

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาวิจัย การจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย (Predict Observe Explain: POE) ร่วมกับกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk) ที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องสารในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.1 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
 - 1.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.3 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.4 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.5 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร (Pedagogical Content Knowledge: PCK)

3.1 การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและสอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตร

3.2 องค์ประกอบของกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร

4. กลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย (Predict Observe Explain: POE)
 - 4.1 ความหมายของกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย
 - 4.2 การจัดกิจกรรมของกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย



5. กลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk)
 - 5.1 ความหมายของกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้
 - 5.2 การจัดกิจกรรมกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้
 - 5.3 จุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 6.1 งานวิจัยภายในประเทศ
 - 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ



การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการมุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุก ขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้ กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 1-2)

2. สารและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์คิดอย่างสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์ จำแนกสาระการเรียนรู้ 8 สาระการเรียนรู้ ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิตความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลง สถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยามีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายได้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 14-15)

3. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรพุทธศักราช 2551 เรื่องสารในชีวิตประจำวัน มีรายละเอียด ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลองและอธิบายสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส	สารอาจปรากฏในสถานะของแข็ง ของเหลวหรือแก๊ส สารทั้งสามสถานะมีสมบัติบางประการเหมือนกันและบางประการแตกต่างกัน
2. จำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้สถานะหรือเกณฑ์อื่นที่กำหนดเอง	การจำแนกสารอาจจำแนกโดยใช้สถานะ การนำไฟฟ้า การนำความร้อน หรือสมบัติอื่นเป็นเกณฑ์ได้
3. ทดลองและอธิบายวิธีการแยกสารบางชนิดที่ผสมกันโดยการร่อน การตกตะกอน การกรอง การระเหิด การระเหยแห้ง	ในการแยกสารบางชนิดที่ผสมกันออกจากกัน ต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะสม ซึ่งอาจทำได้โดยการร่อน การตกตะกอน การกรอง การระเหิด การระเหยแห้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของสารที่เป็นส่วนผสมในสารผสมนั้น ๆ
4. สำรวจและจำแนกประเภทของสารต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยใช้สมบัติและ	จำแนกประเภทของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันตามการใช้ประโยชน์ แบ่งได้เป็น



ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
การใช้ประโยชน์ของสารเป็นเกณฑ์	สารปรุงรสอาหาร สารแต่งสีอาหาร สารทำความสะอาด สารกำจัดแมลงและศัตรูพืช ซึ่งสารแต่ละประเภทมีความเป็นกรด-เบสแตกต่างกัน
5. อภิปรายการเลือกใช้สารแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย	การใช้สารต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
6. ทดลองและอธิบายสมบัติของสาร เมื่อสารเกิดการละลายและเปลี่ยนสถานะ	เมื่อสารเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารละลายหรือเปลี่ยนสถานะ สารแต่ละชนิดยังคงแสดงสมบัติของสารเดิม
7. วิเคราะห์และอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดสารใหม่และมีสมบัติเปลี่ยนแปลงไป	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้มีสารใหม่เกิดขึ้นและสมบัติของสารจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
8. อภิปรายการเปลี่ยนแปลงของสารที่ก่อให้เกิดผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	การเปลี่ยนแปลงของสาร ทั้งการละลายการเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารใหม่ ต่างก็มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- บุญมี พันธุ์ไทย (2535, หน้า 203) สรุปความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การทำการทดลอง และการคิดคำนวณ
- พวงทอง มีมั่งคั่ง (2537) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการหรือเครื่องมือที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ เพราะฉะนั้นการสอนวิธีนี้คือการสอนให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ หรือหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง คือการสอนแบบค้นพบ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หรือการสอนแบบแก้ปัญหาด้วยตนเอง

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 49) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติฝึกฝน ความนึกคิดอย่างเป็นระบบของคนและความสามารถในการเลือกใช้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกเพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้ง เป็นกระบวนการทางปัญญาที่ต้องอาศัยความคิดในระดับต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นคว้าสิ่งที่ยังไม่รู้ให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริง หลักการ และกฎ ก่อให้เกิดความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2544) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ

ยุพา วีระไวทยะและปรียา นพคุณ (2544) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบในการเสาะแสวงหาความรู้ หรือแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ หรือค้นหาคำตอบของปัญหา จนเกิดความคล่องแคล่ว ชำนาญ ซึ่งเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างเป็นระบบ

2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 15 ทักษะ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต (observing) ทักษะการวัด (measuring) ทักษะการจำแนกประเภท (classifying) ทักษะการสื่อความหมาย (communicating) ทักษะการพยากรณ์ (predicting) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (inferring) ทักษะการใช้ตัวเลข (using number) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา (using space/time relationships) ทักษะการตั้งคำถาม (questioning) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (defining variable operationally) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (hypothesizing) ทักษะการกำหนด

นิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) การสร้างแบบจำลอง (formulating models) ทักษะการออกแบบการทดลอง (designing experiment) และทักษะการตีความหมายข้อมูล (interpreting data) (Bybee, R.W., et al., 1989, unpaged as cited in Akinyemi Olufunmiyi Akinbobola and Folashade Afolabi, 2010, p.33 c)

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ โดยมีคณะกรรมการสาขาวิทยาศาสตร์ เป็นผู้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมวิทยาศาสตร์มีชื่อว่า วิทยาศาสตร์กับการใช้กระบวนการสำหรับสอนวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน (basic science process skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (integrate science process skills) 5 ทักษะดังนี้

2.1 ทักษะการสังเกต หมายถึงความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความเห็นของผู้สังเกตไปด้วย เพราะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่เกิดขึ้นได้เป็นการอธิบายหรือตีความหมายของสิ่งที่สังเกตได้ โดยอาศัยความรู้เดิม ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

2.2 ทักษะการวัด หมายถึงความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งของต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัดและความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความเป็นจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ เป็นทักษะสำคัญอย่างหนึ่งในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสังเกตทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบลักษณะ รูปร่าง และสมบัติทั่ว ๆ ไปของวัตถุ แต่ไม่สามารถบอกรายละเอียดที่แน่นอนลงไปได้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะต้องมีหน่วยวัดมาตรฐานกำกับเสมอ

2.3 ทักษะการคำนวณ หมายถึงความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

2.4 ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึงความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ

2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ

2.5.2 สิ่งที่อยู่ตรงหน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร

2.5.3 ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

2.5.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา การกระทำที่แสดงว่าบุคคลใดมีทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ได้แก่ความสามารถในการกระทำดังต่อไปนี้

- 1) ความสามารถในการวาดภาพ 3 มิติของวัตถุจริงทั่วไปได้
- 2) ความสามารถในการบอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติ และระนาบสมมาตรของรูป 3 มิติได้
- 3) ความสามารถในการบอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูป 3 มิติได้
- 4) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงา กับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้
- 5) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง
- 6) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

2.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึงความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น



2.6.1 ใช้ข้อความบรรยายข้อมูล หมายถึงข้อความที่รัดกุม ชัดเจนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ต้องการสื่อความหมาย เช่น เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร็วในทิศทางเดียวกับแรงกระทำ

2.6.2 ใช้สัญลักษณ์ ซึ่งหมายถึง ตัวอักษรหรือเครื่องหมายที่ตกลงกันไว้เพื่อแทนข้อมูลความบางอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้รัดกุม สะดวกและเข้าใจตรงกัน

2.6.3 ใช้สมการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงผลสรุปความสัมพันธ์ของตัวเลขซึ่งสามารถสื่อความหมายได้รัดกุม เทียบตรง เข้าใจได้ง่าย

2.6.4 ใช้แผนภาพ แสดงลักษณะหรือโครงสร้างที่สำคัญของสิ่งที่ต้องการสื่อความหมาย โดยจะเว้นส่วนที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยไว้

2.6.5 ใช้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ที่สังเกตได้จากข้อมูลที่ต้องการเน้นให้เห็น เช่น แบบวัฏจักรที่ใช้แสดงลำดับขั้นตอนของการเจริญเติบโตของพืชหรือสัตว์

2.6.6 ใช้แผนที่แสดงอาณาเขต หรือบริเวณพื้นที่ไว้ เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลในบริเวณพื้นที่นั้น

2.6.7 ใช้รูปภาพที่ได้จากการวาดหรือการถ่ายภาพของจริง แสดงให้เห็นข้อมูลในลักษณะที่เหมือนของจริง

2.6.8 ใช้ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดหรือการทดลอง ข้อมูลดังกล่าวให้เขียนลงตาราง เพื่อสะดวกในการดู และง่ายต่อการตีความหมายต่อไป

2.6.9 ใช้แผนสถิติ เป็นกราฟ เสนอข้อมูลที่เป็นตัวเลข เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา แผนสถิติมีหลายแบบได้แก่ แบบแท่ง แบบเส้น เป็นต้น

2.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้ หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้ หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

2.8 ทักษะการพยากรณ์ หมายถึงความสามารถในการทำนายหรือคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล และภายนอกขอบเขตข้อมูล

2.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึงความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไปสมมติฐาน เป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกตความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน การคาดคะเนคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังเป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน ข้อความของสมมติฐานต้องสามารถทำการตรวจสอบ โดยการทดลองและแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่ได้

2.10 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตได้และวัดได้ นิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจนไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด ทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

2.11 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึงความสามารถที่จะชี้บ่งได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่ง ๆ หรือในปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ ดังนี้

2.11.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (independent variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

2.11.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

2.11.3 ตัวแปรควบคุม (controlled variable) เป็นตัวแปรอื่น ๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

2.12 ทักษะการทดลอง หมายถึงความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลองซึ่งการทดลอง คือกระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

2.12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึงการวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง

2.12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

2.12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

2.13 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึงความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, หน้า 14-29)

3. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.1 การพัฒนาการสังเกต

การสังเกตเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างร่วมกัน ดังนั้นการพัฒนาทักษะการสังเกตจึงเป็นการพัฒนาความสามารถในการใช้ประสาทเหล่านั้น สาเหตุที่มีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาการสังเกต เพราะต้องการให้ผู้เรียนหรือผู้สังเกตได้พัฒนาการใช้ประสาทสัมผัสในการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ จากการสืบเสาะแสวงหาความรู้ของตน ซึ่งจะต้องพัฒนาการสังเกตรายละเอียดและพัฒนาความสามารถในการแยกความแตกต่างของสิ่งที่สังเกต สิ่งที่จะบ่งชี้ได้ว่าผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านทักษะการสังเกตก็คือการที่ผู้เรียนสังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่กำลังศึกษาอยู่แล้วได้ข้อมูลหรือรายละเอียดต่าง ๆ ขึ้นมากกว่าเดิม รูปแบบหรือวิธีที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจในรายละเอียดต่าง ๆ ของสิ่งที่สังเกตมากขึ้นคือ การให้คำถามหรือให้ปัญหาเพื่อเป็นแนวทางในการที่ผู้เรียนจะหาคำตอบซึ่งปัญหาหรือคำถามดังกล่าวสามารถที่กำหนดกรอบขึ้นมาอย่างไรก็ได้ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่เราต้องการจะให้เกิดกับขึ้นกับผู้เรียน เช่น การสังเกตความแตกต่าง ความเหมือน ความเท่ากันหรือความไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของสัตว์เลือดอุ่นและสัตว์เลือดเย็น เป็นต้น การที่เราตั้งคำถามหรือปัญหานั้นเป็นการกำหนดกรอบให้ผู้เรียนได้รู้จักสังเกต

เพราะเราต้องการให้ผู้เรียนทำการสังเกตอย่างมีจุดหมาย อย่างไรก็ตามผู้สอนควรจะเปิดโอกาสหรือช่องทางให้ผู้เรียนได้สังเกตให้มีความแตกต่างกันไปจากที่กำหนดไว้ตามกรอบด้วย เพราะบางครั้งเราพบว่าสิ่งที่ผู้เรียนสังเกตได้อาจจะมีขอบเขตหรือความละเอียดมากกว่าที่ผู้สอนกำหนดไว้เป็นกรอบก็ได้ และผลจากการสังเกตดังกล่าวอาจจะเป็นข้อมูลใหม่ ประเด็นการศึกษาใหม่ที่ผู้สอนไม่ได้คาดคิดมาก่อน และหากผู้เรียนสังเกตได้รายละเอียดของข้อมูลมากกว่าที่ผู้สอนกำหนดกรอบไว้ เราถือว่าผู้เรียนประสบความสำเร็จในการพัฒนาทักษะการสังเกต นอกจากเรื่อง การกำหนดปัญหาหรือกรอบให้เป็นแนวทางแก่นักเรียนแล้ว เราพบว่าการจัดลำดับเหตุการณ์ ขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกตเหตุการณ์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนก็จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจหรือเก็บรายละเอียดในข้อมูลเหล่านั้นได้มากขึ้น กล่าวโดยสรุปแล้ววิธีการที่ผู้สอนจะช่วยพัฒนาทักษะการสังเกตของผู้เรียนได้แก่การฝึกฝนสิ่งดังต่อไปนี้

3.1.1 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ โดยอาจจะใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างรวมกันก็ได้ เพราะการได้ฝึกใช้บ่อย ๆ จะทำให้ผู้ถูกฝึกเกิดความชำนาญในการบอกข้อมูลที่สัมผัสได้แม่นยำขึ้น

3.1.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อช่วยการสังเกต นอกจากนี้ต้องให้เวลาแก่ผู้เรียนอย่างเพียงพอในการได้ฝึกฝนเพื่อให้เกิดความชำนาญ

3.1.3 ฝึกให้ผู้เรียนจัดหมวดหมู่ของสิ่งของที่จะทำการศึกษา เพราะการจัดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ความเหมือนหรือความแตกต่างของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งถือเป็นการเรียนรู้การสังเกตไปในตัว

3.1.4 ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้เล่าหรืออธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เพราะการเล่าหรืออธิบายจะทำให้ผู้เล่าเกิดคำถามกับตนเองว่า ข้อมูลที่มีอยู่มีความสมบูรณ์หรือไม่ ยังขาดอะไรอยู่บ้าง และหากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมต้องทำอย่างไร

3.1.5 ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้เล่าหรือบรรยายว่า นอกเหนือจากที่ตนเองมีข้อมูลอยู่แล้วถ้าสังเกตต่อไปควรมีข้อมูลลักษณะอย่างไร เพราะการคาดคะเนข้อมูลล่วงหน้าดังกล่าวแสดงถึงความละเอียดหรือความเข้าใจในข้อมูลของผู้สังเกตว่า มีความละเอียดรอบคอบในการสังเกตเพื่อให้ได้ข้อมูลในครั้งนั้นมาน้อยเพียงใด

3.2 การพัฒนาทักษะการวัด

ทักษะการวัดเป็นความสามารถในการเลือกใช้วิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณให้มีความเหมาะสมกับเรื่องราวหรือเหตุการณ์ที่กำลังเผชิญอยู่ ดังนั้นการพัฒนาการวัดจึงเป็นการพัฒนาเพื่อฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในทักษะการใช้วิธีการวัดหรือวิธีการใช้



เครื่องมือ การวัดเป็นทักษะที่แสดงถึงความสามารถเชิงปริมาณในการลำดับสิ่งต่าง ๆ ตามคุณลักษณะ ทำให้ทราบความความสัมพันธ์ชัดเจนขึ้น การวัดจะต้องอยู่ในหน่วยเดียวกันและหน่วยดังกล่าวต้องมีความเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด การเลือกหน่วยการวัดต้องเลือกให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่และประสบการณ์การใช้อุปกรณ์ของผู้วัด วิธีการที่จะช่วยพัฒนาทักษะการวัดสามารถทำได้ดังนี้

3.2.1 ให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้เครื่องมือทุกประเภทให้เกิดความชำนาญทั้งเทคนิคการใช้เครื่องมือและวิธีการวัด

3.2.2 ให้ผู้เรียนฝึกการจำแนกประเภทของเครื่องมือว่าเครื่องมือชนิดใดเหมาะกับการวัดข้อมูลจากแหล่งใด

3.2.3 ให้ผู้เรียนฝึกการใช้หน่วยการวัดที่เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการจะวัดและเครื่องมือวัด

3.2.4 ให้ผู้เรียนฝึกการเปลี่ยนหน่วยให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เมื่อเกิดข้อจำกัดหรือความจำเป็น เช่น ต้องการวัดความยาวของรอบโคนต้นไม้แต่มีเพียงไม้วัดที่มีหน่วยเป็นนิ้ว หากต้องการวัดรอบโคนต้นไม้เป็นเซนติเมตรอาจจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนความยาวของหน่วยจากนิ้วเป็นเซนติเมตร แล้วใช้เชือกวัดความยาวแทน จากนั้นจึงวัดความยาวเชือกออกมาเป็นหน่วยเซนติเมตร

3.3 การพัฒนาทักษะการคำนวณ

การพัฒนาทักษะการคำนวณเป็นการพัฒนาการจัดกระทำข้อมูลโดยการบวก ลบ คูณ หรือหาร ตามจุดประสงค์ของการอธิบายข้อมูลนั้น ๆ ทักษะการคำนวณจึงเป็นทักษะที่แสดงถึงความสามารถที่เป็นนามธรรมของผู้เขียน การคำนวณจะต้องคำนึงถึงหน่วยซึ่งต้องเป็นหน่วยเดียวกันหรือแปลงให้เป็นหน่วยเดียวกันได้ วิธีการที่ผู้สอนจะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะในการคำนวณ สามารถทำได้ดังนี้

3.3.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้ฝึกการคำนวณ คือการบวก ลบ คูณ และหาร ปริมาณต่าง ๆ

3.3.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใช้เครื่องมืออื่น ๆ ที่จะช่วยให้การคำนวณในแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งความแม่นยำและเวลา

3.3.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้กะประมาณปริมาณต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญในการคำนวณปริมาณเหล่านั้นอย่างหายาบบ ๆ เป็นเบื้องต้น เช่น เห็นแดงโมลูกหนึ่งกะประมาณได้ว่ามีมวลประมาณ 2 กิโลกรัม หรือจากการสังเกตพบว่า น้ำ 10 หยด มีปริมาตรประมาณ

10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นสามารถคำนวณได้อย่างหยาบว่า น้ำ 1 ลิตร จะมีประมาณ 10,000 หยด เป็นต้น

3.4 การพัฒนาทักษะการจำแนกประเภท

การจำแนกประเภทเป็นความสามารถในการแบ่งประเภทวัตถุ สิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นกลุ่มหรือเป็นหมวดหมู่โดยใช้เกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การพัฒนาทักษะการจำแนกประเภทจึงเป็นการพัฒนาความสามารถในการจำแนกหรือแบ่งพวก จัดกลุ่มวัตถุ สิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยมีเกณฑ์ที่จะบอกการจำแนกเหล่านั้น ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นเกณฑ์เกี่ยวกับความเหมือนกันหรือความสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างใดอย่างหนึ่ง การพัฒนาทักษะการจำแนกประเภทสามารถกระทำดังนี้

3.4.1 ฝึกให้นักเรียนมีการจัดกลุ่มสิ่งของ วัตถุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งที่ครูกำหนดขึ้นมา แล้วทำให้ครูผู้สอนทำการตรวจสอบความถูกต้องว่านักเรียนมีความสามารถในการจำแนกประเภทตามเกณฑ์ที่ครูกำหนดไว้หรือไม่และหากมีข้อผิดพลาดขึ้นนักเรียนต้องทำการค้นหาสาเหตุว่าเกิดขึ้นเพราะอะไรและจะทำการแก้ไขความผิดพลาดนั้นอย่างไร

3.4.2 ฝึกให้นักเรียนมีการจัดกลุ่มจำแนกประเภทของวัตถุ สิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ที่นักเรียนเป็นคนกำหนดขึ้นมา แล้วให้นักเรียนอธิบายว่า เหตุใดจึงใช้เกณฑ์ดังกล่าวในการจำแนกประเภท และเมื่อมีการจำแนกประเภทเสร็จให้นักเรียนอธิบายว่า เหตุใดสิ่งของ วัตถุ หรือเหตุการณ์จึงอยู่ในกลุ่มดังกล่าว

3.4.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตรวจสอบสิ่งของ วัตถุหรือเหตุการณ์และอธิบายผลจากการใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน

3.5 การพัฒนาทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา

การพัฒนาทักษะหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา ได้แก่ การพัฒนาการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ เช่น รูปทรงต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุเช่น ตำแหน่งของสิ่งของในสนามฟุตบอล ตำแหน่งของบ้านนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับจุดสำคัญอื่น ๆ ของพื้นที่ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือตลาด เป็นต้น การหาตำแหน่งของเงา ต้นมะพร้าวในแต่ละเวลาของวัน การวัดความสูงของต้นถั่วออกเมื่อเวลาผ่านไปในแต่ละวัน เราสามารถพัฒนาทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลาได้ดังนี้

3.5.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้สังเกตและบอกความแตกต่างของรูป 1 มิติ 2 มิติ และ 3 มิติ ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

3.5.2 ฝึกให้นักเรียนทำการสังเกตภาพของตัวเองจากกระจกว่ามี
ความเปลี่ยนแปลงอย่างไร

3.5.3 ฝึกให้นักเรียนสังเกตเงาของวัตถุต่าง ๆ เช่น เงาตึก เงาต้นไม้ ว่ามี
ลักษณะอย่างไรและมีความสัมพันธ์กับเวลาอย่างไร

3.6 การพัฒนาทักษะการลงความเห็นข้อมูล

การพัฒนาทักษะการลงความเห็นข้อมูล เป็นการพัฒนาความสามารถใน
การเพิ่มเติมความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลองอย่างมีเหตุผล โดย
ใช้ความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือมีการอ้างอิงไว้ วิธีการพัฒนาทักษะการลงความเห็นข้อมูล
สามารถกระทำได้นี้

3.6.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายและลง
ความเห็นได้จากข้อมูลหรือประสบการณ์ ที่นักเรียนมีอยู่

3.6.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบเหตุการณ์หรือข้อมูลแล้วลงความเห็น
ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ควรจะมีความเห็นแบบใดและเพราะอะไร

3.6.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการจัดกลุ่มอภิปรายเพื่อระดมพลังสมอง ในประเด็น
ดังกล่าวจากบุคคลอื่น ๆ เพื่อหาข้อสรุปจากประเด็นนั้น จากการนำความคิดเห็นทั้งหลายมา
วิเคราะห์ร่วมกัน

3.6.4 ฝึกให้ผู้เรียนได้อภิปรายหรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่
ได้จากการสังเกตหรือจากประสบการณ์ของผู้เรียน

3.7 การพัฒนาทักษะการสื่อความหมาย

การพัฒนาทักษะการสื่อความหมาย เป็นการพัฒนาความสามารถในการนำ
ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์วัด การทดลองหรือจากแหล่งต่าง ๆ มาจัดกระทำเพื่อนำเสนอใน
รูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวเลข ตาราง แผนผัง กราฟ หรือโมเดลต่าง ๆ เพื่อสื่อให้ผู้บริโภคข้อมูล
ดังกล่าวเกิดความเข้าใจง่าย รวดเร็ว และตรงกันในระยะเวลานานขึ้น วิธีการพัฒนาทักษะการสื่อ
ความหมายสามารถทำได้ดังนี้

3.7.1 ฝึกให้ผู้เรียนเลือกรูปแบบการเสนอข้อมูลอย่างเหมาะสม

3.7.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จาก
ประสบการณ์

3.7.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่ได้เลือก
ไว้และให้เหตุผลว่า เหตุใดจึงใช้รูปแบบดังกล่าวในการนำเสนอข้อมูล

3.7.4 ฝึกให้ผู้เรียนได้ปรับเปลี่ยนการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ จากข้อมูลชุดเดียวกัน เพื่อเป็นการฝึกทักษะการนำเสนอข้อมูลหลาย ๆ วิธี

3.7.5 ฝึกให้ผู้เรียนได้มี การใช้สื่อหลากหลายเพื่อให้เกิดความชำนาญต่อการใช้สื่อต่าง ๆ

3.7.6 ฝึกให้ผู้เรียนใช้วิธีการต่าง ๆ มาผสมผสานกันกับสื่อที่มีอยู่เพื่อถ่ายทอดข้อมูลแก่ผู้คนที่ไปให้สามารถรับทราบได้ง่ายและเข้าใจในข้อมูลนั้น

3.8 การพัฒนาทักษะการทำนาย

การพัฒนาทักษะในการทำนายเป็นการพัฒนาความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะได้พบเหตุการณ์นั้นหรือก่อนการทดลองจะเกิดขึ้น โดยใช้ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ข้อเท็จจริง หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาช่วยในการทำนายหรือให้คำตอบนั้น ดังนั้นจะเห็นว่าการทำนายไม่ใช่การเดา เพราะการเดาเป็นการตอบบนพื้นฐานที่ไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนหรือเชื่อถือได้ วิธีการพัฒนาทักษะการทำนายสามารถทำได้ดังนี้

3.8.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่

3.8.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

3.8.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

3.8.4 ฝึกให้ผู้เรียนได้ทำนายและศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลที่สามารถจัดเตรียมไว้ให้

3.9 การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานเป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดหาคำอธิบายหรือสรุปความรู้ล่วงหน้า ก่อนทำการทดลองโดยใช้ทักษะการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำอธิบายที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ถือเป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎี สมมติฐานจะเป็นคำกล่าวหรือข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ถูกศึกษาได้กำหนดเอาไว้ การพัฒนาความสามารถในการตั้งสมมติฐานจะเป็นการเตรียมความพร้อมที่จะอธิบายข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ โดยการคาดคะเนคำตอบของปัญหา หลักฐานที่จะสนับสนุนการตั้งสมมติฐานนั้นมีมากมาย แต่ถ้าหลักฐานที่ได้มาไม่สนับสนุนสมมติฐานดังกล่าวก็จะทำให้สมมติฐานนั้นถูกปฏิเสธหรือไม่ได้รับ

การยอมรับการพัฒนาความสามารถในการตั้งสมมติฐานที่สามารถพิสูจน์ได้ คือการคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ หลักฐานที่ได้จากการคาดคะเนคำตอบ คือการทดสอบสมมติฐาน ถ้าการตั้งสมมติฐานไม่ถูกปฏิเสธ แสดงว่าสมมติฐานนั้นได้รับการยอมรับ ถือว่าเป็นความสามารถอย่างหนึ่งของผู้ตั้งสมมติฐานและถือว่าเป็นผู้มีทักษะในการตั้งสมมติฐาน ซึ่งทักษะดังกล่าวจะต้องหมั่นฝึกฝนและกระทำอย่างต่อเนื่อง ยิ่งมีการฝึกฝนมากก็จะเกิดความชำนาญและเกิดประสบการณ์มาก วิธีการพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานสามารถกระทำไดดังนี้

3.9.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละคน

3.9.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงเหตุและผลเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ แล้วมาตั้งสมมติฐานว่าสำหรับเรื่องดังกล่าวตามข้อมูลและความคิดเห็นของบุคคลในกลุ่มมีความเห็นว่า สมมติฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษาควรจะเป็นอย่างไร

3.9.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบข้อมูล มีการยอมรับหรือปฏิเสธข้อมูลที่ตรงกับสมมติฐานและไม่ตรงกับสมมติฐาน

3.9.4 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐาน

3.9.5 ฝึกให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานกับข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ อย่างหลากหลายและมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำว่าสมมติฐานที่ตั้งนั้นมีจุดเด่น จุดด้อยอย่างไร หากจะแก้ไขหรือปรับปรุงสมมติฐานจะต้องทำอย่างไร

3.10 การพัฒนาทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

การพัฒนาทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นการพัฒนาความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง การตั้งสมมติฐานเพื่อให้ผู้รับทราบข้อมูลมีความเข้าใจตรงกัน ดังนั้นการพัฒนาทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการจึงเป็นการพัฒนาความสามารถในการระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตทำการทดลองหรือทำการทดสอบ โดยกำหนดเป็นแนวทางหรือเงื่อนไขที่จะต้องปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในความหมายในทางปฏิบัติให้เป็นอย่างเดียวกัน วิธีการพัฒนาทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการสามารถกระทำไดดังนี้

3.10.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนั้น

3.10.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองที่ชัดเจนและรัดกุมจนสามารถสื่อความหมายในทางปฏิบัติให้ตรงกันได้

3.11 การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรเป็นการพัฒนาความสามารถในการบอกชนิดของตัวแปรที่ทำการศึกษว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม โดยสามารถบอกได้ว่า ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรที่เป็นสาเหตุ ตัวแปรตามคือ ผลที่ต่อเนื่องที่เกิดจากตัวแปรอิสระ ส่วนตัวแปรควบคุมคือ ตัวแปรที่มีอยู่จริงในการศึกษาในครั้งนั้น แต่เป็นตัวแปรที่เราไม่ต้องการศึกษาและไม่ต้องการให้เข้ามาเกี่ยวข้องในการศึกษาในครั้งนั้นด้วย เราจึงหาวิธีการที่จะควบคุมตัวแปรควบคุมดังกล่าวเพื่อที่จะไม่ให้เกิดการศึกษาเกิดความคลาดเคลื่อนหรือมีผลกระทบจากตัวแปรควบคุมได้ วิธีการพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรสามารถกระทำดังนี้

3.11.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาการวิเคราะห์ว่าในการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุและอะไรที่เป็นผลจากสาเหตุดังกล่าวและความเกี่ยวข้องของเหตุและผลมีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันอย่างไร

3.11.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดลองอย่างเหมาะสมเพื่อฝึกฝนการกำหนดตัวแปรว่าการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นตัวแปร

3.11.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการกำหนดชนิดของตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

3.12 การพัฒนาทักษะการทดลอง

ทักษะการทดลอง หมายถึงความสามารถ 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

3.12.1 ด้านออกแบบการทดลอง เป็นการวางแผนการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติการทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง อุปกรณ์ที่จะใช้ รวมถึงวิธีการทดลอง

3.12.2 ด้านการปฏิบัติการทดลอง เป็นการลงมือปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการทดลองที่วางไว้

3.12.3 ด้านบันทึกผลการทดลอง เป็นการบันทึกผลการทดลองหรือบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด เพื่อรวบรวมเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป ซึ่งการพัฒนาทักษะด้านการทดลองสามารถทำได้โดยวิธีการต่อไปนี้

1) ฝึกให้ผู้เรียนระบุนวัตกรรม อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง เพื่อเป็นการเตรียมการทดลองล่วงหน้า ให้มีความเหมาะสม ถูกต้องและและประหยัดค่าใช้จ่าย

- 2) ฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองล่วงหน้า เพื่อให้การทดลองในครั้งนั้นมีความรัดกุม ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ
- 3) ฝึกให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริงอย่างเหมาะสม มีลำดับขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ
- 4) ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เทียบตรง และมีความซื่อสัตย์ข้อมูลที่บันทึกมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบได้

3.13 การพัฒนาทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป เป็นการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลมีความสัมพันธ์กับทักษะอื่นด้วย เช่น ทักษะการสังเกต การทดลอง การบันทึกข้อมูล เป็นต้น เพราะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปจะเป็นการประมวลเอาความรู้ที่ได้จากทุกทักษะมาจัดกระทำและแปลความหมายออกมาในการพัฒนาทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป เราสามารถกระทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

3.13.1 ฝึกให้ผู้เรียนแปลความหมายและสรุปเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่

3.13.2 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักรับหรือปฏิเสธโดยอาศัยการแปลความหมายจากข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนต่าง ๆ ก่อนหน้านั้น

3.13.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้แปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่โดยการวัดและการคำนวณ

3.13.4 ฝึกให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ระหว่างตัวแปร รวมไปถึงระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์เหล่านั้น (พันธ์ ทองชุมนุช, 2547, หน้า 36-43)

4. คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 182) กล่าวว่า การเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนนั้น ในบางครั้งครูจะให้นักเรียนปฏิบัติโดยนักเรียนไม่รู้จักหมาย อาจทำให้ความสามารถที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนคลาดเคลื่อนไปจากจุดหมายที่ต้องการ การใช้คำถามจะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การตั้งคำถามอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญยิ่งในกระบวนการเรียนการสอน คำถามที่ดีจะต้องทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในระดับที่สูงขึ้นกว่าการระลึกได้ ครูจึงต้องมีทักษะในการตั้งคำถามที่เหมาะสมกับบทเรียนและวัยของผู้เรียน ครูจึงต้องจำเป็นต้องฝึกฝนการใช้คำถามโดยเฉพาะอย่างยิ่งคำถามที่สามารถนำนักเรียนไปสู่การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.1 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการสังเกต มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับรูปร่าง ลักษณะ คุณสมบัติ และการเปลี่ยนแปลง คำตอบของนักเรียนจะต้องไม่ใช่ความคิดเห็นของตนเองลงไป พบข้อเท็จจริงอย่างไร ก็บันทึกข้อมูลตามนั้น สิ่งที่ควรคำนึงก็คือไม่ควรถามให้นักเรียนสังเกต เพราะนักเรียนจะนั่งดูกันเฉย ๆ แต่ต้องพยายามถามให้นักเรียนใช้ประสาทสัมผัสให้มากที่สุดรวมทั้งตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนกระทำด้วยวิธีการใด ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลมากที่สุด ดังนี้

4.1.1 ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต ถามให้ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น ดินน้ำมันก้อนนี้มีลักษณะอย่างไร นอกจากเป็นก้อนสีเหลืองผิวเรียบแล้วยังมีลักษณะอย่างไรอีก สีเหลืองนั้นเป็นสีเหลืองอะไรแน่ เมื่อใช้มือบีบก้อนดินน้ำมันแล้วรู้สึกอย่างไร ดินน้ำมันสามก้อนที่ครูถืออยู่นี้ ก้อนใดก้อนกลม สีเขียวและขรุขระ

4.1.2 ถามให้นักเรียนบรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ เช่น นักเรียนกะว่าดินน้ำมันก้อนนี้ยาวเท่าไร นักเรียนรู้สึกว่าของในมือข้างใดหนักกว่า

4.1.3 ถามให้บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกต เช่น ลองบีบดินน้ำมันสิ ดินน้ำมันมีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างไรบ้าง ลองหยดน้ำสีลงในน้ำ มี การเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

4.1.4 ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 101) เช่น สังเกตสิ่งที่ครูถือมีลักษณะอย่างไร หลังจากที่คุณครูดูเทียนไขแล้ว เทียนไขมีลักษณะอย่างไร ดินในถุงที่ 1 กับถุงที่ 2 มีลักษณะเหมือนกัน หรือแตกต่างกันอย่างไร ของชิ้นนี้มีลักษณะอย่างไร

4.2 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการวัด

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 182) กล่าวว่า การใช้คำถามให้นักเรียนเกิดทักษะการวัดนั้น มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนสามารถเลือกเครื่องมือวัด อธิบายวิธีวัด ใช้เครื่องมือวัด และบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัด ในการใช้เครื่องมือวัดนั้นจะต้องสามารถอ่านค่าออกมาเป็นจำนวนตัวเลข และมีหน่วยกำกับที่ถูกต้องด้วย ครูจึงต้องใช้คำถามนักเรียนให้เกิดความสามารถเหล่านี้ขึ้น ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการวัด ดังนี้

4.2.1 ถามให้เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด เช่น ถ้าต้องการวัดความยาวของห้องนี้นักเรียนจะเลือกใช้อุปกรณ์อะไร ถ้าอยากรู้นักเรียนกับเพื่อนใครหนักกว่ากัน จะต้องใช้อุปกรณ์อะไร

4.2.2 ถามให้อธิบายวิธีวัด เช่น นักเรียนจะใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ได้อย่างไร เรามีตาซึ่งอยู่ตรงนี้แล้ว ถ้าอยากรู้ว่าเราหนักเท่าไรจะอย่างไร

4.2.3 ถามให้บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัด เช่น เหตุใดนักเรียนจึงเลือกใช้ปรอทวัดไข้ ทำไมจึงเลือกสายวัด วัดความยาวของสมุด

4.2.4 ถามให้ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนักและอื่น ๆ ได้ถูกต้อง เช่น ลงมือหาคำตอบชี้ หอ้งนี้ยาวเท่าไร ขณะนี้อากาศร้อนกี่องศา ฯลฯ

4.2.5 ถามให้ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้ เช่น ความยาวของห้องที่วัดได้แปดนั้นมีหน่วยเป็นอะไร อุณหภูมิที่วัดได้มีหน่วยเป็นอะไร

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการวัด(พงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 102) เช่น นักเรียนสูงและหนักเท่าไร ขณะนี้เวลาเท่าไร น้ำในแก้วที่ 1 กับ แก้วที่ 2 มีปริมาตรต่างกันเท่าไร อุณหภูมิของห้องเรียนเป็นเท่าไร จะหาพื้นที่ของเงาต้นไม้ได้อย่างไร ต้นไม้ต้นนี้สูงเท่าไร เราจะวัดความกว้างของถนนได้อย่างไร รถคันนี้วิ่งเร็วเท่าไร จะหาพื้นที่ของฝ่ามือเราได้อย่างไร เป็นต้น

4.3 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการจำแนกประเภท

บัญญัติ ขำนาญกิจ (2541, หน้า 185) กล่าวว่า การใช้คำถามให้นักเรียนเกิดทักษะในการจำแนกประเภทนั้น มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนสามารถแบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนด หรือใช้เกณฑ์ของตนเอง และสามารถบอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นแบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของไว้แล้ว ต้องพยายามถามให้นักเรียนเห็นความเหมือน ความแตกต่าง และความสัมพันธ์ เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดประเภท ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท ดังนี้

4.3.1 ถามให้เรียงลำดับ หรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ เช่น หนังสือสี่เล่มนี้ เล่มใดหนาสุด นักเรียนจะเรียงลำดับของตรงหน้าจากเล็กสุดไปใหญ่สุดได้อย่างไร นักเรียนจะแบ่งพวกของตรงหน้าโดยใช้สีเป็นเกณฑ์ได้อย่างไร เป็นต้น

4.3.2 ถามให้เรียงลำดับ หรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ เช่น นักเรียนจะเรียงลำดับของที่ครูแจกให้ได้อย่างไรบ้าง นักเรียนแบ่งของทั้งหมดที่ครูให้ออกได้เป็นกี่ประเภท และใช้อะไรเป็นเกณฑ์ ใบไม้จำนวน 10 ใบ นี้ นักเรียนจะแบ่งกลุ่มเป็นสองกลุ่มโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์ดี

4.3.3 ถามให้บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับ หรือแบ่งพวกได้ เช่น ของเหล่านี้จัดเรียงไว้อย่างไร ของสองพวกนี้แบ่งไว้โดยใช้เกณฑ์อะไร การแบ่งพืชเป็นสองพวกดังในภาพ ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 102) เช่น ให้แบ่งภาพสัตว์ที่ครูแจกให้ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้จำนวนขาเป็นเกณฑ์ ทำไมจึงจัดพืชจำพวกอ้อย, ข้าว, หญ้า มะพร้าวอยู่ในพวกเดียวกัน จงเรียงลำดับจากคนที่เตี้ยที่สุดไปหาคนที่สูงที่สุด ให้เขียนแผนภูมิการแบ่งอุปกรณ์การเขียนออกเป็นพวก ๆ ให้อยู่ยที่สุด ทำไมนักเรียนจึงแบ่งหินกลุ่มนี้ออกจากหินกลุ่มนั้น

4.4 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปสกับเวลา

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 186) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปสกับเวลานั้น มีจุดมุ่งหมายที่จะให้นักเรียนสามารถบอกจำนวนมิติของวัตถุที่พบเห็น ชี้บ่งรูป 2 มิติ และ 3 มิติ บอกชื่อรูปและรูปทรงเรขาคณิต วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุ 3 มิติ บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุ บอกความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงาและภาพที่ปรากฏในกระจกเงา บอกความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของสิ่งต่าง ๆ กับเวลา และบอกความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลา

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปสกับเวลา

4.4.1 ถามให้ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้ เช่น สิ่งของในตะกร้านี้มีอะไรบ้างเป็น 2 มิติ อะไรบ้างเป็น 3 มิติ

4.4.2 ถามให้วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ เช่น กระป๋องนมที่ครูให้ดูนี้ จะวาดเป็นรูป 2 มิติ อย่างไร (ลงมือวาดซิ)

4.4.3 ถามให้บอกชื่อของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้ เช่น รูปนี้มีชื่อเรียกทางเรขาคณิตว่าอย่างไร

4.4.4 ถามให้บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ ได้ ระบุรูป 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติได้ เช่น

ถ้าหมุนกระดาษสามเหลี่ยมอย่างเร็วรอบแกน จะเห็นเป็นรูปอะไร เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุสามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่เป็นต้นกำเนิดเงา

เงาที่เกิดจากรูปทรงใด เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่จะเกิดขึ้นได้

ถ้าฉายไฟไปที่วัตถุทรงกระบอกจะเกิดเงาบนฉากเป็นรูปอะไรบ้าง
บอกรูปร่าง (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น 2 ส่วน

เมื่อตัดทแยงรูปทรงกระบอก จะเกิดพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปอะไร

4.4.5 ถามให้บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุหนึ่งได้ เช่น จากภาพที่เห็น
ขวดวางอยู่ที่ไหนหน้าตาอยู่ทางซ้ายมือหรือขวามือ

4.4.6 ถามให้บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในทิศหรือตำแหน่งใดของอีกวัตถุหนึ่ง
เช่น รถยนต์ที่เห็นอยู่ทางทิศไหนของอาคารเรียน

4.4.7 ถามให้บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏ
เช่น ถ้าเห็นภาพคนในกระจกผูกนาฬิกาข้อมือซ้าย นักเรียนคิดว่าผู้ที่ยืนหน้ากระจกผูกนาฬิกา
ข้อมือข้างใด ถ้านักเรียนหิวผมแสดด้านซ้ายมือเมื่อไปหน้ากระจกเห็นภาพนักเรียนในกระจกหิวผม
แสดด้านใด

4.4.8 ถามให้บอกความสัมพันธ์ระหว่างเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณ
ของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้ เช่น ถ้าเด็กชาย ก และ ข วิ่งไปสู่ทางโค้งจนถึงปลายทางพร้อมกันดัง
ภาพ ใครวิ่งได้เร็วกว่ากัน

4.4.9 ถามให้บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของ
วัตถุกับเวลาได้ เช่น ปริมาณของน้ำในแก้วสัมพันธ์กับเวลาอย่างไร เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของ
น้ำในแก้วเปลี่ยนไปอย่างไร ความสูงของต้นไม้สัมพันธ์กับเวลาอย่างไร เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น
ความสูงของต้นไม้เปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์
ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 102) เช่น ดวงจันทร์มี
รูปร่างเป็นอย่างไร จงวาดภาพหลอดไฟที่ติดอยู่บนเพดาน ในตอนเช้าจะเห็นพระอาทิตย์ทางทิศ
ใด ในช่วงบ่ายเงาของต้นไม้จะปรากฏอยู่ทางทิศใด ทำไมชาวสวนจึงต้องเว้นระยะในการปลูก
ต้นไม้ เป็นต้น

4.5 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการคำนวณ

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 187) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการคำนวณนั้น จะต้องใช้คำถามที่ให้นักเรียนมีโอกาสนับจำนวนวัตถุหรือสิ่งของ

เปรียบเทียบจำนวนวัตถุหรือสิ่งของ นำจำนวนมากระทำต่อกันโดยวิธีการบวก ลบ คูณ หรือหาร หรือมีโอกาสหาค่าเฉลี่ยของปริมาณต่าง ๆ

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการคำนวณ

4.5.1 การนับ

- 1) ถามให้นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง เช่น กลุ่มที่ 1 เธอได้รับ เมล็ดถั่วไปกี่เมล็ด
- 2) ถามให้ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนนับได้ เช่น ลิบสองเขียนเป็น ตัวเลขได้อย่างไร
- 3) ถามให้ตัดสินใจได้ว่าของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน เช่น ตกลงเมล็ดถั่วที่แต่ละกลุ่มได้รับมีจำนวนเท่ากันหรือไม่
- 4) ถามให้ตัดสินใจว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากัน หรือต่างกัน เช่น มีกลุ่มไหนบ้างที่ได้รับเมล็ดถั่วเท่ากัน

4.5.2 การคำนวณ

- 1) ถามให้บอกวิธีการคำนวณ เช่น ถ้าอยากรู้ว่าทั้งห้องมีเมล็ดถั่ว รวมกันเป็นกี่เมล็ด จะทำอย่างไร
- 2) ถามให้คิดคำนวณได้ถูกต้อง เช่น ทั้งห้องมีเมล็ดถั่วรวมกันเป็น กี่เมล็ด (หาคำตอบช้)
- 3) ถามให้แสดงวิธีคิดคำนวณได้ เช่น ตัวเลขร้อยสิบสองที่ได้ หา ได้อย่างไร (มาทำให้เพื่อนดูบนกระดานช้)

4.5.3 การหาค่าเฉลี่ย

- 1) บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย เช่น ถ้าจะแบ่งจำนวนเมล็ดถั่วที่มีให้แต่ละกลุ่ม จะมีวิธีคิดอย่างไร
- 2) ถามให้หาค่าเฉลี่ย เช่น (หาคำตอบช้)เฉลี่ยแล้วแต่ละกลุ่มได้รับ เมล็ดถั่วเท่าไร
- 3) ถามให้แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย เช่น ค่าเฉลี่ยเป็นสิบสี่ที่ได้ หา ได้อย่างไร (ทำให้ครูดูช้)

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการการคำนวณ

(พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 102) เช่น จำนวนนักเรียนหญิงกับนักเรียนชายในห้องนี้ต่างกัน

เท่าไร คะแนนเฉลี่ยในวิชา สปช. ของนักเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นเท่าไร เรามีวิธีหาค่าเฉลี่ยจากการวัดความสูงของลูกโป่งที่กระดอนขึ้นจากพื้นจำนวน 5 ครั้งได้อย่างไร เป็นต้น

4.6 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 189) กล่าวว่าการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลนั้น มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนนำข้อมูลดิบไปจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายขึ้น จึงควรใช้คำถามที่ให้นักเรียนเลือกรูปแบบในการนำเสนอข้อมูล พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบนั้น

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

4.6.1 ถามให้เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม เช่น จากข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูงของพวกเรานี้ เราควรจะเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแบบใดจึงจะเข้าใจดีขึ้น จากข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของผีเสื้อเราควรจะเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแบบใดจึงจะเข้าใจดีขึ้น

4.6.2 ถามให้บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้ เช่น ทำไมนักเรียนจึงเลือกทำเป็นตาราง ทำไมนักเรียนจึงเลือกทำเป็นวงจ

4.6.3 ถามให้นักเรียนออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ เช่น ถ้าจะทำเป็นตาราง ควรมีลักษณะอย่างไร มีช่องอะไรตรงไหนบ้าง

4.6.4 ถามให้เปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลให้เข้าใจดีขึ้น เช่น เมื่อทุกคนเห็นด้วยกับรูปแบบตารางนี้แล้ว นักเรียนจะทำตารางแสดงส่วนสูงและน้ำหนักของพวกเราในกลุ่มได้อย่างไร (ลองทำดูซิ) จะเขียนวงจแสดงชีวิตของผีเสื้อได้อย่างไร

4.6.5 ถามให้บรรยายลักษณะสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กระทั่งจัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ เช่น จะบรรยายลักษณะของนกตัวหนึ่งในสัตว์นี้ โดยใช้ข้อความที่กระชับได้อย่างไร จึงจะสื่อความหมายให้ครูและเพื่อน ๆ รู้ว่าเธอหมายถึงนกตัวไหน

4.6.6 ถามให้บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ เช่น จะวาดแผนผังโรงเรียนของเราให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างไร

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 103) เช่น นักเรียนจะบันทึกความสูงและน้ำหนักของเพื่อนได้โดยวิธีใด จะรายงานผลการสอนวิชาต่าง ๆ ของนักเรียนในชั้นของเราได้โดยวิธีใด จะ

แสดงตำแหน่งที่อยู่ของพืชและสัตว์ที่นักเรียนออกไปสำรวจลงในกระดาษกราฟได้อย่างไร ให้นักเรียนออกมารายงานผลการทดลอง ให้นักเรียนนำผลการสำรวจบริเวณเสารามาแสดงให้เพื่อนชม เป็นต้น

4.7 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการลงความคิดเห็นข้อมูล

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการลงความคิดเห็นข้อมูล (บัญญัติ ชำนาญกิจ, 2541, หน้า 190-191)

อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย เช่น เมื่อนักเรียนสังเกตลักษณะหินที่นักเรียนได้รับแจกแล้ว นักเรียนคิดว่าเป็นหินประเภทใด จากลักษณะของเด็กที่นักเรียนเห็นในภาพ นักเรียนคิดว่าสุขภาพของเด็กคนนี้เป็นอย่างไร นักเรียนเห็นต้นช่อนกลืนต้นนี้งามกว่าต้นอื่น ๆ ในแปลงเดียวกัน นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด ที่นักเรียนได้สังเกตของสิ่งนี้แล้วตอบคร่าว ๆ สีขาวละลายน้ำได้และมีรสหวานนั้นนักเรียนคิดว่าของสิ่งนี้คืออะไร จากการทดลองละลายสาร A ในน้ำ 50 cm³ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังตารางสาร A เป็นอะไร จึงละลายได้ดี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการลงความคิดเห็นข้อมูล (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 103) เช่น นักเรียนคิดว่าทำไมต้นไม้จึงตาย ทำไมน้ำจึงท่วมบริเวณโรงเรียน จากภาพของเด็กคนนี้ เธอคิดว่าทำไมเขาจึงร้องไห้ ทำไมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงสกปรก เป็นต้น

4.8 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการพยากรณ์

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 191) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการพยากรณ์นั้น จะต้องใช้คำถามที่ทำให้นักเรียนสามารถนำข้อมูลที่มีอยู่ไปทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นที่ไม่ได้ปรากฏอยู่โดยตรง แต่คาดการณ์ได้จากความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ ต้องถามให้นักเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้นเสียก่อน แล้วจึงพยากรณ์ทั้งภายในขอบเขตข้อมูลและภายนอกขอบเขตข้อมูล

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการพยากรณ์

4.8.1 การพยากรณ์โดยทั่วไป

ถามให้ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ เช่น นักเรียนได้ทราบแล้วว่าพืชต้องการแสงสว่างในการดำรงชีวิต ดังนั้นถ้าเราปลูกต้นกุหลาบในที่มืดจะเกิดผลอย่างไร



4.8.2 การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ

1) ถามให้ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ เช่น จากการทดลองละลายสาร A ในน้ำ 50 cm³ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ได้ผลการทดลองดังตารางเมื่ออุณหภูมิ 65 °C สาร A ละลายได้กี่กรัม เมื่อสาร A ละลาย 35 กรัม อุณหภูมิเป็นเท่าไร

2) ถามให้ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ เช่น เมื่ออุณหภูมิ 50 °C สาร A ละลายได้กี่กรัม เมื่ออุณหภูมิ 100 °C สาร A ละลายได้กี่กรัม เมื่อสาร A ละลาย 63 กรัม อุณหภูมิเป็นเท่าไร

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการพยากรณ์ (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 103) เช่น วันนี้อากาศร้อนอบอ้าวมาก และมีก้อนเมฆหนาทึบเต็มท้องฟ้า เธอคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น คนที่ติดยาเสพติดโดยใช้เข็มฉีดยาร่วมกันมีโอกาสจะเป็นโรคอะไร จากการโยนลูกปิงปองในระยะสูง 50 ซม. 75 ซม. และ 100 ซม. พบว่าลูกปิงปองกระดอนขึ้นสูงในระดับต่างกันดังนี้คือ 30 ซม. 55 ซม. และ 80 ซม. ถ้าโยนลูกปิงปองสูง 125 ซม. ลูกปิงปองจะกระดอนได้สูงเท่าไร

4.9 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการตั้งสมมติฐาน

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 192-193) กล่าวว่า คำถามที่เกี่ยวกับทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนระบุคำตอบของสิ่งที่ต้องการหาคำตอบไว้ล่วงหน้า โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่ใกล้เคียงกันมาเดาคำตอบ คำตอบนั้นต้องไม่เคยทราบมาก่อน สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ลักษณะของคำตอบจะต้องเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังนั้นคำถามของครูจึงควรให้นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นตัวแปรที่เป็นสาเหตุ และจะทำให้มีผลต่อตัวแปรตามอย่างไร

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการตั้งสมมติฐาน เช่น ถามให้หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม การให้ปุ๋ยแก่ฝรั่งพันธุ์กลมสีทางรากและทางลำต้น จะให้ผลต่างกันอย่างไร ไก่ที่กินหนอนกับไก่ที่กินข้าว จะเจริญเติบโตต่างกันอย่างไร ถ้าครูเติมน้ำลงในหลอดที่ใส่ต่างแทบิมนี่ ต่างแทบิมนี่จะละลายน้ำหรือไม่ เป็นต้น

4.10 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 193-194) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการนั้น ต้องเป็นคำถามที่ให้นักเรียนอธิบายสิ่งใด

สิ่งหนึ่ง พร้อมทั้งสามารถระบุวิธีการที่จะตรวจสอบได้ด้วย นั่นคือต้องการให้นักเรียนอธิบายให้ได้ว่าคำนิยามนั้นจะสามารถสังเกต วัด หรือทดลองพิสูจน์ยืนยันได้อย่างไร

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ถามให้กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรให้สังเกตได้และวัดได้ เช่น การเจริญเติบโตในที่นี่หมายความว่าอย่างไร น้ำสะอาดในที่นี่หมายความว่าอย่างไร เป็นต้น

4.11 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 194) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรนั้นควรตั้งคำถามให้นักเรียนบอกว่า ในปัญหาหรือสมมติฐานหนึ่ง ๆ มีอะไรที่ต้องจัดให้แตกต่างกัน (ตัวแปรอิสระ) มีอะไรบ้างที่ต้องติดตามดูผลที่เกิดขึ้น (ตัวแปรตาม) และอะไรบ้างที่จะต้องจัดให้เหมือน ๆ กัน ไม่ควรถามว่าอะไรตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมตรง ๆ นักเรียนจะไม่เข้าใจก็ได้

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ถามให้ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้ ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า “การให้ปุ๋ยแก่ฝรั่งกลมสาลีทางลำต้นให้ผลตกกว่าทางราก” การทดลองนี้ต้องจัดอะไรให้เหมือนกันบ้าง (ถามให้ชี้บ่งตัวแปรที่ต้องควบคุม) ต้องจัดอะไรให้ต่างกัน (ถามให้ชี้บ่งตัวแปรอิสระ) เมื่อจัดสถานการณ์ดังนี้แล้ว สิ่งที่ต้องติดตามดูคืออะไร (ถามให้ชี้บ่งตัวแปรตาม) ในการทดลองว่า “ความสูงในการปล่อยบอลให้กระทบพื้นดิน มีผลต่อการกระดอนขึ้นของลูกบอลหรือไม่” อาจจะตั้งคำถามดังนี้ ถ้าใช้ลูกบอลหลายลูกซึ่งมีขนาดไม่เท่ากันได้หรือไม่ (ระบุตัวแปรอิสระ) ถ้าทดลองกลางแจ้งจะมีอะไรที่ทำให้การกระดอนเปลี่ยนไปหรือไม่ สิ่งที่เราสังเกตดูคืออะไร (ระบุตัวแปรตาม)

4.12 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการทดลอง

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 195) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการทดลองนั้น เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ โดยสามารถกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม สามารถระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองได้ สามารถปฏิบัติการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ ต้องให้โอกาสนักเรียนคิดได้แตกต่างกันหลาย ๆ แบบ

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการทดลอง

4.12.1 ถามให้ออกแบบการทดลองโดย

กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

1) จากสมมติฐานที่ว่า “ระยะที่ปล่อยลูกบอลสู่พื้นดินยิ่งมากขึ้น ลูกบอลยิ่งกระดอนจากพื้นสูงขึ้น” นักเรียนคิดว่าจะทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานข้อนี้ได้อย่างไร

2) ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้ เช่น ในการทดลองนี้จะต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง

4.12.2 ถามให้ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง และเหมาะสม (การฝึกทักษะของนักเรียนตอนนี้ มักเป็นการสั่งให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง แต่อาจถามให้นักเรียนบอกวิธีปฏิบัติหรือวิธีใช้อุปกรณ์ได้) เช่น ต้องใช้ไม้หนีบจับหลอดทดลองตรงไหน ขณะเผาสารในหลอดทดลอง จะต้องทำอย่างไรบ้าง ตักสารเคมีออกจากขวดแล้วจะต้องทำอย่างไร เป็นต้น

4.12.3 ถามให้บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง (การฝึกทักษะนักเรียนในตอนนี้มักเป็นการสั่งให้บันทึกผลขณะทำการทดลอง) เช่น จะอ่านค่าได้อย่างไร จะนำข้อมูลอะไรไปจดบันทึกบ้าง เป็นต้น

4.13 คำถามเพื่อเสริมสร้างทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2541, หน้า 196) กล่าวว่า การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จะต้องถามให้นักเรียนบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ให้ได้เสียก่อน แล้วให้บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลอาจจะใช้คำถามให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลให้รอบคอบ เช่น เมื่อค่าหนึ่งเพิ่มขึ้นอีกค่าหนึ่งจะเพิ่มขึ้นตามกันหรือลดลงอย่างไรหรือไม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล

ตัวอย่างการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4.13.1 ถามให้แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (การตีความหมายข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ) เช่น จากการทดลองละลายสาร A ในน้ำ 50 cm³ ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ได้ผลการทดลองดังตาราง ที่อุณหภูมิ 60 °C สาร A ละลายได้กี่กรัม ขณะที่สาร A ละลายน้ำได้ 39 กรัมอุณหภูมิของน้ำเป็นเท่าไร ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส สาร A ละลายน้ำต่างกันเท่าไร

4.13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น จากข้อมูลในตาราง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของสาร A เป็นอย่างไร

5. ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ให้ตัวอย่างเกี่ยวกับความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะดังนี้ คือ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2526, หน้า 1-5 อ้างอิงใน สมจิต สวธนไพบุลย์, 2526, หน้า 69-73)

5.1 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการสังเกต

5.1.1 ชี้นำและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง

5.1.2 บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ

5.1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

5.2 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการวัด

5.2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด

5.2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

5.2.3 บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

5.2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่น ๆ ได้ถูกต้อง

5.2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

5.3 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการจำแนกประเภท

5.3.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

5.3.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

5.3.3 ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

5.4 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปก และสเปกกับเวลา

5.4.1 ชี้นำรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

5.4.2 วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

5.4.3 บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้

5.4.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ ระบุรูป 3 มิติที่เห็น เนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่

เป็นต้นกำเนิดเงา เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่จะเกิดขึ้น บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น 2 ท่อน

5.4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุหนึ่งได้

5.4.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

5.4.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

5.4.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

5.4.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

5.5 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการคำนวณ

5.5.1 การนับ

- 1) นับจำนวนสิ่งของใดถูกต้อง
- 2) ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้
- 3) ตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน
- 4) ตัดสินว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

5.5.2 การคำนวณ (บวก ลบ คูณ หาร) ได้แก่

- 1) บอกวิธีคำนวณได้
- 2) คิดคำนวณได้ถูกต้อง
- 3) แสดงวิธีคิดคำนวณได้

5.5.3 การหาค่าเฉลี่ย

- 1) บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย
- 2) หาค่าเฉลี่ย
- 3) แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

5.6 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

5.6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

5.6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

5.6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

5.6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้นได้

5.6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสมกะทัดรัด
จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

5.6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมาย
ให้ผู้อื่นเข้าใจได้

5.7 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้
ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

5.8 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการพยากรณ์

5.8.1 การพยากรณ์ทั่วไป คือการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็น
หลักการกฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

5.8.2 การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ คือการทำนายผลที่จะเกิดขึ้น
ภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ และผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตถึงข้อมูลเชิง
ปริมาณที่มีอยู่ได้

5.9 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการตั้งสมมติฐาน

หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้ และ
ประสบการณ์เดิม

5.10 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

กำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้และ
วัดได้

5.11 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

5.12 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการทดลอง

5.12.1 ออกแบบการทดลอง โดย

1) กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัว
แปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

2) ระบุอุปกรณ์และหรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

5.12.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ ได้ถูกต้องและเหมาะสม

5.12.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

5.13 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

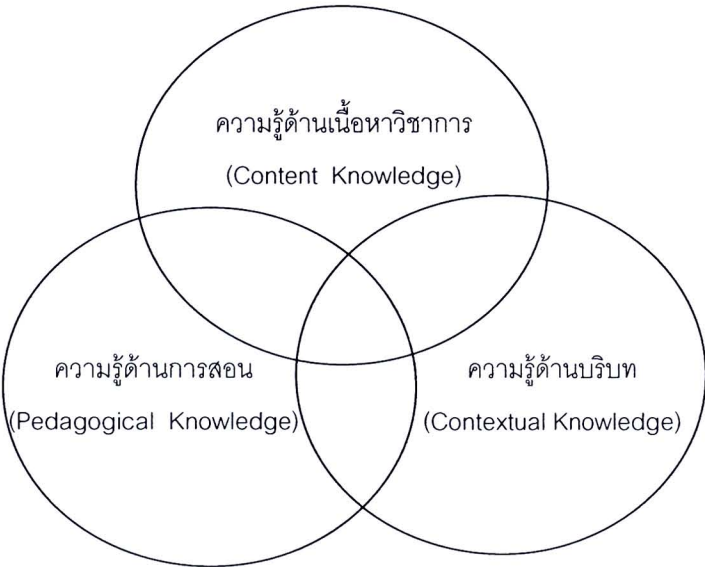
- 5.13.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้
- 5.13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร (Pedagogical Content Knowledge : PCK)

กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้และวิธีการสอนที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาและสอดคล้องกับมาตรฐานของหลักสูตร ทำให้ผลการเรียนรู้ เป็นจุดเน้นสำคัญในการออกแบบการเรียนการสอนโดยนำความรู้ด้านเนื้อหา วิชาการ ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านบริบท ดังนี้

- 1. การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและสอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตร

การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและสอดคล้องกับมาตรฐานของหลักสูตรสามารถทำให้ผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้น ซึ่งมีองค์ประกอบดังภาพ 2



ภาพ 2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ PCK

ส่วนที่เป็นวงกลมซ้อนทับกันทั้ง 3 วง คือ ส่วนที่เรียกว่า PCK ซึ่งเป็นความรู้ที่ครูต้องมีอย่างชัดเจน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สนองต่อมาตรฐานของหลักสูตร

ความรู้ในแต่ละด้านมีความสำคัญเท่าเทียมกันและต้องมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันเพื่อนำไปสู่นักเรียน เมื่อครูขาดความรู้ด้านใดด้านหนึ่งหรือไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้งสามด้านได้อย่างเหมาะสม ก็จะมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

2. องค์ประกอบของกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร

2.1 ความรู้ด้านเนื้อหาวิชา (Content Knowledge) วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยโครงสร้างเชิงระบบวิทยาศาสตร์ เนื้อหาวิชาของวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งครูได้เรียนรู้มาแล้วเป็นอันมากก่อนเป็นครู และจะต้องติดตามความก้าวหน้าในองค์ความรู้ต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลาในขณะที่ประกอบอาชีพครู

2.2 ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge) ประกอบด้วยธรรมชาติของผู้เรียนและการเรียนรู้ การจัดการในชั้นเรียน หลักสูตรและการสอน ซึ่งโดยปกติแล้วครูจะผ่านการเรียนรู้ในเรื่องเหล่านี้มาแล้วก่อนมาประกอบอาชีพครู และต้องติดตามงานวิจัยด้านนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลวิธีในการจัดการเรียนรู้

2.3 ความรู้ด้านบริบท (Contextual Knowledge) ประกอบด้วย บริบททางการศึกษาทั่วไป เช่น นโยบายประเทศ สภาพแวดล้อมชุมชน เอกลักษณ์และสภาพแวดล้อมของโรงเรียน รวมทั้งศิษย์เก่าของโรงเรียน และบริบทเฉพาะ เช่น ตัวนักเรียนและห้องเรียน

สำหรับส่วนที่ซ้อนทับกันของความรู้ทั้ง 3 หรือที่เรียกว่า PCK ประกอบด้วยความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาในแต่ละระดับ วิธีการสอนและกลวิธีที่เหมาะสมกับเนื้อหาเฉพาะ การเรียนรู้ของนักเรียนและความเข้าใจคลาดเคลื่อนและเป้าหมายในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูต้องสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านให้สอดคล้องและเหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายของหลักสูตร (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, หน้า 1-2)

กลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย (Predict Observe Explain: POE)

1. ความหมายของกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย

วิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย หรือ POE มาจากคำเต็ม Predict Observe Explain เป็นกลวิธีที่เรียนรู้จากการทำนาย (Predict) การสังเกต (Observe)

และการอธิบาย (Explain) ใช้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ มุ่งมั่นในการทดลองโดยให้นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนลงมือทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสังเกตอย่างจดจ่อ ละเอียด รอบคอบ นำผลที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายและเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนายไว้ นักเรียนจะรู้สึกสนุกสนานและในช่วงที่ทำกิจกรรมหรือทำการทดลองแล้วท้าทายในการค้นหาความรู้เพื่อตรวจสอบผลการทำนายของตนเอง

2. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย

2.1 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) กล่าวว่าการจัดกิจกรรมของกลวิธี ทำนาย: สังเกต: อธิบาย มีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 ขั้นทำนาย (Predict) ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม/คน ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสาธิตการทดลองหรือปัญหาที่กำหนด

2.1.2 ขั้นสังเกต (Observe) ครูให้นักเรียนทำการทดลอง สังเกต บันทึกผล เพื่อศึกษาว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร และเป็นไปตามที่ทำนายไว้หรือไม่

2.1.3 ขั้นอธิบาย (Explain) ให้นักเรียนอธิบายผลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งผลเกิดขึ้นจริงอาจตรงกับที่ทำนายไว้ทั้งหมด หรือบางส่วน ครูให้นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุ และสรุป

2.2 คริส จอยซ์ (Chris Joyce, 2006) กล่าวว่ากลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย หรือ POE เป็นกลวิธีที่นิยมใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ มักใช้กับการสาธิตที่ช่วยให้ได้ข้อสังเกตในทันที และเหมาะสมกับบริบททางวิทยาศาสตร์กายภาพ วัสดุและโลก กลวิธีที่ใช้ได้ดีในวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาสถิติ สามารถนำไปใช้สำหรับการหาข้อมูลความคิดเริ่มต้นของนักเรียน ดังนี้

2.2.1 ให้ครูผู้สอนที่มีข้อมูลเกี่ยวกับการคิดของนักเรียน;

2.2.2 การสร้างการสนทนา

2.2.3 สร้างแรงจูงใจให้นักเรียนต้องการสำรวจแนวความคิด

2.2.4 การตรวจสอบการสร้าง

2.3 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ พิจารณาว่าผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่มีอยู่แล้วควรได้รับการพิจารณาเมื่อการพัฒนาโปรแกรมการเรียนการสอน เหตุการณ์ที่แปลกใจในการสร้างเงื่อนไขที่นักเรียนอาจจะพร้อมที่จะเริ่มอีกครั้ง โดยการตรวจสอบทฤษฎีดังนี้

ขั้นที่ 1: การทำนาย

ถามนักเรียนแล้วให้นักเรียนเขียนทำนายอย่างเป็นอิสระว่าจะอะไรจะเกิดขึ้น แล้วถามสิ่งที่พวกเขาคิดเห็นและทำไมจึงคิดเช่นนั้น

ขั้นที่ 2: สังเกต

ดำเนินการสาธิต มุ่งเน้นที่การสังเกต และนักเรียนเขียนสิ่งที่พวกเขาสังเกต

ขั้นที่ 3: อธิบาย

ให้นักเรียนแก้ไขหรือเพิ่มคำอธิบายจากการสังเกต แล้วให้นักเรียนเขียนคำอธิบายเพื่อเป็นการแสดงความคิดเห็นลงในกระดานนำเสนอผลงาน ซึ่งกลวิธี POE มักจะใช้การสาธิต ควรเลือกการทดลองที่น่าสนใจ เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น ต้องการแสดงความคิดเห็น โดยการเขียนอธิบายได้มากขึ้น

2.4 น้ำค้าง จันเสริม (2551, หน้า 30-31) ได้สรุปเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีPOE ว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เกี่ยวกับการนำความรู้เดิมมาเป็นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบ POE จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการพัฒนามโนคติที่มีมาก่อนให้ตรงตามมโนคติที่เป็นที่ยอมรับของสังคมวิทยาศาสตร์ในขณะนั้นวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบ POE ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

2.4.1 ขั้นการทำนายผล (Predict: P) เป็นขั้นตอนการทำนายผลจากสถานการณ์ปัญหา

2.4.2 ขั้นการหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหา (Observe: O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยทำการทดลอง การสังเกต การทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

2.4.3 ขั้นการอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหาคำตอบ ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

กลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk)

1. ความหมายของกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) กล่าวว่ากลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk) หมายถึงกลวิธีที่ให้ผู้เรียนนำเสนอผลงานของกลุ่มในการศึกษาเรื่องเดียวกัน ภายหลังจากจบบทเรียน ให้กลุ่มอื่นมาเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงาน แสดงความคิดเห็น อภิปรายภายในกลุ่ม โดยเขียนเครื่องหมาย 3 หน้าข้อความที่มีความเห็นเหมือนกัน

และเขียนความเห็นที่แตกต่าง ถ้าไม่แน่ใจในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอให้ใส่เครื่องหมายคำถามไว้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, หน้า 81)

ชาร์รอน โบว์แมน (Sharon Bowman, 2005) กล่าวว่า กลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หรือ แกลลอรีวอล์ค ถูกเรียกหลายชื่อและมีหลายรูปแบบ สามารถใช้ข้อมูลจำนวนมากเพื่อออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมแกลลอรีวอล์ค เป็นกิจกรรมเชื่อมโยง ผู้เรียนกับหัวข้อในการเรียนรู้

มาร์ค แฟรนเคก (Mark Francek, 2000) กล่าวว่ากลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หรือ แกลลอรีวอล์ค เป็นเทคนิคการสนทนาที่ให้นักเรียนเดินออกมาเพื่อรับภาระงานที่กระตือรือร้น ซึ่ง วิธีการสอนแบบแกลลอรีวอล์ค เป็นรูปแบบการสอนที่ยืดหยุ่น และมีความหลากหลาย ซึ่งมีอุปกรณ์ ที่ใช้คือแผ่นกระดาษขนาดใหญ่ในการเขียนข้อความ อาจกำหนดเวลา 15 นาที หรือมากกว่านั้น ที่ จะให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นกับผลงานของผู้อื่น เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ส่วนครูผู้สอน สามารถวัดความเข้าใจของนักเรียนได้โดยเฉพาะแนวความคิดและแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนของ การเรียน

2. การจัดกิจกรรมกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ตามแนวทางการสอนดังนี้

2.1 ชารอน โบว์แมน (Sharon L.Bowman, 2005) กล่าวว่า ก่อนจัดการเรียนรู้ นำแผ่นกระดาษขนาดใหญ่ติดที่ผนังห้องเรียน เขียนแผนผังคำถามเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์ กับหัวข้อที่จัดการเรียนรู้ขณะที่ผู้เรียนเดินรอบ ๆ ห้อง เขียนคำตอบลงบนแผนผัง ผู้เรียนสามารถ กำหนดกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 2-4 คน หลังจากเขียนทุกอย่างลงใน แผนผัง ผู้เรียนเดินชมผลงานทุก ๆ กลุ่ม อ่านและจดบันทึกอย่างรวดเร็ว จากการสังเกตในใบ กิจกรรม ซึ่งใช้เวลาสั้น ๆ ในการสังเกตและบันทึก สิ่งสุดท้ายต้องทำการอภิปรายกิจกรรมกลุ่ม ทั้งหมด มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายกลุ่มย่อยทั้งหมด การตั้งคำถามของ การอภิปรายกลุ่ม เช่น

อะไรคือสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในการเรียนรู้ครั้งนี้

อะไรเป็นข้อเท็จจริงที่ต้องทราบในการเรียนรู้ครั้งนี้

อะไรคือจุดเด่นของคุณ (ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการเรียนรู้)

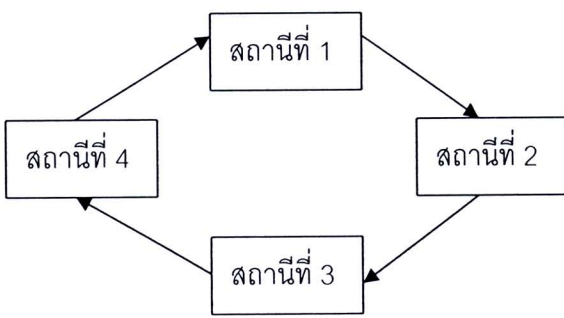
อะไรเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการเรียนรู้ที่ต้องการคำตอบ

สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนรู้คืออะไร

การวางแผนที่จะทำการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คืออะไร

2.2 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้สรุปวิธีการจัดกิจกรรมกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หรือ แกลลอรีวอล์ค ไว้ดังนี้

- 2.2.1 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3-4 คน
 - 2.2.2 ให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรม อภิปราย และสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม เขียนลงในกระดาษโปสเตอร์แล้วนำไปติดไว้ที่ฝาผนัง ระยะห่างกันพอสมควร
 - 2.2.3 แจกปากกาสีให้แต่ละกลุ่ม อธิบายวิธีการเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ผลงานของกลุ่มอื่น
 - 2.2.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มยืนตรงโปสเตอร์ของตนเอง
 - 2.2.5 ให้สัญญาณให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเดินไปหยุดที่โปสเตอร์ของกลุ่มถัดไป ศึกษาผลงาน อภิปราย และสรุปความคิดเห็น ถ้าเห็นด้วยในประเด็นใดให้เขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าประเด็นนั้น ถ้าไม่เห็นด้วยในประเด็นใดให้เขียนความคิดเห็นของตนเองลงไป ถ้าไม่แน่ใจในประเด็นใดให้เขียนเครื่องหมายคำถาม
 - 2.2.6 ให้นักเรียนทำกิจกรรมเช่นเดิมจนครบทุกโปสเตอร์ หรือ 2-3 โปสเตอร์ตามเวลาที่มี
 - 2.2.7 นำอภิปรายทั้งชั้น โดยครู เพื่อสรุปความเห็นของห้อง
- 2.3 Mark Francek (2000) ได้สรุปกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หรือแกลลอรีวอล์ค ไว้ดังภาพ 3



ภาพ 3 ผังการจัดกิจกรรมกลุ่มการเรียนรู้ในแต่ละสถานีการเรียนรู้

2.3.1 ครูผู้สอนเตรียมคำถามเพื่อการอภิปรายกลุ่มของนักเรียน กลุ่มละ 3-5 คน ตั้งคำถาม 4-5 คำถาม หรือถ้ามีนักเรียนจำนวนมากอาจตั้งคำถามมากกว่านั้น หรือใช้คำถามชุดเดียวกัน คำถามสามารถวัดความรู้และความเข้าใจ หรือสามารถวัดทักษะการคิดระดับสูงได้

เช่น การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า คำแนะนำสำหรับการตั้งคำถามเพื่อพัฒนาการคิดในกลวิธีเดินขมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หรือแกลลอริวัลด์

2.3.2 คำถามที่ถูกตั้งขึ้นใน “สถานี” ที่แตกต่างกัน บนผนังห้องเรียน หรือวางอยู่บนโต๊ะทำงานในชั้นเรียน หรือในที่ว่างที่เหมาะสมต่อการชุมนุมของนักเรียนเพื่อปรึกษาหารือ

2.3.3 การตั้งคำถามที่แต่ละกลุ่มของนักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อสิ่งที่กลุ่มก่อนหน้านี้ได้เขียนและเพิ่มความคิดเห็นใหม่เข้าไป ในช่วงเวลาสั้น ๆ ของการพูดคุยแสดงความคิดเห็น ประมาณ 3-5 นาที ซึ่งเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะของคำถาม แล้วให้ครูพูดว่า “หมุน” กลุ่มของนักเรียนแต่ละกลุ่มก็จะเคลื่อนที่ไป สถานีใหม่ จนกว่าทุกกลุ่มได้ไปแสดงความคิดเห็นครบทุกสถานี

2.3.4 เมื่อนักเรียนอภิปรายคำถาม ครูผู้สอนสามารถเดินไปรอบ ๆ ห้องเรียน ในทุกสถานีที่ตั้งขึ้น ทำความเข้าใจกับคำถาม ทำการวัดประเมินความเข้าใจ และการเขียนที่คลาดเคลื่อน จุดบันทึกการเขียนที่แสดงถึงความเข้าใจผิด ก่อนทำการทดสอบ ดังนั้นกลวิธีเดินขมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เรียนรู้หรือแกลลอริวัลด์กลายเป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าสำหรับการประเมินนอกระบบ ซึ่งให้ข้อมูลเชิงลึก

2.3.5 เมื่อทุกกลุ่มของนักเรียนกลับไปยังสถานีเริ่มต้นทุกกลุ่มช่วยกันเตรียมข้อมูลสำหรับการรายงานปากเปล่า ขั้นตอนการเรียนรู้แกลลอริวัลด์ เป็นโอกาสที่ดีสำหรับการอภิปรายของนักเรียนทั้งชั้นเรียน และการเขียนแสดงความคิดเห็นที่เข้าใจคลาดเคลื่อน หรือแต่ละกลุ่มที่เขียนรายงานแทนการรายงานด้วยปากเปล่าก็ได้

3 จุดประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกลวิธีเดินขมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

กลวิธีเดินขมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หรือแกลลอริวัลด์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการอภิปรายชั้นเรียนที่มีความร่วมมือกันและเพื่อสร้างการทำงานกลุ่มของนักเรียน ดังนี้

3.1 เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการพูดคุยปรึกษา อภิปรายการจัดองค์กรและการเขียนในวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองมากกว่าการจดตามครูผู้สอน

3.2 เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การประเมินผล และการคิดสังเคราะห์ และส่งเสริมกลุ่มของนักเรียนเลือกระดับความรู้ที่เหมาะสมของการออกแบบคำถาม และเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการสร้างคำถามสำหรับแกลลอริวัลด์

3.3 เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับความร่วมมือในการทำงานร่วมกัน สร้างธรรมชาติของความรู้ เพราะนักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลในการเขียนรายงานจากหลากหลายมุมมอง

3.4 การส่งเสริมวิธีการแก้ปัญหา เพราะนักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นที่หลากหลายในแต่ละสถานที่ที่ต่างกันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

3.5 นักเรียนเกิดความมั่นใจว่าความคิดของพวกเขาและประสบการณ์มีคุณค่า เพราะนักเรียนมีแนวโน้มที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่มที่ไม่คุกคามความคิดเห็นของเพื่อนร่วมชั้นเรียน

3.6 ให้โอกาสที่จะวัดความรู้เดิม ทักษะและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน กรอบแนวคิดที่มีของนักเรียนสามารถท้าทายและหากเกิดความผิดพลาดในระหว่างการแก้ไขในการรายงานปากเปล่าหรือการเขียนรายงาน ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนของเกลลอว์ฟอร์ด ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์

3.7 ส่งเสริมการสร้างกลุ่มการอภิปราย ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดฉันทามติกับนักเรียนในการทำงานร่วมกัน เพื่อแสดงความคิดอย่างถูกต้อง

3.8 นักเรียนได้รับการฝึกฝนการอภิปราย ได้ตอบกันกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน และครูผู้สอนร่วมการอภิปรายกลุ่มด้วยในแต่ละสถานที่

3.9 ส่งเสริมให้มีการเคลื่อนไหวรอบ ๆ ชั้นเรียน เป็นกลุ่มย้ายจาก "สถานที่" ไปอีก "สถานที่" เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่าย และการร่ว่งที่เกิดจากรบกวนความง่วงที่บางครั้งผลจากการนั่งเป็นเวลานาน

การจัดการเรียนรู้ในควมมุ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารในชีวิตประจำวัน มีเนื้อหาวิชาเกี่ยวกับบทปฏิบัติการจำนวนมาก ควรนำรูปแบบและเทคนิคการสอนที่เกี่ยวกับการทดลอง ซึ่งได้แก่ กลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย หรือ POE ซึ่งในขั้นสังเกตนักเรียนต้องทำการทดลองเพื่อตรวจสอบผลการทำนาย ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้ แล้วนำกลวิธีเดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนนำเสนอผลงาน และให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล



งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ

น้ำค้าง จันเสริม (2551) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE) กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุสุมาเตชวิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์ ปีการศึกษา 2550 จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลจากการสำรวจมโนมติก่อนเรียนผู้วิจัยได้นำมาเป็นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี POE ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้เหล่านั้นสอดคล้องกับชีวิตประจำวันนักเรียน เช่น กิจกรรมการเก็บผลผลิตข้าวกับงานทางฟิสิกส์ ลูกบอลพลังงานการกระโดดน้ำ ตักตาไหลลาน และแผ่นกระดาษกระโดดได้ เป็นต้น และผลการพัฒนามโนมติเรื่องงานและพลังงาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 70 ได้พัฒนามโนมติทางเลือกไปสู่มโนมติวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วนิดา ประยูรพันธ์ (2553) ศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนสร้างรูปแบบการทำความเข้าใจในลักษณะของ Declarative Knowledge ซึ่งเป็นโครงสร้างทางปัญญาลึกที่ เป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน โดยบอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว ขยายความของคำอธิบายที่เป็นรูปแบบง่าย ๆ ตามความรู้ของตนเองโดยไม่มี หลักการหรือทฤษฎีที่ซับซ้อน โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่แล้วตามหลักทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผู้เรียนสามารถรูปแบบการทำความเข้าใจในลักษณะของ Declarative Knowledge ซึ่งเป็นสกีมาที่ซับซ้อน ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการทฤษฎีไปสู่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อผ่านการเรียนโดยใช้วิธี POE

อรพินท์ สีโสภณ (2546) ศึกษาการพัฒนาแผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและสารเคมี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านกุดชุมแสง อำเภอนหนองบัวแดง จังหวัดชัยภูมิ ปีการศึกษา 2546 จำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 76.89/70.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 0.56 ซึ่งหมายความว่านักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นกว่าเดิม ร้อยละ 56.43 3) นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับ คือทักษะการจำแนก (ร้อยละ 93.94) รองลงมา คือทักษะการสังเกต

(ร้อยละ 89.39) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (ร้อยละ 87.88) ทักษะการทดลอง (ร้อยละ 84.85) และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป (ร้อยละ 71.21) 4) นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพ็ญศรี พาหะนิชย์ (2547) ศึกษาการพัฒนาแผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่องสารเคมี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2546 จำนวน 90 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่องสารเคมี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.25/ 84.50 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 2) นักเรียนที่เรียนโดยใช้แผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารเคมี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 3) นักเรียนที่เรียนโดยใช้แผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่องสารเคมี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้แผนการเรียนรู้ตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิตสุภาภัก มานะการ (2550) ศึกษาการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2550 จำนวน 33 คน ผลการวิจัยพบว่า ได้แผนการจัดการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง ซึ่งแผนที่สร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 74.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การประเมินของโรงเรียนที่ตั้งไว้ ร้อยละ 60.00

มยุรา ก่อบุญ (2544) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เน้นการสอนโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานและสารเคมีสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านสันติสุข จังหวัดชัยภูมิ ปีการศึกษา 2543 จำนวน 23 คน พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบการสอน ที่เน้นการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 78.47 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 82.60 และนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบการสอน

ที่เน้นการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 71.31 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 73.91

ศรีสอางค์ ดีประชา (2549) ศึกษาผลการใช้กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสฤติเดช จังหวัดจันทบุรี กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสฤติเดช จังหวัดจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 40 คน พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังการใช้กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีอัตราพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีอัตราพัฒนาการด้านจิตวิทยาสูงขึ้น

ศันสนีย์ มาลัยเถาว์ (2547) ศึกษาการพัฒนาแผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่องความร้อนและสสาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านข่วงวิทยากร จังหวัดร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2546 จำนวน 29 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยแผนการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่องความร้อนและสสารมีความคงทนในการเรียนรู้

มยุรี จันทรสวอย (2551) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจินดาบำรุง กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2549 จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถด้านทักษะการคิดสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยต่างประเทศ

อะกินเยมิ โอลูฟูนมินิโย และโฟลาเซด อะโฟลาบี (Akinyemi Olufunminiyi Akinbobola and Folashade Afolabi, 2010) การศึกษาวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาของแอฟริกาตะวันตก โดยการสอบบทปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์ ในประเทศไนจีเรียในช่วง 10 ปี (1998 – 2007) โดยการสอบก่อนเรียนทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่โดดเด่นที่สุดของนักเรียน 5 ทักษะ จากทั้งหมด 15 ทักษะ ได้แก่ทักษะการใช้มือ (ทดลอง) 17% การคำนวณ 14% การบันทึก 14% การสังเกต 12% และการสื่อสาร 11% จาก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่มีลำดับสูงสุด 63% เปรียบเทียบกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 37% ผลการศึกษายังบอกถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสูงกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บาร์บารา บุร็ก ฟาสส์ และเจเน็ต โคลเนอร์ (Barbara Burks Fasse and Janet L. Kolodner, 2000) ได้ทำการประเมินผลการปฏิบัติในชั้นเรียนโดยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งได้ใช้ วิธีการจัดการเรียนรู้แบบเกลลอว์วอลล์ค ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการนำเสนอผลงานของตนเอง และเพื่อนร่วมชั้นเรียน การตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการนำเสนอผลงาน ซึ่งเกลลอว์ วอลล์คเป็นเครื่องมือในการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียน เกี่ยวกับการอภิปราย การคิดขั้นสูงของ นักเรียน เพื่อใช้ในการวิจัยคุณภาพ จากการบันทึกภาคสนาม

แมทธิว คีเมย์ (Matthew Keamey, 2004) ศึกษา การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ สื่อมัลติมีเดียร่วมกับกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย เกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม เกี่ยวกับแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ จากการสนทนากับผู้เรียนกลุ่มเล็ก โดยวิเคราะห์จาก การสนทนา และสัมภาษณ์แล้วบันทึกเสียงและวีดิทัศน์ จากการอภิปรายของนักเรียน ระหว่างใช้สื่อ มัลติมีเดียร่วมกับกลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย พบว่านักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการงานที่ได้รับ มอบหมายและมีความเข้าใจในการเรียนรู้ได้มากขึ้น

เดวิด พาลเมอร์ (David Palmer, 1995) ศึกษาการวัดประเมินผลการเรียนจาก การสอนโดยใช้กลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย ในโรงเรียนประถมศึกษา พบว่ากลวิธีทำนาย: สังเกต: อธิบาย หรือ POE เป็นเทคนิคสำหรับการระบุความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เกี่ยวกับเรื่องวิทยาศาสตร์กายภาพ ในระดับ มัธยมศึกษาและอุดมศึกษา การศึกษานี้ ให้ครูฝึกสอน 60 คน นำกลวิธี POE ไปใช้ในการจัด การเรียนรู้และประเมินผลกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ การประเมินผลโดยทั่วไปอยู่ในระดับดี นักเรียนตอบสนองการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น และครูมี ความสามารถในการระบุความเข้าใจและพัฒนาทักษะการสอนได้ และสิ่งสำคัญคือการออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กลวิธี POE ซึ่งเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้บางหัวข้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

เกี่ยวกับการสื่อสาร และปัญหาที่เกิดขึ้นกลวิธีนี้เป็นการตอบคำถามโดยการพูด มากกว่าการเขียนตอบ ซึ่งกลวิธี POE เป็นเทคนิคการสอนที่เหมาะสมกับการเรียนวิทยาศาสตร์

ของ วัว เลี้ยว (Chong-Wah Liew, 2004) ศึกษา กลวิธีการสอนทำนาย: สังเกต: อธิบาย หรือ POE จากการสังเกตและผลการทำนายของนักเรียนที่เป็นไปได้ สร้างความเข้าใจให้กับนักเรียน และเป็นแนวทางการตอบข้อมูลที่ขัดแย้งกัน และกลวิธีนี้เป็นการจัดการเรียนด้วยการสาธิตจากครูผู้สอน และถูกออกแบบทำให้เกิดความชัดเจน พบว่ามีความใกล้เคียงกัน และใช้เพียงแค่การสังเกตเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้น จากการศึกษายังเสนอแนะว่า POE มีประสิทธิผลในการแสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนผ่านระดับภายในกลุ่มสาระที่สอดคล้องกับผลลัพธ์ของนักเรียนในประเทศออสเตรเลีย และครูผู้สอนยังสามารถสังเกต และจำแนกเอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในอัตราที่สูงกว่า และมีประสิทธิผลในการวิเคราะห์ความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน