตร์เป็นการสืบเสาะหาความรู้ (Science as Inquiry) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้ครูได้พัฒนาความสามารถของนักเรียน ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่มของความสามารถที่ซับซ้อน ขณะที่นักเรียนตั้งใจจดจ่ออยู่กับการสังเกต สำรองตรวจสอบ นักเรียนยังจะได้พัฒนาความสามารถในการตอบคำถาม ได้สำรองตรวจสอบแง่มุมต่างๆ ในโลกธรรมชาติ รอบตัวนักเรียน แล้วใช้ผลการสังเกต สำรองตรวจสอบอย่างหลากหลาย สร้างคำอธิบายที่มีเหตุผลตอบคำถามที่สงสัย การเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวความคิดหลัก กฎ ทฤษฎีต่างๆ ในวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้น สิ่งสำคัญสำหรับครูผู้สอน คือ ต้องมีความเข้าใจอย่างดีพอว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ อะไร จะใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื้อหาหรือเรื่องใด นั่นคือต้องมีความรู้ในเนื้อหาอย่างดีและใช้กลวิธีอะไรที่จะพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน

ข้อความต่อไปนี้ จะช่วยให้ผู้สอนได้ประเมินถึงความเข้าใจของตนเอง เกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้ ตระหนักในการนำมาใช้ในการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล

การสืบเสาะหาความรู้ เป็นกิจกรรมต่างๆ ที่นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ แนวความคิดหลักวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ใช้ทำความเข้าใจโลกธรรมชาติ

การสอนวิทยาศาสตร์ทุกเรื่อง สามารถใช้การสืบเสาะหาความรู้

การที่นักเรียนตั้งคำถาม แล้วทำการสำรองตรวจสอบเพื่อตอบคำถามเหล่านั้น ผลที่ได้คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ มุ่งเน้นพัฒนากระบวนการมากกว่า การสร้างองค์ความรู้

การใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ให้ได้ผล ผู้สอนต้องพัฒนาพื้นฐานให้นักเรียน แต่ละคน เริ่มต้นด้วยตนเอง

การที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมปฏิบัติ (Hands on Activity) เป็นการสืบเสาะหาความรู้

การสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนที่นักเรียนต้องได้สัมผัสตรงกับปรากฏการณ์ หรือสิ่งที่จะเรียน

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องการให้นักเรียนอภิปราย ร่วมมือร่วมใจในการปฏิบัติ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้ การมีปฏิสัมพันธ์ในสังคมและการ แลกเปลี่ยนข้อมูล เป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนแต่ละคนจะสร้างแนวคิดหลักและความเข้าใจในโลกธรรมชาติ

การสืบเสาะหาความรู้ที่นำมาใช้ในชั้นเรียน บทบาทการสอนของครูอาจจะลดลงแต่จะไปเพิ่มมากขึ้นที่การออกแบบ จำลองสถานการณ์การเรียนรู้ การให้คำแนะนำ การอำนวยความสะดวก และที่สำคัญ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินการพัฒนาความก้าวหน้าของนักเรียน

ข้อความต่างๆ ที่กล่าวมานี้ จะช่วยสร้างความตระหนักให้กับครู ที่จะทำความเข้าใจกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อจะนำมาใช้ในชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล ใน เอกสาร National Science Education Standards ได้เสนอให้พิจารณาการสืบเสาะหาความรู้ในมุมมอง 3 มิติ คือ

กลวิธีการสอนที่สนับสนุนการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน

ความสามารถของการสืบเสาะหาความรู้

ความเข้าใจการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งไม่ใช่เป็นเพียงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การนำการสืบเสาะหาความรู้มาสู่ชั้นเรียน จึงต้องระมัดระวังถึง 3 ประการ คือ

ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งว่าการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์คืออะไร

ความเข้าใจและความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะสอนอย่างแท้จริง

กลยุทธ์ (Strategy) ในการสอนที่พัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้

การใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน มีความสำคัญต่อการพัฒนาความเข้าใจ ความรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ก็ได้ตระหนักถึงความสำคัญนี้ จึงกำหนดการพัฒนาการสืบเสาะหาความรู้ไว้ในมาตรฐานการ เรียนรู้ทุกช่วงชั้นที่เป็นระดับของการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ช่วงชั้นที่ 1-4 (ป.1 – ป.6) ในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมาตรฐานในสาระนี้จะสอดแทรกอยู่ในการเรียนการสอนทั้ง 7 สาระของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 ให้ความสนใจพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของ ระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ ความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิตอื่น

ข้อความที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้เป็นการกำหนดว่า นักเรียนที่จบการศึกษาขั้น พื้นฐานในปีที่ 12 (มัธยมศึกษาปีที่ 6) ควรมีความรู้อะไร และมีความสามารถทำอะไรได้บ้าง ซึ่งก็มีการ กำหนดย่อยละเอียดลงไปอีกในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละช่วงชั้น เมื่อพิจารณาข้อความในมาตรฐานการ เรียนรู้ดังกล่าวจะเห็นว่าให้ความสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งเนื้อหาและกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อลด ข้อโต้แย้งของครูบางคน ที่เห็นว่าการใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ใช้เวลากับ กระบวนการมาก ไม่มีเวลาให้กับเนื้อหา แต่ในความเป็นจริงแล้ว ถ้าวิทยาศาสตร์คือการสงสัย การถาม คำถามเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในโลกธรรมชาติรอบตัว และพัฒนาหรือสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือ

สิ่งนั้นๆ โดยอาศัยประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้น วิทยาศาสตร์จึงเป็นการสืบเสาะหาความรู้ สิ่งสำคัญ คือ ครูจะเลือกใช้การสืบเสาะหาความรู้ด้วยความเข้าใจและเหมาะสมได้อย่างไร

2. องค์ประกอบสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (The Essential Features of Inquiry)

1) ผู้เรียนตั้งใจจดจ่อกับการถามคำถามวิทยาศาสตร์

คำถามวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบได้ เป็นคำถามเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ในธรรมชาติที่เชื่อมโยงกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ คำถามดังกล่าวนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาวิเคราะห์แล้วมาสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ หรือสิ่งต่างๆ นั้นคำถามที่ถามจึงเป็นประเภทที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “ทำไม” เช่น ทำไมวัตถุทุกชนิดจึงตกลงสู่พื้น และคำถาม “อย่างไร” เช่น แสง น้ำและอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พืชเติบโตได้อย่างไร การเริ่มต้นถามคำถามของผู้เรียนมักจะเป็นคำถาม “ทำไม” ที่ผู้สอนต้องช่วยให้นักเรียนปรับปรุงเป็นคำถาม “อย่างไร” เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในลำดับต่อไป สิ่งที่จะกระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม อาจเกิดจากการถามคำถามของครูจากในหนังสือเรียน สื่อและสิ่งเรียนรู้ต่างๆ ในเว็บไซต์ ฯลฯ ครูที่มีประสบการณ์สูงจะสามารถกระตุ้นนักเรียนให้ถามคำถามที่มีคุณค่านำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานที่สอดคล้องกับคำถาม

ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้จากประจักษ์พยานในธรรมชาติ และหาคำอธิบายธรรมชาติว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร จึงต้องเน้นข้อมูลที่แม่นยำจากการสังเกตอย่างถี่ถ้วนด้วยประสาทสัมผัส การวัด การใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ได้มาตรฐานช่วยขยายความสามารถของประสาทสัมผัส เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ ปรากฏการณ์ที่เป็นธรรมชาติไม่สามารถควบคุมได้เหมือนการทดลองในห้องปฏิบัติการจึงต้องใช้เวลาในการสังเกต สำรวจเป็นเวลานาน แล้วมาลงความเห็น (Infer) เกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ การรวบรวมข้อมูลจากประจักษ์พยานในธรรมชาติ จึงต้องทำหลายอย่าง ทำซ้ำหลายครั้ง รวบรวมข้อมูลที่แตกต่างแต่อาจมีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์อย่างเดียวกัน การปฏิบัติดังกล่าวทำให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์

ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องอาศัยประจักษ์พยาน เพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ เช่นเดียวกัน นักเรียนจะสังเกตพืช สัตว์ สิ่งของ หรือปฏิกิริยาเคมีต่างๆ และอธิบายรายละเอียดจากการสังเกต มีการวัด การจัดจำแนก การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง รวบรวมข้อมูลหรือประจักษ์พยานที่แม่นยำและครบถ้วนเพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ตัว ความสัมพันธ์ทางสังคม ค่านิยมทางศาสนา

3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยาน

การอธิบายเพื่อตอบคำถามที่สงสัยจะอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์เหตุและผลคือประจักษ์พยานที่ได้รับจากการสำรวจ ตรวจสอบ ด้วยการใช้ความคิดวิจารณ์ญาณในการสร้างคำอธิบายที่เป็นการแสดงถึงการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ยังไม่เคยรู้ ไม่คุ้นเคย เชื่อมโยงกับสิ่งที่สังเกต หรือที่เคยเรียนรู้มาก่อนแล้ว โดยการสร้างคำอธิบายที่อาจจะสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างมีเหตุผล การอธิบายจากประจักษ์พยานที่รวบรวมได้ เป็นการสร้างแนวความคิดใหม่จากความเข้าใจที่มีอยู่แล้ว และถือว่าเป็นการสร้างความรู้ใหม่สำหรับนักเรียน ครูควรแนะนำให้เห็นว่าคำอธิบายดังกล่าวของนักเรียนยังไม่ใช่คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่นๆ

ในช่วงที่นักเรียนจะประเมินคำอธิบายปรับปรุงแก้ไข มีการเพิ่มเติมหรือตัดทอน ตรวจสอบว่า คำอธิบายนั้นได้รับการสนับสนุนอย่างจริงจังจากประจักษ์พยานหรือไม่ การอธิบายนั้นตอบคำถามหรือไม่ มีอะไรที่แสดงถึงความไม่เที่ยงตรง ไม่แม่นยำ ในการเชื่อมโยงประจักษ์พยานมาสู่คำอธิบาย หรือยังมี คำอธิบายอื่นที่เป็นเหตุผลมากกว่าหรือไม่ นักเรียนจะต้องได้รับการชี้แนะให้อ่านพิจารณา ทบทวน เปรียบเทียบ ตรวจสอบคำอธิบายของตนกับของครู เพื่อนคนอื่น ๆ จากหลักการทางวิทยาศาสตร์ใน หนังสือตำรา เพื่อให้คำอธิบายนั้นเชื่อถือได้ว่าถูกต้อง สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ นักวิทยาศาสตร์ได้ยอมรับแล้ว

5) ผู้เรียนสื่อสารนำเสนอคำอธิบายของตนเอง

การเสนอคำอธิบายของนักเรียนให้ผู้อื่นเข้าใจจะต้องมีความชัดเจนตั้งแต่คำถาม วิธีการที่ใช้ในการ สืบค้นตรวจสอบ ประจักษ์พยานที่รวบรวมได้จากข้อมูล คำอธิบายที่มีการทบทวน ตรวจสอบกับ คำอธิบายอื่นๆ การนำเสนอคำอธิบายของนักเรียนควรเปิดโอกาสให้มีการซักถาม ตรวจสอบประจักษ์ พยาน วิพากษ์วิจารณ์ สนับสนุน หรือโต้แย้งอย่างมีเหตุผล เนื่องจากความรู้ที่นักเรียนสร้างคำอธิบายนั้น อาจมีส่วนที่อาจเกิดความผิดพลาด หรือคำอธิบายนั้นเกิดกว่าประจักษ์พยานที่มีอยู่ หรืออาจมีการ นำเสนอคำอธิบายอีกแนวหนึ่งได้จากประจักษ์พยานเดียวกันนั้น การนำเสนอคำอธิบายนี้อาจนำไปสู่ คำถามในการเชื่อมโยงประจักษ์พยานอื่นๆ และความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถตอบข้อ ซักถาม สนองตอบต่อข้อโต้แย้งได้อย่างมั่นใจ

3. ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry skills)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะประสบความสำเร็จได้ นักเรียนจะต้องได้รับการพัฒนา ทักษะสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ตลอดการเรียนรู้ ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ที่สำคัญและจำเป็นใน การสำรวจตรวจสอบโลกธรรมชาติ มีดังนี้

การสังเกต

การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของนักเรียนได้แก่ ดู ฟัง สัมผัส ชิม และดม ในการเรียนรู้สมบัติของ สิ่งต่างๆ และมีการใช้เครื่องมือพื้นฐานในการขยายขอบเขตของประสาทสัมผัส ได้แก่ แวนขยาย กล้องจุลทรรศน์ เครื่องวัดไฟฟ้า ฯลฯ

การเปรียบเทียบ

การพิจารณาความเหมือน ความแตกต่างของวัตถุ หรือเหตุการณ์ต่างๆ

การจัดจำแนก การจัดกลุ่ม

การจัดกลุ่ม จัดลำดับเหตุการณ์ โดยใช้ลักษณะที่เหมือนกันจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อง่ายต่อความ เข้าใจ

การวัด

การรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ ที่เป็นมาตรฐานให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ เที่ยงตรง

การวางแผนออกแบบการสำรวจตรวจสอบ

วิธีการหลากหลายที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ เพื่อรวบรวมข้อมูลมาตอบคำถามหรือข้อสงสัย รวมถึงการกำหนดรายการที่จะบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ

การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล

การจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ แสดงเป็นความสัมพันธ์
ของข้อมูลในรูปของกราฟ แผนภูมิ การจัดลำดับ เพื่อนำไปสู่การแปลความหมายข้อมูล

การใช้ตัวเลขจำนวน

การแสดงข้อมูลเชิงปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน รวมถึงการประมาณค่าอย่างมีเหตุผล

การทำนาย - คาดคะเน

การคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยข้อมูล ประจักษ์พยานในปัจจุบันและ
ประสบการณ์

การลงความเห็น

การลงข้อสรุปที่มีเหตุผลบนพื้นฐานของการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ

การลงข้อสรุป

การสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ โดยพิจารณาข้อมูลผ่านการวิเคราะห์และแปลความหมายแล้ว
ข้อสรุปเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการสำรวจ ตรวจสอบ ซึ่งอาจสรุปเป็นแนวความคิดหลัก กฎ ทฤษฎี

การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา สถานที่หรือมิติ

การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานที่หรือ มิติที่
แตกต่างกัน

การตั้งสมมติฐาน

การเสนอคำอธิบาย ถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์
ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบ ตามระดับความสามารถของ
นักเรียน

การระบุและควบคุมตัวแปร

การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง หรือ ที่ส่งผลกระทบต่อผลที่เกิดขึ้นซึ่งสอดคล้องกับคำถาม
สถานการณ์ที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ การกำหนดตัวแปรต้องมีความรัดกุมเพื่อให้การออกแบบการ
ทดลองมีความยุติธรรม

การทดลอง

การลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่กำหนดไว้ จะได้รวบรวมข้อมูลอย่าง
ละเอียด ถี่ถ้วน เที่ยงตรงและครบถ้วน

การสร้าง / ใช้แบบจำลอง

การแสดงความคิด หรือรูปแบบ โครงสร้าง กระบวนการให้เห็นเป็นรูปธรรม

การสื่อสาร

การกล่าวถึงข้อมูล ข้อค้นพบ แนวความคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงและชัดเจนด้วยการเขียน การพูด
การจัดแสดงประกอบข้อมูล

ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าว จะเห็นว่า เป็นทั้งทักษะทางสติปัญญา (Intellectual
Skills) คือ การใช้กระบวนการคิด และทักษะทางปฏิบัติ (Manual Skills) ที่เคลื่อนไหว หยิบ จับสัมผัส
ทักษะทั้ง 2 กลุ่มมีความสำคัญมากในการเรียนรู้ การสืบเสาะหาความรู้ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์เท่านั้น แต่รวมถึงศาสตร์อื่นๆ ด้วย และยังใช้ในการดำเนินชีวิต การประกอบอาชีพในอนาคต ด้วย นักเรียนควรได้รับโอกาสในการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องในการสืบเสาะหาความรู้ใหม่

4. การใช้การสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียน (Inquiry in the Classroom)

การใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ผู้สอนจะต้องวางแผนออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยคัดเลือกเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับการใช้กระบวนการดังกล่าว สอดคล้องกับ ความรู้ ความสามารถของผู้เรียน และมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

การจัดการเรียนการสอนที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน (Inquiry-Based-Learning) จะต้อง ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นองค์ประกอบสำคัญ 5 องค์ประกอบของการสืบเสาะหาความรู้ อย่างต่อเนื่องเป็นลำดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งการถามคำถามของครูและนักเรียน กิจกรรมต่างๆ ต้องท้าทาย ให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์หลากหลายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ความรู้ความเข้าใจแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ที่สำคัญ การนำรูปแบบของการสืบเสาะหาความรู้มาลงสู่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้มีลำดับดังนี้

1) สร้างความสนใจ ครูจะกระตุ้นด้วยคำถามให้นักเรียนสนใจ จดจ่ออยู่กับสิ่งที่จะเรียน ว่ามี อะไรบ้างที่รู้แล้ว และสงสัยอยากรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้นอีก ความสงสัยใคร่รู้ของนักเรียนจะหลั่งไหลออกมา เป็นคำถามมากมายที่จะนำไปสู่กิจกรรมลำดับต่อไป

2) สำรวจค้นหา ครูจะออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบด้วยกระบวนการต่างๆ เพื่อนำไปสู่คำตอบหรือคำอธิบายของคำถามที่สนใจอยากรู้ ได้แก่ กิจกรรม การสังเกต สำรวจ ทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล ประจักษ์พยานที่เกี่ยวข้องอย่างแม่นยำและครบถ้วน

3) อธิบายและลงข้อสรุป ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลและประจักษ์พยานต่างๆ ที่ รวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบ ร่วมกันวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูดของนักเรียน

4) ขยายความรู้ ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาคำอธิบายของนักเรียน ให้เชื่อมโยงกับความรู้ อื่นๆ และเปรียบเทียบกับความรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างแนวความคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ตาม ระดับชั้นของนักเรียน

5) ประเมินผล ครูจะพยายามท้าทายให้นักเรียนคิดถึงการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ หรือยกตัวอย่างการใช้ความรู้ในในชีวิตประจำวัน ในการประกอบอาชีพหรือในกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้ นักเรียนอาจจะมีคำถามใหม่ที่สงสัยอยากรู้เป็นการนำไปสู่การเรียนในหัวข้อต่อไป

อย่างไรก็ตาม การประเมินผลควรทำทุกขั้นตอนของการจัดกระบวนการเรียนรู้ ตลอด กระบวนการตั้งแต่แรกจนถึงขั้นสุดท้ายที่สิ้นสุดบทเรียน

การสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายแนวทาง ตามระดับความสามารถของนักเรียน ครูควรจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาไปจนระดับสูงสุด ดังนี้

การสืบเสาะหาความรู้ที่กำหนดวิธีการ (Structured Inquiry) เป็นขั้นตอนที่ใช้ฝึกกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีในหนังสือเรียนที่กำหนดวิธีดำเนินการและทักษะต่างๆ ที่ต้องใช้ในการ ทำกิจกรรม ผู้เรียนเป็นเพียงปฏิบัติตามคำแนะนำ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์แปลความหมายตามคำถามที่ กำหนดไว้

การสืบเสาะหาความรู้ที่มีการแนะแนวทางให้ (Guided Inquiry) เป็นอีกขั้นหนึ่งของการพัฒนากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยนักเรียนได้รับคำถามที่กำหนดให้ แล้วหาวิธีการดัดแปลงการสำรวจตรวจสอบรวบรวมข้อมูล เพื่อตอบคำถามและอาจนำไปสู่คำถามใหม่

การสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวผู้เรียนอย่างอิสระ (Independent Inquiry) เป็นการพัฒนาการสืบเสาะหาความรู้สูงสุดของนักเรียน โดยที่นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามที่สนใจอยากรู้ วางแผนหาวิธีการในการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล แปลความหมาย และลงข้อสรุป ตอบคำถามที่สงสัย ซึ่งก็คือ การเปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั่นเอง

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ จะต้องคำนึงถึงคุณลักษณะสำคัญทั้งหมดของการสืบเสาะหาความรู้ ครูจะต้องนำไปใช้ในขั้นตอนต่างๆของการเรียนการสอน หรือในกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ความเข้มข้นของการนำไปใช้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบกิจกรรมที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วม และบทบาทของครูที่มีส่วนชี้นำมากหรือน้อยในบางกรณีที่เนื้อหาที่มีความซับซ้อน ครูอาจมีบทบาทชี้นำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมามากขึ้นในขั้นตอนต่อไป เช่น การตั้งคำถาม ครูอาจเริ่มถามคำถามก่อนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดสงสัย และตั้งคำถามต่อไป หรือในการวิเคราะห์ข้อมูล การอธิบาย การลงข้อสรุปครูก็อาจต้องชี้แนะวิธีการเพื่อเป็นแนวทางให้กับนักเรียน สิ่งที่ต้องตระหนักอย่างยิ่ง คือ การเรียนการสอนที่ยึดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ ครูจึงมีบทบาทสำคัญในการออกแบบการเรียนรู้ และทำหน้าที่สนับสนุนอำนวยความสะดวก (Facilitator) ในระหว่างที่มีการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์และสอดคล้องตามมาตรฐานหลักสูตร

สรุป

วิทยาศาสตร์ได้ช่วยพัฒนากระบวนการคิด ให้มีทักษะที่สำคัญในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงนำการสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในชั้นเรียน โดยบทบาทการสอนของครูอาจลดลงแต่จะมีบทบาทสำคัญในการออกแบบการเรียนรู้ และทำหน้าที่สนับสนุนอำนวยความสะดวก (Facilitator) ในระหว่างที่มีการเรียนการสอน เช่น การจำลองสถานการณ์การเรียน การให้คำแนะนำ การอำนวยความสะดวก และ การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินการพัฒนาความก้าวหน้าของนักเรียน ซึ่งการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน ต้องแสดงให้เห็นองค์ประกอบสำคัญ 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจค้นหา 3) อธิบายและลงข้อสรุป 4) ขยายความรู้ และ 5) ประเมินผล

หลังจากศึกษาเนื้อหาสาระเรื่อง 1.2 แล้ว โปรดปฏิบัติใบงานที่ 1.2

เรื่องที่ 1.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นกิจการอย่างหนึ่งมีมิติแห่งความเป็นบุคคล สังคม และสถาบันกิจการทางวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะหลักอย่างหนึ่งของโลกปัจจุบัน และมีการใช้เวลาเป็นจำนวนมากมายเมื่อเทียบกับศตวรรษก่อน

1. วิทยาศาสตร์เป็นกิจการทางสังคมที่ซับซ้อน

งานทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้บุคคลจำนวนมากในการทำงานที่แตกต่างกันและมีความร่วมมือกันในระดับนานาชาติ ชายและหญิงจากกลุ่มชนหลากหลายวัฒนธรรมมีส่วนร่วมในวิทยาศาสตร์และการใช้ประโยชน์ บุคคลเหล่านี้ประกอบด้วยนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักคณิตศาสตร์ แพทย์ ช่างเทคนิค นักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ บรรณารักษ์ และคนอื่นๆ ซึ่งอาจมุ่งเน้นไปที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามวิถีทางของแต่ละคน หรือเพื่อจุดมุ่งหมายในการนำไปใช้เฉพาะด้านและเขาอาจเกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูล สร้างทฤษฎี สร้างเครื่องมือ หรือเครื่องสื่อสาร

วิทยาศาสตร์ดำเนินไปในองค์กรที่แตกต่างกันมากมาย นักวิทยาศาสตร์ถูกจ้างให้ทำงานในมหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม หน่วยงานของรัฐ องค์กรวิจัยอิสระ สมาคมวิทยาศาสตร์ เขาอาจทำงานตามลำพัง เป็นกลุ่ม หรือสมาชิกของทีมวิจัยขนาดใหญ่ สถานที่ทำงานของเขาอาจเป็นห้องเรียน หน่วยงาน ห้องปฏิบัติการ และภาคสนามธรรมชาติจากอวกาศถึงกันทะเล

เนื่องจากธรรมชาติทางสังคมของวิทยาศาสตร์ การกระจายข้อมูลความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องสำคัญ นักวิทยาศาสตร์นำเสนอสิ่งที่ค้นพบและทฤษฎีทางเอกสารที่แจกในการประชุมหรือตีพิมพ์ในวารสาร เอกสารเหล่านี้ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์เผยแพร่ผลงานของเขาเป็นการเสนอความคิดของเขาให้นักวิทยาศาสตร์อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์ และแน่นอนสิ่งนี้เป็นการพัฒนาวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ความก้าวหน้าของข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยเพิ่มความเร็วของการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ ทำให้การวิเคราะห์แบบใหม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงปฏิบัติและย่นเวลาระหว่างการค้นพบและการนำไปใช้ประโยชน์

2. วิทยาศาสตร์ถูกจัดระบบเป็นสาขาวิชาต่างๆ และดำเนินการศึกษาโดยสถาบันที่หลากหลาย

วิทยาศาสตร์เป็นการรวบรวมสาขาทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันหรือเนื้อหาวิชา จากมานุษยวิทยาไปสู่สัตววิทยา ซึ่งอาจประกอบด้วยสาขาวิชามากมาย ที่มีความแตกต่างกันในหลายทางเช่น ประวัติศาสตร์ เรื่องที่ศึกษาและภาษาที่ใช้ และผลที่คาดหวัง เมื่อพิจารณาจุดมุ่งหมายและปรัชญา ทุกสาขาของวิทยาศาสตร์มีความเท่าเทียมกัน และทั้งหมดก็ช่วยเติมความอยากรู้ทางวิทยาศาสตร์ ข้อดีของการแบ่งวิทยาศาสตร์เป็นสาขาต่างๆ คือ การก่อให้เกิดโครงสร้างของแนวความคิดหลักสำหรับจัดระบบของงานวิจัยและสิ่งที่พบ ข้อเสียก็คือการแบ่งเป็นสาขาไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของโลก และทำให้การสื่อสารมีความยากลำบาก ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ก็ตามวิทยาศาสตร์ ไม่มีกำแพงตายตัว ฟิสิกส์เกี่ยวข้องกับเคมี ดาราศาสตร์และธรณีวิทยา และเคมีก็เกี่ยวข้องกับชีววิทยาและจิตวิทยา และอื่นๆ สาขาใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการผสมผสานเช่น ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ชีวฟิสิกส์และชีวสังคมศาสตร์ เกิดขึ้น บางสาขาที่ก้าวหน้าและแตกเป็นสาขาย่อยและกลายเป็นสาขาใหญ่ต่อไป

มหาวิทยาลัย โรงงานอุตสาหกรรม และรัฐบาลก็เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยในมหาวิทยาลัยมักจะเน้นไปที่องค์ความรู้ แม้องค์ความรู้ส่วนมากจะนำไปสู่การแก้ปัญหา มหาวิทยาลัยก็เป็นแหล่งให้การศึกษาแก่นักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ นักคณิตศาสตร์และนักวิศวกรในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจมักจะเน้นงานวิจัยไปสู่การปฏิบัติ และมีการสนับสนุนงานวิจัยที่ยังไม่มีผลต่อการนำไปใช้ทันที บางส่วนก็เป็นการมองเห็นว่าจะสามารถนำไปประยุกต์อย่างคุ้มค่าในระยะยาว รัฐให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในมหาวิทยาลัยและในอุตสาหกรรมรวมทั้งในหน่วยงานวิจัยของรัฐโดยตรง ภาคเอกชน มูลนิธิ ก็ให้การสนับสนุนงานวิจัยด้วย

3. หลักการทางจริยธรรมทั่วไปที่ต้องยอมรับในการทำงานทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ส่วนมากทำงานด้วยบรรทัดฐานทางจริยธรรม ซึ่งได้แก่การบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เปิดเผยและการทำซ้ำ เสนอผลงานให้เพื่อนนักวิทยาศาสตร์ด้วยกันวิพากษ์วิจารณ์ช่วยทำให้นักวิทยาศาสตร์ส่วนมากมีจริยธรรมในวิชาชีพ บางครั้งมีความกดดันที่ต้องการการยอมรับในการตีพิมพ์ความคิดหรือการสังเกตเป็นคนแรก อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์บางคนห่วงเหี่ยวข้อมูลหรือแม้แต่บิดเบือนสิ่งที่ค้นพบ เมื่อถูกค้นพบพฤติกรรมเช่นนี้ก็จะถูกตำหนิอย่างรุนแรงจากสังคม วิทยาศาสตร์ และหน่วยงานที่สนับสนุนงานวิจัย

จริยธรรมวิทยาศาสตร์อีกด้านหนึ่งคือ เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ที่การทดลองทางวิทยาศาสตร์จะก่อให้เกิดอันตราย ตัวอย่างหนึ่งคือการกระทำต่อกลุ่มตัวอย่างที่มีชีวิต จริยธรรม วิทยาศาสตร์สมัยใหม่จะต้องคำนึงถึงสุขภาพและการมีชีวิตที่ดีของสัตว์ตัวอย่าง ยิ่งไปกว่านั้นสำหรับการวิจัยที่ใช้ตัวอย่างเป็นมนุษย์จะต้องได้รับการยินยอมถึงแม้ว่าข้อจำกัดเหล่านี้จะกระทบต่อผลการวิจัยในบิยินยอมจะต้องแจ้งให้รู้ถึงความเสี่ยงและผลที่จะได้จากการวิจัยและสิทธิที่จะปฏิเสธการเข้าร่วมนอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์จะต้องคำนึงถึงผู้ร่วมงาน นักศึกษา เพื่อนบ้านหรือชุมชนที่อาจได้รับความเสี่ยงต่อสุขภาพหรืออื่นๆ โดยไม่มีความรู้หรือไม่ได้ยินยอม

จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ยังเกี่ยวข้องกับอันตรายที่เกิดจากการนำเอาผลงานวิจัยไปใช้ด้วยผลกระทบทางวิทยาศาสตร์ระยะยาวอาจไม่สามารถทำนายได้ แต่ความคิดที่จะนำผลงานทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างไร จะดูจากว่าใครเป็นผู้สนับสนุนการวิจัยนั้น ตัวอย่างเช่น กระทรวงกลาโหมให้การสนับสนุนนักวิทยาศาสตร์ด้านคณิตศาสตร์ทฤษฎี นักคณิตศาสตร์อาจลงความเห็นได้ว่า ทฤษฎีใหม่อาจนำไปเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางการทหารดังนั้นอาจจะมีการต่อต้านได้ ความลับด้านการทหารและทางด้านอุตสาหกรรมอาจได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์บางคน ไม่ว่านักวิทยาศาสตร์จะเลือกทำงานวิจัยที่มีความเสี่ยงต่อมนุษย์ เช่น อาวุธนิวเคลียร์หรืออาวุธชีวภาพ จะถูกพิจารณาโดยนักวิทยาศาสตร์ว่าเป็นจริยธรรมส่วนอาวุธ ไม่ใช่เป็นจริยธรรมทางอาชีพ

4. นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนทั่วไป

นักวิทยาศาสตร์สามารถนำข้อมูลข่าวสาร ความลึกซึ้งชัดเจนในองค์ความรู้ และทักษะในการวิเคราะห์ไปใช้กับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสาธารณชน นักวิทยาศาสตร์มักจะช่วยประชาชนและผู้แทนราษฎรในการเข้าใจสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ เช่น วิกฤติภัยทางธรรมชาติและเทคโนโลยี และช่วยการประเมินค่าความเป็นไปได้ของผลที่จะได้รับจากนโยบายของโครงการต่างๆ เช่นผลเชิงนิเวศวิทยาจากการทำเกษตรกรรมแบบต่างๆ นักวิทยาศาสตร์มักจะช่วยทดสอบว่าอะไรที่เป็นไปไม่ได้ ในฐานะของผู้ให้คำปรึกษา

นักวิทยาศาสตร์จะถูกคาดหวังให้ระมัดระวังอย่างมากในการแยกแยะระหว่างข้อเท็จจริงจากการแปลความหมาย และระหว่างสิ่งที่พบในการวิจัยจากสิ่งที่คาดฝันและความคิดเห็นนั่นคือ พวกเขาจะถูกคาดหวังในการใช้หลักการทางการสืบเสาะหาความรู้อย่างเต็มรูปแบบ

สรุป

วิทยาศาสตร์เป็นกิจการอย่างหนึ่งที่มีมิติแห่งความเป็นบุคคล สังคม และสถาบัน กิจการทางวิทยาศาสตร์ มีดังนี้ 1) วิทยาศาสตร์เป็นกิจการทางสังคมที่ซับซ้อน 2) วิทยาศาสตร์ถูกจัดระบบเป็นสาขาวิชาต่างๆ และดำเนินการศึกษาโดยสถาบันที่หลากหลาย 3) หลักการทางจริยธรรมทั่วไปที่ต้องยอมรับในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนทั่วไป และ 4) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนทั่วไป

ตอนที่ 2 การนำมาตรฐานการเรียนรู้สู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 2.1 ลักษณะสำคัญของหลักสูตรอิงมาตรฐาน

หลักสูตรอิงมาตรฐาน (Standards-based curriculum) เป็นหลักสูตรที่มีมาตรฐานเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งเป็นคุณภาพที่คาดหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน ดังนั้น การพัฒนาหลักสูตรตลอดแนวตั้งแต่ระดับชาติ ระดับท้องถิ่น ระดับสถานศึกษา ตลอดจนจนถึงระดับชั้นเรียน จะมีลักษณะเป็นหลักสูตรอิงมาตรฐาน คือ ยึดมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายและเป็นกรอบทิศทางในการกำหนดโครงสร้าง เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ กล่าวโดยรวมก็คือ การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้นำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรอิงมาตรฐาน (Standards-based curriculum) การเรียนการสอนอิงมาตรฐาน (Standards-based instruction) และการประเมินผลอิงมาตรฐาน (Standards-based assessment)

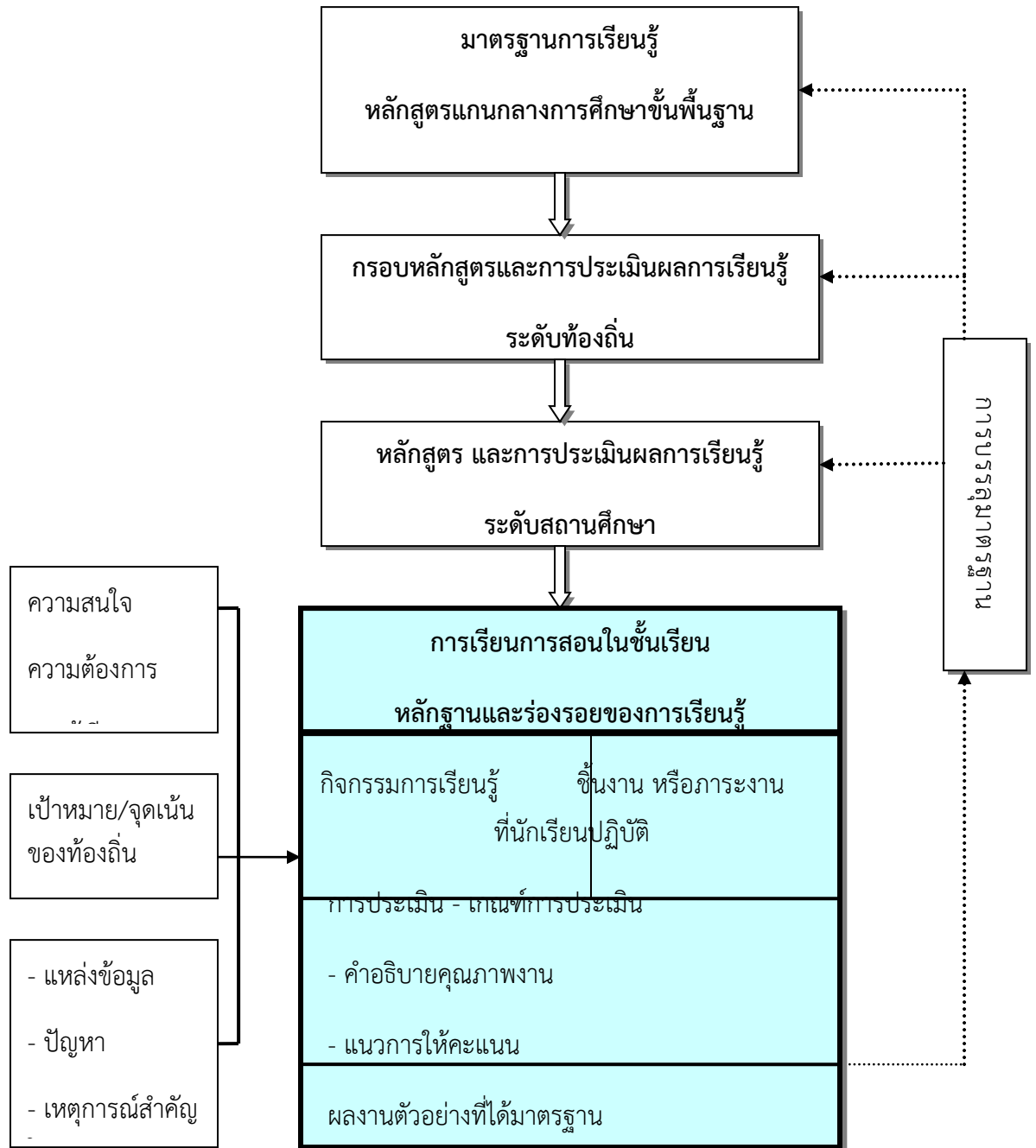
ลักษณะสำคัญของหลักสูตรอิงมาตรฐาน

การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้เพื่อเป็นเป้าหมายในการพัฒนาการศึกษาเป็นเรื่องสำคัญ แต่มาตรฐานการเรียนรู้จะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆได้เลย หากไม่มีการเชื่อมโยงมาตรฐานไปสู่การปฏิบัติอย่างจริงจัง การสร้างหลักสูตรที่สัมพันธ์หรืออิงกับมาตรฐานการเรียนรู้อย่างชัดเจน จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็น ในการจัดทำหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนไปสู่มาตรฐาน ครูผู้สอนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำหลักสูตร จำเป็นต้องเข้าใจแนวคิด หลักการ และแนวปฏิบัติของหลักสูตรอิงมาตรฐานซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือ

1. มาตรฐานเป็นจุดเน้นของการพัฒนาหลักสูตรในทุกระดับ

ในระบบการศึกษาที่มีมาตรฐานเป็นเป้าหมายนั้น กระบวนการพัฒนาหลักสูตรตลอดแนว ตั้งแต่ระดับชาติ ระดับท้องถิ่น ระดับสถานศึกษา ตลอดจนจนถึงระดับชั้นเรียนจะต้องเน้นและยึดมาตรฐานการเรียนรู้เป็นหลักและเป้าหมายสำคัญ นักการศึกษา และนักพัฒนาหลักสูตรในยุคปัจจุบันเชื่อว่า การนำมาตรฐานการเรียนรู้ไปสู่หลักสูตรสถานศึกษา และการเรียนการสอนในชั้นเรียนเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นขั้นตอนของการนำสิ่งที่คาดหวังในระดับชาติไปก่อให้เกิดผลในการพัฒนาผู้เรียน ดังนั้นการจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนให้เชื่อมโยงกับมาตรฐาน จึงเป็นเรื่องที่ทุกฝ่ายควรให้ความสนใจอย่างจริงจัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักสูตรสถานศึกษาและการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนนั้น มีผลโดยตรงต่อผู้เรียน จำเป็นที่ครูผู้สอนต้องเอาใจใส่เป็นพิเศษว่าเป้าหมาย กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน หรือวิธีการประเมินผล เชื่อมโยงสัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้หรือไม่เพียงไร

ความสัมพันธ์เชื่อมโยงของมาตรฐานการเรียนรู้ระดับชาติ กับการพัฒนาหลักสูตรในระดับท้องถิ่นสถานศึกษา และการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน



2. องค์ประกอบของหลักสูตรเชื่อมโยงกับมาตรฐาน

นักการศึกษาและนักพัฒนาหลักสูตรในยุคปัจจุบันเชื่อว่า การนำมาตราฐานการเรียนรู้ไปสู่หลักสูตรสถานศึกษาและการเรียนการสอนในชั้นเรียนเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นขั้นตอนของการนำสิ่งที่คาดหวังในระดับชาติ ไปก่อให้เกิดผลในการพัฒนาผู้เรียน ดังนั้นการจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนให้เชื่อมโยงกับมาตรฐาน ทุกองค์ประกอบของหลักสูตรไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาสาระที่สอน กิจกรรมการเรียนรู้ ชิ้นงาน/ภาระงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ เกณฑ์การวัดและประเมินผล สื่อการเรียนรู้ ต้องเชื่อมโยง สะท้อนสิ่งที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนที่ระบุไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ ในการออกแบบหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ ผู้เกี่ยวข้องและครูผู้สอนต้องวิเคราะห์คำสำคัญ (Key word) ว่ามาตรฐานและตัวชี้วัดนั้น ระบุว่านักเรียนควรรู้อะไร และทำอะไรได้ หรือต้องการให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ เจตคติ คุณธรรมจริยธรรม อะไร ข้อมูลจากการวิเคราะห์นี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดองค์ประกอบของหลักสูตรดังกล่าวต่อไป

3. หน่วยการเรียนรู้คือหัวใจของหลักสูตร

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการจัดทำหลักสูตรอิงมาตรฐาน เพราะหน่วยการเรียนรู้จะมีรายละเอียดของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ซึ่งจะนำมาตราฐานไปสู่การปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนอย่างแท้จริง ปรัชญาการศึกษาในยุคที่ผ่านมานั้นมักจะเน้นการสอนเนื้อหาสาระ ดังนั้นรูปแบบหลักสูตรการเรียนการสอนในยุคก่อนจึงมีลักษณะเป็นหลักสูตรอิงเนื้อหา การวัดประเมินผลในหลักสูตรรูปแบบนี้ก็เน้นที่การจัดจำเนื้อหาให้ได้มากที่สุด และเกณฑ์การวัดประเมินผลก็กำหนดเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การจัดทำหลักสูตรลักษณะนี้ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้เนื้อหา และการท่องจำ

หลักสูตรแบบอิงมาตรฐานเน้นการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ที่มีมาตรฐานเป็นเป้าหมาย (Standards-based unit) มีการกำหนดแก่นเรื่องของหน่วย (Theme) ซึ่งเอื้อต่อการหลอมรวมเนื้อหาของศาสตร์สาขาต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ และกำหนดงานให้ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อฝึกฝนและเป็นร่องรอยสำหรับประเมินว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถถึงระดับที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานหรือไม่ ดังนั้นมาตรฐานที่เป็นเป้าหมายในแต่ละหน่วยการเรียนรู้อาจมีได้หลายมาตรฐาน และอาจมาจากหลากหลายสาขาวิชา และอาจมีทั้งมาตรฐานที่เป็นเนื้อหา มาตรฐานที่เน้นทักษะกระบวนการ การจัดการเรียนรู้เป็นหน่วยลักษณะนี้ เนื้อหาสาระ และกิจกรรมจึงเป็นเพียงหนทาง ที่จะนำพาผู้เรียนไปถึงหลักชัยคือมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด ผู้เรียนอาจบรรลุถึงมาตรฐานเดียวกันด้วยเนื้อหาและวิธีการที่แตกต่างกันได้ นักวิชาการ และนักพัฒนาหลักสูตรในยุคปัจจุบันเชื่อว่า หลักสูตรลักษณะนี้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่นอย่างแท้จริง

4. กระบวนการ และขั้นตอนการจัดทำหลักสูตรมีความยืดหยุ่น

ในการออกแบบหลักสูตรการเรียนการสอนอิงมาตรฐานนั้น สามารถทำได้หลายรูปแบบ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุถึงเป้าหมายเดียวกัน มิได้มีการกำหนดหรือจัดลำดับขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว ขึ้นอยู่กับเหตุผล วัตถุประสงค์ และความจำเป็นของแต่ละบริบท เช่น อาจเริ่มต้นจากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ หรืออาจเริ่ม จากการกำหนดหัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่น่าสนใจ หรือเริ่มจากบทเรียนที่มีอยู่เดิมแล้ว โดยเชื่อมโยงหัวข้อหรือบทเรียนนั้นๆ ว่าสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ใดบ้าง

5. การประเมินผลสะท้อนมาตรฐานอย่างชัดเจน

มาตรฐานและการประเมินผลมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด การวัดและประเมินผลถือว่าเป็นจุดที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่งของการจัดทำหลักสูตรแบบอิงมาตรฐาน แนวคิดด้านการศึกษาในยุคปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนจากยุคที่เน้นพฤติกรรมนิยมซึ่งวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ย่อย เป็นยุคที่ให้ความสำคัญแก่การประเมินในองค์รวมโดยเทียบเคียงกับมาตรฐานเป็นสำคัญ นักวิชาการในยุคของการปฏิรูปการศึกษาที่มีมาตรฐานเป็นเป้าหมาย ต่างมีความเห็นสอดคล้องกันว่า การจะพัฒนาคุณภาพการศึกษาได้อย่างประสบความสำเร็จนั้น มาตรฐานต้องเป็นตัวเทียบเคียง ที่สำคัญในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในทุกระดับ ไม่ว่าจะเป็นระดับชาติ ระดับท้องถิ่นหรือเขตพื้นที่การศึกษา และที่สำคัญที่สุดคือ ระดับสถานศึกษา และระดับชั้นเรียน ดังนั้นเกณฑ์ต่างๆ หรือร่องรอยหลักฐานในการประเมินผลการเรียนจะต้องเชื่อมโยงและสะท้อนมาตรฐานการเรียนรู้อย่างชัดเจน และมีความชัดเจนในการที่จะบ่งชี้ได้ว่าผู้เรียนบรรลุถึงมาตรฐานหรือไม่ เพียงใด หากยังไม่บรรลุมีจุดใดบ้างที่จะต้องพัฒนาข้อมูลจากการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนนี้ นับเป็นข้อมูลสำคัญมากในการประกันคุณภาพการศึกษา เพื่อพัฒนาเยาวชนของชาติให้มีคุณภาพตามที่มุ่งหวังต่อไป

สรุป

ในการจัดทำหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนไปสู่มาตรฐาน ครูผู้สอนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำหลักสูตร จำเป็นต้องเข้าใจแนวคิด หลักการ และแนวปฏิบัติของหลักสูตรอิงมาตรฐานซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือ 1) มาตรฐานเป็นจุดเน้นของการพัฒนาหลักสูตรในทุกระดับ 2) องค์ประกอบของหลักสูตรเชื่อมโยงกับมาตรฐาน 3) หน่วยการเรียนรู้คือหัวใจของหลักสูตร 4) กระบวนการ และขั้นตอนการจัดทำหลักสูตรมีความยืดหยุ่น และ 5) การประเมินผลสะท้อนมาตรฐานอย่างชัดเจน

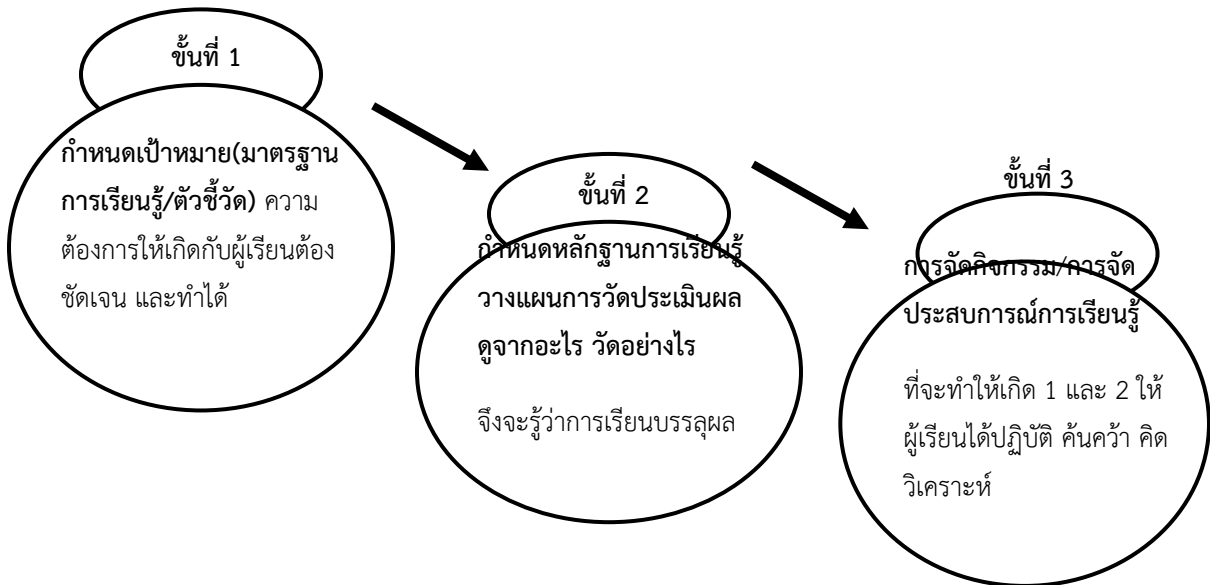
เรื่องที่ 2.2 การออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) เป็นกระบวนการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ (Unit of Instruction) โดยมีหลักการว่า เริ่มจากการคิดและทำทุกอย่างให้จบสิ้นภายใต้การมองเห็นเป้าหมายปลายทางที่ผลผลิตของการเรียนรู้ต้องการ (Beginning With The End in Mind) ก็คือเริ่มจากข้างหลังมาหน้าหรือเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ผลผลิตที่ต้องการดูได้จากมาตรฐานการเรียนรู้ เพราะเครื่องกำหนดคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนคือมาตรฐานการเรียนรู้ มีด้านความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมหรือคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A) ซึ่ง มาตรฐานการเรียนรู้ = ความรู้ + ทักษะ + จริยธรรม ค่านิยม/คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. กระบวนการออกแบบ Backward Design

ในการออกแบบแบบย้อนกลับ (Backward Design) มี 3 ขั้นตอน (Wiggins & McTighe) ดังนี้



1.1 ขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเฉพาะผลผลิตหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ (Identify Desired Results) การออกแบบในขั้นนี้ เป็นการตอบคำถามที่ว่า อะไรที่มีคุณค่าแก่การสร้างความเข้าใจ มีข้อควรคำนึงหรือสิ่งที่จะนำมาใช้เริ่มต้นในการออกแบบได้แก่ มาตรฐานการเรียนรู้ระดับชาติ (มาตรฐาน 12 ปี) มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ประเด็นท้องถิ่น หรือความชำนาญและความสนใจของครูและนักเรียน แต่ขอเสนอแนะให้ใช้มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ซึ่งบ่งชี้ขั้นปีที่ครูคนนั้น ๆ สอน (มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นได้จากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ระดับชาติ) ผลงานที่ออกแบบแล้วในขั้นนี้ จะได้หน่วยการเรียนรู้ที่สร้างความเข้าใจที่คงทน การกำหนดเป้าหมายที่แสดงความเข้าใจที่คงทน กระตุ้นให้คิดในประเด็นหลัก และแนวคิดที่ผู้เรียนจะนำไปใช้ได้อย่างยั่งยืน ในขั้นนี้มีรายละเอียดย่อยหรือองค์ประกอบสำคัญ คือ การ

กำหนดเป้าหมายของความเข้าใจที่คงทน(Enduring Understanding) ชุดคำถามที่สำคัญ (Essential Questions) และทักษะต่าง ๆ ที่นำไปสู่ ความคิดที่สำคัญ/ภาพรวม (Big Ideas) และมีผลต่อการลงมือทำ ทั้งสนับสนุนความสามารถที่ซ่อนเร้นในตัวผู้เรียน

1) ความคิดที่สำคัญ/ภาพรวม (Big Ideas) คืออะไร

- เป็นความคิดรวบยอดที่เป็นแกน (Core Concepts)หลักการต่าง ๆ ทฤษฎีและกระบวนการต่าง ๆ
- เป็นสิ่งช่วยสร้างความคิด เชื่อมองค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่แยกกันเข้ามาสู่กรอบการใช้สติปัญญาที่ใหญ่ขึ้น
- เป็นนามธรรม จึงไม่ต้องการจำกัดขอบเขต ถูกสร้างขึ้นโดยความช่วยเหลือของครูและการออกแบบการเรียนรู้ที่ดี
- ความคิดที่สำคัญได้จากการคลี่หรือจำแนกแยกแยะมาตรฐาน ครูต้องอ่านมาตรฐานการเรียนรู้ให้ตลอดจนจบ แล้วขีดเส้นใต้ความคิดที่สำคัญ เราอย่าลืมว่าหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 เป็นหลักสูตรที่มีมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเครื่องกำหนดคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน (Standard Based Curriculum) มาตรฐานการเรียนรู้ คือสิ่งที่บอกว่า ผู้เรียนรู้อะไร ทำอะไรได้ และมีคุณธรรมจริยธรรมค่านิยมอะไรเกิดขึ้น

2) ความเข้าใจที่คงทน หมายถึงอะไร

- เป็นความเข้าใจที่ได้มาจากการวางหลักเกณฑ์/หลักการต่างๆไป จากการสืบค้นแสวงหาความรู้ เป็นการมองเห็นทะลุปรุโปร่งอย่างเฉพาะเจาะจงที่อ้างอิงจากการศึกษา
- สัมพันธ์กับ Big Ideas
- สามารถถ่ายโอนไปยังหัวเรื่องอื่น ๆ ได้

3) ชุดคำถามที่สำคัญ หมายถึงอะไร

- เป็นชุดคำถามที่ถูกออกแบบเพื่อกระตุ้น เร่งเร้าและสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสืบค้นแสวงหาความรู้ เพื่อเน้นไปที่การเรียนรู้และการแสดงออกถึงความสามารถขั้นสุดท้าย
- เป็นชุดคำถามที่ไม่ใช่ได้คำตอบง่าย ๆ ว่าถูกต้อง แต่ควรเป็นคำตอบที่ได้มาจากการอภิปราย อ้างเหตุผล ได้ชุดคำตอบที่ได้มาจากการสืบค้นหาความรู้และการโต้แย้งหาเหตุผล มีเหตุผลที่หลากหลาย เป็นคำตอบที่เป็นผลผลิตที่ถูกสรุปผลลงโดยตัวผู้เรียน
- การใช้ชุดคำถามสำคัญเหล่านี้ เป็นเสมือนกับว่าครูผู้สอนต้องการให้มีการนำเนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ขึ้นมาเป็นชุดคำถาม ลำดับขั้นของคำถามแต่ละคำถามควรให้นักเรียนนำธรรมชาติจากเนื้อหาหนึ่งไปสู่อีกเนื้อหาหนึ่ง

1.2 ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหลักฐานการเรียนรู้ (Determine Acceptable Evidence) การออกแบบในขั้นนี้ เป็นการตอบคำถาม อะไรคือหลักฐานว่าได้เกิดความเข้าใจตามที่กำหนดไว้ เป็นการออกแบบหน่วยที่คำนึงถึงหลักฐานของผลการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจ ครูผู้สอนต้องพิจารณาต่อไปว่าความเข้าใจเหล่านี้ นักเรียนสามารถที่จะนำเสนอ สานิต หรือแสดงออกให้เห็นได้อย่างไรว่า นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริงและเป็นหลักฐานที่มีคุณภาพมาตรฐานตามหลักวิชา Wiggins & McTighe

ได้ให้รายละเอียดสิ่งที่เป็นหลักฐานพยานของความเข้าใจ 6 ประการ (Six facets of understanding) โดยเชื่อว่าเมื่อนักเรียนเข้าใจแท้จริง นักเรียนต้องสามารถ

1) อธิบายชี้แจงเหตุผล (can explain) สามารถอธิบายแนวคิด เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ อย่างชัดเจน สามารถอธิบายเหตุผลและวิธีการ ทั้งยังสามารถแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องนั้นที่เกิน คำตอบเพียงถูกหรือผิด

2) แปลความ ตีความ (can interpret) สามารถแปลความ ตีความให้เกิดความหมายที่ชัดเจน ชี้ให้เห็นคุณค่า แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงสู่ชีวิตจริง

3) ประยุกต์ใช้ (can apply) นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ที่แตกต่างไปจากที่เรียนรู้มา

4) มีเทคนิคการเขียนภาพที่เห็นด้วยตาจริง (have perspective) มองข้อดี ข้อเสีย จากมุมมอง หลากหลาย

5) หยั่งรู้ความรู้สึกร่วม (can empathize) รับทราบถึงความรู้สึกนึกคิด มีความละเอียดอ่อนที่จะ ซึมซับ ของผู้เกี่ยวข้อง

6) มีองค์ความรู้เป็นของตนเอง (have self-knowledge) รู้จักตนเอง วิธีปฏิบัติ ค่านิยม ทัศนคติ ของตนเอง ตลอดจนปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้และความเข้าใจของตนเอง

นอกจากนี้ครูยังต้องคำนึงถึงการวัดประเมินผลที่ต่อเนื่องกันในหลากหลายรูปแบบ และมีความเที่ยงตรง ตรงประเด็น ความเป็นไปได้ ความพอเพียงของข้อมูล สะท้อนสภาพจริง และเอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

เราต้องไม่ลืมว่าในการวัดประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ครูมีตั้งแต่ต้นจนจบ กระบวนการเรียนรู้ และมีข้อที่ควรคำนึง ตามหลักการที่เราเคยศึกษามาแล้ว ได้แก่ วัดประเมินผลเพื่อ ตัดสินผลการเรียน และเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน

1.3 ขั้นตอนที่ 3 วางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน การ จัดประสบการณ์การเรียนรู้ และออกแบบเพื่อตอบคำถามว่า กิจกรรมการเรียนรู้ใดที่สร้างความ เข้าใจ ความสนใจและความเป็นเลิศ จึงเน้นครูวางแผนจัดประสบการณ์ที่พัฒนาความเข้าใจ (Develop Understanding) จัดประสบการณ์ให้นักเรียนอธิบาย ชี้แจง แปลความ ตีความ วิเคราะห์ แยกแยะ ตั้ง คำถาม เชื่อมโยง ขยายความคิด สร้างองค์ความรู้ ใช้แนวทางการแสวงหาความรู้ (Inquiry-based approach) โดยครูควรคำนึงถึงกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานงานวิจัย เนื้อหาสาระและทักษะ ที่จำเป็นและเอื้อต่อการเรียนรู้อื่น ๆ นั่นคือขั้นนี้ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกันเพื่อ นำไปสู่ความเข้าใจ ความสนใจ และความเป็นเลิศของผู้เรียน

2. เปรียบเทียบการวางแผนการจัดการเรียนรู้อ

แบบดั้งเดิม	แบบอิงมาตรฐาน
<p>เลือกหัวเรื่องจากหลักสูตร</p> <p>↓</p> <p>ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อ</p> <p>↓</p> <p>ออกแบบการวัดประเมินผล</p> <p>↓</p> <p>ให้ระดับผลการเรียน รายงานผลย้อนกลับ</p>	<p>เลือกมาตรฐานที่นักเรียนสนใจ</p> <p>↓</p> <p>ออกแบบการประเมินผล</p> <p>↓</p> <p>ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อ</p> <p>↓</p> <p>ใช้ข้อมูลจากการประเมินผลรายงานผลย้อนกลับ</p>

ความแตกต่าง : ก่อนวางแผนจัดประสภการณ์การเรียนรู้อเพื่อพัฒนาความเข้าใจต่าง ๆ คณะครุผู้สอนต้องวางแผนเพื่อกำหนดแนวทางการวัดประเมินผลขึ้นก่อนโดยเน้น

- งานที่สนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจ
- ภาระงานที่แสดงถึงความสามารถในความเข้าใจ
- ผลงานต้องจำแนกระดับของความแตกต่าง/ ระดับของความเข้าใจ

3. แนวทางการออกแบบหน่วยการเรียนรู้อแบบย้อนกลับ

จากที่ได้ศีกษาการออกแบบหน่วยการเรียนรู้อ พบว่าเราอาจเริ่มต้นการออกแบบได้ 2 ทางกล่าวคือ

3.1 เริ่มต้นจากเลือกมาตรฐานการเรียนรู้อ/ตัวชี้วัด คลี่มาตรฐานการเรียนรู้อ/ตัวชี้วัด อาจเป็นหนึ่งมาตรฐานหรือมากกว่า จะได้คำสำคัญ ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้อ และดำเนินการตามเอกสารที่แจกให้แล้ว ผู้สอนแต่ละกลุ่มสาระฯ ต่างคนต่างคลี่มาตรฐานการเรียนรู้อ/ตัวชี้วัด ให้ได้คำสำคัญหรือความคิดหลักแล้วดำเนินการจนได้หน่วยการเรียนรู้อที่ประกอบด้วย คำสำคัญ(ซึ่งจะใช้เป็นชื่อหน่วย) เป้าหมายการเรียนรู้อ ชุดคำถามที่สำคัญที่ทำให้เกิดความเข้าใจที่คงทน การวัดและประเมินผล กิจกรรมการเรียนรู้อ สื่อ/แหล่งเรียนรู้อ และเวลาที่ใช้สอน ซึ่งเหล่านี้เป็นเพียงองค์ประกอบหลัก จากชื่อหน่วยการเรียนรู้อ ครูแต่ละรายวิชาในระดับชั้นเดียวกัน สามารถนำมาพิจารณาร่วมกัน ว่ามีเนื้อหาสาระใดที่ซ้ำซ้อนกัน เพื่อกจัดทำหน่วยการเรียนรู้อแบบบูรณาการ หรือทำแผนการจัดการเรียนรู้อแบบบูรณาการได้

3.2 เริ่มต้นจากการเลือกหัวข้อที่สนใจ หรือประเด็นที่ครูและนักเรียนสนใจ (ซึ่งหัวข้อนี้อาจเป็นประเด็นในท้องถิ่น ที่ต้องการความร่วมมือจากหลายฝ่าย หรือหลายกลุ่มสาระฯ) จากนั้นกำหนดคำสำคัญหรือความคิดหลัก และดำเนินการตามลำดับขั้นตอนตามตัวอย่างในเอกสารที่เริ่มต้นจากขั้นที่ 1 นั่นคือการออกแบบหน่วยจึงเป็นหน่วยบูรณาการ ที่สนองนโยบายของ สพฐ.

ตัวอย่าง การวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้อ/ตัวชี้วัดอภศาสตร จาก สารระที่ 3 สารและสมบัติของสารมาตรฐาน ว 3. 1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่งอนุภาค มีกระบวนการศีกษาหาความรู้และจิตอภศาสตรศีกษาสิ่งทีเรียนรู้อ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กำหนดตัวชี้วัดชั้นปีไว้จำนวน 3 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. สํารวจและอธิบายองค์ประกอบ สมบัติของธาตุและสารประกอบ
2. สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติของธาตุโลหะ ธาตุอโลหะ ธาตุกึ่งโลหะและธาตุกัมมันตรังสี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
3. ทดลองและอธิบายการหลัการแยกสารด้วยวิธีการกรอง การตกผลึก การสกัด การกลั่น และโครมาโทกราฟี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

จากตัวอย่างข้อความในตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ (จากสาระที่ 1- สาระที่ 7) ส่วนใหญ่แล้วยังม่มีความสมบูรณ์ เพราะจะขาดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนั้นในการปฏิบัติเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ครูผู้สอนจำเป็นต้องนำข้อความในตัวชี้วัดจากสาระที่ 8 มาใช้ประกอบการวิเคราะห์ด้วยเสมอ ซึ่งสาระที่ 8 ว่าด้วย ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มี 1 มาตรฐานคือ มาตรฐาน ว8.1 ชั้น ม.1-3 กำหนดตัวชี้วัดจำนวน 9 ตัวชี้วัด (ข้อ 1-9) และอีกส่วนหนึ่งคือ สมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

สมรรถนะสำคัญ 5 ประการ (1.ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี) ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สมรรถนะสำคัญเหล่านี้ได้หลอมรวมอยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆทั้ง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8 ประการ (1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ 2. ซื่อสัตย์สุจริต 3. มีวินัย 4. ใฝ่เรียนรู้ 5. อยู่อย่างพอเพียง 6. มุ่งมั่นในการทำงาน 7. รักความเป็นไทย 8. มีจิตสาธารณะ) ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นั้น เป็นคุณลักษณะที่ต้องการให้เกิดแก่ผู้เรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และโรงเรียนอาจจะเพิ่มเติมตามจุดเน้นและความต้องการของโรงเรียนได้ตามความเหมาะสม

ตัวอย่าง การวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ ม. 2

ตัวชี้วัด	ผู้เรียนรู้อะไรและทำอะไรได้	นำไปสู่	
		สมรรถนะสำคัญ	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
ว3.1 ม.2/1 สำรวจและอธิบาย องค์ประกอบ สมบัติของธาตุและ สารประกอบ	รู้อะไร -องค์ประกอบและสมบัติของ ธาตุ - องค์ประกอบและสมบัติของ สารประกอบ กล่าวคือ - ธาตุเป็นสารบริสุทธิ์ที่	- ความสามารถในการ การสื่อสาร -ความสามารถใน การคิด - ความสามารถในการ การแก้ปัญหา	- มีวินัย - ใฝ่เรียนรู้ - ซื่อสัตย์ (กำหนดเพิ่มเติมได้

<p>สารที่ 8 มาตรฐาน ว8.1 ม.1-3 ข้อ 1-6 (จากมาตรฐาน มาตรฐาน ว8.1 ม.1-3 ข้อ 1-6 ครุจะได แนวทางในการดำเนิน กิจกรรมการเรียนรู การ พัฒนากระบวนการคิด และการกำหนดภาระ งาน/ชิ้นงาน)</p>	<p>ประกอบด้วยอะตอม ชนิด เดียวกัน และไม่สามารถแยก สลายเป็นสารอื่นได้อีก โดย วิธีการทางเคมี</p> <ul style="list-style-type: none"> - สารประกอบเป็นสาร บริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่ สองธาตุขึ้นไป รวมตัวกันด้วย อัตราส่วนโดยมวลคงที่ และมี สมบัติแตกต่างจากสมบัติเดิม ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ <u>ทำอะไรได้</u> - <u>สำรวจและอธิบาย</u> - <u>สำรวจและอธิบายให้</u> เหตุผล พร้อมทั้งนำเสนอผลงาน เกี่ยวกับองค์ประกอบ สมบัติ ของธาตุและสารประกอบ 		<p>อีก)</p>
--	--	--	-------------

ครุผู้สอนอาจวิเคราะห์ตัวชี้วัดและจัดกลุ่มตัวชี้วัดที่มีความคล้ายคลึงกันไว้ด้วยกัน กำหนดเป็นชื่อ
หน่วยการเรียนรูเดียวกัน ทั้งนี้อยู่ในดุลพินิจของครุผู้สอนในแต่ละรายวิชา

6. ตัวอย่างองค์ประกอบในหน่วยการเรียนรู

หลังจากครุผู้สอนวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู/ตัวชี้วัดวิทยาาศาสตรดังตัวอย่างข้างบนแล้ว
ขั้นต่อไป ผู้สอนแต่ละรายวิชาร่วมกันออกแบบหน่วยการเรียนรู ดังองค์ตาราง หรืออาจไม่ใช้ตารางก็ได้

6.1 แบบตาราง

หน่วยการเรียนรูรายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู ชั้นมัธยมศีกษาปีที่

ชื่อหน่วย	มาตรฐานการ เรียนรู/ตัวชี้วัด สมรรถนะ สำคัญ/คุณ ลักษณะฯ	ชุดคำถามที่ สำคัญ/ความ เข้าใจที่ คงทน	การวัดและ ประเมินผล	กิจกรรมการ เรียนรู	สื่อ/แหล่ง เรียนรู	เวลา (ชั่วโมง)
-----------	--	--	------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

หน่วยการเรียนรูที่ได้จะทำให้ครุเห็นการวางแผนการจัดการเรียนรูในรายวิชานั้นตั้งแต่ต้นจนจบ
เมื่อกำหนดหน่วยการเรียนรูครบตลอดรายวิชาแล้ว เราจะได้โครงสร้างรายวิชาหรือ curriculum map

เสมือนเป็นแผนที่ให้ครูผู้สอนได้มองเห็นทิศทาง/แนวทางการออกแบบการเรียนรู้อตั้งแต่นั้นจนจบในรายวิชาที่รับผิดชอบ

6.2 แบบไม่ใช้ตาราง ประกอบด้วย

1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้อ
2. มาตรฐานการเรียนรู้อ/ตัวชี้วัด
3. ความเข้าใจที่คงทน
4. สารระการเรียนรู้อ
5. สมรรถนะสำคัญ
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์
7. ภาระงาน/ชิ้นงาน
8. การวัดประเมินผล
9. กิจกรรมการเรียนรู้อ
10. สื่อและแหล่งเรียนรู้อ
11. เวลา

สรุป

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้อแบบย้อนกลับ มีหลักการว่า เริ่มจากการคิดและทำทุกอย่างให้จบสิ้นภายใต้การมองเห็นเป้าหมายปลายทางที่ผลผลิตของการเรียนรู้อต้องการ โดยมีกระบวนการออกแบบอยู่ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย(มาตรฐานการ เรียนรู้อ/ตัวชี้วัด) ความต้องการให้เกิดกับผู้เรียนต้องชัดเจน และทำได้ ขั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานการเรียนรู้อวางแผนการวัดประเมินผล ดูจากอะไร วัดอย่างไร จึงจะรู้ว่าการเรียนบรรลุผล ขั้นที่ 3 การจัดกิจกรรม/การจัดประสบการณ์การเรียนรู้อที่จะทำให้เกิดขั้นที่ 1 และ 2 ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติ ค้นคว้า คิด วิเคราะห์ โดยมีแนวทางการออกแบบหน่วยการเรียนรู้อแบบย้อนกลับ 2 แนวทาง คือ 1) เริ่มต้นจากเลือกมาตรฐานการเรียนรู้อ/ตัวชี้วัด คลี่มาตรฐานการเรียนรู้อ 2) เริ่มต้นจากการเลือกหัวข้อที่สนใจ หรือประเด็นที่ครูและนักเรียนสนใจ

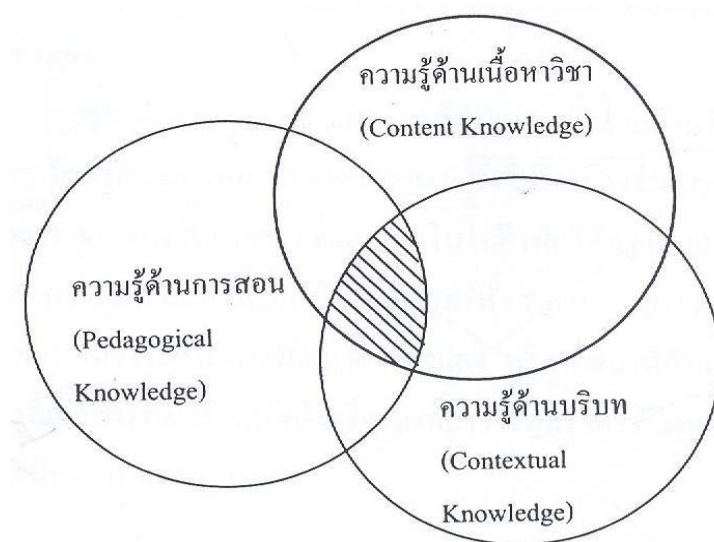
ตอนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 3.1 Pedagogical Content Knowledge : PCK กับครู วิทยาศาสตร์

ปัจจุบันเป็นสิ่งที่รับรู้กันอย่างกว้างขวางในกลุ่มนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ แม้ครูจะมีความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์มากมายและได้เรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการกระบวนการเรียนรู้และการสอนอย่างหลากหลายมาแล้ว แต่ก็ยังมีปัญหาในการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและสอดคล้องกับมาตรฐานของหลักสูตร (Pedagogical Content Knowledge : PCK) ทำให้ผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังไม่ดีเท่าที่ควร PCK จึงเป็นจุดเน้นสำคัญในการออกแบบพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของ Pedagogical Content Knowledge : PCK

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge, PCK) มีองค์ประกอบที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กันแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ส่วนที่วงกลมซ้อนทับกันทั้ง 3 วงคือส่วนที่เรียกว่า PCK ซึ่งเป็นความรู้ที่ครูต้องมีอย่างชัดเจน เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่สนองตอบมาตรฐานของหลักสูตร

ความรู้ในแต่ละด้านมีความสำคัญเท่าเทียมกันและต้องมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันเพื่อนำไปสู่ นักเรียน เมื่อครูขาดความรู้ด้านในด้านหนึ่งหรือไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้งสามด้านได้อย่างเหมาะสม ก็ จะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

ความรู้ด้านเนื้อหาวิชา (content Knowledge) วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยโครงสร้างเชิงระบบ วิทยาศาสตร์ เนื้อหาของวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งครูได้เรียนรู้

มาแล้วเป็นอันมากก่อนมาเป็นครู และจะต้องติดตามความก้าวหน้าในองค์ความรู้ต่างๆ อยู่ตลอดเวลาใน
ขณะที่ประกอบอาชีพครู

ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge) ประกอบด้วยธรรมชาติของผู้เรียนและการ
เรียนรู้ การจัดการในชั้นเรียน หลักสูตรและการสอน ซึ่งโดยปกติแล้วครูจะผ่านการเรียนรู้ในเรื่องเหล่านี้
มาแล้วก่อนมาประกอบอาชีพครู และจะต้องติดตามงานวิจัยในด้านนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับกลวิธีใน
การจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ครูบางคนอาจยังไม่สามารถนำความรู้ด้านนี้ไปใช้ให้สอดคล้องกับความรู้
ด้านเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ความรู้ด้านบริบท (Contextual Knowledge) ประกอบด้วย บริบททางการศึกษาทั่วไป เช่น
นโยบายประเทศ สภาพแวดล้อมและชุมชน เอกลักษณ์และสภาพแวดล้อมของโรงเรียน รวมทั้งศิษย์เก่า
ของโรงเรียน และบริบทเฉพาะ เช่น ตัวนักเรียนและห้องเรียน

สำหรับในส่วนที่ซ้อนทับกันของความรู้ทั้ง 3 ด้านหรือที่เรียกว่า PCK ประกอบด้วย ความรู้ด้าน
เนื้อหาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาในแต่ละระดับ วิธีสอนและกลวิธีที่เหมาะสมกับเนื้อหาเฉพาะ
การเรียนรู้ของนักเรียนและความเข้าใจคลาดเคลื่อนและเป้าหมายในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครู
จะต้องสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งสามด้านให้สอดคล้องและเหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
ตามเป้าหมายของหลักสูตร

สรุป

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge, PCK) มี
องค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความรู้ด้านเนื้อหาวิชา (content Knowledge) ความรู้ด้านการ
สอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้ด้านบริบท (Contextual Knowledge) โดย
ครูจะต้องสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งสามด้านให้สอดคล้องและเหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียน
เกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายของหลักสูตร

เรื่องที่ 3.2 การเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบโครงการ

วิธีสอนแบบโครงการ (Project Approach) เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง ในลักษณะของการศึกษา สำรวจ ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์ คิดค้น โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น แนะนำและให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด วิธีสอนในรูปแบบโครงการเป็นการจัดโอกาสให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ความชำนาญและทักษะที่มีอยู่ รวมทั้งจุดเด่นของตนเองที่อาจไม่มีโอกาสได้แสดงออกในที่ใดมาก่อนนำมาประยุกต์ใช้อย่างเต็มที่ เป็นการส่งเสริมให้เด็กได้ตัดสินใจด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการคิดกิจกรรมโดยเป็นผู้สร้างความรู้บ้างแทนที่จะเป็นผู้รับความรู้ ซึ่งถ้าหากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง นักเรียนจะจดจำสิ่งเหล่านั้นติดตัวไปตลอด การศึกษาค้นคว้าด้วยโครงการวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง ฝึกแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะติดตัวผู้เรียนไปตลอด เมื่อมีข้อสงสัย หรือปัญหาเกิดขึ้นจะแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า เป็นสิ่งที่สำคัญกว่าความรู้ที่ขาดการปฏิบัติ ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง และกล้าแสดงออกทางความคิดเห็น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีกระบวนการจัดดังนี้

1. ขั้นให้ความรู้ ครูให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการ นักเรียนบันทึกข้อมูล สิ่งที่น่าสนใจ สิ่งที่ยาก อยากรู้ อยากทดลอง ในขอบเขตการศึกษา การทดลองที่เป็นไปได้
2. ขั้นนำหัวข้อเรื่อง/ปัญหามาปรึกษา ครูใช้คำถามจากที่นำเสนอจากปัญหาหรือสิ่งที่อยากรู้ให้ เป็นปัญหาใกล้ตัว ให้เรื่องแคบลง สามารถทำการศึกษาค้นคว้าได้
3. ขั้นวางแผนการทำโครงการ ครูและนักเรียนวางแผนการทำโครงการ ออกแบบการทดลอง กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ระบุตัวแปร ขอบเขตการศึกษา
4. ขั้นปฏิบัติการทดลอง นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ครูติดตามการทำงาน โดยการบันทึกข้อมูลการทำงาน นำผลการทดลองมาเล่าให้ครูฟัง
5. ขั้นสรุปและอภิปรายผล นักเรียนเขียนรายงานโครงการ จัดทำแผนโครงการ ครูตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง
6. ขั้นประเมิน นำเสนอโครงการด้วยวาจา หรือแผ่นใส ตอบข้อซักถามของครูและเพื่อน ครูเป็นผู้ประเมิน
7. ขั้นจัดแสดงนิทรรศการในโรงเรียน หรือนำผลงานไปแสดงหรือส่งเข้าประกวด

จากการทบทวนแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ สรุปได้ว่าโครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพราะกิจกรรมส่วนใหญ่ตั้งแต่เลือกหัวข้อจนตลอดโครงการเป็นกิจกรรมของผู้เรียนดำเนินการและเรียนรู้ด้วยตนเองตั้งแต่เลือกหัวเรื่องทำโครงการและกระบวนการปฏิบัติตามแผนจนได้ชิ้นงานชิ้นสุดท้าย ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติเองเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะ และสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพ และยังเป็นส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความภาคภูมิใจ ในผลงานและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

สรุป

การศึกษาค้นคว้าด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง ฝึกแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะติดตัวผู้เรียนไปตลอด เมื่อมีข้อสงสัย หรือปัญหาเกิดขึ้นจะแก้ปัญหา มีกระบวนการจัดดังนี้ 1. ชั้นให้ความรู้ 2. ชั้นนำหัวข้อเรื่อง/ปัญหามาปรึกษา 3. ชั้นวางแผนการทำโครงงาน 4. ชั้นปฏิบัติการทดลอง 5. ชั้นสรุปและอภิปรายผล 6. ชั้นประเมิน และ 7. ชั้นจัดแสดงนิทรรศการในโรงเรียน

เรื่องที่ 3.3 การจัดระบบความคิดโดยใช้แผนผัง

การจัดระบบความคิดโดยใช้แผนผัง (Graphic Organizer) เป็นกลวิธีที่ใช้เพื่อประเมินความเข้าใจ ความถูกต้องของเนื้อหาสาระจากการเรียนรู้ ช่วยฝึกและพัฒนากระบวนการคิด มีหลายรูปแบบ เช่น แผนผังมโนคติ (Concept mapping) แผนผังเวนน์ (Venn diagram) แผนผังก้างปลา(Fish bone) และแผนผังความคิด (Mind mapping) ซึ่งแต่ละแบบของการจัดระบบความคิดจะมีลักษณะเฉพาะ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแผนผังมโนคติและแผนผังเวนน์

1. แผนผังมโนคติ

NovakและGowin (1984 อ้างถึงใน ทิพวดี ทิพย์โคกรวด, 2544) ได้อาศัยพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย ที่เน้นความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความเข้าใจและความหมาย การเรียนรู้จะเกิดได้เมื่อผู้เรียนได้รวมหรือเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ซึ่งอาจเป็นมโนคติ (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ในโครงสร้างทางสติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนแล้ว กล่าวคือ ถ้าผู้เรียนรับฟังด้วยความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย จะสามารถนำมาสร้างเป็นแผนผังมโนคติ เพื่อที่จะให้มองเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่อเนื่องกันเป็นลำดับอย่างมีเหตุผล และสามารถเชื่อมโยงมโนคติเดิมที่เป็นความรู้พื้นฐานเข้ากับมโนคติ หรือความรู้ใหม่ในโครงสร้างทางปัญญา ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและความหมายในเนื้อหานั้นๆ

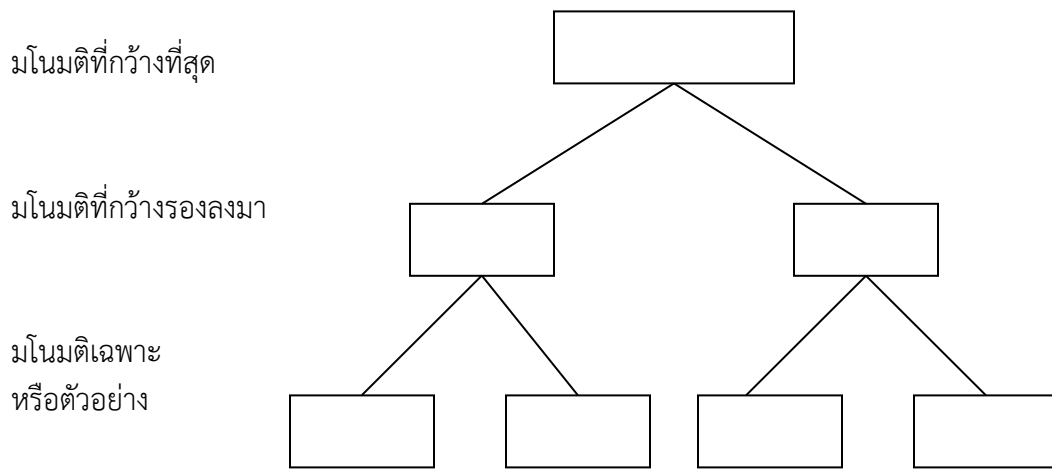
1.1 ความหมายของแผนผังมโนคติ

Novakและ Gowin (1984 อ้างถึงใน ทิพวดี ทิพย์โคกรวด, 2544) ได้ให้ความหมายแผนผังมโนคติ ว่า เป็นสิ่งที่ใช้แทนความสัมพันธ์อย่างมีความหมายระหว่างมโนคติต่างๆ โดยทำความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปของประพจน์(Proposition) ประพจน์คือ มโนคติอย่างน้อย 2 มโนคติที่แสดงออกมาด้วยภาษา และจะเชื่อมโยงกันด้วยคำเชื่อมที่มีความหมายขึ้นมา แผนผังมโนคติที่อยู่ในรูปที่ง่ายที่สุดนั้นประกอบด้วยมโนคติเพียง 2 มโนคติเชื่อมกันด้วยคำเชื่อม เพื่อทำให้เป็นหนึ่งประพจน์ ตัวอย่างเช่น ท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน เป็นประพจน์ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง ท้องฟ้าและสีน้ำเงิน รัจนา ภิญญุททรัพย์ (2544) กล่าวว่า แผนผังมโนคติ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง 2 มโนคติด้วยคำเชื่อม เพื่อให้เกิดมโนคติที่มีความหมายขึ้น โดยที่มโนคติที่มีความหมายกว้าง ครอบคลุมอยู่บน และมโนคติดรจงจะลดหลั่นลงมาตามลำดับ จนเป็นมโนคติที่เจาะจงหรือเป็นตัวอย่างมโนคติ ทำนองเดียวกับ ทิพวดี ทิพย์โคกรวด (2544) ได้กล่าวถึง แผนผังมโนคติว่า เป็นการเรียนรู้มโนคติ หรือหลักการต่างๆ ของเนื้อหา โดยความสัมพันธ์ของมโนคติตั้งแต่ 2 มโนคติขึ้นไป การเขียนให้อยู่ในรูปของแผนผังเริ่มจากมโนคติทั่วไปมีความหมาย ครอบคลุมมากกว่า และเป็นนามธรรม ไปหาเฉพาะมโนคติที่มีความเฉพาะเจาะจงมากกว่า มีความหมาย ครอบคลุมน้อยกว่าต่อไปเรื่อยๆ จนถึงมโนคติที่เฉพาะเจาะจงมากที่สุด มีความครอบคลุมน้อยที่สุดและเป็นรูปธรรม แล้วทำการเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างมโนคติเหล่านั้นด้วยคำหรือข้อความเชื่อม เพื่อให้เป็นประโยคที่มีความหมายอย่างเป็นลำดับขั้นให้ง่ายแก่การเข้าใจ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) ได้ให้ความหมายว่า แผนผังมโนคติ เป็นแผนผัง หรือแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของมโนคติเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีระบบและเป็นลำดับขั้น โดยอาศัยคำ หรือข้อความเป็นตัวเชื่อมให้ความสัมพันธ์ของมโนคติต่างๆ เป็นไปอย่างมีความหมาย ซึ่งอาจมีทิศทางเดียว สองทิศทางหรือมากกว่าก็ได้

จากความหมายของแผนผังมโนคติ ดังกล่าวพอสรุปได้ว่า แผนผังมโนคติเป็นการเรียนรู้มโนคติหรือหลักการต่างๆ ของเนื้อหาวิชา โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วในโครงสร้างทางปัญญากับความรู้นิวที่ได้รับ แสดงความสัมพันธ์อย่างน้อย 2 มโนคติขึ้นไปแล้วเชื่อมโยงด้วยคำหรือข้อความเชื่อมเพื่อให้เป็นประโยคที่มีความหมาย การเขียนให้อยู่ในรูปของแผนผังมโนคติ เริ่มจากมโนคติทั่วไปมีความหมายครอบคลุมมากกว่าอยู่บนสุดของแผนผัง ส่วนมโนคติที่มีความหมายครอบคลุมน้อยกว่าจนถึงมโนคติที่มีความเฉพาะเจาะจงมากที่สุดหรือตัวอย่างของมโนคติจะอยู่ลดระดับลงไปอย่างเป็นระบบเพื่อทำให้เป็นประโยคที่มีความหมายอย่างเป็นลำดับขั้น ทำให้ง่ายแก่การเข้าใจ

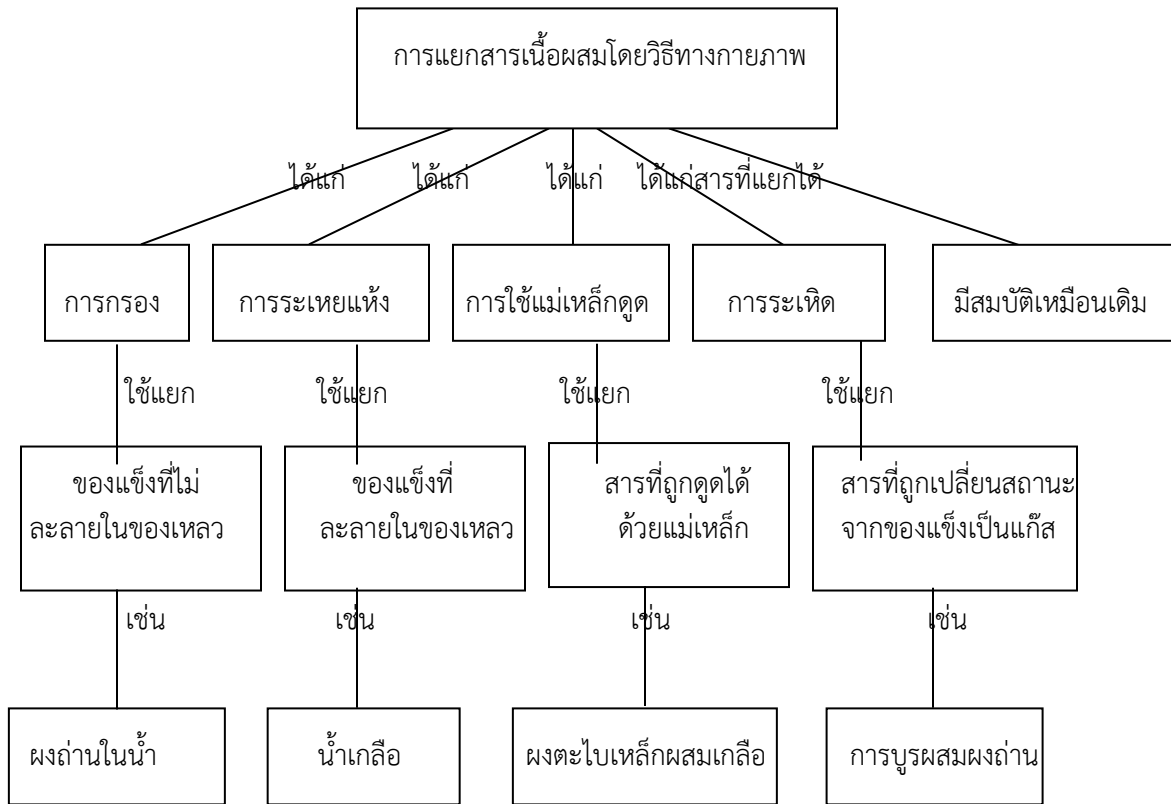
1.2 การสร้างแผนผังมโนคติ

แผนผังมโนคติเป็นการสร้างเพื่อแสดงความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การสร้างแผนผังมโนคติควรเริ่มต้นด้วยการแนะนำแนวคิดเกี่ยวกับมโนคติ โดยกระทำในรูปของกิจกรรมการเรียนรู้หรือแนะนำโดยตรง แผนผังมโนคติมีลักษณะลดหลั่นเป็นขั้นๆ นั่นคือมโนคติที่เป็นลักษณะทั่วไปมากที่สุด หรือครอบคลุมมากที่สุดจะอยู่บนสุดของแผนผัง ส่วนมโนคติที่ครอบคลุมน้อยกว่า มีความเฉพาะเจาะจงมากกว่า หรือเป็นตัวอย่างของมโนคติ จะถูกจัดให้อยู่ส่วนล่างของแผนผัง แล้วเชื่อมโยงความสัมพันธ์มโนคติด้วยคำหรือข้อความเชื่อม (Novak และ Gowin, 1984 อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534) ดังตัวอย่างในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสร้างแผนผังมโนคติอย่างง่าย

อนุพันธ์ ราศรี (2541) ได้เสนอมโนคติเกี่ยวกับเรื่อง การแยกสารเนื้อผสมโดยวิธีทางกายภาพ โดยสร้างเป็นแผนผังมโนคติ ที่สัมพันธ์กันระหว่างมโนคติหลักและมโนติรองโดยใช้ คำเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น ง่ายต่อการเข้าใจอย่างมีความหมาย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังมโนคติ เรื่องการแยกสารเนื้อผสม (อนุพันธ์ ราศรี, 2541)

1.3 ประโยชน์ของแผนผังมโนคติ Novak และ Gowin (1984 อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534) กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนคติที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

- 1) แผนผังมโนคติจะช่วยในการเตรียมการจัดการเรียนรู้ ดังนี้
 - (1) วิเคราะห์มโนคติที่เกี่ยวข้องในเนื้อหา
 - (2) วิเคราะห์มโนคติความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับมโนคติที่สอน
 - (3) ช่วยเลือกข้อความเชื่อมโยงที่เหมาะสม หรือเปลี่ยนแปลงระดับมโนคติใหม่ ตามความเหมาะสม
 - (4) แยกข้อแตกต่างระหว่างวัตถุ เหตุการณ์เฉพาะ และมโนคติได้ชัดเจน
- 2) แผนผังมโนคติสามารถสร้างให้มีเนื้อหาตลอดทั้งภาคการศึกษาหรือมีเฉพาะเนื้อหา 2-3 สัปดาห์ หรือสร้างแผนผังมโนคติเฉพาะเนื้อหาในช่วง 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้ให้นักเรียนมองเห็นรายละเอียดได้มากขึ้น การสร้างแผนผังมโนคติยังช่วยให้ครูและนักเรียนรู้ว่าได้เรียนรู้อะไรไปแล้ว เรียนถึงเรื่องอะไร กำลังเรียนเรื่องอะไร โดยครูติดแผนผังมโนคติที่สร้างขึ้นไว้ในห้องเรียน

3) ช่วยสรุปประเด็นสำคัญจากตำราเรียน ย่อสรุปเนื้อหา และช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของแผนผังมโนคติแบบกว้างก่อนอ่านตำราทุกบททุกหน้าทำให้เสียเวลา แต่ถ้าทำแผนผังมโนคติอาจใช้เวลา 10-15 นาที ทำให้ช่วยประหยัดเวลาในการอ่าน และการอ่านจากตำราช่วยให้เข้าใจความหมายได้ดีขึ้น และเข้าใจได้วามโนคติใดเป็นมโนคติที่ผิดไปจากความเป็นจริง (Misconception) เพราะว่าการอ่านจากตำราบางครั้ง วลี คำ ทำให้เกิดปัญหาในการอ่านได้ การให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนคติเพื่อรวบรวมผลจากการอ่านงานที่กำหนด จะทำให้นักเรียนทำความเข้าใจในเรื่องได้ดีด้วย

4) ช่วยสรุปประเด็นสำคัญจากการเรียนภาคปฏิบัติ หรือการเรียนภาคสนาม ในการเรียนภาคปฏิบัติ ภาคสนามนักเรียนเกิดปัญหาในการเรียนว่า จะสังเกตอะไร ปฏิบัติอะไร บันทึกผลอย่างไร ได้อะไรจากการปฏิบัติ ทำให้นักเรียนไม่บรรลุวัตถุประสงค์ของการทำกิจกรรมครั้งนั้น การทำแผนผังมโนคติจะช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์มโนคติที่สำคัญจากความหมายและสรุปจากที่สังเกตได้

5) ช่วยสรุปประเด็นจากหนังสือพิมพ์ นิตยสาร และวารสารวิชาการ การทำแผนผังมโนคติจะช่วยบันทึกบทความอย่างคร่าวๆ และอ่านบททวนอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์มโนคติที่สำคัญของเรื่อง แล้วสร้างแผนผังมโนคติแสดงความสัมพันธ์ตามลำดับก่อนหลัง จะช่วยให้สรุปสิ่งสำคัญในบทความได้อย่างแม่นยำ และสามารถจัดแนวคิดที่ได้จากบทความไว้ในกรอบและสามารถบททวนได้ การสร้างแผนผังมโนคติจะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องกับสาขาของบทความไม่ละเลยมโนคติที่สำคัญของเรื่อง เพราะบางครั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับสาขาอ่านบทความจะเข้าใจโดยอัตโนมัติอาจทำให้มองข้ามจุดที่สำคัญได้

6) ช่วยในการวางแผนในการเขียนบทความ บทบรรยาย และเขียนตำรา การสร้างแผนผังมโนคติที่สมบูรณ์ก่อนจะเริ่มต้นเขียนบทความ ตำรา จะเป็นการเตรียมตัวอย่างคร่าวๆ ของผู้เขียน ช่วยให้ผู้เขียนสามารถรวบรวมความคิดออกมาเป็นโครงสร้างของการเขียนได้ ช่วยวางกรอบของความคิด เมื่อลงมือเขียนบทความ เขียนตำรา ทำให้มีแนวทางในการเขียน

7) การจัดนิทรรศการ การเตรียมโปสเตอร์ ยังสามารถนำวิธีการสร้างแผนผังมโนคติมาใช้ในการจัดแสดงได้โดยการติดริบบิ้นเชื่อมโยงแผนมโนคติเข้าด้วยกัน เพื่อแสดงความสำคัญของการจัดลำดับความหมายความสัมพันธ์

Donna และ James (1997 อ้างถึงใน ทิพวดี ทิพย์โคกกรวด, 2544) ได้อธิบายการทำความเข้าใจขั้นตอนการสร้างแผนผังมโนคติ โดยกล่าวว่า การเข้าใจขั้นตอนการสร้างแผนผังมโนคติ เป็นการเพิ่มประสบการณ์ในการสร้างแผนผังมโนคติที่มีความสำคัญต่อครูวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะครูจะใช้แผนผังมโนคติเป็นเครื่องมือประเมินนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) การเลือกมโนคติ นักเรียนจดมโนคติที่เชื่อว่ามีสำคัญมากที่สุดต่อความเข้าใจไว้เป็นมโนคติหลัก

2) จัดกลุ่มมโนคติ นำมโนคติที่ได้ในข้อ 1 มาจัดกลุ่มของมโนคติให้มีลักษณะหรือประเภทที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด เริ่มจากมโนคติที่ครอบคลุมมากที่สุดจนถึงมโนคติที่มีมโนคติที่เฉพาะเจาะจงมากที่สุด

3) จัดวางตำแหน่งมโนคติหลักและเริ่มเชื่อมโยงมโนคติ นักเรียนเริ่มต้นด้วยการเขียนมโนคติหลักไว้บนสุดในช่องว่างของแผ่นกระดาษ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่อาจกำหนดในการเขียนแผนผังแต่ละครั้ง

โดยเริ่มต้นจากการเขียนมนโมติที่มีความครอบคลุมมากกว่าเชื่อมโยงไปมนโมติหลักอื่นๆ แล้วใช้คำเชื่อมเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนคติที่เชื่อมถึงกัน ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้เรียกว่า ประพจน์

4) เสริมสร้างแผนผังด้วยทุกมโนคติ การสร้างแผนผังมโนคติด้วยการรวบรวมเอามโนคติ จากรายการที่เขียนไว้มาสร้างเป็นแผนผัง โดยเริ่มจากมโนคติที่มีความครอบคลุมมากกว่าจนถึงมโนคติ ที่มีความครอบคลุมน้อยกว่า จนกระทั่งมโนคติต่างๆ กลายเป็นแผนผัง ซึ่งนักเรียนอาจจะพัฒนาแผนผังมโนคติของตนเองด้วยการสร้างเส้นเชื่อมโยงตามขวางมากกว่าการเชื่อมโยงในแนวยาวลงมา

5) การเชื่อมโยงข้ามสายเพื่อหาความสัมพันธ์อื่นๆ การเชื่อมโยงข้ามสายเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนคติ ที่แตกต่างกันชุดกันในแนวตั้งบนแผนผังมโนคติ นักเรียนควรจะศึกษาแผนผังมโนคติ เพื่อให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์อื่นๆ อีกที่เกี่ยวข้องกัน และให้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแผนผังนั้น การเติมคำ การเชื่อมโยงข้ามจะช่วยให้แผนผังมโนคติประสานยึดติดกันทั้งหมด

สรุปได้ว่า แผนผังมโนคติสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ทุกขั้นตอน ทั้งขั้นวางแผน ขั้นจัดกิจกรรม และขั้นสรุป รวมทั้งการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน และที่สำคัญแผนผังมโนคติจะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนแล้วในโครงสร้างทางปัญญา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2. แผนผังเวนน์ (Venn diagram)

เป็นวิธีที่ฝึกการคิดวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบของ 2 สิ่ง หรือมากกว่า ว่ามีอะไรที่เหมือนกันและมีอะไรที่แตกต่างกัน โดยเขียนลงในแผนผังเวนน์ ซึ่งประกอบด้วยวงกลมจำนวนเท่ากับสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบเขียนซ้อนทับกันบางส่วน ส่วนที่ซ้อนทับเขียนแสดงลักษณะที่เหมือนกัน บริเวณนอกเหนือส่วนที่ซ้อนกัน ให้เขียนแสดงลักษณะที่แตกต่างกัน

วิธีการ

1. ครูกำหนดเรื่อง/หัวข้อทำกิจกรรมที่นักเรียนสามารถแยกความแตกต่างออกจากกันได้
2. ครูเตรียมใบความรู้/ใบกิจกรรม/แหล่งเรียนรู้ในหัวข้อที่กำหนด เพื่อเป็นข้อมูลในการเขียน

แผนผังเวนน์

3. นักเรียนแต่ละคนศึกษาหรือสืบค้นข้อมูล เพื่อวิเคราะห์สิ่งที่เหมือนกันและแตกต่างกันเขียนลงในแผนผังเวนน์

4. นักเรียนแต่ละคน/แต่ละกลุ่มนำเสนอแผนผังเวนน์
5. นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมอภิปรายและสรุปแผนผังเวนน์

สรุป

การจัดระบบความคิดโดยใช้แผนผัง ที่นำมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้อวิทยาศาสตร์ เป็น
กลวิธีที่ใช้เพื่อประเมินความเข้าใจ ความถูกต้องของเนื้อหาสาระจากการเรียนรู้อ ช่วยฝึกและ
พัฒนากระบวนการคิด มีหลายรูปแบบ เช่น แผนผังมโนคติ (Concept mapping) แผนผังเวนน์
(Venn diagram) แผนผังก้างปลา (Fish bone) และแผนผังความคิด (Mind mapping)

ตอนที่ 4 คำถามกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เรื่องที่ 4.1 การใช้คำถามในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

คำถามสำคัญอย่างไร

การตั้งคำถามเป็นกลวิธีที่สำคัญและมีคุณค่ามากในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คำถามทำให้เกิดพลังในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดระดับสูง ในการตอบคำถาม แก้ปัญหา เสนอทางออกของปัญหา การถามคำถามยังเป็นการกำหนดวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนในโลกที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีซึ่งมีข้อมูลข่าวสารจำนวนมาก ครูจึงต้องมีทักษะในการตั้งคำถามที่ท้าทายให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการสืบเสาะหาความรู้ มีการใช้ความคิดวิเคราะห์ ใช้ความคิดวิจารณ์ญาณว่า ข้อมูลใดต้องมีการสำรวจตรวจสอบ จะสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีใด หรือประจักษ์พยานใดอีกบ้างที่ต้องนำมาใช้เพื่อประกอบการอธิบายตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ ครูที่มีความสามารถในการตั้งคำถามคือครูที่ตั้งคำถามที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้หรือคำถามที่สร้างสรรค์ (Productive Question) เช่น

- นักเรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับ.....
- สิ่งที่นักเรียนต้องรู้คืออะไร เพื่อที่จะทำงานชิ้นนี้ให้สำเร็จ
- นักเรียนสงสัยอยากรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนี้
- แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นแตกต่างหรือเหมือนของจริงอย่างไร
- นักเรียนคิดว่ายังมีเหตุผลอื่นใดอีกที่จะสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปนี้
- นักเรียนคิดว่าข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบนี้ยังสามารถหาคำอธิบายแนวอื่นได้อีกหรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนพิจารณาของ 2 สิ่งนี้มีอะไรที่เหมือนและแตกต่างกันบ้าง
- นักเรียนจะจัดกลุ่มสิ่งของเหล่านี้ได้อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้าใส่.....ลงใน.....
- นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น ถ้าเราย้อนกลับกระบวนการนี้
- นักเรียนค้นพบอะไรจากการสำรวจตรวจสอบนี้
- มีแนวคิดอื่นอีกหรือไม่ ที่จะตอบคำถามนี้
- นักเรียนยอมรับหรือเห็นด้วยกับแนวคิดนี้หรือไม่ เพราะอะไร
- จะต้องเพิ่มเติมหรือปรับปรุงอะไรในการทดลองนี้
- มีแนวคิดหรือวิธีการใดบ้างที่จะเพิ่มมูลค่าของสิ่งนี้
- การทดลองนี้มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด ตัวแปรตามคืออะไร และตัวแปรควบคุมคืออะไร

คำถามต่างๆ ดังกล่าวนี้ ถ้าพิจารณาแต่ละคำถามจะเห็นว่าเป็นคำถามที่กระตุ้นส่งเสริม

พัฒนาการคิด ทำให้นักเรียนกระตือรือร้น ที่จะทำกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบบทเรียน ในการที่จะสำรวจตรวจสอบสิ่งต่างๆในโลกธรรมชาติ ได้มองเห็นแง่มุมอื่นๆเพิ่มอีก ช่วยให้เกิดการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดในการสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ คำถามจึงมีความสำคัญมากในการเรียนการสอน ครูต้องมีความสามารถในการตั้งคำถามที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้หรือคำถามสร้างสรรค์ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนจัดการ การเรียนรู้ คำถามของครูจะเป็นแบบอย่างให้นักเรียนตั้งคำถามที่สร้างสรรค์อีกด้วย

ประเภทของคำถาม

คำถามที่จะใช้ในการเรียนการสอน มีหลากหลาย ครูต้องเลือกให้เหมาะสม สอดคล้องกับ จุดมุ่งหมายของกิจกรรมแต่ละอย่าง ในที่นี้จะแนะนำประเภทของคำถามที่ Jos Elstgeest เสนอไว้ใน The Right Question at the Right Time ซึ่งเป็นคำถามที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้หรือคำถามสร้างสรรค์ (Productive Question) ดังนี้

- **คำถามที่เน้นหรือจุดประกายความสนใจ (Attention Focusing Question)** เป็นคำถามที่จะนำนักเรียนเข้ามาสู่จุดสนใจที่จะเรียนในเรื่องนั้นๆ ครูมักจะถามนักเรียนเมื่อจะให้เรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เช่น “ดูนี่สิ” “เธอสังเกตเห็นอะไรหรือไม่” ซึ่งมักจะตามด้วยคำถามที่ต่อเนื่องกันคือ “รู้สึกอย่างไร” “มีอะไรอยู่ภายในนี้” “มีอะไรเกิดขึ้น” “ได้ยินอะไร” เป็นคำถามที่แนะนำเพื่อจะเรียนรู้สิ่งใหม่ การเริ่มต้นสำรวจ สังเกต สำรวจตรวจสอบ นักเรียนจะตอบโดยการบรรยายจากสิ่งที่เห็นอย่างตรงไปตรงมา ด้วยคำพูดของนักเรียน เกี่ยวกับวัสดุ สิ่งของ สิ่งมีชีวิต เหตุการณ์ ฯลฯ

- **คำถามที่เกี่ยวกับการวัดและการนับ (Measuring and Counting Question)** เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับการวัด การนับสิ่งต่าง ๆ ในขณะนั้น ซึ่งนักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบของตนเองได้ เช่น “ไปไม่นี้ยาวเท่าไร” “ระยะทางที่รถเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงปลายทางยาวเท่าไร” “มีนกมากินอาหารในบริเวณนี้เท่าไร” คำถามเหล่านี้จะตอบเชิงปริมาณเป็นตัวเลข อาจต้องมีการใช้เครื่องมือวัดต่างๆ และคำนึงถึงความแม่นยำของการวัด

- **คำถามเปรียบเทียบ (Comparison Question)** เป็นคำถามเชิงคุณภาพที่จะนำไปสู่การสังเกต ที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์อย่างละเอียดลึกซึ้งขึ้น ว่าของสองสิ่งมีอะไรเหมือนกัน และมีอะไรแตกต่างกัน ซึ่งสิ่งของ วัตถุ หรือสิ่งมีชีวิตต่างๆมักจะมีเหมือนและความแตกต่างกัน ได้แก่รูปร่าง ขนาด สี ลวดลาย ฯลฯ เช่น “เปลือกหอยเหล่านี้มีอะไรที่เหมือนกัน และมีอะไรที่ต่างกัน” “การทำงานของระบบประสาทกับระบบต่อมไร้ท่อเหมือนหรือต่างกันอย่างไร” คำถามที่ให้เปรียบเทียบจะกระตุ้นให้นักเรียนจัดระบบของสิ่งต่างๆ พิจารณาถึงความเป็นหนึ่งเดียวในความหลากหลาย การจำแนก การจัดกลุ่ม การออกแบบตารางเก็บข้อมูล ยังจะช่วยให้เด็กเรียนรู้คิดสร้างสรรค์แบบจำลองสถานการณ์ หรือคิดประดิษฐ์สิ่งที่แตกต่างกันนำไปสู่ผลผลิตที่แตกต่างกัน

- **คำถามที่นำไปสู่การกระทำหรือการปฏิบัติ (Action Question)** คำถามประเภทนี้จะนำไปสู่การลงมือสำรวจตรวจสอบที่จะให้ได้คำตอบที่ถูกต้องตามความเป็นจริง เป็นคำถามที่มีคุณค่าสูงต่อการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนต้องสำรวจค้นหาในสิ่งที่ยังไม่เคยรู้มาก่อนหรือสิ่งที่มีความสัมพันธ์กัน ท้าทายให้นำไปสู่การตั้งสมมติฐานหรือทำนายผลที่จะเกิดขึ้นคำตอบอาจไม่ตรงกับที่คาด

ไว้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนตื่นตัวกับผลการค้นพบสิ่งใหม่ มากกว่าสิ่งที่รู้กันแล้ว คำถามประเภทนี้มักจะขึ้นต้นด้วย “จะเกิดอะไรขึ้น ถ้า.....” เช่น “จะเกิดอะไรขึ้นถ้าใส่ยีสต์ลงในสารละลายน้ำตาลที่อุณหภูมิต่างกัน”

● **คำถามที่ตั้งปัญหา (Problem Posing Question)** เมื่อนักเรียนได้ผ่านคำถามประเภทต่างๆ ที่กระตุ้นให้ทำกิจกรรมมาพอแล้ว ครูก็สามารถใช้คำถามที่ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อนำไปสู่สถานการณ์แก้ปัญหาในสภาพจริง นักเรียนจะกระตือรือร้นที่จะตอบสนองต่อคำถามที่มีความหมายนั้น เช่น เมื่อนักเรียนเคยทำกิจกรรมศึกษาการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่ต้นกล้างอกออกจากเมล็ดแล้ว รากพืชก็จะเจริญลุ่สู่พื้นดินยอดพืชก็เจริญในทิศตรงข้าม ครูอาจท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาใหม่ว่า “นักเรียนจะทำให้พืชเจริญเติบโตโดยให้ส่วนยอดเจริญในทิศทางเข้าหาพื้นดิน และรากพืชเจริญในทางตรงกันข้ามได้หรือไม่อย่างไร” “นักเรียนก็จะพยายามหาวิธีการที่จะสร้างสถานการณ์บังคับการเจริญเติบโตของพืชในแบบที่ไม่เป็นไปตามธรรมชาติ ซึ่งก็จะมีกรออกแบบการทดลองที่แตกต่างกันตามแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ก่อนที่จะเริ่มการทดลองจริงนักเรียนอาจต้องมีการศึกษาเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ และเป็นไปไม่ได้ เพราะปัญหาดังกล่าวไม่สามารถหาคำตอบได้จากหนังสือ ตำรา คำถามประเภท “นักเรียนสามารถแยกเกลือออกจากดินได้หรือไม่ อย่างไร” “นักเรียนสามารถทำน้ำจืดจากน้ำทะเลได้หรือไม่ อย่างไร” นักเรียนต้องตัดสินใจเลือกวิธีที่จะแก้ปัญหาที่ซับซ้อนนั้น คำถามประเภทนี้นักเรียนจะต้องสร้างสมมติฐาน หรือคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้หลายๆ แนวแล้วออกแบบการทดลองที่มีการกำหนดควบคุม ตัวแปรที่ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้จนได้คำตอบ คำถามประเภทนี้เป็นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาสูงสุดของนักเรียน

● **คำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม” ของครู** คำถามประเภทนี้มักถามหาเหตุผลเพื่อการอธิบายสิ่งต่างๆ คำถามมักขึ้นต้นด้วย “อย่างไร” “ทำไม” ซึ่งมีความสำคัญมากในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนควรได้รับการฝึกให้เผชิญกับคำถามประเภทนี้ เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปราย แสดงความคิดแล้วให้เหตุผลอย่างอิสระเกี่ยวกับประสบการณ์ของนักเรียน เป็นการให้นักเรียนสะท้อนความคิดจากสิ่งที่พบหรือที่เรียนรู้ นักเรียนจะค้นหาข้อสรุปอย่างระมัดระวังที่อ้างอิงหลักฐาน ประจักษ์พยานที่เชื่อถือได้ ซึ่งรวบรวมมาจากสำรวจตรวจสอบ นักเรียนจะอภิปรายแสดงความคิดเห็นว่า เขาคิดอะไร คิดอย่างไร เกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบนั้น การแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน ช่วยให้มีการยอมรับความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือยอมรับข้อโต้แย้งและพร้อมที่จะแก้ไขปรับเปลี่ยนความคิดได้เมื่อมีหลักฐานที่เชื่อถือได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสังเกตว่าลูกน้ำยุงในขวดโหลจะเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วเมื่อมีคนไปรบกวนโดย เคาะข้างขวดโหล ให้ผิวน้ำกระเพื่อมและสังเกตว่า เมื่อลูกน้ำมาเกาะนิ่งอยู่ที่ผิวน้ำ จะใช้ส่วนหางอยู่เหนือผิวน้ำเล็กน้อยและจะอยู่ในสภาพนั้น เป็นระยะเวลาหนึ่งที่นักเรียนอาจจับเวลา เมื่อนักเรียนถูกถามว่า “ทำไมลูกน้ำขึ้นมาที่ผิวน้ำ” คำว่า “ทำไม” ในคำถามนี้คือความหมายว่า “เพื่ออะไร” นักเรียนก็จะแสดงความคิดจากประสบการณ์ที่เขาสังเกตได้แล้ว

ตอบคำถามด้วยการอธิบายอย่างมั่นใจว่าลูกน้ำขึ้นมาที่ผิวน้ำเพื่อหายใจ อย่างไรก็ตาม นักเรียนจะมีความระมัดระวังในการให้เหตุผลของคำถาม “ทำไม” “อย่างไร” มากขึ้น

● **คำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม” ของนักเรียน** เมื่อนักเรียนสังเกตสิ่งต่างๆ มักจะเกิดความสงสัยและถามคำถาม “ทำไม” และคาดหวังว่าครูจะเป็นผู้ให้คำตอบที่สมบูรณ์ ผู้ปกครองและนักเรียนกดดันให้ครูพยายามหาทางตอบคำถามอย่างประทับใจ ซึ่งไม่ได้ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้สิ่งที่สำคัญ จาก

ประสบการณ์ของครู จะสามารถให้คำตอบได้ระดับหนึ่ง แต่ต้องพยายามให้นักเรียนตอบคำถามได้ด้วยตนเอง โดยปรับปรุงคำถามหรือแตกคำถามเป็นคำถามที่ง่ายขึ้น เช่น เมื่อลองแยกคำถามออกเป็นส่วนที่สามารถควบคุมได้ว่า “อะไรจะเกิดขึ้นถ้า.....” และคำถามให้สังเกตว่า “ลองดูซิว่ามันเป็นอย่างไร” ซึ่งอาจทำให้นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ แต่จะต้องจัดให้มีประสบการณ์ที่จำเป็นเพื่อให้เกิดความเข้าใจไม่ว่ากรณีใดก็ตามแต่เป็นการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ดี

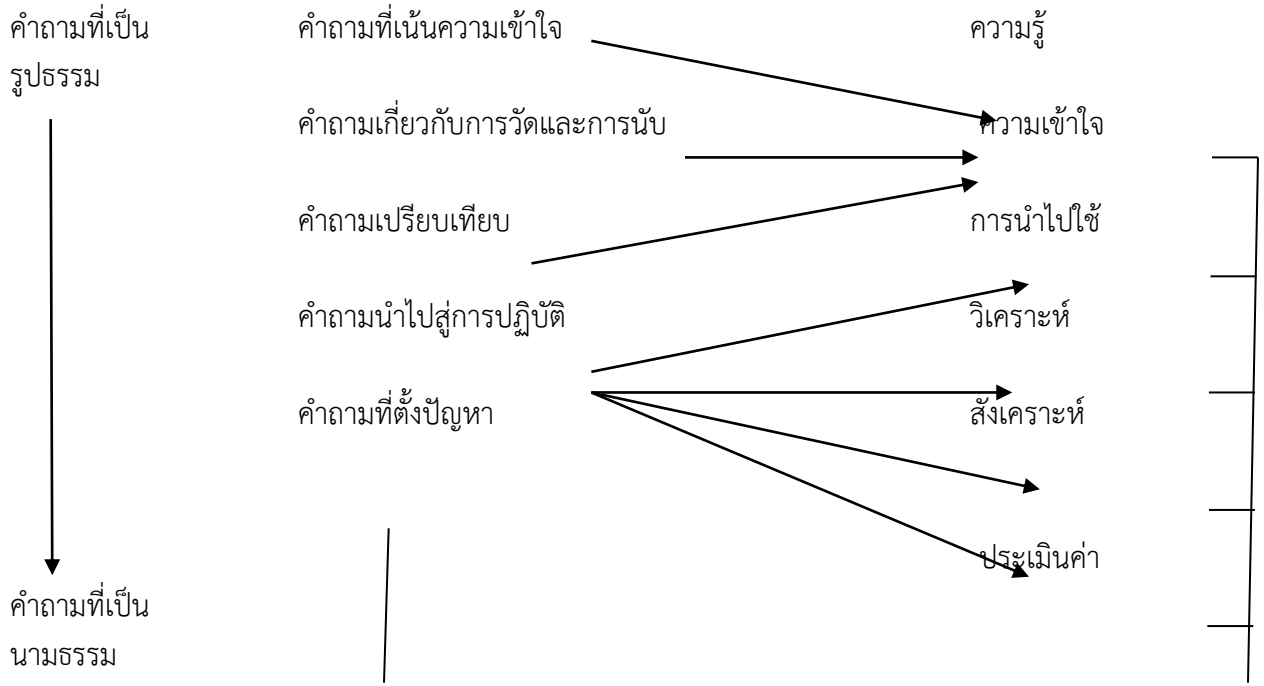
คำถาม “ทำไม” มากมายซึ่งยังไม่มีคำตอบ แม้แต่นักวิทยาศาสตร์ก็ไม่สามารถตอบได้ คำถามที่มีคุณค่าคือคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ในระดับความรู้ความสามารถของนักเรียนโดยที่มีครูเป็นผู้เอื้ออำนวยการเรียนรู้ ครูต้องเข้าใจตัวเองและมีความซื่อสัตย์ที่จะยอมรับว่า “ครูก็ไม่รู้คำตอบ” เป็นการยอมรับที่ดีที่สุด วิทยาศาสตร์เป็นการค้นหาความจริงมากกว่าการตอบคำถาม “ทำไม” แล “อย่างไร” เพราะเมื่อเราได้คำตอบที่พอใจ เราก็จะเริ่มมีปัญหาใหม่ และคำถาม “ทำไม” หรือ “อย่างไร” ก็จะเกิดขึ้นอีก แสดงว่าเรายังไม่ถึงคำตอบสุดท้ายซึ่งเราต้องค้นหาต่อไป คำถาม “ทำไม” เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุผล ความพยายามในการแตกคำถามเหล่านี้ให้เป็นคำถามง่าย และวิธีการที่จะได้คำตอบจะเป็นการให้เหตุผลของนักเรียน ที่เริ่มต้นด้วยคำว่า “เพราะ.....” บนหลักฐานที่พวกเขาพบอย่างชัดเจนและโดยประสบการณ์ของเขา จะถือว่ามีความมากกว่าเหตุผลต่างๆ ที่บอกโดยผู้ใหญหรือการอ้างอิงที่ไม่ผิดพลาด โดยปราศจากความเข้าใจ แต่ความเข้าใจของผู้ใหญ่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์มากมาย หลายคนก็ต้องยอมรับว่า สิ่งต่างๆ ที่เราได้เรียนรู้ในโรงเรียนเพียงไม่กี่ปีต่อมาเราก็ต้องเรียนรู้ใหม่ด้วยตัวเอง

คำถามที่ส่งเสริมให้เหตุผลมักจะเริ่มด้วย “ทำไม” หรือ “อย่างไร” อาจถามโดยครูหรือนักเรียนมีข้อเสนอแนะว่าคำถาม “ทำไม” ของครูควรประกอบด้วยวลี “ทำไมนักเรียนจึงคิดว่า” และควรมีเวลาให้นักเรียนได้มีโอกาสรวบรวมความคิดและประสบการณ์ที่จำเป็นในการตอบคำถาม “ทำไม” ของนักเรียนมักจะสร้างปัญหาแก่ครู เพราะครูบางคนไม่สามารถตอบคำถามได้ และคำถามทุกคำถามก็ไม่ควรต้องตอบทั้งหมด

สิ่งสำคัญคือครูต้องเลือกใช้คำถามที่ส่งเสริมพัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียน มีคำถามท้าทายให้นักเรียนทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อเกิดการเรียนรู้ตามที่ครูได้วางแผนไว้ และทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ต้องการ ให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถจากระดับพื้นฐานจนถึงความสามารถระดับสูง คำถามที่สร้างสรรค์จะสัมพันธ์กับระดับการเรียนรู้ของสมองมนุษย์ที่ เบนจามิน เอส บลูม ได้จำแนกไว้ดังแผนภาพ

ประเภทของคำถาม

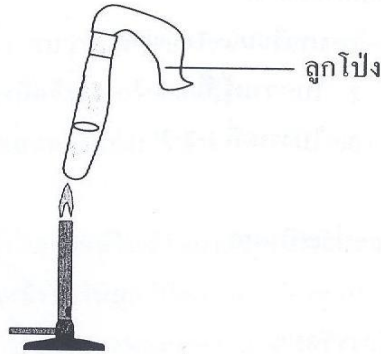
**ระดับการเรยนรู้อำเนกไว้โดย
เบนจามิน เอส บลุม (Bloom's Taxonomy)**



คำถามประเภทต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ถ้าพิจารณาลักษณะของคำถามก็จะจัดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ **คำถามที่มีคำตอบในทิศทางเดียว (Convergent Question)** หรือคำถามแคบ ซึ่งส่งเสริมความคิดชั้นสูงของนักเรียนไม่มากนัก เพราะมีคำตอบที่รู้อยู่แล้ว คำถามอีกกลุ่มคือ **คำถามที่มีคำตอบได้หลายแนวทาง (Divergent Question)** เป็นคำถามกว้างที่พัฒนาการคิดชั้นสูงของนักเรียนอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคิดวิจารณ์ญาณ และความคิดสร้างสรรค์

ตัวอย่างคำถามที่มีคำตอบในทิศทางเดียว

1. สารใดในบุหรืที่อาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง
2. ผู้ที่เป็นโรคเหน็บชา เนื่องจากขาดสารอาหารอะไร
3. น้ำประกอบด้วยธาต้อะไร
4. วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยอะไรบ้าง
5. ในปากมีการย่อยสารอาหารประเภทใด
6. การปฏิสนธิหมายความว่าอย่างไร
7. จงอธิบายความแตกต่างของมวลและความหนาแน่น
8. เมื่อต้มน้ำในหลอดทดลองดังแสดงในภาพ เป็นเพราะเหตุใดเมื่อน้ำได้รับความร้อนลูกโป่งจะขยายตัวขึ้น



คำถามที่ 1 – 5 เป็นคำถามที่นักเรียนตอบได้โดยไม่ต้องใช้ความคิดมากนัก เพียงแต่ระลึกได้ จำได้ ก็พอแล้ว ส่วนคำถาม 6-8 เป็นคำถามที่วัดความคิดสูงขึ้นกว่าความจำเล็กน้อย เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบได้คิดก่อน แล้วเรียบเรียงความคิดมาใช้อธิบาย เปรียบเทียบ ยกตัวอย่าง แม้จะต่างคนต่างคิด แต่คำตอบที่ถูกต่อนั้นจะไปในทิศทางเดียวกัน คำถามในลักษณะนี้นักการศึกษาบางท่านจึงจัดว่าเป็น คำถามระดับพื้นฐาน และเป็นคำถามที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้เบื้องต้น

การใช้คำถามในลักษณะนี้ส่งเสริมพัฒนาความคิดของนักเรียนน้อยมาก แต่อาจใช้ในการทบทวนความรู้พื้นฐานของนักเรียน

ตัวอย่างคำถามที่มีวิธีการหาคำตอบได้หลายแนว

1. จงหาวิธีการทำน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด บอกมาให้มากที่สุด
2. ถ้าเป็อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อที่ยอมให้สารทุกชนิดผ่านได้ จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่อย่างไร
3. ถ้านักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่สามารถสร้างเส้นเลือดมาทดแทนเส้นเลือดจริงได้ จะสร้างเส้นเลือดให้มีคุณสมบัติอย่างไร
4. ถ้านำน้ำบาดาลมาบริโภค นักเรียนจะมีวิธีทดสอบได้อย่างไรบ้าง ว่าน้ำบาดาลนั้นมีความสะอาดอย่างเพียงพอต่อการบริโภค
5. เมื่อหย่อนสิ่งของลงในสระน้ำ พบว่าสิ่งของบางชนิดจมบางชนิดลอย
 - 5.1 เพราะเหตุใดสิ่งของบางชนิดจึงจม บางชนิดจึงลอย
 - 5.2 นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไรบ้าง เพื่ออธิบายว่าเหตุใดสิ่งของบางชนิดจม บางชนิดลอย
 - 5.3 จะนำความรู้เรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง
6. เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถสร้างกระแสไฟฟ้าได้ ถ้านักเรียนจะศึกษาเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ นักเรียนจงคิดปัญหาที่จะศึกษา แล้วระบุว่าปัญหาที่จะศึกษานั้นมีอะไรบ้าง

ตัวอย่างคำถามต่างๆดังกล่าวมาแล้วนี้ มีวัตถุประสงค์ในการถามและต้องการความสามารถในการตอบแตกต่างกัน การใช้คำถามที่จะให้เกิดผลต่อการเรียนรู้ มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

การถามคำถามสร้างสรรค์หรือคำถามที่ส่งเสริมการเรียนรู้

1. ศึกษาคำถามหลายชนิดของนักเรียนเพื่อจะได้แยกแยะว่าเป็นคำถามสร้างสรรค์หรือคำถามไม่สร้างสรรค์
2. ใช้รูปแบบที่ง่ายที่สุดของคำถามสร้างสรรค์ ระหว่างการสำรวจในตอนแรก เพื่อช่วยให้นักเรียนบันทึกรายละเอียดที่เขาอาจมองข้าม
3. ใช้คำถามที่เกี่ยวกับการวัด และการนับเพื่อจูงใจให้นักเรียนเบี่ยงเบนจากการสังเกตเชิงคุณภาพ ไปสู่การสังเกตเชิงปริมาณ
4. ใช้คำถามเปรียบเทียบเพื่อช่วยให้นักเรียนจัดลำดับของการสังเกตและข้อมูล
5. ใช้คำถามที่นำมาสู่การปฏิบัติ กระตุ้นให้มีการทดลอง และสังเกตความสัมพันธ์
6. ใช้คำถามที่ตั้งปัญหา เมื่อนักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานและจัดสถานการณ์ของเด็กๆ เพื่อทดสอบได้ด้วยตัวเอง
7. เลือกชนิดของคำถามเพื่อให้เหมาะสมกับประสบการณ์ของนักเรียนให้สัมพันธ์กับเรื่องที่จะสืบเสาะหาความรู้

ข้อแนะนำสำหรับคำถาม”ทำไม” และอย่างไร

1. เมื่อถามคำถามเพื่อกระตุ้นการให้เหตุผลของนักเรียน ขอให้แน่ใจว่ามีคำ “นักเรียนคิดอะไรเกี่ยวกับ.....” หรือ “ทำไมนักเรียนจึงคิด”
 2. อย่าถามคำถามชนิดประเภท “ทำไม” “อย่างไร” จนกว่านักเรียน มีประสบการณ์ที่จำเป็นสำหรับการให้เหตุผลจากหลักฐาน
 3. เมื่อนักเรียนถามคำถาม “ทำไม” ให้พิจารณาว่าเขามีประสบการณ์ที่จะเข้าใจคำตอบหรือไม่
 4. อย่างลัวที่จะพูดว่า “ครูไม่รู้คำตอบ” หรือ “ไม่มีใครรู้” (ถ้าเป็นคำถามเชิงปรัชญา) หรือคำถามที่มีคำตอบซับซ้อน เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ต่างๆ ที่นักเรียนสามารถหาตอบและเข้าใจได้
 5. ยอมรับคำถามของนักเรียนด้วยความจริงใจ ในลักษณะที่เป็นการแสดงความ สนใจคำถามของนักเรียน แม้ว่าคำถามนั้นจะไม่สามารถหาคำตอบได้ อย่าทำให้นักเรียนหมดกำลังใจที่จะถามคำถาม
- การใช้คำถามในการเรียนการสอนมีความสำคัญมาก ครูจึงต้องเลือกให้สอดคล้องตามจุดประสงค์ที่ต้องการพัฒนานักเรียนในการเรียนแต่ละครั้ง ซึ่งต้องมีการเตรียมการที่ดี ครูจะพบว่ามีความหลากหลายชนิด และผลที่เกิดกับเด็กนักเรียนเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก มีการแยกแยะความแตกต่างระหว่างคำถามที่สร้างสรรค์และคำถามที่ไม่สร้างสรรค์ ขึ้นอยู่กับว่าคำถามเหล่านั้นส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมและการให้เหตุผลหรือไม่ คำถามที่ไม่ได้ส่งเสริมในเรื่องดังกล่าว เป็นคำถามที่ถามเกี่ยวกับความรู้เท่านั้น และมักจะเป็นความรู้ที่ครูให้ไว้แล้วหรือหาอ่านได้จากหนังสือ คำถามกระตุ้นให้ทำกิจกรรมคือ คำถามสร้างสรรค์ มีหลายชนิดและมาจากการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ของนักเรียนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งจะส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนของนักเรียน

ปัญหาในการใช้คำถาม

1. คำถามที่ครูใช้ส่วนใหญ่มุ่งเนื้อหา ความรู้ความจำ เป็นคำถามที่ไม่เอื้อต่อการอภิปราย ไม่ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างกว้างขวาง และคิดอย่างมีเหตุผล

2. ครูมักใจร้อน เร่งรัดคำตอบจากนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่มีเวลาคิดหาเหตุผล หรือเชื่อมโยง ความรู้มาหาคำตอบ ถ้านักเรียนตอบช้าครูมักตอบเสียเอง
3. นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามสั้น ๆ ไม่สมบูรณ์ เมื่อนักเรียนตอบคำถามดังกล่าวแล้วครูไม่ถาม ต่อเพื่อหาคำตอบหรือความคิดที่ไม่ชัดเจน ไม่สมบูรณ์ ให้ชัดเจนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
4. นักเรียนบางคนขาดความมั่นใจ กลัว อับอายเมื่อตอบผิด หรือไม่เคยฝึกคิดที่จะตอบคำถามมา ก่อน เนื่องจากเคยเป็นฝ่ายรับความรู้จากครูอย่างเดียว เมื่อนักเรียนไม่ตอบครูก็จะละเลยไปถามนักเรียน คนอื่นที่สามารถตอบคำถามได้ หรือครูเป็นผู้ตอบคำถามเสียเอง
5. ครูไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามครูบ้าง หรือเปิดโอกาสน้อยมาก การแลกเปลี่ยนความ คิดเห็นในประเด็นคำถามต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะมีการจัดการเรียนรู้มีน้อยมาก ในการจัดการเรียนรู้บางครั้ง นักเรียนไม่มีโอกาสถามคำถามแม้แต่เพียงคำถามเดียว
6. บางชั้นเรียน การถามของครูจะให้นักเรียนทั้งชั้นตอบ คนที่สนใจก็ตอบ คนที่ไม่สนใจไม่ได้ตอบ หรือแย้งกันตอบ เกิดความสับสน ไม่ชัดเจนในคำตอบ
7. ครูขาดการเตรียมคำถามที่ดีมาล่วงหน้า ดังนั้นคำถามบางคำถาม นักเรียนไม่ทราบว่าจะตอบ อย่างไร บางครั้งถามคำถามวกไปวนมา ไม่เรียงลำดับตามมโนคติที่จะถาม ไม่มีเป้าหมายในการถามอย่าง ชัดเจน
8. ขณะที่มีการอภิปรายระหว่างการนำเสนอข้อมูล มีการถามตอบระหว่างนักเรียนที่นั่งฟังและ นักเรียนที่นำเสนอ เมื่อนักเรียนผู้นำเสนอตอบผิด ตอบคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง ครูผู้สอนไม่ได้ซักถาม ให้สืบค้นเพิ่มเติม หรือให้ข้อมูลที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนที่ฟังการอภิปรายเข้าใจว่าคำตอบนั้นถูกต้อง จึง เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องแก้ไขคำตอบของนักเรียนให้ถูกต้อง
9. ครูไม่ให้ความสนใจกับคำตอบของนักเรียนเท่าที่ควร เมื่อนักเรียนตอบถูก น้อยมากที่ครูจะ เสริมแรงและให้กำลังใจในการตอบของนักเรียน

สรุป

การใช้คำถามในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดระดับสูง ในการตอบคำถาม แก้ปัญหา เสนอทางออกของปัญหา โดยคำถามที่จะใช้ในการเรียนการสอน สามารถแบ่งเป็นประเภทได้ดังนี้ 1) คำถามที่เน้นหรือจุดประกายความสนใจ 2) คำถามที่ เกี่ยวกับการวัดและการนับ 3) คำถามเปรียบเทียบ 4) คำถามที่นำไปสู่การกระทำหรือการปฏิบัติ 5) คำถามที่ตั้งปัญหา 6) คำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม ของครู และ 7) ถาม “อย่างไร” และ “ทำไม ของนักเรียน ซึ่งครูผู้สอนต้องเลือกให้สอดคล้องตามจุดประสงค์ที่ต้องการพัฒนานักเรียน ในการเรียนแต่ละครั้ง

เรื่องที่ 4.2 การพัฒนากระบวนการคิด

สมองของมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนนับแสนล้านเซลล์เกาะเกี่ยวเชื่อมโยงเป็นกลุ่มก้อน มีกลไกการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันในลักษณะที่ซับซ้อน หน้าที่สำคัญของสมองมนุษย์ นอกเหนือจากการควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย การรับรู้และการสั่งการเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า อันเป็นหน้าที่พื้นฐานเช่นเดียวกับการทำงานของสมองของสัตว์อื่นๆ แล้ว สมองของมนุษย์และสัตว์ชั้นสูงบางชนิดยังมีการพัฒนายิ่งขึ้น จนสามารถที่จะทำหน้าที่เก็บสะสมหรือจดจำข้อมูลเดิมเพื่อรำลึกไปใช้ในภายหลัง โดยเฉพาะสมองมนุษย์นั้นเชื่อว่ามีการพัฒนาการระดับสูงสุดยิ่งกว่าสิ่งมีชีวิตอื่นใด จนมีศักยภาพที่จะทำหน้าที่ที่มีความละเอียดและซับซ้อนมากๆ อันได้แก่ การจัดกระทำกับข้อมูลต่างๆ ทั้งที่เป็นข้อมูลเดิมที่เคยสะสมไว้และข้อมูลที่ได้รับเพิ่มขึ้นมาในภายหลัง มีการประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ค่อนข้างซับซ้อนและยุ่งยาก การประมวลผลข้อมูลต่างๆ ดังกล่าว ก็คือ กระบวนการคิดของมนุษย์นั่นเอง

กระบวนการคิดของมนุษย์

กระบวนการคิดของมนุษย์ นับได้ว่าเป็นกระบวนการทำงานของสมองที่มีกลไกละเอียดอ่อนและซับซ้อน เชื่อกันว่าด้วยศักยภาพของสมองด้านการคิดที่มีเหนือสัตว์อื่นๆ ทั้งหมด ทำให้มนุษย์ได้พัฒนาสถานภาพด้านความเป็นอยู่ การดำรงชีวิต การขยายพันธุ์ ในลักษณะที่ก่อให้เกิดการได้เปรียบสิ่งมีชีวิตอื่นๆ แม้แต่ในมวลมนุษย์ด้วยกันเอง กลุ่มผู้ที่พัฒนากระบวนการคิดและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ย่อมอยู่ในสถานะที่ได้เปรียบกว่าผู้คนกลุ่มอื่น และจะอยู่ในสภาพของการดำรงชีวิตที่เหนือกว่าดังที่เห็นกันอยู่

เนื่องจากกระบวนการคิดของมนุษย์มีความซับซ้อน จึงมีนักการศึกษาจำนวนมากให้ความสนใจศึกษาค้นคว้าและสร้างสรรค์ทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวกับการคิดของมนุษย์ขึ้นมามากมาย มีความหลากหลาย แม้ในปัจจุบันก็ยังไม่มีข้อยุติที่จะเห็นพ้องต้องกันไปทั้งหมด และยังมีทฤษฎี หลักการและแนวคิดใหม่ๆ เกิดขึ้นอีก

เราจึงมักได้ยินการพูดถึงความคิดลักษณะต่างๆ ที่หลากหลาย เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดวิเคราะห์ ความคิดวิจารณ์ ความคิดไตร่ตรอง ความคิดแนวข้าง ความคิดแบบวิทยาศาสตร์ ความคิดเชิงตรรกะ ความคิดเชิงเหตุผล ความคิดคู่ขนาน ความคิดนอกรอบ ฯลฯ และอีกมากมายเกินกว่าที่จะหยิบยกมากล่าวอ้างได้ครบทั้งหมด

นั้นแสดงให้เห็นว่าความคิดของมนุษย์มีความหลากหลายในลักษณะของกระบวนการคิดขั้นตอนและวิธีการคิด จุดเน้นของการคิดในแต่ละวัน เป้าหมายของการคิดในแต่ละครั้ง หรือแม้กระทั่งความซับซ้อนและการใช้ศักยภาพของสมองในการคิดแต่ละลักษณะที่อาจแตกต่างกันออกไป

เบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S Bloom) ได้นำเสนอการจำแนกระดับการเรียนรู้ของมนุษย์ที่ขึ้นอยู่กับกระบวนการทำงานของสมองที่มีความซับซ้อนแตกต่างกัน ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. จำและจดจำได้ (Remember)
2. เข้าใจ (Understand)
3. วิเคราะห์ (Analyze)

4. สังเคราะห์หรือสร้างสรรค์ (Synthesize or Create)
5. ประเมินค่า (Evaluate)
6. ประยุกต์ใช้ (Apply)

โดยอธิบายว่าในขั้นของการรับรู้และจดจำได้นั้น นับว่าเป็นการทำงานของสมองในระดับพื้นฐานที่ยังไม่ซับซ้อนมากนัก เมื่อสมองได้รับข้อมูลใด ก็สามารถเก็บหรือจดจำไว้ใช้เมื่อต้องการในโอกาสภายหน้าได้ ส่วนขั้นความเข้าใจนั้นจะต้องใช้ศักยภาพของสมองในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้นกว่าการรับรู้ โดยสมองสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงความเป็นเหตุเป็นผลนั้นได้ อาจแปลความหมายของข้อมูลไปอยู่ในรูปแบบอื่นได้ ฯลฯ

ตั้งแต่ขั้นการวิเคราะห์เป็นต้นไปนับเป็นระดับการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยศักยภาพของสมองที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันเรากล่าวว่าเป็นการใช้ความคิดระดับสูง (Higher Order Thinking) ในการจัดการเรียนรู้ไม่ว่าจะเป็นสาระใดตามมาตรฐานหลักสูตรในปัจจุบันต่างก็มุ่งเน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนากระบวนการคิดระดับสูงหลายหลากลักษณะควบคู่กันไปเสมอ โดยเฉพาะความคิดด้านต่างๆ ต่อไปนี้

1. ความคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)
2. ความคิดวิจารณ์ญาณหรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking)
3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

การศึกษาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระที่มีกระบวนการและขั้นตอนในการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีความซับซ้อนและต้องอาศัยศักยภาพการทำงานของสมองในระดับค่อนข้างสูง ผู้ศึกษาจำเป็นต้องใช้กระบวนการคิดระดับสูงในขั้นตอนต่างๆ ของการศึกษาประเด็นวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ในการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูควรได้ดำเนินการจัดกิจกรรม กำกับดูแล แนะนำกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้ได้พัฒนาการคิดควบคู่ไปกับพัฒนาการด้านอื่นๆ และเป็นไปตามขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม ครบถ้วน

1. ความคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)

ความวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การจำแนกแจกแจง การแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อพิจารณาว่าสิ่งนั้นหรือเหตุการณ์นั้นประกอบขึ้นมาจากอะไร ประกอบได้อย่างไร มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร มีความเชื่อมโยงกันอย่างไร การวิเคราะห์จะช่วยให้มีการพิจารณาใคร่ครวญอย่างลึกซึ้ง ถึงรายละเอียดปลีกย่อยอย่างรอบคอบระมัดระวัง และโดยความเข้าใจในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และจะช่วยทำให้ค้นพบว่าสิ่งนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ทำงานได้อย่างไร มีสาเหตุที่มาและมีผลอย่างไร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการค้นหาข้อเท็จจริงต่อไป

ดังนั้น **การคิดวิเคราะห์หรือการคิดเชิงวิเคราะห์** จึงหมายถึง การคิดที่ใช้การวิเคราะห์เป็นหลักสำคัญ กล่าวคือ การจำแนกแจกแจงองค์ประกอบของเหตุการณ์ใดๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น หรือหาสาเหตุของสิ่งที่เกิดขึ้นต่อไป การคิดวิเคราะห์จะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผลเป็นพื้นฐาน ดังนั้นการคิดวิเคราะห์จึงมักจะทำอาศัยการคิดเชิงเหตุผลหรือการคิดเชิงตรรกะ (Reasoning/Logical Thinking) ประกอบอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งจะทำให้ทราบข้อเท็จจริง เหตุผลเบื้องหลังของ

สิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่างๆ ทราบองค์ประกอบและข้อเท็จจริงที่เป็นฐาน
ของความรู้ที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาต่อไป

การคิดวิเคราะห์ จึงเป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับความสงสัยใคร่รู้ของผู้ถามเมื่อพบเห็นสิ่งใด
หรือเหตุการณ์ใด ขอบเขตของคำถามเพื่อพัฒนาความคิดวิเคราะห์ จึงเกี่ยวข้องกับการจำแนกแจกแจง
องค์ประกอบ การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำความจริงในแง่มุมต่างๆ คำถามจึงมักมี
องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อใด อย่างไร เพราะเหตุใด ดังต่อไปนี้

ใคร	=	ใครเป็นผู้ดำเนินการ ใครเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์บ้าง ใครได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ
อะไร	=	มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง มีรายละเอียดอย่างไร อะไรคือปัญหาของเหตุการณ์
ที่ไหน	=	สถานที่เกิดเหตุ
เมื่อใด	=	เหตุการณ์เกิดขึ้นเวลาใด
เหตุใด	=	เหตุใดจึงเกิดเรื่องนี้ ทำไมแต่ละเหตุการณ์จึงเป็นอย่างนี้
อย่างไร	=	รายละเอียดที่เกิดขึ้นเกิดอย่างไร ฯลฯ

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น ครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิด
วิเคราะห์ให้มาก กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มักต้องมีการวิเคราะห์เป็นหลัก ขั้นตอนแรก คือ การทำ
ความเข้าใจประเด็นปัญหาหรือคำถาม โดยผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับสถานการณ์นั้นให้ถ่องแท้ใน
ประเด็นต่างๆ การทำความเข้าใจมักจะเริ่มด้วยการวิเคราะห์ว่ามีองค์ประกอบใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับ
สถานการณ์

กลยุทธ์ที่มักพบเสมอ คือ การกำหนดประเด็นหรือคำถามในลักษณะที่ส่งเสริมให้นักเรียนต้องคิด
จำแนกองค์ประกอบย่อย เปรียบเทียบหรือระบุความแตกต่างของสถานการณ์ต่างๆ การจัดเรียงลำดับ
การจัดกลุ่มข้อมูล หรือองค์ประกอบย่อยของแต่ละสถานการณ์อย่างเป็นระบบ เป็นหมวดหมู่ ฯลฯ

ตัวอย่างการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดวิเคราะห์

ในการศึกษาสาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (ช่วงชั้นที่ 3) ซึ่งมีจุดประสงค์สำคัญเพื่อให้นักเรียน
สามารถเสนอแนะแนวคิดในการรักษาสิ่งมีชีวิตให้ดำรงอยู่ในสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืนนั้น จะ
เริ่มต้นบทเรียนด้วยกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมของตัวนักเรียนเอง เพื่อเข้าใจในทุก
องค์ประกอบที่มีอยู่และมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ครูอาจเริ่มด้วยคำถามต่อไปนี้

- สิ่งแวดล้อมที่ผู้เรียนอาศัยอยู่เป็นอย่างไร เหมือนหรือต่างกับสิ่งแวดล้อมของเพื่อนอย่างไร
- ในท้องถิ่นของเรามีสิ่งมีชีวิตอะไรบ้าง สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และสัมพันธ์
กับสิ่งต่างๆ ในบริเวณที่อยู่อาศัยอย่างไร

- สิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตมีอาศัยอยู่ในน้ำเหมือนหรือต่างจากสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนบกหรือไม่อย่างไร

คำตอบของคำถามข้างต้น นักเรียนจะได้มาโดยการใช้ความคิดวิเคราะห์หลัก

ความคิดวิเคราะห์ เป็นความคิดขั้นตอนแรกๆ ของกระบวนการคิดลักษณะอื่นๆ ที่ซับซ้อนมากขึ้น กล่าวคือ จะทำให้เข้าใจองค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นของประเด็นปัญหา มองเห็นความสัมพันธ์ความเกี่ยวข้อง เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานเหล่านั้น ทำให้ทราบถึงสาเหตุ หรือเหตุผลของความ เป็นไปได้ในแต่ละองค์ประกอบ หรือแต่ละสถานการณ์ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการคิดวิเคราะห์จะเป็น ข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่จะใช้ในการค้นหาคำตอบหรือแนวทางที่จะค้นหาคำตอบ โดยใช้กระบวนการทาง ความคิดระดับสูงที่ซับซ้อนในลักษณะต่างๆ อาทิเช่น ความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะได้ กล่าวถึงต่อไป

2. ความคิดวิจารณ์ญาณหรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking)

ความคิดวิจารณ์ญาณหรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking) เป็นกระบวนการคิดที่ เน้นการทำความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น สถานการณ์ที่เกิดขึ้น หรือคาดว่าจะเกิดขึ้น ด้วยเหตุผลที่น่าเชื่อถือ เป็นการคิดเพื่อพิจารณาสถานการณ์ต่างๆ ด้วยความรอบคอบไตร่ตรองอย่างถี่ถ้วน มีข้อมูลหลักฐานที่ เชื่อถือมาสนับสนุนมากที่สุด มีการประเมินค่าปัจจัยต่างๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ

ความคิดวิจารณ์ญาณไม่ได้มุ่งเน้นผลลัพธ์ที่จะได้สิ่งใหม่ แต่เน้นความเป็นเหตุผล เน้นคุณค่า เน้น ความถูกต้อง ความควรไม่ควร เพื่อเป็นทางเลือกที่จะตัดสินใจที่ดีที่สุด

ขั้นตอนของกระบวนการคิดวิจารณ์ญาณ

ความคิดวิจารณ์ญาณ เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างจะสลับซับซ้อน เกิดจากความคิดหลายประการ มาประกอบการ ได้แก่ ความคิดวิเคราะห์ ความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดเชิงตรรกะ ความคิดไตร่ตรอง ความคิดเพื่อประเมินค่า ฯลฯ มีขั้นตอนของกระบวนการคิดดังนี้

1. ทำความเข้าใจประเด็นข้อสงสัยให้ชัดเจน ทั้งนี้เพราะเป็นบ่อเกิดแห่งความคิด ถ้าไม่มีข้อสงสัย ความคิดจะไม่เกิดขึ้น เมื่อเข้าใจประเด็นแล้ว จะเห็นแนวทางที่จะแก้ไขสถานการณ์นั้นได้ชัดเจนขึ้น
2. เเสาะหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และแนวทางที่จะแก้ไขให้มากที่สุด และต้องเป็น ข้อมูลที่เชื่อถือได้ โดยพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล พิจารณาความพอเพียงของแหล่งข้อมูลถ้า เป็นประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลนั้นจะต้องผ่านการพิสูจน์จึงจะยอมรับและเชื่อถือได้
3. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้น แยกแยะให้เห็นความสำคัญของตัวแปรทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับ สถานการณ์นั้นๆ โดยอาศัยการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดเชิงตรรกะ
4. ประเมินค่าของแต่ละองค์ประกอบในแต่ละสถานการณ์ เพื่อนำไปสู่การสรุปและตัดสินใจที่ สมเหตุสมผลต่อไป

จุดเด่นของความคิดประเภทนี้คือ ต้องอาศัยข้อมูลให้มากที่สุด ให้ครอบคลุม ครบถ้วนเป็นข้อมูล ที่เชื่อถือได้ ได้รับการตรวจสอบยืนยันแล้ว ในวิชาวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาสาระที่ครูสามารถนำมาตั้งเป็น ประเด็นให้นักเรียนได้เกิดความคิดแบบวิจารณ์ญาณได้มากมาย และบ่อยครั้งที่การคิดโดยวิจารณ์ญาณนี้ จะนำไปสู่การระบุประเด็นใหม่ๆ การสันนิษฐานหรือกำหนดสมมติฐาน การเลือกและการทดสอบ สมมติฐานใหม่

ตัวอย่างการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดวิจารณ์

ตัวอย่างเช่น ประเด็น “แหล่งเชื้อเพลิงปิโตรเลียมใกล้จะหมดโลก เราจะรับมือสถานการณ์นี้
อย่างไร”

จากคำถามข้างต้น จำเป็นที่จะต้องเสาะหา สืบค้น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้มากที่สุด อาทิเช่น
แหล่งกำเนิดกระบวนการเชื้อเพลิง ปิโตรเลียม สมบัติทางเคมีผลิตจากวัตถุดิบอื่นที่มีได้หรือไม่ จะใช้
เชื้อเพลิงใดมาทดแทนได้บ้าง ฯลฯ

จากนั้นจึงนำข้อมูลเหล่านี้มาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์ ประเมินสถานการณ์
เพื่อวิจารณ์อย่างรอบคอบตามที่ได้กำหนดแนวทางในการตอบคำถามเอาไว้

- มีวิธีใดบ้างที่จะลดการใช้พลังงานลง
- เราจะรณรงค์การประหยัดพลังงานได้อย่างไร
- พลังงานที่สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมมีอะไรบ้าง
- พลังงานทดแทนแต่ละแหล่งเช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ชีวมวล พลังงานปรมาณู
พลังงานความร้อนใต้พิภพ ฯลฯ มีความแตกต่างจากน้ำมันปิโตรเลียมอย่างไร มีข้อดีอย่างไรบ้าง มีข้อเสีย
อย่างไรบ้าง ควรจะนำมาใช้ในสถานการณ์ใดบ้างจึงจะเหมาะสม ฯลฯ

จากนั้นจึงสามารถนำองค์ประกอบย่อยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วทั้งหมดมาประเมินว่า
วิธีการใดหรือแล้วทางใดจะแก้ปัญหาได้ดีหรือนำไปสู่ข้อสรุปและตัดสินใจเลือกดำเนินการต่อไป

จะเห็นได้ว่าการคิดวิจารณ์หรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์นั้น เป็นกระบวนการคิดที่
ต่อเนื่องจากการคิดวิเคราะห์ โดยเพิ่มกระบวนการคิดที่ซับซ้อนขึ้น มีการพิจารณาไตร่ตรองอย่างถี่ถ้วน
มากขึ้น และนำไปสู่การสรุปและการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลต่อไปในที่สุด

3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

การคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดที่ก่อให้เกิดผลิตผล แนวทาง หรือวิธีการใหม่ๆ ที่จะแตกต่าง
ไปจากสิ่งเดิมๆ ที่เคยมีมาก่อน เป็นกระบวนการคิดที่มีคุณค่าต่อการพัฒนางานในทุกๆด้าน การเจริญ
พัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นมากมายและรวดเร็วในปัจจุบันล้วนเกิดจากผลิตผล
ทางการศึกษาค้นคว้า และสร้างสรรค์แนวความคิดของตนที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ของ
มนุษย์ออกมามากมายหลายแนวทาง เช่น กิลฟอร์ดและทอแรนซ์ ในยุค 1962 และ เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน ซ่าง
เป็นที่รู้จักกันดีในยุคปัจจุบัน

กิลฟอร์ด ได้กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถในการคิดได้อย่างหลากหลาย
กว้างไกล ซึ่งจะเกิดจากองค์ประกอบทางความคิดย่อย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้
มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็นมากที่สุด ซึ่งจะนับ
ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับสภาพทางความคิดใน
สถานการณ์ต่างๆได้ ความคิดยืดหยุ่นเน้นในเรื่องของปริมาณที่เป็นประเภทใหญ่ๆของความคิดแบบ
คล่องแคล่วนั่นเอง เป็นตัวเสริมและเพิ่มคุณภาพของความคิดคล่องแคล่วได้มากขึ้นด้วยการจัดเป็น
หมวดหมู่และมีหลักเกณฑ์

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เป็นสิ่งใหม่ขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นในรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็นและยังรวมถึงการเชื่อมโยงสัมพันธ์ต่างๆ อย่างมีความหมาย

ซึ่งทอแรนซ์ได้ศึกษาเพิ่มเติมและยืนยันแนวคิดของกิลฟอร์ดด้วยการออกแบบวิธีการตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลได้ โดยใช้แบบประเมินความคิดย่อยทั้งสี่องค์ประกอบดังกล่าวนี้

สำหรับเอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน ได้นำเสนอแนวทางที่จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยนำเสนอหลักการคิดแนวข้าง (Lateral Thinking) หรือความคิดคู่ขนาน (Parallel Thinking) ซึ่งก็คือ หลักการให้พยายามคิดคำตอบให้มีความหลากหลายให้มากที่สุดจากประเด็นปัญหาเดียวกันเพื่อที่จะนำมาคัดสรรกลั่นกรองให้ได้คำตอบ หรือผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่แต่ละขั้นตอนจำเป็นจะต้องใช้ความคิดที่แปลกใหม่ และมีหลายเส้นทางเพื่อเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงเป็นโอกาสดีมาก ที่นักเรียนจะได้รับการฝึกฝนการคิดแบบสร้างสรรค์อยู่เสมอ

นับตั้งแต่การมองเห็นปัญหาซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการค้นหาคำตอบของนักวิทยาศาสตร์ ผู้มีความคิดสร้างสรรค์สูง มักมองเห็นปัญหาต่างๆ อย่างหลากหลาย มองเห็นปัญหาที่ผู้อื่นอาจมองไม่เห็น มองเห็นปัญหาที่แปลกใหม่ ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลให้เกิดแนวคิดที่แปลกแตกต่างออกไปได้มากมาย

ในระหว่างการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา แต่ละขั้นแต่ละตอนความคิดสร้างสรรค์ได้ถูกนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง ทั้งในการกำหนดสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ซึ่งผู้มีความคิดสร้างสรรค์สูง สามารถคิดหารูปแบบของการดำเนินการทดลอง หรือทดสอบสมมติฐานได้หลากหลายรูปแบบ ย่อมมีโอกาสใช้วิจารณ์ญาณในการเลือกแบบการทดลองที่ดีที่สุด ถูกต้อง และเหมาะสมที่สุดได้

ในขณะที่ทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานย่อมเกิดปัญหาเล็กน้อยขึ้นได้ตลอดเวลาและทุกปัญหาย่อมต้องอาศัยในการแก้ปัญหาเช่นกัน

การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งจบกระบวนการ ทุกขั้นตอนล้วนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของผู้ปฏิบัติงานจึงจะประสบความสำเร็จด้วยดี

การส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดและกระบวนการในการส่งเสริมหรือพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้งทางตรงและทางอ้อมสรุปได้ดังนี้

1. ให้นักเรียนได้คิดสิ่งแปลกๆใหม่ๆ ได้แสดงความคิดโดยอิสระส่งเสริมให้นักเรียนกล้าตอบทุก
อย่าง
ที่คิด โดยไม่มีการวิพากษ์วิจารณ์หรือประเมินค่า เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นโต้แย้งแสดง
ความคิดเห็น

2. ส่งเสริมให้นักเรียนถามและให้ความสนใจแก่คำถามของนักเรียน

3. กระตุ้นหรือรื้อฟื้นต่อคำถามที่แปลกๆของนักเรียนโดยการตอบอย่างมีชีวิตชีวาหรือชี้แนะให้หาคำตอบ

จากแหล่งต่างๆด้วยตัวเอง

4. กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง
5. แสดงให้เห็นว่าความคิดของนักเรียนมีคุณค่าสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้
6. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้วิจารณ์ญาณของตนเองและยกย่องชมเชยเมื่อนักเรียนมีจินตนาการแปลกกว่าผู้อื่น

7. ใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นยั่วและเร้าความรู้สึกนึกคิด ให้ชวนคิด ให้ได้ความหมายที่ลึกซึ้งสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

8. ครูควรมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความรอบรู้ และเป็นแหล่งความรู้ กระตุ้นหรือรื้อฟื้นสนใจศึกษาค้นคว้าอยู่เสมอ นำเทคนิควิธีการสอนแปลกๆใหม่ๆมาทดลอง สามารถชี้แนะและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์

9. ใจกว้างที่จะยอมรับความคิดเห็นของนักเรียนที่แตกต่างจากของตน

10. พึงระลึกเสมอว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะต้องใช้เวลาและค่อยเป็นค่อยไป

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน สามารถจะสอดแทรกให้นักเรียนได้ฝึกฝนความคิดสร้างสรรค์ได้ตลอดเวลา โดยที่ครูผู้สอนต้องพิจารณาหาโอกาสสอดแทรกให้เหมาะสมจะ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1

ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง วัสดุรอบตัวเรา หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้จนเข้าใจเรื่องวัสดุดีแล้วจะมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากวัสดุชนิดต่างๆ นักเรียนได้มีโอกาสวิเคราะห์ว่าของเล่นของใช้นานาชนิดทำมาจากวัสดุต่างๆกันนั้น ครูควรหาโอกาสสอดแทรกคำถามที่จะให้นักเรียนแต่ละคนคิดถึงการใช้วัสดุให้หลากหลายมากที่สุด

ในระยะแรกๆนักเรียนควรจะคิดถึงวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเช่น โลหะ ไม้ กระดาษ แก้ว พลาสติก ฯลฯ เป็นหลัก แต่หากครูให้โอกาสเต็มที่และพยายามให้นักเรียนคิดเพิ่มเติมและนำเสนอมากขึ้นเรื่อยๆโดยครูให้กำลังใจและยั่วว่ายังมีวัสดุอื่นๆ อีกบ้างหรือไม่ ในที่สุดนักเรียนบางคนก็อาจจะคิดและนำเสนอวัสดุบางอย่างที่แปลกใหม่ แต่มีแนวโน้มว่าจะเป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้ทำของใช้ของเล่นบางอย่างได้เช่น กะลามะพร้าว เมล็ดพืช กระจุก ขน เขี้ยวเล็บ กีบของสัตว์บางชนิด แม้กระทั่งเปลือกไข่ดิน น้ำ ลม ฯลฯ นักเรียนก็อาจคิดออกว่าสามารถนำมาใช้อะไรได้

ตัวอย่างที่ 2

ในบทเรียนเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีกิจกรรมที่ช่วยนักเรียนอธิบายความหมาย ทดลอง เขียนแผนภาพของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย และสามารถต่อหลอดไฟและถ่านไฟฉายเป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมปฏิบัติการจนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายซึ่งประกอบด้วย ถ่านไฟฉาย สายไฟ สวิตช์ และหลอดไฟฟ้าพร้อมถ่านเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะได้เข้าสู่กิจกรรมเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับการต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรมและแบบขนานและการต่อไฟแบบอนุกรมและแบบขนานต่อไป

ในกิจกรรมแทนที่ครูจะแนะนำให้นักเรียนต่อถ่านไฟฉายหรือหลอดไฟแบบอนุกรมและแบบขนานตามบันทึกกิจกรรมตั้งแต่แรก หากครูจะให้นักเรียนได้ออกแบบต่อวงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนขึ้นโดยให้นักเรียนได้ออกแบบด้วยตัวของตัวเอง โดยที่ยังไม่ทราบว่าแบบใดเป็นแบบอนุกรมและแบบขนาน ก็อาจดำเนินการได้ดังนี้

1. ให้นักเรียนเพิ่มหลอดไฟในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายเป็นสามหลอด
2. ให้นักเรียนออกแบบการต่อหลอดไฟอย่างง่ายทั้งสามหลอดในวงจรไฟฟ้าให้ได้รูปแบบต่างๆ ให้ได้มากที่สุดเท่าที่นักเรียนจะสามารถออกแบบได้
3. ให้นักเรียนคาดการณ์ล่วงหน้าว่าในการต่อวงจรไฟฟ้าที่มีหลอดไฟสามหลอด แต่ละแบบที่นักเรียนออกแบบมานั้น ผลที่เกิดขึ้นกับความสว่างของหลอดไฟแต่ละหลอดเป็นอย่างไร
4. ให้นักเรียนทดลองเปิดสวิตช์ในแต่ละแบบที่นักเรียนออกแบบไว้เปรียบเทียบกับผลที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ว่าเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
5. นักเรียนและครูช่วยกันสรุปได้ว่าการต่อวงจรไฟฟ้าที่มีหลอดไฟมากกว่าหนึ่งหลอด อาจสามารถต่อเป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมกันได้
6. จากนั้นให้นักเรียนออกแบบการต่อถ่านไฟฉายสามก้อนและหลอดไฟสามหลอด ในวงจรไฟฟ้าเดียวกัน โดยให้ออกแบบให้ได้มากที่สุด

ผลการดำเนินการเช่นนี้ นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ความคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มที่ ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงจะสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้าที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันได้มากแบบ

การเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดหาคำตอบที่หลากหลาย และเป็นไปได้ให้ใช้ความคิดวิเคราะห์ ความคิดวิจารณ์ญาณในโอกาสที่เหมาะสมในระหว่างทำกิจกรรมต่างๆ ในบทเรียนนับเป็นการฝึกฝนและปลูกฝังความเป็นคนที่มีความคิดระดับสูงให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเป็นอย่างมาก นักเรียนจะได้รับโอกาสสร้างนิสัยความเป็นคนที่มีความคิดที่แตกฉาน และมองเห็นความเป็นไปได้ของคำตอบจำนวนมากที่หลากหลาย สร้างความเป็นบุคคลที่มีความคิดในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และการดำเนินชีวิตในโอกาสต่อไป

สรุป

ในการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูควรได้ดำเนินการจัดกิจกรรม กำกับดูแล แนะนำ กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้ได้พัฒนาการคิดระดับสูงหลายหลาก ลักษณะควบคู่กันไปเสมอ โดยเฉพาะความคิดด้านต่างๆ ต่อไปนี้ 1) ความคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) 2) ความคิดวิจารณ์ญาณหรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking) และ 3) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

รายการอ้างอิง

- ณัฐพร เห็นเจริญเลิศ. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมธิราช.
- บัญญัติ ชำนาญกิจ. 24 เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ. เข้าถึงได้ที่
http://www.nsruc.ac.th/APR/activelearningdoc/24_techinc.doc
- ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ <http://www2.udru.ac.th/~sci102/Data/Unit1/Unit1-5.htm>) ค้นคืนเมื่อ
1 พฤษภาคม 2555
- เพียร ชำนาญกิจ วิทยาศาสตร์บัณฑิตศึกษา หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู กรุงเทพมหานคร 2536
สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ บทความทางวิชาการ วารสารวิทยาศาสตร์
Faikhamta, C., Coll, R.K. and Roadrangka, V. 2009. The development of pre-service
chemistry teachers' pedagogical content knowledge: From a method course to
field experience. Journal of Science and Mathematics in Southeast Asia. 32(1), 18
– 35.
- [http://kmc.sukhothai2.go.th/research/1273494907_nature%20of%20sc%20math%20tech
no.doc](http://kmc.sukhothai2.go.th/research/1273494907_nature%20of%20sc%20math%20tech
no.doc)
- <http://www2.udru.ac.th/~sci102/Data/Unit1/Unit1-5.htm>
- http://www.krujongruk.com/backward/backward_design.pdf

ใบงานที่ 1.1

ชื่อหลักสูตร TEPE-207 สารระการเรียนรู้อุตสาหกรรม: วิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 - 3
ตอนที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำสั่ง ให้ผู้เข้าอบรมตอบคำถามต่อไปนี้

จงอธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาพอสังเขป

จงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาพอสังเขป

จงอธิบายขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

ใบงานที่ 2.1

ชื่อหลักสูตร TEPE-207 สารระการเรี่ยนรู้วิทยาศาสตร์: วิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 – 3
ตอนที่ 2 การนำมาตรการเรี่ยนรู้ห้องเรี่ยนวิทยาศาสตร์

คำสั่ง ให้ผู้เข้าอบรมตอบคำถามต่อไปนี้

ให้ท่านออกแบบออกแบบหน่วยการเรี่ยนรู้ มาตรฐานการเรี่ยนรู้/ตัวชี้วัดและสาระแกนกลาง
กลุ่มสารระการเรี่ยนรู้วิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนการออกแบบการเรี่ยนรู้แบบย้อนกลับ

ใบงานที่ 3.1

ชื่อหลักสูตร TEPE-207 สารระการเรียนรู้อวทยาศาสตร์: วิทยาศาสตร์ สําหรับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 – 3
ตอนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้อวทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับวิทยาศาสตร์

คำสั่ง ให้ผู้เข้าอบรมตอบคำถามต่อไปนี้

ให้ท่านยกตัวอย่างกระบวนการเรียนรู้อวทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อวทยาศาสตร์
พร้อมอธิบายมาพอสังเขป

ใบงานที่ 4.1

ชื่อหลั้สุตร TEPE-207 สารระการเรียนรู้อุทยาาศาสตร: วิทยาาศาสตร สำหรับชั้นมัธยมศีกษา ปีที่ 1 – 3
ตอนท่ี 4 คำถามกับการเรียนรู้อุทยาาศาสตร

ให้ท่านตั้งคำถามตามประเภทของคำถามต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาาศาสตร
ดังนี้

1) คำถามที่เน้นหรือจุดประกายความสนใจ

2) คำถามที่เกี่ยวกับการวัดและการนับ

3) คำถามเปรียบเทียบ

4) คำถามที่นำไปสู่การกระทำหรือการปฏิบัติ

5) คำถามที่ตั้งปัญหา

6) คำถาม “อย่างไร” และ “ทำไม ของครู

7) ถาม “อย่างไร” และ “ทำไม ของนักเรียน
