**แผนบริหารประจำบทที่ 5
วิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 1)**

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม** หลังจากศึกษาบทเรียนนี้แล้วนักศึกษาควรมีพฤติกรรมดังนี้
 1. อธิบายความหมายของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้
 2. อธิบายหลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ได้
 3. อธิบายขั้นตอนและวิธีการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ได้
 4. ระบุข้อดีและข้อจำกัดของ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการสอนแบบโครงงานได้
 5. ระบุลักษณะเด่นของโครงงานวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทได้
 6. ระบุสภาพแวดล้อมและกิจกรรมที่ครูควรจัดในการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้

 7. บอกความแตกต่างระหว่างการสอนแบบจุลภาคและวิธีสอนทั่วไปได้

 8. นำหลักการสอนแบบจุลภาคไปใช้เตรียมและฝึกทักษะการสอนได้

 9. อธิบายขั้นตอนการสอนแบบจุลภาคโดยเขียนผังกราฟิกสรุปขั้นตอน ทักษะและเทคนิคการสอนแบบจุลภาคได้

 10. ฝึกทักษะการสอนแต่ละทักษะได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่ว

 11. ศึกษาวิธีเตรียมการสอนแบบจุลภาค และทดลองเขียนแผนเพื่อใช้สอนแบบจุลภาคได้

 12. ศึกษาแบบประเมินการฝึกทักษะการสอนตามแบบฟอร์มที่กำหนดให้หรือจากการบันทึกเทป

**เนื้อหา** แนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 ความหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 หลักการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 ตัวบ่งชี้ของการจัดการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 หลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 การสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม
 หลักการทฤษฎีสรรคนิยม
 กระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม

 บรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม
 ขั้นตอนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม
 การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ
 องค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนแบบสืบเสาะ
 กระบวนการที่ใช้ในการเรียนแบบสืบเสาะ
 ประเภทของการสืบเสาะ
 ลักษณะและจุดมุ่งหมายของการสอนแบบสืบเสาะ
 ขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะ
 สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการสอนแบบสืบเสาะ
 ตัวอย่างบทเรียนที่เน้นการสอนแบบสืบเสาะ
 กิจกรรมที่ครูควรใช้ในการสอนแบบสืบเสาะ
 การบริหารชั้นเรียนในการสอนแบบสืบเสาะ
 การวัดผลและประเมินผล
 คุณภาพของการสอนแบบสืบเสาะ
 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะ
 การสอนแบบโครงงาน
 ความหมายของโครงงาน
 หลักในการจัดกิจกรรมโครงงาน
 ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์
 จุดมุ่งหมายของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์
 ขั้นตอนการทำโครงงาน
 บทบาทของผู้สอนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
 ประโยชน์ของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

 การสอนแบบจุลภาค

 ประวัติความเป็นมา

 องค์ประกอบของการสอนแบบจุลภาค

 ทักษะการสอน

 การสร้างแบบอย่างของการสอน

 การบันทึกเทปภาพ

 การนำการสอนแบบจุลภาคไปใช้

 ลักษณะสำคัญของการสอนแบบจุลภาค

 ข้อควรคำนึงในการจัดการสอนแบบจุลภาค

 ประโยชน์ของการจัดการสอนแบบจุลภาค

 การจัดการสอนแบบจุลภาค

 วิธีดำเนินการ

 การเตรียมงานสำหรับภาคปฏิบัติ

 แบบประเมินผลการสอนแบบจุลภาค
 สรุป
 คำถามท้ายบท

**วิธีสอนและกิจกรรม** 1. ผู้สอนนำอภิปรายความสำคัญและการในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและร่วมกันสรุปวิธีที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
 2. แบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่มโดยกลุ่มที่ 1 ศึกษาเรื่อง การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมกลุ่มที่ 2 การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มที่ 3 การสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ และกลุ่มที่ 4 การสอนแบบจุลภาค
 3. แจกเอกสารประกอบการค้นคว้า และตัวอย่างบทเรียนการสอนแต่ละแบบให้นักศึกษาวิเคราะห์
 4. ให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับวิธีสอนที่กลุ่มตัวเองได้รับพร้อมวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่แจกให้ นำเสนอเป็นผังความคิด
 5. นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอผังความคิดของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
 6. ร่วมอภิปรายซักถามระหว่างผู้สอนและนักศึกษาเพื่อทบทวนความเข้าใจ
 7. ตอบคำถามคำถามท้ายบท

**สื่อการเรียนการสอน** 1. ใบงานกิจกรรมกลุ่ม
 2. เอกสารประกอบการสอน
 3. คำถามท้ายบท
 4. เอกสารพาวเวอร์พ้อยท์สรุป เรื่อง วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 1)

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

**บทที่ 5
วิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ตอนที่ 1)**

 วิธีการสอน หรือ วิธีจัดการเรียนรู้ หรือ วิธีการจัดการเรียนการสอน ซึ่งในที่นี้ผู้เขียนขอใช้คำเหล่านี้ในความหมายเดียวกัน คือ วิธีการสอน  ซึ่งตรงกับภาษาอังกฤษว่า teaching strategies หรือ instructional strategies ซึ่งบางครั้งก็ใช้สลับกันไปมา ทั้งนี้เนื่องจากนักการศึกษาต้องการสื่อความหมายของคำว่า teaching เพราะต้องการการเน้นเฉพาะวิธีที่ครูใช้ที่ถ่ายทอดให้กับผู้เรียน นั่นคือไม่แสดงให้เห็นถึงการเรียนรู้ (learning) ของผู้เรียน ดังนั้นควรใช้คำว่า instruction แทนซึ่งจะครอบคลุมทั้งการสอนของครูและการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วย วิธีการสอนจึงเป็นขั้นตอนที่ครูดำเนินการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบและขั้นตอนสำคัญอันเป็นลักษณะเด่นที่ขาดไม่ได้ของวิธีการสอนนั้น

 วิธีจัดการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้รับอิทธิจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ของตนเอง ผู้เรียนมีความรู้เดิมมาก่อน และสามารถเรียนรู้โดยการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีวิธีจัดการเรียนรู้มากมายที่อยู่บนพื้นฐานทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่เชื่อว่าวิธีจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีคือ ***“ควรสอนวิทยาศาสตร์อย่างที่วิทยาศาสตร์เป็น”***นั่นหมายถึง การสอนให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาหรือให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาหาความรู้นั่นเอง

**แนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ** แนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีแนวคิดมาจากปรัชญาแนวคิด constructivism ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม ปรัชญาแนวคิดนี้เกี่ยวข้องกับธรรมชาติความรู้ของมนุษย์ มีความหมาย 2 นัย คือ ด้านจิตวิทยาและด้านสังคมวิทยา
 ทฤษฎีด้านจิตวิทยา (psychological constructivism) เริ่มต้นจากเพียเจต์ได้เสนอแนะว่า กระบวนการเรียนรู้ของเด็กเป็นกระบวนการเรียนรู้ส่วนบุคคลมีความเป็นอัตนัย ขอบเขตกระบวนการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลเกิดจากการสื่อสารภาษากับบุคคลอื่น

 ด้านสังคมวิทยา (sociological constructivism) กลุ่มนี้เชื่อว่าความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการสร้างและพิสูจน์โดยกลุ่มคนในสังคม (sociological constructed and vindicated) สภาพแวดล้อมทางสังคมมีผลต่อการสร้างความรู้ใหม่ ความรู้วิทยาศาสตร์จะต้องได้รับการยอมรับจากชุมชนวิทยาศาสตร์ กลุ่มนี้ไม่สนใจกลไกทางจิตวิทยาของบุคคล
 **1. ความหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**
 ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญซึ่งขอยกตัวอย่างดังนี้
 พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544 : 7) ได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญว่า แนวการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยการใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) กระบวนการทางสังคม (กระบวนการแบบกลุ่ม) และให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียน การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ต้องจัดให้สอดคล้องกับความสนใจ ความสามารถและความถนัด เน้นการบูรณาการความรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ใช้หลากหลายวิธีสอน หลากหลายแหล่งความรู้ สามารถพัฒนาปัญญาอย่างหลากหลาย สื่อพัฒนาพหุปัญญา รวมทั้งเน้นวิธีการวัดผลอย่างหลากหลายวิธี
 สนอง อินละคร (2544 : 2) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางว่า หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ประดิษฐ์คิดค้น ฝึกปฏิบัติ และทำกิจกรรมการเรียนรู้จนสามารถสร้างหรือสรุปข้อความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้
 จากความหมายดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง กระบวนการในการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ศึกษาค้นคว้า แสวงหาความรู้จนสามารถสร้างข้อสรุปได้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวก จัดสถานการณ์ให้แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจึงอยู่บนหลักการพื้นฐานดังนี้
 1. ผู้เรียนมีบทบาทรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตน โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกเรื่องที่จะเรียน อาจใช้วิธีเลือกเองหรืออาจมีส่วนร่วมในการเลือก ศึกษาค้นคว้าเอง โดยมีครูเป็นผู้เตรียมแหล่งเรียนรู้ไว้ให้ผู้เรียน ลงมือปฏิบัติเองโดยมีครูเป็นเพียงผู้กำหนดสถานการณ์ให้หรือคอยกระตุ้นแนะนำให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ ตลอดจนประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง
 2. เนื้อหาที่เรียนมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นการเรียนรู้ที่มีความหมายจึงขึ้นอยู่กับสิ่งที่เรียนหรือเนื้อหาที่ครูจะให้ผู้เรียนได้รู้
 3. การเรียนรู้จะประสบความสำเร็จหากผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
 4. สัมพันธภาพที่ดีระหว่างครูกับผู้เรียนและระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนจะส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน
 5. ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกและเป็นแหล่งเรียนรู้ เป็นผู้คอยเสนอแนะ แนะนำแหล่งเรียนรู้ เป็นที่ปรึกษา และจัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวก จัดสถานการณ์ที่เหมาะสมให้ผู้เรียนที่เอื้อต่อการค้นพบและสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน
 6. การพัฒนาประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนหลายๆด้าน ทั้งด้านความรู้ ความคิด ด้านการปฏิบัติและด้านอารมณ์หรือความรู้สึก
 7. ผู้เรียนมีโอกาสมองเห็นความสามารถของตนเอง มีความมั่นใจตนเอง ควบคุมตนเองได้มากขึ้น ตลอดจนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมและมีส่วนร่วมกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้มากขึ้น
 **2. หลักการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**
 ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญยึดหลักดังนี้
 1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ควรเป็นไปอย่างมีชีวิตชีวา โดยผู้เรียนรับผิดชอบต่อการเรียนของตนเองหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
 2. การเรียนรู้เกิดจากแหล่งต่าง ๆ กัน ไม่ใช่จากแหล่งใดแหล่งหนึ่งเพียงแหล่งเดียว
 3. การเรียนรู้ที่ดีจะต้องเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเอง
 4. การเรียนรู้กระบวนการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญเพราะถ้าผู้เรียนมีความรู้และทักษะในกระบวนการเรียนรู้แล้วจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้และคำตอบต่าง ๆ ที่ตนต้องการ
 5. การเรียนรู้ที่มีความหมายแก่ผู้เรียนคือ การเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงหรือในชีวิตประจำวันได้

 **3. ตัวบ่งชี้ของการจัดการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**
 พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544 : 7-9) เสนอว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยพิจารณาจากทั้งผู้เรียนและผู้สอนมีดังนี้
 บทบาทผู้สอน มีดังนี้
 1. ผู้สอนจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนสร้างจากความรู้ใหม่เอง
 2. ผู้สอนให้ผู้เรียนใช้กระบวนการ คือ กระบวนการคิด
 3. ผู้สอนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน คือ มีส่วนทั้งด้านปัญญา กาย อารมณ์และสังคม รวมทั้งให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ทั้งสิ่งมีชีวิตและปฏิสัมพันธ์กับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น หนังสือ สถานที่ต่าง ๆ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น
 4. ผู้สอนสร้างบรรยากาศต่อการเรียนรู้ ทั้งบรรยากาศทางกายภาพและจิตใจหรือให้ผู้เรียนเรียนอย่างมีความสุข
 5. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผล ที่ทักษะกระบวนการ ขีดความสามารถ ศักยภาพของผู้เรียนและผลผลิตจากการเรียนรู้ โดยเน้นการประเมินทางสภาพจริง (Authentic assessment)
 6. ผู้สอนพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (application)
 7. ผู้สอนเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) คือ เป็นผู้จัดประสบการณ์ รวมทั้งสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนใช่เป็นแนวทางสำหรับสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกนั้นมีบทบาท คือ ผู้นำเสนอ (presenter) ผู้สังเกต (observer) ผู้ตาม (asker) ผู้ให้การเสริมแรง (reinforce) ผู้แนะนำ (director) ผู้สะท้อนความคิด (reflector) ผู้จัดบรรยากาศ (atmosphere organizer) ผู้จัดระเบียบ (organizer) ผู้แนะนำ (guider) ผู้ประเมิน (evaluator) ผู้ให้คำชื่นชม (appraiser) และผู้กำกับ (coacher)
 บทบาทผู้เรียน มีดังนี้
 1. ผู้เรียนสร้างความรู้ รวมทั้งสร้างสิ่งประดิษฐ์ด้วยตนเอง
 2. ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการ คือ กระบวนการคิดและกระบวนการกลุ่มสร้างความรู้ด้วยตนเอง

 3. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน และมีปฏิสัมพันธ์
 4. ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข

 5. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้
 **4. หลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**
 การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนสิ่งที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นตัวกำหนดแนวทางให้ครูใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นการออกแบบกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญควรมีลักษณะดังนี้
 1. กิจกรรมการเรียนรู้ต้องเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นคว้า ทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ลงมือปฏิบัติการทดลอง อภิปรายผล จัดกระทำข้อมูล ลงข้อสรุปผลการทดลอง จนได้ค้นพบข้อความรู้
 2. เป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน แลกเปลี่ยนและเรียนรู้ข้อมูลความคิดและประสบการณ์ซึ่งกันและกัน
 3. เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทั้งร่างกาย อารมณ์ ปัญญา และสังคมในการเรียนรู้ให้มากที่สุด
 4. เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการและมีผลงานจากการเรียนรู้
 5. เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
 **5. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**
 การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบผู้เรียนจะมีบทบาทและมีส่วนร่วมในกิจกรรมแตกต่างกัน
 1. รูปแบบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในชั้นเรียน (student-centered teaching) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า ปฏิบัติ หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในชั้นเรียนโดยครูจะเป็นผู้เตรียมเนื้อหา เตรียมกิจกรรมการเรียนการสอน เตรียมอุปกรณ์ สื่อการเรียนทั้งหมด ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมตามที่ครูเตรียมให้ ครูดูแลกำกับให้กิจกรรมสามารถดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ การเรียนการสอนครูจึงเป็นผู้จัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนปฏิบัติจนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ และเนื้อหาที่ครูกำหนด กิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้อาจให้เด็กทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม จับคู่หรือเป็นรายบุคคลก็ได้
 2. รูปแบบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้แหล่งเรียนรู้ (learner-based teaching) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนมอบหมายงานให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้า ทำกิจกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียน จากนั้นอาจนำข้อความรู้ที่ค้นพบมานำเสนอในชั้นเรียน อาจนำเสนอในลักษณะของรายงานก็ได้ การจัดกิจกรรมในลักษณะนี้ครูจะลดบทบาทตนเองลงโดยทำหน้าที่เพียงผู้กระตุ้นหรือมอบหมายงานให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้าเนื้อหาสาระจากแหล่งข้อมูล หรือแหล่งความรู้ต่าง ๆ แล้วจัดทำรายงานส่งครู หรือนำเสนอหน้าชั้นเรียน ครูคอยกำกับ ติดตาม ให้กำลังใจ
 3. รูปแบบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยการเรียนอย่างอิสระ (learner independence teaching) เป็นการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระจากชั้นเรียน โดยผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยไม่จำกัดเวลา สถานที่ หรือจากสื่อต่าง ๆ ที่ครูจัดไว้ หรืออาจเป็นแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้เรียนว่าจะใช้วิธีใดในการศึกษาค้นคว้า

**การสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม** การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมเป็นแนวคิดที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ (construction of knowledge) โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา ของผู้เรียนได้ แต่สามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพเหตุการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการขัดแย้งทางปัญญา หรือเกิดภาวะที่เรียกว่าภาวะไม่สมดุลขึ้นเป็นภาวะที่ไม่พอใจหรือรู้สึกถูกรบกวนซึ่งถือเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนจะต้องพยายามปรับเปลี่ยนข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมหรือข้อมูลที่มีอยู่เดิม ให้เกิดความเหมาะสมและสร้างความรู้ใหม่ การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมหรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เชื่อว่าการพัฒนาศักยภาพของสมองไม่ใช่การให้เด็กเป็นผู้รับอย่างเดียวเท่านั้น แต่ต้องให้ครูและเด็กเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทั้ง 2 ฝ่าย โดยที่ต่างฝ่ายต้องเรียนรู้ซึ่งกันและกันผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อครูผู้สอนเพราะมีการแลกเปลี่ยนระหว่างกันมีการสร้างปฏิสัมพันธ์กันอย่างไม่หยุดนิ่งทั้งสองฝ่ายเพื่อที่จะให้เกิดการเรียนรู้
 แนวคิดของกลุ่ม constructivism มีมุมมองว่าการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนได้มีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนและเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาในโลกก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั่นเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองนี้จะมีความหมายต่อผู้เรียนจะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่ายและสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดี นอกจากนั้นความรู้ที่สร้างขึ้นเองนี้ ยังจะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2542 : 1-2)
 **1. หลักการของ Constructivism**

 แนวคิดของกลุ่ม constructivism พัฒนามาจากทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มปัญญานิยม (cognitive psychology) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของเพียเจต์และออซูเบล โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้
 1. มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความรู้และความรู้ที่มีอยู่จะส่งผลต่อพฤติกรรมและการตีความหมายของสิ่งรอบตัวที่พบ
 2. มนุษย์สามารถควบคุมความคิดความเข้าใจไว้ภายใน ถึงแม้ว่าจะเป็นปัจจัยแวดล้อม หรือมาตรฐาน สังคมจะจำกัดไม่ให้แสดงความรู้สึกที่แท้จริงออกมา
 3. มนุษย์สามารถสร้างหรือพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยพิจาณาทบทวนความหมายของการสื่อสารที่ซับซ้อนได้ จัดการกับการซับซ้อนที่สังเกตเห็น และแสดงบทบาททางสังคมได้
 การได้มาซึ่งความรู้ตามแนวคิด constructivism มีลักษณะดังนี้
 1. ความรู้เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีปัญญา ไม่ใช่เป็นการรับโดยตรงจากสิ่งแวดล้อม
 2. การที่จะได้รู้หรือมีความรู้ เป็นกระบวนการปรับตัวที่จัดกระทำกับประสบการณ์ของแต่ละคน ไม่ใช่การค้นพบโลกที่อยู่นอกความคิดของผู้รู้
 ตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสร้างความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง เป็นไปตามแผนภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 การใช้กระบวนการสร้างความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่
ที่มา : พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544 :9

 **2. กระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม**
 ทฤษฎีสรรคนิยม ได้กล่าวถึงแนวคิดเรื่องความรู้จากกระบวนการเรียนรู้ไว้ดังนี้
 1. การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับความรู้เดิม เมื่อเราเรียนรู้ต่อไปความรู้เดิม (prior knowledge) ก็จะถูกปรับเปลี่ยนไป การปรับเปลี่ยนความรู้ต่าง ๆ ถือว่าเป็นการรับความรู้เข้ามาและเกิดการปรับเปลี่ยนความรู้ขึ้น เด็กจะมีการคิดที่ลึกซึ้งกว่าการท่องจำ เพียงแต่เขาจะต้องเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ใหม่ ๆ ที่ได้มาและสามารถจะสร้างความหมายใหม่ของความรู้ที่ได้รับมานั่นเอง
 บางครั้งเราคิดว่าถ้าเรามีหลักสูตรที่ดีพอและเต็มไปด้วยข้อมูลที่สามารถให้กับผู้เรียนได้มากที่สุดเท่าที่เราจะทำให้ได้แล้ว ผู้เรียนก็จะสามารถเรียนรู้ได้เองและเติบโตไปเป็นผู้มีการศึกษา แต่ทฤษฎี constructivism กล่าวว่า หลักสูตรอย่างนั้นไม่ได้ผล นอกจากว่าผู้เรียนได้เรียนแล้วสามารถคิดเองและสร้างมโนภาพความคิดด้วยตนเอง ทั้งนี้เพราะการให้ข้อมูลกับผู้เรียนไม่ทำให้การเรียนรู้เกิดขึ้นได้เพราะการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสมองของคนเรามีกระบวนการสร้างความสัมพันธ์กับสิ่งกระตุ้นแล้วนำมาทำความเข้าใจว่าเป็นอย่างไร รวมทั้งต้องนำมาสร้างความรู้ ความรู้สึกและมโนภาพของเราเองด้วย
 ดังนั้นถ้าพูดถึงระบบการศึกษาแบบที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไม่ได้หมายความว่ามีอุปกรณ์แล้วเราละทิ้งให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองเพียงอย่างเดียว แต่การศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือผู้เรียนจะเป็นผู้มีความสำคัญที่สุดหมายความว่าผู้เรียนจะต้องเข้าไปมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กันกับสิ่งกระตุ้น สิ่งกระตุ้นในที่นี้ หมายถึง ครูผู้สอนหรือสิ่งแวดล้อมที่จะไปกระตุ้นผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากที่จะช่วยชี้แนะแนวทางการคิดให้กับผู้เรียน นอกจากนี้การสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งกระต้นต่าง ๆ จะทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างเป็นความรู้ขึ้นในสมอง
 2. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนแก้ปัญหาหรือสืบเสาะเพิ่มเติมเพื่อลดความขัดแย้งทางความคิดของตนเอง วิธีการที่เราสามารถทำให้ผู้เรียนอยากจะเรียนรู้คือมีตัวกระตุ้นที่ทำให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัยอยากรู้และผู้เรียนต้องมีเป้าหมายและจุดประสงค์ที่อยากจะเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ทั้งนี้เพราะว่าเวลาคนเราสงสัยเกี่ยวกับอะไรก็มักจะเกิดข้อคำถามที่ไม่สามารถตอบได้ขึ้นมาซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นตัวกระตุ้น เป็นเป้าหมายที่จะทำให้ต้องเรียนรู้เพื่อที่จะตอบคำถามนั้นให้ได้
 ดังนั้นครูจึงต้องพยายามดึงจุดประสงค์ความต้องการและเป้าหมายของผู้เรียนออกมาให้ได้ อาจจะโดยกำหนดหัวข้อหรือพูดคร่าวๆว่าเราจะศึกษาหรือเรียนรู้อะไรบ้าง เช่น ในเรื่องเกี่ยวกับการเดินทางเข้าเมือง ให้ผู้เรียนตั้งเป้าหมายว่าเขาต้องการที่จะเรียนรู้อะไร มีคำถามถึงอะไรบ้าง ซึ่งเป้าหมายจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนและทำให้ผู้เรียนพยายามที่จะเข้าไปสู่เป้าหมายนั้น และมีความเข้าใจถึงสิ่งที่เกิดขึ้น

 3. การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความหมายและตรวจสอบความเข้าใจของตน โดยทั่วไปผู้เรียนจะสร้างความหมายจากสิ่งที่ตัวเองรับรู้ตามประสบการณ์เดิมของตน ความหมายที่ผู้เรียนสร้างขึ้นอาจสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับความหมายที่ผู้เชี่ยวชาญสาขานั้นยอมรับก็ได้ ตามแนวคิดนี้ถือว่าความหมายที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด แต่เรียกว่าไม่สอดคล้องกับความหมายที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับในขณะนั้นเรียกว่ามโนทัศน์คลาดเคลื่อน การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดนี้จึงเน้นให้นักเรียนและบุคคลที่แวดล้อมนักเรียน ตรวจสอบความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นในขณะที่มีการเรียนการสอนหากพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ครูในฐานะที่เป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกในการเรียนของนักเรียนจะต้องจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีโอกาสได้พิจารณาตรวจสอบมโนทัศน์ของตนเองอีกครั้ง โดยครูอาจต้องจัดกิจกรรมในการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้สอดคล้องกับความรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ ยอมรับ

 4. การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม นักการศึกษาหลายท่านอธิบายการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้ว่า เกิดจากการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคมซึ่งอธิบายผลจากการร่วมมือกันทางสังคมไว้ว่าความรู้สามารถถ่ายโอนจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคลหนึ่งได้ แต่การแลกเปลี่ยนและสะท้อนความคิดให้เห็นแก่กันและกัน การให้เหตุผลกับความคิดเห็นของตนเองหรือโต้แย้งความคิดเห็นของบุคคลอื่นทำให้นักเรียนได้มีโอกาสพิจารณากระบวนการคิดของตนเองเปรียบเทียบกับกระบวนการคิดของผู้อื่น ทำให้มีการเจรจาต่อรองเกี่ยวกับการสร้างความหมายของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนได้

 5. การเรียนรู้เป็นกระบวนการกำกับตนเองของนักเรียน นักการศึกษาเชื่อว่าการกำกับตนเอง (self-regulation) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ ตามแนวคิดทฤษฎีนี้ผู้เรียนต้องรับผิดชอบเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองด้วยการทำให้การเรียนรู้นั้นเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย คือเข้าใจเรื่องที่เรียนได้อย่างลึกซึ้งจนสามารถสร้างความหมายของสิ่งนั้น ๆ ได้ด้วยตนเอง รวมทั้งสามารถนำความรู้และกระบวนการเรียนรู้ไปใช้ในบริบทอื่นได้ เป็นความรับผิดชอบของนักเรียนที่ต้องทำความเข้าใจมโนทัศน์เฉพาะของเรื่องที่เรียนว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในลักษณะที่เป็นองค์รวม

 สรุปลักษณะการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม คือ นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ หรือความหมายของสิ่งที่รับรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง โดยนักเรียนแต่ละคนอาจสร้างความหมายของสิ่งที่รับรู้แตกต่างกันตามความรู้เดิมของแต่ละคน การสร้างความรู้ของนักเรียนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกับกระบวนการอื่น ๆ อย่างน้อย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการกำกับตนเอง กระบวนการทางสังคม และกระบวนการสืบเสาะ

 เนื่องจากทฤษฎี constructivism ไม่ใช่วิธีสอน จึงใช้การตีความจากทฤษฎีแล้วจึงนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมจึงมีหลากหลายซึ่งสามารถประมวลได้ดังนี้

 1. กระตุ้นให้นักเรียนใช้มุมมองที่หลากหลายในการนำเสนอความหมายของมโนทัศน์

 2. นักเรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมายและจุดมุ่งหมายการเรียนของตนเองหรือจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนเกิดจากการเจรจาต่อรองระหว่างนักเรียนกับครู

 3. ครูแสดงบทบาทเป็นผู้ชี้แนะ ผู้กำกับ ผู้ฝึกฝน ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนของนักเรียน

 4. จัดบริบทของการเรียนเช่น กิจกรรม โอกาส เครื่องมือ สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมวิธีการคิดและการกำกับเกี่ยวกับการรับรู้ของตนเอง

 5. นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้และกำกับการเรียนรู้ของตนเอง

 6. จัดสถานการณ์การเรียน สภาพแวดล้อม ทักษะ เนื้อหา และงานที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนตามสภาพที่เป็นจริง

 7. ใช้ข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิเพื่อยืนยันตามสภาพการณ์ที่เป็นจริง

 8. เสริมสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการเจรจาต่อรองทางสังคมและการเรียนรู้ร่วมกัน

 9. พิจารณาความรู้เดิม ความเชื่อ ทัศนคติ ของนักเรียนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

 10 ส่งเสริมการแก้ปัญหา ทักษะการคิดระดับสูงและความเข้าใจเรื่องงที่เรียนอย่างลึกซึ้ง

 11. นำความผิดพลาด ความเชื่อที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้

 12. ส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาความรู้อย่างอิสระ วางแผนและการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุ

เป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง

 13. ให้นักเรียนได้เรียนรู้งานที่ซับซ้อน ทักษะ และความรู้ที่จำเป็นจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

 14. ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ของเรื่องที่เรียน

 15. อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยให้คำแนะนำหรือให้ทำงานร่วมกับผู้อื่น

 16. วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามสภาพที่เป็นจริงขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน
 **3. บรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม**
 แม้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมที่ช่วยส่งเสริมการสร้างความรู้นอกจากการเตรียมการในเรื่องของวัสดุ หรือวิธีการที่ดีแล้ว แต่ก็อาจไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ที่ดี ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนอีกประการหนึ่งก็คือ บรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ดี ควรมีส่วนประกอบ 3 ประการ (ทิศนา แขมณี, 2547 : 97-98) ดังนี้
 1. เป็นบรรยากาศที่มีทางเลือกหลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีความชอบและความสนใจไม่เหมือนกัน การมีทางเลือกที่หลากหลายหรือการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำในสิ่งที่สนใจจะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดการทำและการเรียนรู้ต่อไป
 2. เป็นสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างความรู้ เช่น มีกลุ่มคนที่มีความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกัน การสร้างสรรค์ผลงานและความรู้ รวมทั้งการพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย
 3. เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเอง บรรยากาศที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

 **4. ขั้นตอนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม**
 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนว constructivism มีขั้นตอน ดังนี้
 1. ขั้นนำ (orientation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียน
 2. ขั้นล้วงความคิดหรือทบทวนความรู้เดิมที่มีอยู่ (elicitation of the prior knowledge) เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสดงออกถ้าความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน วิธีการให้ผู้เรียนแสดงออก อาจทำได้โดยการอภิปรายกลุ่ม การให้ผู้เรียนออกแบบโปสเตอร์ หรือให้ผู้เรียนแสดงความเข้าใจที่เขามีอยู่ ผู้เรียนอาจเสนอความรู้เดิมด้วยตัวเทคนิคผังกราฟิก (graphic organizer) ขั้นนี้ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) หรือเกิดภาวะไม่สมดุล (unequilibrium)
 3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด (turning restructuring of ideas) นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญหรือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนแบบ constructivism ขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน ดังนี้
 3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันและกัน (clarification and exchange of ideas) ผู้เรียนจะเข้าใจได้ดีขึ้น เมื่อได้พิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนเองกับของคนอื่น ผู้สอนจะมีหน้าที่อำนวยความสะดวก เช่น กำหนดประเด็กกระตุ้นให้คิด

 3.2 การสร้างความคิดใหม่ (construction of new ideas) จากการอภิปรายและการสาธิต ผู้เรียนจะเห็นแนวทางแบบวิธีการที่หลากหลายในการตีความปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์แล้วกำหนดความคิดใหม่ หรือความรู้ใหม่

 3.3 ประเมินความคิดใหม่ (evaluation of the new ideas) โดยการทดลองหรือการคิดอย่างลึกซึ้ง ผู้เรียนควรหาแนวทางที่ดีที่สุดในการทดสอบความคิดหรือความรู้ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนอาจจะรู้สึกไม่พึงพอใจความคิดความเข้าใจที่เคยมีอยู่ เนื่องจากหลักฐานการทดลองสนับสนุนแนวคิดใหม่มากกว่า

 4.  ขั้นนำความคิดไปใช้ (application of ideas)เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย เป็นการแสดงว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย การเรียนรู้ที่ไม่มีการนำความรู้ไปใช้เรียกว่า เรียนหนังสือไม่ใช่เรียนรู้

 5.  ขั้นทบทวน (review)เป็นขั้นตอนสุดท้าย ผู้เรียนจะได้ทบทวนว่า ความคิด ความเข้าใจของเขาได้เปลี่ยนไป โดยการเปรียบเทียบความคิดเมื่อเริ่มต้นบทเรียนกับความคิดของเขาเมื่อสิ้นสุดบทเรียน ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างด้วยตนเองนั้นจะทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) ปรากฏในช่วงความจำระยะยาว (long-term memory) เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้เรียนสามารถจำได้ถาวรและสามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพราะโครงสร้างทางปัญญาคือกรอบของความหมาย หรือแบบแผนที่บุคคลสร้างขึ้น ใช้เป็นเครื่องมือในการตีความหมาย ให้เหตุผลแก้ปัญหา ตลอดจนใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่ นอกจากนี้ยังทบทวนเกี่ยวกับความรู้สึกที่เกิดขึ้น ทบทวนว่าจะนำความรู้ไปใช้ได้อย่างไร และยังมีเรื่องใดที่ยังสงสัยอยู่อีกบ้าง

**การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ** การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ(inquiry learning) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญวิธีหนึ่งที่จะให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นผู้จัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้และสิ่งเร้าต่าง ๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ใช้กระบวนการสังเกตจนเกิดปัญหาโดยครูจะกระตุ้นผู้เรียนด้วยวิธีตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนสืบเสาะหาสาเหตุของปัญหา โดยการอธิบายแล้วหาทางพิสูจน์ว่าการอธิบายนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยการกำหนดสมมติฐาน ลงมือทำการทดลองสรุปผลด้วยตนเอง ครูต้องมีการเตรียมตัวล่วงหน้ามาเป็นอย่างดีในการเรียงลำดับเนื้อหา โดยบทบาทของครูขณะทำกิจกรรมจะทำหน้าที่ในการใช้คำถามในการกระตุ้นผู้เรียน ผู้เรียนจะทำหน้าที่ในการวางแผนแก้ปัญหาเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะผลให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
 วิธีการสอนแบบสืบเสาะเป็นวิธีการสอนที่อยู่บนรากฐานของการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมเป็นแนวคิดที่เน้นให้ผู้เรียนเน้นสร้างความรู้ใหม่ ประดิษฐ์สิ่งใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กิจกรรมเป็นสำคัญ ความรู้ที่ได้เด็กเป็นผู้สร้างเอง ครูไม่สามารถสร้างความรู้นั้นในสมองเด็กได้ ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรเป็นความจำระยะยาวที่เด็กจะจำได้นาน ครูจะเป็นเพียงผู้จัดประสบการณ์เท่านั้น การสอนแบบสืบเสาะอาจมีชื่ออีกกันหลายชื่อ เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสืบเสาะแต่ทั้งนี้จะยึดการจัดการเรียนการสอนและปรัชญาและแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน
 **1. องค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนแบบสืบเสาะ**
 การสอนแบบสืบเสาะจะประสบความสำเร็จลงได้ ทั้งครูและผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตนเอง ครูจะต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนของตนเอง จากผู้บอกความรู้มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ผู้เรียนต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตนเองด้วยเช่นกัน จากผู้ที่คอยรับความรู้จากครูมาเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นทั้งครูและผู้เรียนจึงถือเป็นองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญทั้งครูและผู้เรียน
 ครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวก มีหน้าที่ดังนี้
 1. เป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด โดยการตั้งคำถาม กำหนดปัญหาให้ผู้เรียนคิด และให้วางแผนแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนการสรุปผล เป็นการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง
 2. เป็นผู้ให้การเสริมแรงเพื่อเป็นการให้กำลังใจผู้เรียนเมื่อเกิดปัญหาหรือรางวัล เช่น การติชม เพื่อให้ผู้เรียนอยากที่จะทำงานจนประสบผลสำเร็จละได้คุณภาพที่ดีอันส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดความต่อเนื่อง
 3. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยการบอกข้อดีข้อบกพร่องของการทำกิจกรรมแก่ผู้เรียน
 4. เป็นผู้แนะนำและกำกับ โดยเป็นผู้แนะนำให้ผูเรียนได้เกิดความคิดและคอยกำกับให้ผู้เรียนออกนอกลู่นอกทาง

 5. เป็นผู้จัดระเบียบ จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียน ตลอดจนการเตรียมอุปกรณ์ การสอนและสื่อการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน
 ผู้เรียนในฐานะที่เป็นผู้วางแผนการเรียนและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีหน้าที่ดังนี้
 1. ปฏิบัติการทดลอง การวางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหา โดยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 2. เป็นผู้นำและผู้ตามในกลุ่มตนเอง
 3. ตั้งคำถาม คิด ลงมือทำและจดบันทึกข้อมูลด้วยตนเอง
 **2. กระบวนการที่ใช้ในการเรียนแบบสืบเสาะ**
 การเรียนแบบสืบเสาะเป็นการเรียนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้สืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้เป็นเครื่องมือที่สำคัญ อันประกอบไปด้วย
 1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) หมายถึงลำดับขั้นตอนของการกระทำเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา โดยเริ่มตั้งแต่ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ทำการสังเกต ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน ลงมือทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน อาจมีการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้ วิเคราะห์หรือสรุปผล
 2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การแก้ปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถ และความชำนาญในการคิด เพื่อค้นหาความรู้และการแก้ไขปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่ใช้ในกระบวนการคิด ถือเป็นกระบวนการทางปัญหาซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

 2.1 ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ เหมาะสำหรับนักเรียนระดับการศึกษาปฐมวัย และประถมศึกษา ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต (observing) ทักษะการวัด (measuring) ทักษะการจำแนกหรือทักษะการจัดประเภทสิ่งของ (classifying) ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา (using space / relationship) ทักษะการคำนวณและการใช้จำนวน (using numbers) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (comunication) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (inferring) และทักษะการพยากรณ์ (predicting)

 2.2 ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ เหมาะสำหรับ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมุติฐาน (formulating hypthesis) ทักษะการควบคุมตัวแปร (controlling variables) ทักษะการตีความและลงข้อสรุป (interpreting data) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) และทักษะการทดลอง (experimenting)
 3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) เป็นพฤติกรรมสำคัญในการค้นหาคำตอบที่มีเหตุผล เป็นพฤติกรรมที่มีอยู่ในตัวนักวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการค้นคว้าหาคำตอบอย่างมีเหตุผล เสาะแสวงให้ได้คำตอบของปัญหาและข้อสงสัย
 นอกจากนี้กระบวนการในการจัดการเรียนการสอนและปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและผู้เรียนยังมีส่วนช่วยในการเรียนแบบสืบเสาะ การเรียนจะต้องมีการอภิปรายระหว่างครูกับผู้เรียนโดยครูมุ่งเน้นการใช้คำถาม ทั้งคำถามขั้นต่ำและคำถามขั้นสูง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐานออกแบบวิเคราะห์ ตลอดจนสรุปผล ซึ่งการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ จะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ การอภิปรายนำไปสู่การทดลอง (โดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่สร้างขึ้น) การทดลอง และการอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง
 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ เริ่มตั้งแต่การสร้างสถานการณ์ การอภิปรายสถานการณ์ ลงมือทำการทดลอง อภิปรายและสรุปผลการทดลอง ซึ่งในแต่ละขั้นมีวิธีการดังนี้
 1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่จะสอน สถานการณ์ที่สร้างควรเป็นสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัว ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน การสร้างสถานการณ์อาจใช้วาจา เช่น กรอภิปราย การสนทนา การซักถาม การเล่าเหตุการณ์ หรืออาจมีการใช้อุปกรณ์ ประกอบการใช้วาจา เช่น การใช้รูปภาพ แผ่นภาพ ภาพยนตร์ ฟิล์มสคริป ภาพโปร่งใส สไลด์ ตัวอย่างของจริง หุ่นจำลอง เป็นต้น
 2. ตั้งคำถามที่จะใช้ประกอบการอภิปราย เพื่อนำไปสู่แนวทางหาคำตอบของปัญหาข้างต้น คำถามที่ตั้งต้องอาศัยสถานการณ์หรือปัญหาที่สร้างขึ้นเป็นหลัก โดยตั้งคำถามเป็นชุดต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน และชุดคำถามนี้ต้องสามารถนำผู้เรียนไปสู่การคาดคะเน คำตอบที่อาจเป็นไปได้
 3. คำถามเพื่อดำเนินไปสู่การออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยให้ผู้เรียนระบุวิธีและทำการทดลองตลอดจนบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง
 4. ตั้งคำถามที่จะใช้ในการอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง การตั้งคำถามต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลัก และควรมีคำถามที่ฝึกให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้นี้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.2

ภาพที่ 5.2 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ

ที่มา : ปรับปรุงจาก Carin, Bass, & Contant, 2005, p. 21

 นอกจากนี้ การที่ครูให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ครูจึงควรมีบทบาทที่สำคัญ ที่จะช่วยในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน สรุปได้ดังนี้
 1. จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ สำหรับการใช้ทดลอง
 2. แนะนำเรื่องความปลอดภัยในการใช้ห้องปฏิบัติการ
 3. ทำการทดลองด้วยตนเองก่อน
 4. บอกจุดมุ่งหมายของบทเรียน
 5. จัดทำคำแนะนำในการสำรวจย่างย่อๆในแต่ละครั้ง หรือช่วยอธิบายขั้นตอน และวิธีปฏิบัติในการเรียนแต่ละครั้ง

 6. แนะนำการใช้อุปกรณ์ หรือสารเคมีบางชนิด เพื่อให้เกิดความปลอดภัย หรืออาจมีการสาธิตก่อนการทดลองใช้ก็ได้
 7. ขณะที่ผู้เรียนปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนต้องคอยดูแลให้คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น หรือถ้าผู้เรียนเกิดปัญหา อาจใช้คำถามเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบและต้องคอยสังเกตดูแลความปลอดภัยขณะทดลองด้วย
 8. ประเมินผลการปฏิบัติการทดลองของผู้เรียน โดยอาจเป็นผู้นำอภิปรายผลหลังการทดลองก็ได้
 9. สรุปผลการเรียนทุก ๆ ด้าน

 **3. ประเภทของการสืบเสาะ**
 การสอนแบบสืบเสาะที่อาศัยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on activity) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

 แบบที่ 1 structure inquiry เป็นการสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาให้กับนักเรียน กำหนดขั้นตอนในการทดลอง และการจัดกระทำข้อมูล นักเรียนเป็นผู้แปลความหมายและสรุปด้วยตนเอง

 แบบที่ 2 guided inquiry เป็นการการสืบเสาะแบบนำ ที่ครูกำหนดปัญหาให้ ครูให้

คำปรึกษาหารือ หรือแนะนำวิธีการทดลองและการจัดกระทำข้อมูลนักเรียน นักเรียนเป็นผู้แปลความหมาย และสรุปด้วยตนเอง

 แบบที่ 3 open inquiry เป็นการสืบเสาะแบบเปิดกว้าง ที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วิธีการแก้ปัญหา การจัดกระทำข้อมูล ตลอดจนการแปลความหมายข้อมูลและสรุปด้วยตนเอง นักเรียนทำการสืบเสาะคล้ายกับการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์
 ส่วนคาร์ริน แบสส์ และคอนแทนท์ (Carin, Bass & Contant, 2004 : 21) ได้แนวคิดวิธีการสืบเสาะเป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและผู้เรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้
 แบบที่ 1 guided discovery เป็นวิธีให้ผู้เรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง วิธีนี้ครูและผู้เรียนมีบทบาทเท่าเทียมกันโดยการเตรียมปฏิบัติทดลองไว้แล้วเป็นระดับที่ง่ายที่สุด
 แบบที่ 2 less guided discovery เป็นวิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้วางแผน วิธีนี้ครูมีบทบาทลดลงเมื่อเทียบกับวิธีในข้อ 1 ผู้เรียนมีบทบาทมากขึ้นซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่าแบบที่ 1
 แบบที่ 3 free discovery เป็นวิธีสืบเสาะที่ผู้เรียนเป็นผู้เรียนวางแผนเอง วิธีนี้ผู้เรียนมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย เป็นระดับที่ซับซ้อนและยากที่สุด
 สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545 : 137) ได้แบ่งประเภทของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ออกเป็น 3 ประเภท คือ

 แบบที่ 1 passive inquiry การสอนแบบนี้ผู้สอนจะเป็นผู้ถามนำโดยมีผู้เรียนเป็นฝ่ายตอบเป็นส่วนใหญ่แต่ผู้สอนก็จะพยายามกระตุ้นเตือนให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถามอยู่เสมอ สรุปคือ ผู้สอนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม 90% ผู้เรียนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม 10% การสอนประเภทนี้เหมาะสำหรับการเริ่มสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นครั้งแรก หรือในช่วง 3 เดือนแรก เพราะผู้เรียนในระบบการศึกษาไทยยังไม่คุ้นเคยกับการเป็นผู้ซักถาม

 แบบที่ 2 combined inquiry การสอนแบบนี้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนจะเป็นผู้ถามคำถาม คือผู้สอนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม 50% และผู้เรียนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม 50% การสอนชนิดนี้ใช้ในโอกาสที่ผู้เรียนเริ่มคุ้นเคยกับการซักถามผู้สอนมากขึ้น ซึ่งจะเป็นช่วงที่ผู้สอนได้ฝึกผู้เรียนให้ตั้งคำถามแบบเสาะมานานประมาณ 3 เดือน ข้อควรระวังในการส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถาม คือ ให้ผู้เรียนคิดก่อนการถามผู้สอนและหลักสำคัญคือ ผู้สอนพยายามไม่ให้คำ ตอบแต่จะส่งเสริมหรือถามต่อเพื่อให้ผู้เรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่

 แบบที่ 3 active inquiry การสอนแบบนี้ผู้เรียนจะเป็นผู้ถามและตอบเป็นส่วนใหญ่ ผู้สอนมีหน้าที่แนะแนวหรือเน้นจุดสำคัญที่ผู้เรียนมองข้ามไปโดยไม่ได้อธิบายอย่างเพียงพอ การสอนชนิดนี้ผู้เรียนมีความชำนาญในการใช้คำถามแบบสืบสวนสอบสวนแล้วผู้เรียนจึงสามารถตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่

 กล่าวโดยสรุปแล้วการสอนแบบสืบเสาะที่ใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ วิธีให้ผู้เรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง หรือปฏิบัติกิจกรรม วิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้วางแผน และวิธีสืบเสาะที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง
 1. วิธีให้ผู้เรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง หรือปฏิบัติกิจกรรม (guided inquiry) เป็นวิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือไว้เรียบร้อย ผู้เรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลองทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสืบเสาะที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป ลำดับขั้นตอนการสอนมีวิธีดังนี้ คือ
 1. เข้านำเข้าสู่บทเรียน ครูเป็นผู้นำอภิปราย โดยตั้งปัญหาเป็นอันดับแรก
 2. ขั้นอภิปรายก่อนทำกิจกรรมการทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมติฐาน ครูอธิบายหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ว่ามีวิธีการใช้อย่างไร จึงไม่เกิดอันตรายและมีข้อควรระวังในการทดลองแต่ละครั้งอย่างไรบ้าง
 3. ขั้นทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองเอง ทำกิจกรรมพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง
 4. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นของการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลอง ในขณะนี้ครูต้องนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิดหรือหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียน
 2. วิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้วางแผน (teacher planned investigation หรือ less guided inquiry) เป็นวิธีสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาแต่ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การสร้างสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลองโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่า วิธีสอนแบบไม่กำหนดแนวทาง (unstructured laboratory) ลำดับขั้นตอนของการสอนวิธีนี้คือ
 1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหา ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้คำถาม ใช้สถานการณ์จริง โดยการสาธิตเพื่อเสนอปัญหา ใช้ภาพปริศนาหรือภาพยนตร์เพื่อเสนอปัญหา
 2. นักเรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยครูเป็นผู้แนะแนวทางระบุแหล่งความรู้
 3. นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้
 4. รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลร่วมการอภิปรายเพื่อให้ได้ความถูกต้องสมบูรณ์
 3. วิธีสืบเสาะที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง (student planned investigation หรือ Free inquiry หรือ opened inquiry) เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูลดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลด้วยตนเอง วิธีนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น ซึ่งอาจเรียกว่า วิธีสืบเสาะแบบอิสระ (Free discovery) วิธีนี้ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาด้วยตนเอง ดังที่คาร์รินและซันได้ยกตัวอย่างปัญหาที่ครูใช้ถามนักเรียน เช่น
 1. ถ้านักเรียนเป็นครูและกำลังสนใจเลือกหาข้อที่จะศึกษาในภาคเรียนนี้
 2. ปัญหาสำคัญของชุมชนเราที่นักเรียนสนใจศึกษามีอะไรบ้าง
 3. เมื่อนักเรียนประสบปัญหาในชุมชนของเรา เช่น ปัญหามลพิษทางเสียง มลพิษทางอากาศ นักเรียนต้องการอภิปรายเรื่องอะไร
 4. นักเรียนได้เรียนศึกษาอิทธิพลของความร้อน สารเคมี เสียงและความเข้มของแสงที่มีต่อพฤติกรรมการเจริญเติบโตของหนอนผีเสื้อมาแล้ว มีปัญหาใดเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ที่นักเรียนสนใจจะศึกษาอาจศึกษาเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้
 เมื่อนักเรียนกำหนดปัญหาได้แล้วดำเนินการแก้ปัญหา ตลอดจนสรุปผลด้วยตนเอง ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มก็ได้ โดยมีครูเป็นที่ปรึกษา กระตุ้นและให้กำลังใจเท่านั้น
 **4. ลักษณะและจุดมุ่งหมายของการสอนแบบสืบเสาะ**
 ลักษณะที่สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะเป็นการสอนที่มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญเพื่อให้ผู้เรียนมีความคิดและแก้ปัญหาได้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ลักษณะของการเรียนแบบสืบเสาะควรมีลักษณะดังนี้
 1. กระบวนการเรียนการสอนเน้นการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตและอธิบาย
 2. ทำนายและควบคุมสถานการณ์ที่เป็นปัญหา นักเรียนช่วยกันอภิปรายหัวข้อปัญหาเพื่อหาสาเหตุและเพื่อหาทางแก้ปัญหานั้น
 3. การเรียนเน้นการใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า ตลอดจนการใช้ความคิดไตรตรองหาเหตุผล
 4. การเรียนรู้เน้นให้เกิดความคิดในเชิงวิเคราะห์ สังเคราะห์ การมีจิตวิญญาณ การแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล มีความคิดในทางสร้างสรรค์และเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม
 5. การเรียนรู้ยึดตัวผู้เรียนและกระบวนการคิดและการกระทำเป็นศูนย์กลาง
 6. ในการเรียนการสอนผู้เรียนเป็นผู้ซักถาม อภิปรายและลงมือกระทำเป็นส่วนใหญ่ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นด้วยคำถาม

 7. ครูและนักเรียนช่วยกันตั้งคำถามส่วนใหญ่นักเรียนตั้งถามแล้วหาคำตอบด้วยตนเอง
 8. นักเรียนเป็นผู้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ค้นพบกฎเกณฑ์ด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่
 9. นักเรียนผลัดกันเป็นผู้นำ ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ
 10. นักเรียนเป็นผู้คิด เป็นผู้กระทำและเป็นผู้จดบันทึกความรู้ที่ค้นพบ
 การสอนแบบสืบเสาะมีจุดมุ่งหมายสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแสวงหาความรู้และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งให้ผู้เรียนมีทักษะในการสืบเสาะแก้ปัญหาและได้คำตอบของปัญหานั้นๆ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้เรียนที่เรียนโดยกระบวนการสืบเสาะจะต้องเป็นผู้ที่มีลักษณะดังนี้
 1. สามารถสังเกตและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าอย่างละเอียดถูกต้อง ทั้งปริมาณและคุณภาพ ละเอียดรอบคอบในการสังเกต เปรียบเทียบปรากฏการณ์ต่าง ๆ จนสามารถระบุปัญหาที่พบเห็นได้
 2. สามารถอธิบายเหตุแห่งปัญญา ในรูปแบบของความสัมพันธ์เชิงเหตุผล อันจะนำไปสู่การตั้งสมมติฐานได้
 3. สามารถตั้งสมมติฐานเชิงทำนายจากทฤษฎีและสมมติฐานและสามารถออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานตามวิธีการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ ตลอดจนสามารถทำนายปรากฏการณ์ใหม่ ด้วยหลักการที่พบหรือเรียนรู้
 4. สามารถนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ที่เรียนรู้หรือค้นพบด้วยตนเองไปประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์
 ดังนั้นการสอนแบบสืบเสาะจึงให้ประโยชน์แก่ผู้เรียนดังนี้
 1. ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาและกระบวนการแสวงความรู้
 2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
 3. ช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน
 4. ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการแสวงหาความรู้จากภายในมากกว่าภายนอก

 **5. ขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะ**
 ขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

 1. ขั้นเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ ผู้สอนจัดสร้างสถานการณ์ที่จะให้ผู้เรียนเผชิญเพื่อเป็นการกระตุ้นการสืบเสาะ อาจเป็นคำพูด คำถาม กิจกรรม หรือเป็นการทดลองก็ได้

 2. ขั้นคิดค้นสืบเสาะ ขั้นนี้อาจใช้คำถาม คำตอบติดต่อกันไปหรือทำการทดลองใหม่ ศึกษาข้อมูลใหม่ หรือผสมผสานวิธีการต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

 3. ขั้นสรุปความคิดที่ค้นพบใหม่ เป็นการสรุปหรือขยายหรือสร้างความคิดรวบยอดขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นความรู้ที่พบขั้นสุดท้าย

 สุวัฒก์ นิยมค้า (2531 : 125) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะที่มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

 1. ครูกำหนดปัญหา

 2. เสนอแนะวิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

 3. ให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูล

 4. เมื่อรวบรวมข้อมูลเสร็จแล้ว นักเรียนจัดกระทำข้อมูลโดยใช้ตารางหรือกราฟตามที่ครูบอก

 5. ตั้งคำถามที่ต้องการไว้ แล้วให้นักเรียนตอบโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้น

 6. ให้นักเรียนสรุปคำตอบของปัญหา แล้วอภิปรายหน้าชั้นเรียน

 ผดุงยศ ดวงมาลา (2530 : 124-125) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ ที่แบ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและการตั้งสมมติฐาน (orientation and hypothesis) ปัญหาคือสิ่งที่จะต้องศึกษาเพื่อให้ได้คำตอบ เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่ต้องจัดสถานการณ์ กิจกรรมหรือเงื่อนไขที่ทำให้เกิดปัญหาข้อข้องใจ (conceptual conflicts) ขึ้นในตัวผู้เรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียนสืบเาะต่อไปว่าอะไรคือปัญหา หรือปัญหานั้นจะอธิบายว่าอย่างไร ในขั้นนี้ต้องให้ผู้เรียนคิดพิจารณาหรือใช้ทักษะการสังเกตพิจารณาสภาพของปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาในเบื้องต้น

 2. ขั้นสำรวจค้นคว้าหรือขั้นปฏิบัติการ (exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องค้นหาเหตุผล หาข้อมูล เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้วิธีการหลายวิธีรวมทั้งการสอบถามจากผู้สอนด้วย ครูต้องไม่ตอบปัญหาหรือบรรยายให้ฟัง หากจำเป็นต้องตอบปัญหาโดยไม่มีทางเลี่ยงให้ใช้วิธีรุกคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

 3. ขั้นอภิปรายและสรุปผล (discussion and conclusion) เมื่อรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ ค้นคว้าหรือปฏิบัติการแล้ว ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอภิปรายถึงผลที่ได้เพื่อโยงไปสู่สมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าเป็นความจริงมากน้อยเพียงใด หากสมมติฐานนั้นเป็นจริงก็ให้สรุปเป็นหลักการต่อไป

 4. ขั้นการนำไปใช้ (application) เมื่อสรุปเป็นมโนมติหรือหลักการต่าง ๆ แล้วผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดว่าสิ่งที่สืบเสาะได้นั้นจะนำไปใช้อย่างไร หรือนำไปผสมผสานกับความรู้อื่นๆ ที่ได้เรียนมาแล้วให้เป็นโครงสร้างของความรู้ใหม่ได้อย่างไร

 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอการสอนแบบสืบเสาะที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ ไว้ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2545 : 146-148) 1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่เน้นปัญหาขึ้น เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรืออาจเกิดการการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นน่าสนใจ ครูอาจศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา
 เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้ประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการตรวจสอบอย่างหลากหลาย สถานการณ์ที่ขั้นปัญหาควรเป็นสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน
 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจคำตอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป
 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่นบรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

 4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น
 5. ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ
 การนำความรู้ไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆจะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ต่อไป

ภาพที่ 5.3 แสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (กรมวิชาการ, 2544 : 220)

 **6. สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการสอนแบบสืบเสาะ**
 จากเงื่อนไขและขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะที่ส่งเสริมการสร้างความรู้ของผู้เรียน สิ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้การสอนแบบสืบเสาะมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการสอน ได้แก่ การจัดเตรียมสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยครูผู้สอนจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สถานการณ์หรือปัญหาจะต้องนำไปสู่เป้าหมายตามจุดประสงค์ในแต่ละเรื่องได้ การใช้คำถามกระตุ้นของผู้สอนที่ให้ผู้เรียนได้เกิดข้อสงสัยแสวงหาคำตอบ ควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่จะใช้ในการแสวงหาคำตอบของปัญหา หรือที่จะใช้ในการทดลอง ตลอดจนความเข้าใจในบทบาทของครูผู้สอนในการสอนแบบสืบเสาะ
 1. การเตรียมสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความสงสัย
 การเตรียมสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความสงสัย ถือเป็นบทบาทหน้าที่ของผู้สอนในการคิดและจัดเตรียมมาเป็นอย่างดี เพื่อนำผู้เรียนไปสู่การแก้ปัญหา เพราะเมื่อสถานการณ์ที่ครูต้องเตรียมมา ก่อให้เกิดความสงสัย และทำให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นและค้นหาคำตอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นเหตุการณ์ลึกลับ คาดไม่ถึงและผู้เรียนไม่รู้จักมาก่อน แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการสร้างความรู้ใหม่ สถานการณ์ที่เสนอให้ผู้เรียนจะต้องอยู่ในสื่อที่ผู้เรียนสามารถค้นพบได้ ผู้สอนไม่ควรเลือกสถานการณ์ที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ขั้นสูงเกินไป

 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความสงสัย ดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 แสดงขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความสงสัย

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 : 67.

 จากภาพที่ 5.4 ครูให้ผู้เรียนสังเกตการทดลองตามรูปภาพ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

 1. ภาพ ก. เหตุใดเทียนไขจึงดับ (เพราะอากาศที่เทียนไขใช้ลุกไหม้หมดไป)

 2. ภาพ ข. เหตุใดหนูจึงตาย (เแก๊สที่หนูใช้ในการหายใจหมดไป)

 3. ภาพ ค. เหตุใดหนูตายเกือบทันที (เพราะแก๊สที่ใช้ในการหายใจ ถูกนำไปใช้ในการเผาไหม้จนหมด)

 4. ภาพ ง. เหตุใดเทียนไขดับเกือบทันที่ (เพราะแก๊สที่ใช้ในการลุกไหม้ ถูกหนูนำไปใช้ในการหายใจจนหมด)

 จากนั้นครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่าจากการทดลองข้างต้นนี้นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้อย่างไร (สรุปว่าแก๊สที่เทียนไขใช้ในการลุกไหม้ และแก๊สที่หนูใช้ในการหายใจ เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน และเรียกว่า “แก๊สดี” และแก๊สที่ทำให้เทียนไขดับ และแก๊สที่ทำให้หนูตาย เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน และเรียกว่า “แก๊สเสีย”) ซึ่งครูอาจให้ผู้เรียนหาคำตอบต่อว่า จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจะอธิบายได้อย่างไร ซึ่งเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่ผู้เรียนจะต้องใช้การสืบเสาะหาคำตอบ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจะเกี่ยวข้องกับเรื่องการเผาไหม้ ส่วนประกอบของอากาศ เป็นต้น
 นอกจากการจัดสถานการณ์ที่ชวนสงสัยและหน้าที่ของครูผู้สอนจะต้องเตรียมแหล่งเรียนรู้ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน ในการอธิบายเหตุการณ์ที่ปรากฏขึ้น ไม่ว่าจะเป็นหนังสือ เอกสารทางวิชาการหรือรายชื่อ website ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการที่จะหาคำตอบนั้น ๆ แต่สำคัญที่ครูควรคำนึงถึงก็คือ สถานการณ์หรือปัญหาที่ชวนสงสัยนั้น จะต้องเกี่ยวข้องกับประเด็น ของเนื้อหาในการสอนและอยู่ในระดับความสามารถที่ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจได้
 2. การใช้คำถาม ถือเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสอนแบบสืบเสาะ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนหรือเร้าให้ผู้เรียนตั้งคำถาม เพื่อสืบสวนหาสาเหตุของปัญหา คำถามที่ครูใช้ถามเด็กควรเป็นคำถามที่สามารถรวบรวมความคิดหรือขยายความคิดของเด็กได้ เพราะเป็นคำถามที่มีคำตอบมากมาย เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมโดยการคิดอย่างสร้างสรรค์และคิดวิพากษ์วิจารณ์ ซึ่งการใช้คำถามจะสามารถใช้ได้ทั้งการอภิปรายก่อนการทดลอง หลังทำการทดลองลักษณะของคำถามที่ใช้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่เน้นการทดลองและอภิปรายซักถาม สามารถแบ่งออกได้ดังนี้
 1. คำถามที่นำไปสู่การสังเกต เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 เพื่อรับรู้และรวบรวมข้อมูล สำหรับวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาต่อไป
 2. คำถามที่นำไปสู่การอภิปราย เป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้ข้อมูลแปลความหมายจากข้อมูลหรือกราฟ รวมทั้งให้เหตุผลหรือสรุปผลในการตอบคำถามไว้อย่างถูกต้อง คำถามพวกนี้จะส่งเสริมให้ผู้ตอบ เกิดทักษะในการแปลความหมายของข้อมูล การให้เหตุผล และการสรุปผลจากการทดลอง นอกจากนี้ยังให้ผู้สอนทราบว่า เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมากน้อยแค่ไหน
 3. คำถามที่นำไปสู่การทำนายและการสร้างสมมติฐาน คือ การมุ่งให้ผู้ตอบคาดการณ์อย่างมีเหตุผล โดยใช้ความรู้เดิมหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ไปใช้ในการคาดคะเนว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น หากมีการเปลี่ยนแปลงบางสิ่งบางอย่างของสถานการณ์นั้นๆ หรือคำถามที่ผู้ตอบคาดการณ์ เพื่อขยายข้อมูลสรุปในขั้นอธิบายให้กว้างขวางออกไป หรืออาจเป็นคำถามที่กำหนดข้อมูลแล้วให้ผู้ตอบตั้งสมมติฐานจากข้อมูลนั้น
 4. คำถามที่นำไปสู่การออกแบบการทดลองและควบคุมตัวแปรเป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องนำเอากฎเกณฑ์ หรือความสัมพันธ์ หรือข้อมูลมาใช้ในการออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐาน และในการทดลองนั้นๆ มีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ด้วย
 5. คำถามที่นำไปสู่การนำไปใช้ เป็นคำถามที่ผู้ตอบจะต้องนำกฎเกณฑ์ต่าง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในสถานการณ์ใหม่ ๆ หากสถานการณ์นั้น ๆ นักเรียนเคยพบเห็นแล้ว ก็ไม่ถือว่าเป็นคำถามการนำไปใช้

 จากลักษณะของคำตอบข้างต้นจะพบว่า คำถามที่นำไปสู่การสังเกต คำถามที่นำไปสู่การทำนายและตั้งสมมติฐาน คำถามที่นำไปสู่การออกแบบการทดลอง และการควบคุมตัวแปรเป็นคำถามที่ ครูจะต้องใช้ในการสอนแบบสืบเสาะในขั้นของการอภิปรายก่อนการทดลอง ส่วนคำถาม ที่นำไปสู่การอธิบาย และคำตอบที่นำไปสู่การนำไปใช้เป็นคำถามที่ครู มักนำไปใช้หลังจากที่นักเรียนได้ทำการทดลองเสร็จแล้ว การให้คำถามของครูจะต้องเป็นคำถามที่ผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้ เป็นคำถามระดับลึก หรือต้องการคำตอบเกี่ยวกับความคิดริเริ่ม การวิเคราะห์และความเข้าใจมากกว่าจะเป็นคำถามที่ต้องการคำตอบ เพียงสั้นๆ ว่าใช่หรือไม่ใช่ สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ครูจะต้องมีการเตรียมคำถามไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะลงมือสอนเสมอ และพร้อมที่จะเปลี่ยนคำถามได้ตลอดเวลา หากสถานการณ์ในการสอนนั้นๆ ไม่ได้เป็นไปตามที่ได้เตรียมไว้
 3. การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ
 การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ เพื่อให้ผู้สอนได้เลือกทำการทดลองจะต้องจัดให้พร้อมและมีความหลากหลาย เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกใช้อย่างเหมาะสมกับปัญหาและการออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหานั้นๆ ดังนั้นครูเองต้องคาดคะเนความต้องการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ จากบทเรียน และนอกจากนี้ยังต้องมีการเตรียมเอกสาร และข้อมูลเพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าประกอบอีกด้วย

 **7. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้**

**หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 พันธะเคมี**

**เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร เวลา 1 ชั่วโมง

**สาระสำคัญ**

 สารในธรรมชาติปรากฏอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส สารเหล่านี้ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กในรูปของไอออน อะตอมหรือโมเลกุลจำนวนมากอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนและแสดงสมบัติเฉพาะตัว เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารต่าง ๆ เหล่านี้แตกต่างกันออกไป จึงทำให้สารแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

 1. บอกเหตุผลที่แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารหรือพันธะเคมีได้

**ความรู้และประสบการณ์เดิม**

 เปรียบเทียบจุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายน้ำ และการนำไฟฟ้าของสารเมื่อละลายในน้ำ

**กระบวนการจัดการเรียนรู้ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้)**

**1. ขั้นสร้างความสนใจ**

 นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ เพื่อทบทวนความรู้เดิม

 1. โดยทั่วไปสารชนิดต่าง ๆ มักจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน เช่น น้ำที่อุณหภูมิห้องจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนในสถานะของเหลว การเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวให้เป็นแก๊สทำได้อย่างไร

(เพิ่มอุณหภูมิ เช่น การนำน้ำไปต้ม เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ)

 2. การเปลี่ยนสถานะจากน้ำกลายเป็นไอน้ำ เหตุใดจึงต้องใช้พลังงาน (น้ำที่อยู่รวมกันเป็นของเหลว จะมีแรงชนิดหนึ่งยึดเหนี่ยวโมเลกุลน้ำจำนวนมากเข้าไว้ด้วยกัน เมื่อต้องการแยกโมเลกุลของน้ำออกจากกัน จึงต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่งเพื่อทำลายแรงยึดเหนี่ยวนั้น)

 3. สถานะของสารที่ต่างกันของสารชนิดเดียวกัน บ่งบอกถึงความแตกต่างในเรื่องใด (บ่งบอกถึงความแตกต่างของแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง อนุภาค อะตอม ไอออน หรือโมเลกุล ที่ต่างกัน)

 4. ถ้าต้องการทำให้โมเลกุลของน้ำสลายตัวเป็นแก๊ส H2 และ O2 จะต้องทำอย่างไร (ต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่งที่สูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอม เช่น การแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้า) การที่ต้องใช้พลังงานเพื่อทำให้น้ำสลายตัวแสดงถึงอะไร (จะต้องใช้พลังงานเพื่อทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม H กับอะตอม O ที่รวมตัวกันเป็นโมเลกุล H2O)

 5. ครูเกริ่นนำว่าสารแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น สถานะที่อุณหภูมิห้อง การนำไฟฟ้าในสถานะของแข็ง การนำไฟฟ้าเมื่อหลอมเหลวหรือเป็นสารละลาย จุดหลอมเหลว จุดเดือด เป็นต้น ซึ่งนักเรียนจะได้ตรวจสอบว่าเราสามารถจำแนกสารออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้อย่างไร

**2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ**

 1. นักเรียนศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร จากใบงานที่ 1.1 เพื่อจำแนกสารออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

 2. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามในกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันว่านักเรียนสามารถจำแนกสารออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้อย่างไร

**3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**

 นักเรียนร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามในกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร เพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกันดังนี้

 3.1 สารเคมีจะแสดงสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารที่แตกต่างกัน

 3.2 ผลึกเกลือแกงไม่นำไฟฟ้า เพราะไอออนบวกและไอออนจะยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรง ไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

 3.3 เมื่อเกลือแกงเมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำ โครงสร้างของผลึกเกลือจะถูกทำลายแล้วแตกตัวในรูปของไอออนในสารละลายที่สามารถเคลื่อนที่ได้ สารละลายจึงนำไฟฟ้าได้

 3.4 สารที่นำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวหรือเป็นสารละลาย เพราะว่ามีไอออนบวกและไอออนลบอยู่ในของเหลวหรือสารละลายนั้น แต่จะไม่นำไฟฟ้าเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งเพราะมีแรงยึดเหนี่ยวยึดไอออนบวกและไอออนลบไว้ด้วยกันอย่างแข็งแรง

 3.5 การนำไฟฟ้าได้ในสถานะของแข็ง แสดงว่าสารนั้นมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ได้ในผลึกของของแข็งนั้น สารนั้นจะมีแรงยึดเหนี่ยวแบบพันธะโลหะ

 3.6 การให้ความร้อนแก่สาร เป็นการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

**4. ขั้นขยายความรู้**

 1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารว่าสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารอย่างไร (จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารบอกให้ทราบถึงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร เช่น

 1.1 โลหะทองแดงมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคภายในผลึกของทองแดงสูง

 1.2 โซเดียมคลอไรด์มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างสูง เพราะไอออนบวกและไอออนลบในผลึกเกลือโซเดียมคลอไรด์ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตย์ที่แข็งแรงมาก

 1.3 กลูโคสมีจุดหลอมเหลวต่ำ แสดงว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อย

 1.4 ไฮโดรเจนมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำกว่ากลูโคส และมีสถานะเป็นแก๊ส แสดงว่าไฮโดรเจนมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่ากลูโคส)

 2. ครูขยายความรู้เพิ่มเติมว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

 2.1 แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล (intramolecular force) หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดระหว่างอะตอมเพื่อรวมกันเป็นโมเลกุล ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ

 2.2 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (intermolecular force) หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล ซึ่งอาจจะเป็นโมเลกุลชนิดเดียวกันหรือโมเลกุลต่างชนิดกันก็ได้

 **5. ขั้นประเมินผล**

 **วิธีการวัดและประเมินผล**

ตรวจใบงานที่ 1.1

**เครื่องมือวัดและประเมินผล**

ใบงานที่ 1.1

**เกณฑ์การวัดผลประเมินผล**

คะแนนการตรวจใบงานที่ 1.1 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80

 **สื่อการเรียนรู้**

ใบงานที่ 1.1 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

**ใบงานที่ 1.1**

**แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร**

**คำชี้แจง** พิจารณาข้อมูลสมบัติของสารที่กำหนดให้ต่อไปนี้

สมบัติการนำไฟฟ้าของสารบางชนิด

****

 (1) น้ำบริสุทธิ์ (2) โซเดียมคลอไรด์ของแข็ง (3) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (4) สารละลายน้ำตาลกลูโคส

สมบัติทางกายภาพของสาร

|  |  |
| --- | --- |
| สาร | สมบัติทางกายภาพ |
| สถานะ | การนำไฟฟ้า | การนำไฟฟ้าเมื่อหลอมเหลว | การละลายน้ำ | การนำไฟฟ้าเมื่อละลายในน้ำ | จุดหลอมเหลว (ο C) | จุดเดือด(ο C) |
| เกลือแกง | ของแข็ง | ไม่นำ | นำ | ละลาย | นำ | 801 | 1,413 |
| กลูโคส | ของแข็ง | ไม่นำ | ไม่นำ | ละลาย | ไม่นำ | 192 | สลายตัว |
| ไฮโดรเจน | แก๊ส | ไม่นำ | ไม่นำ | ละลาย | ไม่นำ | -259 | -253 |
| ทองแดง | ของแข็ง | นำ | ไม่นำ | ไม่ละลาย | - | 1,805 | 2,572 |

**จงตอบคำถามต่อไปนี้**

 1. เพราะเหตุใดโซเดียมคลอไรด์ที่เป็นของแข็งจึงไม่นำไฟฟ้า (เพราะไอออนบวกและไอออนจะยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรง ไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ จึงทำไห้ไม่นำไฟฟ้า)

 2. เพราะเหตุใดโซเดียมคลอไรด์ละลายในน้ำจึงสามารถนำไฟฟ้าได้

(เมื่อโซเดียมคลอไรด์ละลายน้ำ ผลึกจะแตกตัวในรูปของไอออนในสารละลายที่เคลื่อนที่ได้ สารละลายที่ได้จึงนำไฟฟ้าได้)

 3. โซเดียมคลอไรด์ควรมีแรงยึดเหนี่ยวแบบใด เพราะเหตุใด

(มีแรงยึดเหนี่ยวแบบพันธะไอออนิก เนื่องจากโครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์มีไอออนบวกและไอออนลบยึดกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตย์ไว้ด้วยกันอย่างแข็งแรง)

 4. สารละลายน้ำตาลกลูโคสและสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเหมือนหรือต่างกัน เพราะเหตุใด

(ต่างกัน เพราะมีสมบัติบางประการต่างกัน เช่น น้ำตาลกลูโคสไม่ไฟฟ้าเมื่อละลายในน้ำ ในสารละลายไม่มีไอออนบวกกับไอออนลบปรากฏอยู่ในสารละลาย และกลูโคสมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวค่อนข้างต่ำ ส่วนโซเดียมคลอไรด์มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง)

5. ลวดทองแดงที่ใช้ทำสายไฟเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเช่นเดียวกับโซเดียมคลอไรด์ และกลูโคสหรือไม่ เพราะเหตุใด

(ทองแดงควรมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคต่างจากโซเดียมคลอไรด์ และกลูโคส เนื่องจากทองแดงนำไฟฟ้าได้ในสถานะของแข็ง)

 6. การให้ความร้อนแก่สารเพื่อศึกษาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสาร ส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารอย่างไร

(การให้ความร้อนแก่สาร เป็นการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร ทำให้อนุภาคของสารอยู่ห่างกันมากขึ้น)

 7. ความแตกต่างของจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสาร เป็นข้อมูลที่ใช้บอกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้อย่างไร

(ถ้าจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง แสดงว่ามีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมาก)

 8. เพราะเหตุใดสารเหล่านี้จึงแสดงสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน

(สารต่างชนิดกันจะแสดงสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เพราะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารที่แตกต่างกัน)

 9. นักเรียนสามารถจำแนกสารออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้กี่ประเภท อะไรบ้าง (แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ)

**ข้อสรุปจากกิจกรรม**

 จากกิจกรรม เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร นักเรียนจะค้นพบข้อสรุปดังนี้

(สารต่างชนิดกันจะแสดงสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารที่แตกต่างกัน เราสามารถจำแนกสารออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ได้ 3 กลุ่ม คือ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ)

**ความรู้เพิ่มเติม**

1. จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารบอกให้เราทราบถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

2. โลหะทองแดงมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง แสดงว่า มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค

ภายในผลึกของทองแดงสูง

3. โซเดียมคลอไรด์มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างสูง เพราะ ไอออนบวกและไอออนลบในผลึกโซเดียมคลอไรด์ ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตย์ที่แข็งแรงมาก

4. กลูโคสมีจุดหลอมเหลวต่ำ แสดงว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของกลูโคสน้อย

 5. ไฮโดรเจนมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำกว่ากลูโคส และมีสถานะเป็นแก๊ส แสดงว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไฮโดรเจนมีค่าน้อยกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของโมเลกุลกลูโคส



**นักเรียนทราบหรือไม่**

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

 **2.1 พันธะเคมี (Intramolecular force)** หมายถึง แรงยึดระหว่างอนุภาคของสาร ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมในก้อนโลหะ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนในสารประกอบไอออนิกที่ยึดไอออนบวกและไอออนลบให้อยู่รวมกันเป็นผลึก หรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุยึดอะตอมให้อยู่รวมกันเป็นโมเลกุล

 **2.2 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (Intermolecular force)** หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่อยู่ใกล้กัน

 จากตัวอย่างการสอนข้างต้นจะพบว่า กิจกรรมของการสอนแบบสืบเสาะได้แก่ การใช้คำถาม ซึ่งลักษณะของคำถามควรเป็นคำถามที่เน้นการสืบเสาะ เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และการทดลองซึ่งผู้สอนจะต้องฝึกให้ผู้เรียนได้มีความสามารถในการปฏิบัติ การทดลอง โดยนักเรียนจะต้องดำเนินการเองทั้งหมดตั้งแต่การ วางแผนการทดลอง การเตรียมอุปกรณ์ การบันทึกผลการทดลอง การลงมือทำการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้สอนกระตุ้น โดยใช้คำถามในทุกขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

 **8. กิจกรรมที่ครูควรใช้ในการสอนแบบสืบเสาะ**
 ลักษณะของกิจกรรมที่ใช้ในการสอนแบบสืบเสาะควรมีลักษณะดังนี้
 1. ใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาเป็นสื่อสำคัญในการเรียนการสอน
 2. ภาษาที่ครูใช้ส่วนใหญ่เป็นคำถาม ครูจะส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถามและอภิปราย
 3. การเรียนการสอนมักจะเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 4 – 6 คน
 4. ผู้เรียนเป็นผู้ใช้อุปกรณ์ช่วยในการเรียนและทดสอบสมมติฐาน
 5. มักใช้สื่อการเรียนที่ใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5
 6. ครูและนักเรียนช่วยกันสร้างและออกแบบสื่อการเรียนการสอน

 **9. การบริหารชั้นเรียนในการสอนแบบสืบเสาะ**
 การบริหารชั้นเรียนเป็นวิธีการที่ครูควรใช้ในการจัดการเรียนแบบสืบเสาะ เป็นการเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จในการเรียน ส่งเสริมบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยลักษณะของการบริหารชั้นเรียน ควรมีลักษณะดังนี้
 1. บริหารชั้นเรียนหนักไปทางประชาธิปไตย กล่าวคือ ครูกระจายอำนาจ และการตัดสินใจให้ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนฝึกการเป็นผู้นำและผู้ตามแบบประชาธิปไตย ในกลุ่มย่อย โดยครูช่วยแนะนำการพัฒนาทักษะประชาธิปไตยให้
 2. ครูฝึกให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการตั้งกฎระเบียบกฎเกณฑ์ ของชั้นเรียนด้วยวิธีการประชาธิปไตย โดยมีการแบ่งหน้าที่กันทำและช่วยรักษาข้อบังคับที่ตนมีส่วนร่วมในการสร้างขึ้น
 3. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสอนว่าใครผิดใครถูก ในกรณีที่มีข้อพิพาทเกิดขึ้น
 4. ผู้เรียนเป็นผู้บริหารกิจกรรมของผู้เรียนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

 จากข้างต้นจะพบว่า การบริหารชั้นเรียนครูจะต้องเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาท ในการเรียนมากขึ้น โดยครูเป็นผู้ชี้แนะ เน้นประชาธิปไตยในชั้นเรียน โดยทั้งครูและผู้เรียน จะเป็นผู้พูด ผู้ฟัง ผู้ถาม ผู้ตอบ แต่เน้นให้ผู้เรียนได้พูดมากกว่าครู และที่สำคัญควรเน้นให้ผู้เรียนได้มีการสื่อสารกันเองด้วย อาจจะจัดให้อยู่ในรูปของการอภิปรายกลุ่มย่อย ได้ตามความจำเป็นของหน่วยการเรียนการสอน และครูอาจมีการมอบหมายให้ผู้เรียน นำกลับไปศึกษาต่อเป็นการบ้านหรือออกแบบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ต่อ โดยการทำโครงการก็ได้
 **10. การวัดผลและประเมินผลของการเรียนแบบสืบเสาะ**
 การวัดผลและประเมินผล ถือเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นและความสำคัญยิ่งเพราะจะทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหรือไม่ อย่างไร

 ดังนั้นการประเมินผลการเรียนแบบสืบเสาะควรมีลักษณะดังนี้
 1. การวัดผลและประเมินผลเน้นในด้านความคิดและการกระทำเป็นส่วนใหญ่
 2. มักจะมีการประเมินผลย่อยในขณะที่เรียนโดยการใช้คำถาม
 3. ครูและผู้เรียนช่วยกันประเมินผล โดยเน้นการประเมินผลตนเองเป็นหลัก
 **11. คุณภาพของการสอนแบบสืบเสาะ**
 คุณภาพของการสอนแบบสืบเสาะมีลักษณะดังนี้ (พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์, 2544 : 59 – 60)
 1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหาให้สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอนโดยการสนทนาสาธิตและใช้อุปกรณ์ประกอบการสอน เพื่อนำไปสู่ประเด็นให้มีการอภิปรายเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน
 2. ครูอธิบายวัตถุประสงค์ของเรื่องที่จะศึกษา โดยเฉพาะกรณีที่ครูกำหนดปัญหา และวางแผนการทดลองให้ สำหรับกรณีที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง ครูควรอธิบายวัตถุประสงค์ของเรื่องที่จะศึกษา
 3. ครูใช้เทคนิคการถามคำถาม เพื่อให้ได้มีการอภิปรายหาคำตอบที่จะเป็นแนวทางการตั้งสมมติฐานตลอดจนการสรุปผล
 4. กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม หรือพยายามเชื่อมโยงคำตอบของนักเรียนไปสู่คำถามใหม่ เพื่อช่วยขยายแนวคิด หรือ ขยายคำตอบเดิมให้ชัดเจนและสมบูรณ์ขึ้น
 5. ระหว่างนักเรียนทำการทดลอง ครูควรสังเกตให้ความช่วยเหลือ

 6. ครูพยายามกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาหลายวิธี และใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ช่วยในการแก้ปัญหา
 7. แนะนำวิธีการแก้ปัญหา เริ่มจากวิธีง่ายไปยังวิธีการที่สลับซับซ้อนขึ้น
 8. การใช้วิธีให้ผู้เรียนสืบเสาะเองนั้นเหมาะสมกับประสบการณ์เดิมและความสามารถของนักเรียน
 9. ครูใช้เทคนิคการสอนอื่นๆ เช่น การเสริมแรง การเร้าความสนใจ สื่อการสอน กระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากสืบเสาะหาความรู้
 **12. ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะ** วิธีการสอนแบบสืบเสาะเป็นวิธีการสอนที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้เตรียมสถานการณ์และสภาพแวดล้อม จัดลำดับเนื้อหา เตรียมคำถาม แนะนำ เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ภายใต้สภาพการณ์ที่ครูจัดขึ้น โดยนักเรียนมีอิสระในการดำเนินการทดลองอย่างเต็มที่ ซึ่งข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะเป็นดังนี้

 **ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะ**
 1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์ และนักจัดระเบียบ
 2. การค้นพบด้วยตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าเรียนแบบท่องจำ
 3. ฝึกให้นักเรียนเรียนรู้วิธีค้นความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง
 4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้
 5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนมีความหมายเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา
 6. ช่วยพัฒนาอัตมโนทัศน์แก่ผู้เรียน
 7. พัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์
 8. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใดๆ จะสำเร็จด้วยตนเอง สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค
 9. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์
 10. ได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

 11. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
 **ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะ**
 1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามที่กำหนดไว้
 2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน
 3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอ จะไม่สามารถเรียนโดยวิธีสอนแบบนี้ได้
 4. เป็นการลงทุนสูง ซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน
 5. ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคมหลีกเลี่ยงงานซึ่งไม่เกิดการเรียนรู้
 6. ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้านอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน
 7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญา อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาโดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะนี้

**การสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์** โครงงานวิทยาศาสตร์ (science project) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยครูมอบหมายให้ผู้เรียนทำโครงงานเพียงคนเดียวหรือเป็นกลุ่มก็ได้ โครงงานวิทยาศาสตร์จึงถือเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียน ได้เลือกและสร้างกระบวนการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและสามารถนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ การเรียนการสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกสิ่งที่สำคัญ กำหนดเรื่องที่จะศึกษาหรือโครงการที่สนใจจะทำเป็นการศึกษาด้วยเอง ในสิ่งที่มีความคล้ายคลึงเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือสภาพปัญหาที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ ความคิดที่ลึกซึ้ง เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จนได้ความรู้ใหม่ที่มีความหมายสอดคล้องและเชื่อมโยงกัน ได้ใช่ทักษะที่มีในการทำงานตามความต้องการและความสนใจทำ ให้เด็กได้พัฒนาความรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเองและความรอบคอบในการปฏิบัติงาน

 **1. ความหมายของโครงงาน**
 สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2542 : 18) กล่าวว่า โครงงาน เป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นในหัวข้อที่กำลังเรียน การศึกษาค้นคว้านี้อาจทำเป็นรายบุคคล เป็นทีม ลักษณะที่สำคัญของโครงงานคือการศึกษาที่มุ่งเพื่อหาคำตอบให้กับข้อสงสัยในเรื่องนั้นๆ ที่ผู้เรียนหรือกลุ่มเพื่อนตั้งข้อสงสัยขึ้นมา เป้าหมายของโครงงานคือให้ได้เรียนรู้มากขึ้นในเรื่องนั้นๆ มากกว่าที่จะค้นหาคำตอบที่ถูกต้องเพื่อตอบคำถามของผู้สอน
 ลัดดา ภู่เกียรติ (2548) กล่าวว่า โครงงานเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เกิดจากความสนใจใคร่รู้ของผู้เรียน ที่อยากจะศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลายๆสิ่ง ที่สงสัยและอยากรู้คำตอบให้ลึกซึ้งชัดเจน หรือต้องการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ ให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยใช้ทักษะกระบวนการและปัญญาหลายๆด้าน มีวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนต่อเนื่อง มีการวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด ลงมือปฏิบัติตามแผนงานที่วางไว้ จนได้ข้อสรุปหรือผลคำตอบเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ
 สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2543 : 2) ได้กล่าวถึงโครงงานว่าเป็นวิธีการเรียนรู้ที่บูรณาการหลักสูตรกับการจัดการเรียนรู้ได้อย่างกลมกลืนกัน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สร้างให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในการดำเนินชีวิต เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เกิดจาดความสนใจ ใคร่รู้คำตอบของตัวผู้เรียนเอง เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ (construction of knowledge) ด้วยตนเอง เป็นวิธีการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลึกซึ้ง แยบยลและมีระบบเป็นขั้นตอนอบ่างต่อเนื่อง เป็นการหาคำตอบข้อสงสัยโดยใช้ทักษะการเรียนรู้ และการแก้ปัญหาหลาย ๆ ด้าน

 โครงงานจึงเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญอย่างแท้จริง เพราะเน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง เริ่มจากการตัดสินใจในการเลือกและวางแผนการเรียนด้วยตนเอง โดยทำการศึกษาปัญหาที่เขาสนใจปัญหาใดปัญหาหนึ่ง มีการกำหนดจุดประสงค์มีการวางแผนการดำเนินงานที่ชัดเจนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เลือกใช้เครื่องไม้เครื่องมือ ออกแบบการทดลอง การสำรวจข้อมูล ลงมือปฏิบัติ บันทึกผลการปฏิบัติด้วยตนเอง นำผลที่ได้จากการกระทำหรือศึกษาปัญหาดังกล่าวมาทำการแปลผล เพื่อนำเสนอหรือเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้เข้าใจ และทราบถึงผลที่เกิดจากการศึกษานั้น สามารถนำไปศึกษาต่อหรือนำไปใช้ประโยชน์ ผู้เรียนมีโอกาสได้แสดงออกอย่างอิสระ ได้คิดอย่างหลากหลาย คิดอย่างสร้างสรรค์ ได้เรียนรู้จากการเป็นผู้ปฏิบัติในสภาพความเป็นจริง ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ทำกิจกรรมตามความสามารถ ความถนัด ความสนใจของตนเองและมีความสุขในการเรียนรู้ นอกจากนั้นการทำงานเป็นกลุ่มเป็นทีมทำให้ผู้เรียนได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ได้ฝึกการประเมินตนเอง รู้จักตนเอง เห็นคุณค่าของตนเองและยอมรับผู้อื่น

 **2. หลักในการจัดกิจกรรมโครงงาน**
 กิจกรรมโครงงานเป็นกิจกรรมที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน โดยการบูรณาการสาระความรู้ต่าง ๆ ที่อยากรู้ให้เอื้อต่อกันหรือร่วมกันสร้างเสริมความคิด ความเข้าใจ ความตระหนัก ทั้งด้านสาระและคุณค่าต่าง ๆ ให้กับผู้เรียน โดยอาศัยทักษะทางปัญญาหลายๆด้าน ทั้งที่เป็นทักษะขั้นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้และทักษะขั้นสูงที่จำเป็นในการคิดอย่างสร้างสรรค์และมีวิจารณญาณ เป็นต้น โดยมีครูเป็นผู้คอยดูแลช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ รวมไปถึงการให้กำลังใจ การนำแนวคิด วิธีการและแนวทางในการทำโครงงานไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางสร้างสรรค์และเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิต
 การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานตั้งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อและหลักการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ คือเชื่อมั่นในศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนภายใต้หลักการจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในท้องถิ่น (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2543 : 3) กล่าวคือ
 1. ผู้เรียนได้เลือกเรื่อง/ประเด็น/ปัญหา ที่ต้องการจะศึกษาด้วยตนเอง

 2. ผู้เรียนเลือกและหาวิธีการตลอดจนแหล่งข้อมูลที่หลากหลายด้วยตนเอง
 3. เรียนลงมือปฏิบัติ (เรียนรู้) ด้วยตนเอง
 4. ผู้เรียนได้บูรณาการทักษะ/ประสบการณ์/ความรู้/สิ่งแวดล้อมรอบตัวตามสภาพจริง
 5. ผู้เรียนเป็นผู้สรุป (สร้างองค์ความรู้) ด้วยตนเอง
 6. ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น
 7. ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้จริง
 การให้นักเรียนฝึกทำโครงงานเป็นวิธีการหนึ่งที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเองและปฏิบัติเอง ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ ได้ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม ได้ฝึกทักษะกระบวนการในการค้นคว้าหาความรู้ เช่น การสังเกต การวัด การสำรวจ การตั้งสมมติฐาน การทดสอบ การทดลอง การรวบรวมข้อมูล การหาข้อสรุป การอภิปรายของสมาชิกในกลุ่ม การวางแผนการทำงานการวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผลข้อมูล การสื่อความหมายและการตีความหมายของข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ การเรียนรู้ในรูปแบบของโครงงานเป็นการจัดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความชำนาญทักษะที่มีอยู่ รวมทั้งจุดเด่นของตนเองที่อาจไม่มีโอกาสได้แสดงออกในที่ใดมาก่อน นำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเต็มที่ ส่งเสริมให้เด็กได้ตัดสินใจด้วยตนเองและมีส่วนร่วมในการคิดกิจกรรมโดยการเป็นผู้สร้างความรู้บ้าง แทนที่จะเป็นผู้รับความรู้แต่เพียงฝ่ายเดียวซึ่งไม่มีวันที่จะรับได้ทั้งหมด ถ้าผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง เขาจะจดจำสิ่งเหล่านั้นติดตัวไปตลอดชีวิตโดยไม่มีวันลืม การเรียนรู้โดยวิธีนี้อาจทำคนเดียวหรือหลายคนก็ได้ โดยมีการวางแผนร่วมกันก่อนที่จะลงมือทำโครงงาน นักเรียนจะต้องรู้วิธีการทำงาน โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผนร่วมกัน ดำเนินการงานและรับผิดชอบร่วมกัน ตลอดจนประเมินผลร่วมกัน
 การมอบหมายให้นักเรียนทำโครงงาน ครูอาจจัดในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ โดยไม่จำกัดสถานที่ ครูอาจเริ่มให้นักเรียนทำโครงงานจากเรื่องที่ง่าย ๆ ไปจนถึงเรื่องที่ยุ่งยากซับซ้อน อาจเป็นเรื่องที่ใช้เวลาในการทำเพียงสัปดาห์เดียวหรืออาจเป็นภาคเรียนก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเรื่องที่นักเรียนสนใจจะศึกษา
 **3. ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์**
 โครงงานวิทยาศาสตร์ (science project) เป็นกิจกรรมหนึ่งที่มุ่งสร้างให้นักเรียนรู้จักการศึกษาค้นคว้า โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการหาคำตอบของปัญหา และได้มีผู้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้
 ลัดดา ภู่เกียรติ (2544 : 49) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ว่า โครงงานวิทยาศาสตร์ คือการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยที่นักเรียนจะต้องเป็นผู้ที่ทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำรวมทั้งให้คำปรึกษาในทุก ๆ เรื่อง ตั้งแต่การเลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การพานักเรียนไปปรึกษาและเรียนรู้กับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องเพื่อให้การศึกษาค้นคว้าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ครูวางไว้
 ธีระชัย ปูรณโชติ (2540) ได้กล่าวถึงการทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า คือ กิจกรรมสำหรับนักเรียนในการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้คำแนะนำปรึกษาของครูหรือผู้เชี่ยวชาญ กิจกรรมนี้อาจเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลและจะกระทำในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ โดยไม่จำกัดสถานที่ เช่น อาจทำนอกห้องเรียน ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือนอกโรงเรียน แม้กระทั่งที่บ้านของนักเรียนเอง กิจกรรมการทำโครงงานวิทยาศาสตร์นี้ เรียกได้ว่าเป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นสำหรับนักเรียน เพราะเป็นการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ต่างกันแต่เพียงระดับความยากหรือความซับซ้อนของปัญหาที่ศึกษาเท่านั้น
 **4. จุดมุ่งหมายของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์**
 การสอนโดยให้นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ประดิษฐ์คิดค้น ตลอดจนค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ธีระชัย ปูรณโชติ (2540) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ว่า กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้
 1. ให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยเบื้องต้นทางวิทยาศาสตร์ ภายในขอบเขตของความรู้และประสบการณ์ตามระดับชั้นของตน
 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรักความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์
 3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และมีโอกาสที่จะแสดงออก
 4. พัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา
 5. ให้ผู้เรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์
 6. พัฒนาให้ผู้เรียนได้มีความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
 7. ให้ผู้เรียนตระหนักในคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 **5. ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์**
 โครงงานวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 4 ประเภท คือ
 5.1 โครงงานประเภทสำรวจ
 โครงงานประเภทสำรวจเป็นโครงงานที่ผู้ศึกษาดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวเรา ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้รวบรวมเหล่านั้นมาจัดกระทำให้เป็นระบบระเบียบ หรือหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้มา แล้วนำเสนอข้อมูลเหล่านั้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง กราฟ แผนภูมิ ภาพ คำอธิบายประกอบภาพ หรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้เห็นถึงภาพโดยรวมของข้อมูลนั้นๆ ซึ่งการทำโครงงานประเภทสำรวจจะไม่มีการกำหนดหรือควบคุมตัวแปร โดยการดำเนินการของโครงงานประเภทนี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การศึกษาชนิดและพันธุ์ไม้ในสวนพฤกษศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ การสำรวจความหลากหลายของผีเสื้อในท้องถิ่น เป็นต้น
 5.2 โครงงานประเภททดลอง
 โครงงานประเภททดลองจะเป็นโครงงานที่ศึกษาเพื่อหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่งที่เราสนใจ โดยมีการออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองและสรุปผล นอกจากนี้การทดลองจะเป็นไปเพื่อศึกษาผลของตัวแปรหนึ่งที่มีต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่ต้องการศึกษา โดยมีการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรที่เราศึกษา อันจะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่ง โครงงานประเภททดลอง ต้องเป็นโครงงานที่มีการทดลอง และมีการจัดกระทำกับตัวแปร และวัดผลหรือเก็บข้อมูลที่ได้จากตัวแปรตาม ที่เป็นผลมาจากตัวแปรต้น และมีการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องที่อาจมีผลต่อตัวแปรต้นโดยวิธีการจัดให้มีเหมือนๆกัน ในการทดลอง มีการกำหนดลำดับขั้นตอนการศึกษาที่ชัดเจน ซึ่งจะประกอบไปด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การรวบรวมข้อมูล แปรผลและสรุปผล เช่น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาขัดรองเท้าจากน้ำมันเหลือใช้ การศึกษาฉนวนกันความร้อนจากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น
 5.3 โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์
 โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ เป็นโครงงานที่มีการประยุกต์ความรู้ ทฤษฎี หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการพัฒนาหรือประดิษฐ์เครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ซึ่งสิ่งที่ประดิษฐ์หรือพัฒนาขึ้น อาจเป็นของใหม่ที่ไม่เคยมีใครคิดค้นประดิษฐ์ขึ้นมาก่อน แต่เราคิดที่จะประดิษฐ์ขึ้น หรืออาจเป็นของที่มีอยู่แล้วแต่นำมาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นหรือใช้ได้ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น หรืออาจจะประหยัดกว่า ราคาถูกลงกว่าของเดิมที่มีอยู่ หรือเป็นการนำเสนอแบบจำลอง เพื่อใช้อธิบายแนวคิดในด้านต่าง ๆ โครงงานประเภทนี้ ได้แก่ แบบจำลองบ้านประหยัดพลังงาน เครื่องเคาะแปลงลบกระดานมลพิษ เครื่องห่อผลมะม่วง เป็นต้น

 5.4 โครงงานประเภททฤษฎี
 โครงงานประเภททฤษฎีเป็นการนำเสนอแนวความคิด หรืออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นแนวคิดใหม่ ๆ หรือทฤษฎีใหม่ ๆ ที่อาจสนับสนุน หรือขัดแย้งกับทฤษฎีที่มีอยู่ โดยในการอธิบายจะต้องมีหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนแนวคิดนั้นๆ ซึ่งการนำเสนออาจอยู่ในรูปของสูตร สมการ หรือการอธิบายก็ได้ สิ่งสำคัญของโครงงานประเภทนี้ก็คือ การเสนอแนวคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วจะต้องมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นมาสนับสนุน ซึ่งผู้ทำโครงงานประเภทนี้ จะต้องมีความรู้ในเรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดี ดังนั้นโครงงานประเภทนี้จึงไม่มีผู้นิยมทำมากนัก และไม่เหมาะกับเด็กในระดับประถมศึกษาตัวอย่าง

 **6. ขั้นตอนในการทำโครงงาน**
 ขั้นตอนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์จะมีกี่ขั้นตอนขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งว่าจะแบ่งเป็นขั้นตอนโดยละเอียดมากน้อยเพียงใด แม้ว่าจะมีการแบ่งเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกันแต่รายละเอียดในการดำเนินงานก็ไม่แตกต่างกัน ขั้นตอนในการทำโครงงานทางวิทยาศาสตร์มี 6 ขั้นตอน ดังนี้
 1. การกำหนดหัวข้อที่จะทำโครงงาน
 2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
 3. การจัดทำเค้าโครงย่อของโครงงาน
 4. การลงมือทำโครงงาน
 5. การเขียนรายงาน
 6. การแสดงผลงาน

 การทำโครงงานมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้
 1. การกำหนดและเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผู้เรียนจะต้องคิดและเลือกด้วยตนเอง หัวข้อเรื่องส่วนใหญ่มักจะได้จากความอยากรู้อยากเห็น หรือจากประสบการณ์ทั้งในและนอกห้องเรียนของผู้เรียน
 หัวข้อเรื่องของโครงงานควรมีลักษณะดังนี้ คือ เฉพาะเจาะจงหรือชัดเจนกว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใด เป็นเรื่องแปลกใหม่หรือมีแนวการศึกษาทดลองที่แปลกใหม่ซึ่งแสดงถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ด้วย และเป็นเรื่องที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
 ในการเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงานนั้นควรจะพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้
 1. เป็นเรื่องที่เข้ากับเรื่องหรือวิชาที่เรียน

 2. การเรียนรู้ที่จะได้จากการทำโครงงานเรื่องนั้น ควรจะคุ้มค่ากับเวลาที่ใช้ไป
 3. เป็นเรื่องที่มีความเป็นไปได้ที่ผู้เรียนจะทำการศึกษาค้นคว้าได้สำเร็จ คือจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของนักเรียน มีแหล่งความรู้เพียงพอ ที่จะค้นคว้าหรือขอคำปรึกษา มีหรือสามารถหาเครื่องมือหรือวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้เพียงพอ มีงบประมาณและมีเวลาเพียงพอที่จะทำโครงงานในเรื่องนั้นๆ
 4. มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิรับเป็นที่ปรึกษาโครงงาน
 2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนนี้นอกจากจะเป็นการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะศึกษาแล้ว ยังรวมไปถึงการขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา หรือผู้ทรงคุณวุฒิและการสำรวจเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องจะช่วยให้ผู้เรียนได้มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ กว้างขวางขึ้น สามารถนำไปใช้ในการวางแผนโครงงานในขั้นต่อๆไปได้ และนอกจากนี้ยังได้แนวคิดที่จะกำหนดขอบข่ายของเรื่องที่จะศึกษาให้เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้นด้วย
 3. การจัดทำเค้าโครงย่อของโครงงานวิทยาศาสตร์ ก่อนจะลงมือดำเนินการทำโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนจะต้องเขียนเค้าโครงย่อของโครงงานเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบและคำแนะนำก่อน การเขียนเค้าโครงย่อของโครงงานเป็นการกำหนดแผนงานและขั้นตอนในการดำเนินงาน เพื่อให้สามารถดำเนินการในการทำโครงงานได้โดยไม่สับสน
 เค้าโครงย่อของโครงงานวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ควรประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
 1. ชื่อโครงงาน ชื่อโครงงานควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายตรง มีความเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร
 2. ชื่อผู้ทำโครงงาน
 3. ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
 4. ที่มาและความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงงานนี้ โครงงานนี้มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรเกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้เคยศึกษาค้นคว้าไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติมปรับปรุงจากเรื่องที่ผู้อื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล
 5. จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าควรมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น
 6. สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)

 7. วิธีดำเนินงาน จะต้องระบุว่าวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้มีอะไรบ้าง ระบุแนวทางในการศึกษาค้นคว้า การออกแบบการทดลอง การสร้างหรือประดิษฐ์ การเก็บรวบรวมข้อมูล ฯลฯ
 8. แผนปฏิบัติงาน โดยบอกกำหนดเวลาที่เริ่มต้นและเวลาที่คาดว่าจะดำเนินการเสร็จในแต่ละขั้นตอน
 9. ผลที่คาดว่าจะได้รับ
 10. เอกสารอ้างอิง
 4. การลงมือทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นลงมือปฏิบัติงานตามแผนดำเนินงานหรือขั้นตอนที่กำหนดเอาไว้ในเค้าโครงย่อที่ผ่านการเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว
 5. การเขียนรายงาน เป็นการเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสารให้บุคคลอื่นเข้าใจแนวความคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่รวบรวมได้ ผลที่ได้จากการศึกษา ข้อสรุป ประโยชน์และข้อเสนอแนะต่าง ๆ
 การเขียนรายงาน ควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย สั้น แต่ชัดเจน การเขียนรายงานควรประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
 1. ชื่อโครงงาน
 2. ชื่อผู้ทำโครงงาน
 3. ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
 4. บทคัดย่อ อธิบายถึงที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์วิธีการและผลที่ได้ และข้อสรุปต่าง ๆ อย่างย่อ ประมาณ 300 – 350 คำ
 5. ที่มาและความสำคัญของโครงงาน
 6. จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า
 7. สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)
 8. วิธีดำเนินงาน
 9. ผลการศึกษาค้นคว้า เป็นการนำเสนอข้อมูลหรือผลการทดลองต่าง ๆ ที่สังเกตรวบรวมได้ รวมทั้งการเสนอผลารวิเคราะห์ข้อมูลด้วย
 10. สรุปและข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทำโครงงาน ถ้ามีการตั้งสมมติฐาน ควรระบุด้วยว่าข้อมูลที่ได้สนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือยังไม่ได้ นอกจากนี้ยังควรกล่าวถึงการนำผลจากการทำโครงงานไปใช้ประโยชน์ อุปสรรคของการทำโครงงาน ข้อสังเกตและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น รวมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขหากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคตด้วย
 11. กิตติกรรมประกาศ เป็นการกล่าวขอบคุณบุคลากรและหน่วยงานที่มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้ดำเนินการจนสำเร็จ
 12. เอกสารอ้างอิง
 6. การแสดงผลงาน เป็นการเสนอผลงานหรือผลิตผลของงานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ซึ่งทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดนิทรรศการ หรือการรายงานปากเปล่า การแสดงผลงานไม่ว่าจะเป็นในรูปใดจะต้องพยายามให้การแสดงผลงานนั้นดึงดูดความสนใจของผู้ชมหรือผู้ฟัง มีความชัดเจน เข้าใจง่าย มีความถูกต้องในเนื้อหา และครอบคลุมประเด็นสำคัญต่าง ๆ ดังนี้
 1. ชื่อโครงงาน ชื่อผู้ทำโครงงาน ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
 2. คำอธิบายย่อๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงงานและความสำคัญของโครงงาน
 3. วิธีดำเนินงาน
 4. การสาธิตหรือแสดงผลที่ได้จากการทดลอง
 5. ผลการสังเกตและข้อมูลเด่นๆ

 **7. บทบาทของผู้สอนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์**
 ในการสอนวิทยาศาสตร์โดยการให้นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น ผู้สอนควรมีบทบาทดังนี้
 1. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยการเล่าประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องการนำเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์ พาไปชมการจัดนิทรรศการที่แสดงผลงานของโครงงานวิทยาศาสตร์ จัดหาเอกสารหรือสิ่งพิมพ์ทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า นำนักเรียนที่เคยประสบความสำเร็จในการทำโครงงาน มาเล่าประสบการณ์ให้ผู้เรียนฟังหรือพาไปชมการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
 2. แนะนำให้ผู้เรียนรู้หลักการและวิธีการในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
 3. ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้เรียนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เริ่มตั้งแต่การเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา การวางแผนดำเนินงาน การอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน เช่น การจัดวัสดุอุปกรณ์ การติดต่อห้องสมุดอื่นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้บริการในการศึกษาค้นคว้า ฯลฯ ตลอดจนการเขียนรายงาน

 4. ให้โอกาสผู้เรียนได้แสดงผลงานของตนเองในโอกาสและรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจ
 5. ประเมินผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยมีเกณฑ์ที่ควรใช้ในการพิจารณาดังนี้ คือ เป็นโครงงานที่มีความริเริ่มสร้างสรรค์ วิธีการศึกษาค้นคว้ามีความถูกต้องเหมาะสม การเขียนรายงานหรือการจัดแสดงโครงงานมีความถูกต้อง ชัดเจน และช่วยให้เข้าใจโครงงานนั้นได้ดี การอธิบายโครงงานด้วยวาจาและการตอบข้อซักถามมีความถูกต้องและคล่องแคล่ว
 **8. ประโยชน์ของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์**
 การทำโครงงานทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อผู้เรียน ดังนี้
 1. ช่วยสร้างความสำนึกและรับผิดชอบในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยเอง
 2. ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นคว้าหาความรู้
 3. ช่วยในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และเรียนรู้ในเรื่องที่สนใจได้ลึกซึ้งมากขึ้น
 5. ช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ทำให้มีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ และมีความสนใจที่จะประกอบอาชีพทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
 6. ช่วยในการฝึกให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น และมีความสามารถในการแก้ปัญหา
 7. ช่วยในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นผู้ที่มีเหตุผล
 8. ทำให้ผู้เรียนมีความภาคภูมิใจและมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้นเมื่อทำโครงงานสำเร็จ
 การเรียนรู้จากการทำโครงงาน (project-based learning) เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ปฏิบัติ (learning by doing) มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้จากนอกห้องเรียน โดยมีการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์และหลักการวิทยาศาสตร์มากำกับการทำโครงงาน นอกจากจะได้บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เข้ากับการทำโครงงานแล้ว นักเรียนยังได้พัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์ไปจนถึง การคิดได้อย่างมีวิจารญาณอีกด้วย

**การสอนแบบจุลภาค**

 การฝึกทักษะการสอนด้วยการสอนแบบจุลภาค (micro - teaching) เป็นพื้นฐานในการสอนจริงในชั้นเรียน เพราะช่วยให้ผู้ฝึกหรือผู้ที่จะเป็นครู เกิดความชำนาญ คล่องแคล่ว มีความมั่นใจขึ้น และยังช่วยให้ได้มีโอกาสปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ หรือฝึกซ้ำเพิ่มเติมได้อีกด้วย

 การสอนที่สอนในสถานการณ์จริงในลักษณะที่ย่นย่อทั้งเวลาขนาดของชั้นบทเรียน โดยเน้นทักษะการสอนพื้นฐาน (basic teaching skills) เพียงด้านใดด้านหนึ่งเพื่อให้ผู้สอนเกิดความชำนาญ คล่องแคล่วและแม่นยำ ทักษะการสอนนั้นผู้สอนจะต้องเข้าใจอย่างแจ่มชัดแล้ว จึงมาสอนกับนักเรียนจำนวนน้อยประมาณ 3 - 10 คนในเวลาประมาณ 5 - 15 นาที ไม่ควรเกิน 20 นาที นอกจากนี้ขณะทำการสอนมีการบันทึกเทปเสียง หรือเทปภาพ เพื่อ ให้ผู้สอนได้มีโอกาสฟังหรือเห็นตนเองในการปฏิบัติงานสอนในภายหลัง พร้อมทั้งมีการวิจารณ์ข้อดีข้อเสียต่าง ๆ และสอนซ้ำภายหลังที่เรียนรู้ข้อบกพร่องตนเองรู้จักปรับปรุงการสอนให้ดีขึ้น และเพิ่มแนวในการดำเนินการการสอนได้แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น

 **1. ประวัติความเป็นมา**

 การสอนแบบจุลภาคนี้ มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดเป็นผู้คิดขึ้นและได้ทดลองใช้ในโปรแกรมจัดฝึกสอนในปี พ.ศ. 2506 และได้ปรับปรุงเพื่อจะสนองความมุ่งหมาย 3 ประการ คือ

 1. เพื่อใช้เตรียมให้มีประสบการณ์ในการฝึกสอน หรือเพื่อใช้เป็นการฝึกสอนโดยตรง

 2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยผลการฝึกตามเงื่อนไขที่กำหนด

 3. เพื่อใช้ในการอบรมครูประจำการในการฝึกฝนทักษะต่าง ๆ

 การเริ่มการสอนแบบจุลภาคเพื่อนักศึกษาฝึกสอนที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดในปี พ.ศ. 2506 นั้น คณะอาจารย์ซึ่งมี Dwight W. Allen เป็นหัวหน้าทีม ได้วางเกณฑ์ที่ปรับปรุงการจัดให้นักศึกษาที่เรียนจบวิชาศิลปศาสตร์ และจะออกฝึกปฏิบัติงานสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งกว่าวิธีการเก่าๆ ซึ่งประกอบด้วยการบรรยาย สังเกต และฝึกสอนในโรงเรียนตามปกติ คณะอาจารย์ดังกล่าวจึงได้ตั้งเกณฑ์ไว้ดังนี้

 1. จัดให้มีสภาพการสอนจริง ๆ

 2. สภาวะการสอนควรจะช่วยให้นักศึกษาฝึกสอนลดความประหม่าให้น้อยที่สุด

 3. แนวการสอนควรอิงหลักการของการเรียนรู้

 4. สภาวะการสอนควรเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้เกิดประสบการณ์เกี่ยวกับผู้เรียนในลักษณะใดลักษณะหนึ่งได้กว้างขวาง เช่น วัย ความสามารถ ทั้งควรได้มีโอกาสฝึกจนมีทักษะในการสอนที่เป็นพื้นฐานหลาย ๆ ด้าน

 5. โปรแกรมการสอน ควรประหยัดทั้งเวลาและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้

 ตามหลักเกณฑ์ดังกล่าว Dwight W. Allen และคณะจึงได้ทดลองแบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มและกลุ่มละ 30 คน โดยเลือกให้นักศึกษาทั้งหมดผ่านการเรียนวิชาต่าง ๆ มาเหมือนกัน กลุ่มที่ 1 ให้ฝึกสอนโดยการสอนแบบจุลภาคในห้องฝึกเฉพาะของมหาวิทยาลัยและ กลุ่มที่ 2 ออกสังเกตุการสอนและการฝึกการสอนตามวิธีการปกติ กลุ่มที่ 1 ใช้เวลาในการฝึกต่ำกว่า 10 ชั่วโมงต่อ 1 สัปดาห์ กลุ่มที่ 2 ใช้เวลา 20-25 ชั่วโมงต่อ 1 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ฝึกสอนโดยวิธีการสอนแบบจุลภาคแสดงความสามารถในการสอนได้ดีกว่า และมีการพัฒนาในด้านทักษะการสอน เห็นได้ชัดเจนกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง ความแตกต่างดังกล่าวนี้ได้จากการวัดผลทั้งอาจารย์นิเทศและนักศึกษาชุดเดียวกัน

 เนื่องมาจากความสำเร็จในการใช้วิธีการสอนแบบจุลภาคดังกล่าว คณะอาจารย์ของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด จึงได้ขยายงานและปรับปรุงขึ้นทุกปี และได้นำไปใช้วิจัยเกี่ยวกับวิธีสอนต่าง ๆ อีกหลายแง่หลายมุม ด้วยเหตุนี้จึงมีองค์การ มหาวิทยาลัย ตลอดจนหน่วยงานทางการศึกษาอื่น ๆได้นำวิธีการนี้ไปศึกษา จัดสัมมนา ตลอดจนจัดฝึกปฏิบัติกันอย่างกว้างขวางและในลักษณะที่ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกันไปตามความเหมาะสมโดยเฉพาะในแง่ของการเตรียมการฝึกสอน การสอนแบบจุลภาคให้ประโยชน์แก่นักศึกษาเป็นอันมาก

 ในการนำวิธีการสอนแบบจุลภาคไปทดลองวิจัยนั้น ได้มีผู้นำไปหาผลการสอนในแง่ต่าง ๆ เช่น ของ Kallenbach และ Meredith ได้ ทดลองและรายงานผลว่าการสอนแบบจุลภาคเป็นกุศโลบายสอนที่ได้ผลเช่นเดียวกับการ ฝึกสอนตามชั้นเรียนตามปกติ แต่ใช้เวลาเพียง 1 ใน 5 และด้วยวิธีดำเนินงานที่ทดลองปัญหาทางด้านการบริหารงานได้มาก

 การวิจัยอีกเรื่องหนึ่งของบล็อก และคณะ (Borg, Kallenbach, Morris, & Friebel, 1969) มีผลชี้ให้เห็นว่าการสอนในชั้นปกติได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งเดียวกันยังมีผลชี้ด้วยว่าการฝึกทักษะด้วยการสอนแบบจุลภาคเปลี่ยนพฤติกรรมของครูได้เร็วกว่าการฝึกสอนตามปกติ

 สำหรับประเทศไทยนั้น ในวงการฝึกกัดครู อาจารย์พึงใจ สินธวานนท์ ได้นำเอาการสอนแบบจุลภาคมาทดลองให้ใช้ในวิทยาลัยครูธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2514 โดยวางเป็นโครงการสอนแบบจุลภาค แต่เป็นระยะทดลองเริ่มแรกเท่านั้น เมื่ออาจารย์พึงใจ สินธวานนท์ ย้ายมาดำรงตำแหน่งอธิการวิทยาลัยครูพระนคร ได้พิจารณาเห็นควรจัดทำ “โครงการสอนแบบจุลภาค”เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพการสอนให้แก่นักศึกษา และปรับปรุงการสอนวิชาวิธีสอนจึงได้เสนอโครงการไปยังกรมการฝึกหัดครู ซึ่งได้รับการพิจารณาด้วยดีและกรมการฝึกหัดครูยังได้รับความร่วมมือจากองค์การยู คอมให้ผู้เชี่ยวชาญงานในด้านนี้จากมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois) มาเป็นที่ปรึกษาโครงการนี้เป็นโครงการร่วมระหว่างวิทยาลัยครู 5 แห่งด้วยกัน โดยมีผู้แทนจากวิทยาลัยครูสวนสุนันทา วิทยาลัยครูนครปฐม วิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยา และวิทยาลัยครูพระนคร ในปีการศึกษา 2518 โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะจัดทำเอกสารและอุปกรณ์ เพื่อช่วยในการเตรียมนักศึกษาครูในด้านวิธีการสอนโดยมุ่งให้แนวทางในการฝึกทักษะการสอนด้วยการสอนแบบจุลภาค ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ

 1. เป็นทักษะการสอนที่เหมาะสมสำหรับครูประถมศึกษา

 2. เป็นทักษะการสอนที่ใช้ในการสอนได้ทั่วไป

 3. เป็นทักษะการสอนที่เลือกจากข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากผู้ปฏิบัติงานในระดับชั้นประถมศึกษาทั้งผู้สอน ผู้เรียน ผู้ฝึกสอนและอาจารย์นิเทศ

 4. การจัดวิธีการและกิจกรรมการสอนเสนอแนะในการฝึกทักษะมุ่งให้สอดคล้องกับภาวะการศึกษาในท้องถิ่นของไทย

 การดำเนินโครงการนี้จัดทำเอกสารและเทปบันทึกภาพตัวอย่างเป็นแนวทางกับผู้ที่จะนำเอาไปใช้ ต่อมาโครงการนี้ได้รับความสนใจและแพร่หลายไปยังวิทยาลัยครูทั่วประเทศ และคณะศึกษาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เป็นอันว่าโครงการสอนแบบจุลภาคในประเทศไทยได้มีผู้นำไปใช้ในวงการฝึกวิชาชีพครูต่อเนื่องมาเป็นลำดับ

 **2. องค์ประกอบของการสอนแบบจุลภาค** องค์ประกอบของการสอนแบบจุลภาค มีดังนี้

 **2.1 ทักษะการสอน (specific skills in teaching)**

 หลักสำคัญของการสอนแบบจุลภาคก็คือ เพื่อให้เกิดทักษะการสอน ด้วยเหตุนี้จึงควรคำนึงถึงทักษะพื้นฐานที่สำคัญที่ควรจะฝึกให้กับผู้เริ่มสอน โดยคัดเลือกมาเป็นทักษะ และให้ความหมายเป็นที่เข้าใจชัดเจน

 จากเอกสารที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดจัดทำขึ้นในปี พ.ศ. 2506 ได้นำเสนอทักษะการสอนได้แบ่งแยกออกมาถึง 18 ทักษะด้วยกัน ซึ่งบางทักษะก็เป็นทักษะรวม เช่น ทักษะการสร้างความสัมพันธ์กับนักเรียน ทักษะการสรุปสัมพันธ์ ทักษะการเสริมสร้างกำลังใจ ทักษะการอธิบายและยกตัวอย่าง ทักษะการเงียบ ทักษะการกระตุ้นให้ นักศึกษาตั้งคำถามเอง เป็นต้น นอกจากนี้ ยังได้แบ่งชนิดของทักษะออกเป็นประเภทต่าง ๆ ถึง 7 ทักษะ ได้แก่

 1. ทักษะการจูงใจผู้เรียน

 2. ทักษะการถ่ายทอดและการสื่อความหมาย

 3.  ทักษะการใช้คำถาม

 4. ทักษะการสอนกลุ่มย่อยและการสอนรายบุคคล

 5.  ทักษะการพัฒนาความคิดของนักเรียน

 6. ทักษะการประเมินผล

 7.  ทักษะการจัดการควบคุมห้องเรียน

 หลังจากนั้นได้มีผู้นำวิชาการสอนแบบจุลภาคไปใช้ และได้ตั้งทักษะต่าง ๆ ตามที่เห็นว่าจำเป็นและเหมาะสมขึ้นอีกหลายทักษะ เช่น

 1. ทักษะการใช้กระดาน

 2. ทักษะในการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน

 3. ทักษะในการอภิปราย

 4. ทักษะในการนิเทศก์

 5. ทักษะในการส่งเสริมความคิดริเริ่มของนักเรียน

 การฝึกทักษะต่าง ๆ เหล่านั้น ทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีการเรียนรู้และการปฏิบัติให้ได้มากและ ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การตั้งคำถามที่ไม่ใช่เฉพาะแต่ความจำ หากแต่ได้ลองฝึกคำถามที่มีระดับสูงขึ้น เช่น แบบแปลความ ขยายความ วิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือประเมินผล ซึ่งมีผลวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นและหากครูที่สอนจะใช้การสอนแบบ จุลภาคเป็นวิธีการ เพื่อสาธิตให้นักศึกษาที่จะเตรียมออกสอนเห็นลักษณะต่าง ๆ ของคำถามที่ไม่ใช่แต่ถามความจำ ว่าใช้ได้อย่างไรและในลักษณะเช่นไร ก็ทำให้เห็นได้ชัดเจน

 นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความคิดเกี่ยวกับวิธีการในการเรียนการสอนที่ควรส่งเสริมใน การสอนแบบจุลภาค เช่น การฝึกใช้ท่าทาง น้ำเสียง การหยุดเว้นระยะการใช้คำพูด ให้กำลังใจเพื่อช่วยให้นักเรียนได้คิด ให้มีสมาธิ สามารถรวบรวมความคิดตลอดจนคิดโยงความสัมพันธ์กับความรู้อื่น ๆ และสามารถให้คำตอบที่ดีได้ ในขณะเดียวกัน การฝึกทักษะต่าง ๆ ด้วยการสอนแบบจุลภาค จะช่วยในการศึกษาได้พิจารณาความสามารถและบุคลิกภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของตนเองได้มาก

 **2.2 การสร้างแบบอย่างของการสอน** (training model)

 การสร้างแบบอย่างของการสอน ก่อนการลองฝึกทักษะใดๆ เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของการสอนแบบจุลภาค เพราะจะทำให้ผู้ฝึกได้แนวจากแบบอย่างนั้น

 มหาวิทยาลัยซิดนีย์ ซึ่งได้ทดลองทำการสอนแบบจุลภาคแนะนำว่าตัวการสำคัญในการที่จะเปลี่ยนพฤติกรรมของคน คือการสาธิตทักษะการสอนเฉพาะอันใดอันหนึ่งของครูที่สามารถและมีประสบการณ์โดยถ่ายไว้เป็นภาพยนต์ หรือถ่ายเทปไว้เป็นการสอนแบบจุลภาคสั้น ๆ ซึ่งเมื่อนำมาเปิดให้อาจารย์นิเทศและนักศึกษาดูอีกครั้ง พร้อมทั้งชี้เหตุผลของการดำเนินการสอนแต่ละขั้นตอนตลอดจนข้อสรุป ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาฝึกสอนสามารถเห็นและแยกแยะพฤติกรรมต่าง ๆ ออกมาให้ สอดคล้องกับทักษะที่ฝึกได้และทำให้เตรียมตนเองเพื่อจะฝึกทักษะในการสอนแบบ จุลภาคของตนได้ดี

 ตามความคิดของ Turney เห็นว่า หากจะมีการเก็บสะสมตัวอย่างที่เป็นแบบอย่างการสอนของทักษะต่าง ๆ ไว้ เพื่ออาจารย์นิเทศก์และนักศึกษาได้วิเคราะห์และใช้เป็นแนวคิดในการฝึกของตนเองแล้ว ย่อมจะได้ประโยชน์แก่การฝึกสอนเป็นอันมาก

 Griffiths ได้กล่าวว่า การเตรียมแบบอย่าง (model) เป็นสิ่งสำคัญยิ่งในกระบวนการแบบจุลภาค จึงได้ให้สรุปและข้อเท็จจริง 11 ข้อ ในการสร้างแบบอย่างและการใช้แบบอย่างของการไว้ดังนี้

 1. เพื่อให้แบบอย่างเป็นประสิทธิผลในการช่วยการสอนของครู จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมจะต้องชัดเจน และมีตัวอย่างให้เห็นได้ในอุปกรณ์ที่ใช้

 2. การเปิดโอกาสให้ฝึกตามพฤติกรรมจำลอง อาจจะไม่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ก็ได้แต่การฝึกจะเป็นเสมือนการกระตุ้นและให้ โอกาสผู้ฝึกที่จะสาธิตสิ่งที่ได้เรียนรู้มา

 3. แบบอย่างที่เสนอโดยการบรรยายพฤติกรรมทางวาจาเป็นลายลักษณ์อักษรจะมีประสิทธิผล เท่า ๆ กันแบบอย่างที่เสนอด้วยการให้ดู แต่อาจจะไม่สามารถเร้าใจผู้ฝึกได้เท่าที่ควร

 4. เราทำให้การเสนอแบบอย่างเป็นลายลักษณ์อักษรประเภทที่ให้คำจำกัดความ ทักษะการสอนจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นได้ ถ้าจะได้ใช้แบบอย่างที่เสนอโดยการให้ดูประกอบด้วย

 5.โดยทั่วไปแล้ว การให้ดูแต่แบบอย่างที่ดีจะให้ผลดีที่สุด แต่การใช้แบบที่ไม่ดีหรือแบบดีไม่ดีคละกันก็อาจได้ผลดีเช่นกัน ถ้ามีคำแนะนำประกอบด้วย

 6. ไม่มีเหตุอะไรที่จะต้องอนุโลมว่า แบบอย่างต่าง ๆ นี้จะต้องได้มาจากการสอนในห้องเรียนจริงๆ จึงจะเป็นแบบอย่างที่มีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม การรวบรวมพฤติกรรมของนักเรียนเข้าไว้ด้วยก็เป็นสิ่งสำคัญเหมือนกัน

 7. เพศ อายุ หรือคุณลักษณะพิเศษของผู้สอนในแบบอย่างไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้แบบอย่างนั้น

 8. การบอกใบ้เรื่องที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เข้ากับแบบอย่างอาจจะช่วยให้แบบอย่างมีประสิทธิภาพ

 9. มีนักการศึกษาหลายคนที่เห็นว่าในระหว่างการดูแบบอย่างนั้น ผู้ดูควรได้ทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งไปด้วย

 10. การใช้แบบอย่างใด ๆ ก็ดี ย่อมให้ผลแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มผู้ฝึก ถึงกระนั้นก็ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังว่าจะต้องใช้แบบอย่างกับรายบุคคล ขึ้น

 11. ยังไม่มีการวิจัยใดๆ ที่แน่ชัดเกี่ยวกับเรื่องความสั้นความยาวของแบบอย่างที่ให้หรือจำนวนครั้งที่ควรจะให้ดูเพื่อให้เกิดการเรียนรู้มากที่สุด

 **3. การบันทึกเทปภาพ**

 องค์ประกอบที่ช่วยในกระบวนการสอนแบบจุลภาคบังเกิดผลได้ชัดเจนรวดเร็วก็คือการใช้เครื่องมือเครื่องถ่ายเทป (video-tape recorder) ออกเป็นภาพ และนำมาฉายให้นักศึกษาผู้สอนเห็นภาพการสอนของตนได้ทันที และเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้มองเห็นความสามารถ หรือรายละเอียดของการสอนเพื่อประโยชน์ในการพิจารณาประกอบการอภิปรายผลของการสอนได้ตลอดเวลาหรือฉายให้ดูซ้ำได้เมื่อมีข้อโต้แย้งกัน บางแห่งยังใช้โทรทัศน์วงจรปิดขยายภาพการสอนออกไปสู่กลุ่มอื่น ๆ ที่ต้องการมีส่วนร่วมสังเกตหรืออภิปรายด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องมือถ่ายเทปดังกล่าวก็ไม่ใช่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะขาดเสียมิได้มีหลายแห่งที่ใช้เทปอัดเสียง (audio- tape recorder) ซึ่งมีประโยชน์ในการให้ผู้สอนได้ยินเสียงของตนได้จริงแทนการเห็นภาพ

 ในบางครั้งการเลือกใช้เทปบันทึกเสียงเป็นทางเลือกที่ดีกว่า เพราะว่าราคาถูกมากกว่า การใช้ก็ง่าย ครูใช้ได้เองโดยไม่ต้องมีช่างเทคนิค ยิ่งกว่านั้นนักศึกษามักจะประหม่าเมื่อทราบว่าจะต้องถ่ายภาพ และเมื่อย้อนดูภาพของตนเองก็มุ่งดูท่าทางการแสดงออกของตนมากกว่าจะดูในแง่ วิธีการสอน สำหรับการใช้เทปภาพควรใช้เมื่อมีความจำเป็นจะดูภาพ หรือในกรณีที่จะดูความสามารถในการใช้ทักษะนั้นในทุกแง่ทุกมุมอย่างละเอียด ถึงกระนั้นก็ตาม ยังมีผู้พบว่า สถานศึกษาที่ยังไม่มีเครื่องมือดังกล่าวเลยก็อาจจะจัดการสอนแบบจุลภาคได้ โดยใช้การอภิปรายการประเมินของผู้สังเกตการสอน เช่น อาจารย์นิเทศอาจารย์พี่เลี้ยง และเพื่อนนักศึกษาด้วยกัน

 การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ดังกล่าว เป็นผลย้อนกลับให้ผู้สอนให้เห็นตนเองนั้นช่วยให้ผู้สอนรู้จักตนเอง และเต็มใจที่จะแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของตนมากขึ้น ทั้งยังเป็นโอกาสให้ผู้สอนได้หัดวิเคราะห์ตนเองมองปัญหาต่าง ๆ ได้แจ่มชัด พร้อมทั้งนำข้อตกลงที่ตนได้วิเคราะห์เองนั้นไปใช้ต่อโยงในภายหน้าได้มากขึ้น และข้อสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือเป็นการช่วยให้เห็นภาพการฝึกทักษะนั้น ๆ ไปให้อาจารย์หรือนักศึกษาผู้อื่นที่มิได้อยู่ในขณะที่ทำการฝึกได้เห็น และสามารถร่วมอภิปรายหรือใช้ในการนิเทศก์การสอนได้

 **4. การนำการสอนแบบจุลภาคไปใช้**

 เราสามารถนำการสอนแบบจุลภาคไปใช้กับผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาโดยเฉพาะทางด้านการสอนได้มาก ได้แก่

 1. ใช้กับนักศึกษาฝึกสอน ได้มีการเอาไปฝึกนักศึกษาเพื่อเตรียมตัวก่อนออกฝึกสอนเพื่อมีความชำนาญ มีความสามารถในการสอนและการใช้ทักษะต่าง ๆ ทักษะที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ ทักษะการใช้คำถาม ทักษะการอธิบายและยกตัวอย่าง เป็นต้น

 2. ใช้กับครูประจำการ สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางและสะดวกเพราะการเรียนแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีอาจารย์นิเทศก์คอยดูแล แต่ใช้บทเรียนแบบรายงานย่อย (mini-course) แทนโดยบอกลำดับขั้นการฝึกไว้ให้ครูสามารถใช้ได้เอง

 3. ใช้กับอาจารย์นิเทศการที่อาจารย์นิเทศก์ได้มีโอกาสฝึกทักษะต่าง ๆ ในการสอนจะช่วยให้สามารถนำไปในการนิเทศก์นักศึกษาฝึกสอนได้ในระหว่างการดู การสอนของนักศึกษาฝึกสอนในโรงเรียน รวมทั้งยังจะช่วยให้ศึกษาสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการสอนของนักศึกษาด้วย

 4. ใช้ในการอบรมผู้บรรยาย การนำไปใช้กับอาจารย์หรือผู้บรรยายในมหาวิทยาลัยเพื่อช่วยให้ปรับปรุงเทคนิค การสอนและการบรรยายได้ และยังช่วยให้สามารถประเมินผลการสอนของตนเองได้ด้วย

 **5. ลักษณะสำคัญของการสอนแบบจุลภาค**

 การสอนแบบจุลภาค คือ การสอนในสถานการณ์จริง แต่ในลักษณะที่ย่อส่วนทั้งบทเรียน ชั้นเรียน และเวลา โดยมีลักษณะสำคัญดังนี้ (พึงใจ สินธวานนท์ และคณะ, 2519)

 1. เป็นการสอนที่มีลักษณะเหมือนการสอนจริง เพราะผู้สอนต้องเตรียมบทเรียนมาสอนนักเรียนเช่นเดียวกับการสอนในชั้นเรียน

 2. เป็นการสอนที่ย่อส่วนลงมาเพื่อลดความยุ่งยากของสถานภาพการสอนและช่วยให้มีโอกาสฝึกสอนการสอนได้หลายคนในเวลาอันจำกัด การย่อส่วนมีดังนี้

 1) จำนวนผู้เรียนอาจมี 3 - 10 คน

 2) ระยะเวลาสอนอาจจะเพียง 5 - 20 นาที

 3) บทเรียนในการสอนอาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งหรือขั้นตอนหนึ่งของบทเรียนที่สอนในขั้นตามปกติ

 3. เป็นการสอนที่ผู้ฝึกกำหนดเป้าหมายในการฝึกแต่ละครั้ง ให้เฉพาะเจาะจงไปว่ามีความต้องการฝึกทักษะการสอนในด้านใดบ้างและอย่างไรบ้าง

 4. เป็นการสอนที่ช่วยให้ผู้ฝึกได้เห็น “ผลย้อนกลับ” ของการสอนจริงตอนหลังจากการฝึกสอนแล้ว ด้วยจากอุปกรณ์ที่อาจจัดไว้ เช่น เทปบันทึกภาพ เทปบันทึกเสียงหรือจากแบบประเมินผล หรือจากการอภิปรายของวิทยากรและของผู้ที่ร่วมดูแลการสอนด้วย

 5. เป็นการสอนที่ช่วยให้ผู้สอนได้มีโอกาสแก้ไขจุดอ่อนของตน โดยการแก้ไขบทเรียน หรือวิธีการสอนให้โอกาสทดลองสอนใหม่กับนักเรียนชุดใหม่ เพื่อติดตามดูผลภายหลังการแก้ไขแล้ว จนกว่าจะบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ทั้งนี้เพราะพฤติกรรมการสอนบางอย่างเป็นสิ่งที่ตรงกันข้ามกับความชำนาญเฉพาะตัว ของผู้ฝึก การจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนให้เป็นไปในแนวทางที่พึงประสงค์จึงจำเป็นจะต้องให้ผู้สอนมองเห็นยอมรับและพิจารณาแก้ไขโดยอาศัยการฝึกซ้ำอีก การฝึกบ่อยๆ ย่อมทำให้เกิดการเรียนรู้ได้เร็ว

 **6. ข้อควรคำนึงในการจัดการสอนแบบจุลภาค**

1.การกำหนดการสอนในลักษณะที่ย่นย่อดังกล่าว มิได้หมายถึงการจำกัดตายตัวลงไปว่าจะต้องใช้ผู้เรียน หรือระยะเวลาเท่านั้นขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายของทักษะการสอน ทักษะบางประการ อาจใช้ระยะเวลาสอนไม่นาน เช่น ทักษะการใช้วาจา กิริยา ท่าทาง หรือการเสริมกำลังใจ อาจให้เวลาเพียง 5-10 นาที แต่ถ้าเป็นทักษะที่ต้องการเวลาในการคิด และโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อให้เห็นแนวทางของพฤติกรรมการสอนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ก็อาจจะใช้เวลาเพิ่มเป็น 15-20 นาที

 การกำหนดจำนวนนักเรียนก็เช่นเดียวกัน หากเป็นทักษะการเล่าเรื่องอาจใช้นักเรียนจำนวนน้อยเพียง 3-4 คน ก็เพียงพอเพราะบทบาทของผู้สอนมีน้อย แต่บางทักษะต้องการผู้เรียนประกอบเพื่อให้เห็นวิธีการชัดเจนขึ้นเป็น 8-10 คนก็เป็นได้

 สรุปได้ว่าการสอนแบบจุลภาคเปิดโอกาสให้จัดสถานการณ์การสอนในลักษณะย่นย่อได้ตาม ความเหมาะสมของทักษะและความมุ่งหมาย แต่โดยทั่วไปก็มักจะยึดแนวไว้กลาง ๆ ประมาณ 10-15 นาที และนักเรียนประมาณ 4-5 คน เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกและประหยัดในการจัดฝึกแก่คนหมู่มาก

 2.การย่นย่อในลักษณะดังกล่าว มักจะมีผู้เข้าใจผิดว่า คือ การย่อเนื้อหาที่ควรสอนในเวลาปกติ มาให้เหลือในระยะเวลาอันสั้นลง และทำให้ไม่มีทางเห็นการสอนได้ เพราะ จำนวนผู้เรียนและเวลาไม่อำนวย เช่น ในการฝึกทักษะการใช้คำถามที่ครูจะมุ่งฝึกวิธีถาม เพื่อให้เข้าสู่เป้าหมายของบทเรียนตามหลักสูตร อาจจะไม่เห็นผลเพราะไม่มีเวลาพอ เป็นต้น การฝึกทักษะด้วยการสอนแบบจุลภาคนั้น จุดประสงค์มิได้มุ่งจะให้เห็นผลตามความมุ่งหมายของบทเรียน เช่น การสอนตามปกติ แต่มุ่งให้ผู้สอนฝึกวิธีการใช้ทักษะการสอนต่าง ๆ เป็นสำคัญ ซึ่งการเหล่านี้ย่อมจะเป็นกลไกสำหรับการดำเนินการสอนตามบทเรียนเต็มขบวนเต็ม เวลาในการเรียนการสอนปกติอีกทีหนึ่ง ดังนั้น บทเรียนของการสอนแบบจุลภาค จึงเป็นบทเรียนสั้น ๆ ที่เหมาะสมแก่เวลาและการฝึกทักษะที่ต้องการมิใช่บทเรียนที่ผู้สอนจะนำไปใช้ สอนในชั้นเรียนตามปกติได้

 3.มักจะมีการเข้าใจสับสนระหว่างการฝึกสอนแบบจุลภาคกับการฝึกสอนในโรงเรียนจริง โดยเข้าใจว่าการฝึกสอนแบบจุลภาคจะมาแทนที่การฝึกสอนในโรงเรียนจริงและการฝึกสอน แบบจุลภาคนั้นไม่เอื้อที่จะให้ผู้สอนได้เผชิญกับสถานการณ์การสอนที่แท้จริง ได้ บ้างก็ว่าการเป็นบทเรียนสั้น ๆ ดังกล่าวครูย่อมไม่มีโอกาสใกล้ชิดกับผู้เรียนเพียงพอ ผู้จัดทำการสอนแบบจุลภาคจึงควรจะทำความเข้าใจว่าการฝึกสอนแบบจุลภาคเป็น เพียงภาคปฏิบัติที่พยายามให้ผู้สอนได้ฝึกสถานการณ์ที่ใกล้ความเป็นจริง ประกอบทฤษฎีที่เรียนในมหาวิทยาลัยที่มีหลักสูตรฝึกหัดครูมิใช่นำไปใช้แทนการฝึกสอนจริงในโรงเรียน หากเป็นเสมือนหนึ่งวิธีการที่ช่วยเชื่อมภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และเป็นวิธีเตรียมนักศึกษา ให้มีทักษะและประสบการณ์มากขึ้นก่อนออกไปเผชิญกับสภาพที่เป็นจริง

4.การใช้เครื่องมือมาช่วยให้ผู้สอนทราบผลย้อนกลับ มักจะเป็นปัญหาให้ผู้ที่จะจัดทำการสอนแบบจุลภาคต้องเลิกล้มความคิด เพราะพิจารณาเห็นว่าการลงทุนสูงสิ้นเปลืองและไม่มีเจ้าหน้าที่ทางเทคนิคในด้านนี้เพียงพอ โดยเฉพาะการใช้เครื่องถ่ายเทปบันทึกภาพจริงอยู่ที่ว่าการมีเครื่องเทปบันทึก ภาพจะช่วยให้เห็นพฤติกรรมการสอนของผู้สอนได้ชัดเจนทั้งท่าทาง เสียง วิธีการพูดจา หรือจัดกิจกรรม แต่ถ้าหากไม่มีหรือไม่สามารถจัดหาได้ ก็ไม่เป็นสิ่งที่จำเป็นยิ่งแต่อย่างใด จุดสำคัญของการสอนแบบจุลภาค คือ การเน้นให้มีการฝึกปฏิบัติในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงความจริงที่สุดเท่าที่จะ ทำได้ เพียงแต่มีสถานที่จะให้สอนได้มีผู้สอน ผู้เรียน ซึ่งอาจจะเป็นเพื่อนหรือนักเรียนจริง มีอาจารย์นิเทศก์และวิธีการประเมินผลที่จะช่วยให้ผู้สอนได้มองเห็นผลการสอน ของตนแล้วก็ย่อมจะทำได้ ทั้งนี้โดยต้องมีการลงทุนมากกว่าอย่างวิธีการอื่น ๆ

 **7. ประโยชน์ของการจัดการสอนแบบจุลภาค**

1. นักศึกษาได้มีโอกาสฝึกสอนเหมือนการสอนในชั้นเรียนจริง แต่ในลักษณะที่ไม่เสียผลต่อผู้เรียน และไม่ต้องกังวลถึงผลของการสอนที่อาจจะผิดพลาดบกพร่องเพราะการฝึกสอนในรูปของการสอนแบบจุลภาค จะเปรียบได้กับการจัดสนามขับรถในลักษณะที่เหมือนจริงให้แก่ผู้ฝึกขับ ซึ่งย่อมไม่เป็นอันตรายต่อผู้อื่น ทั้งผู้สอนเองจะรู้สึกปลอดภัยและสบายใจในการฝึกทักษะต่าง ๆ อีกด้วย

 2. ช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้เรียนรู้ทักษะการสอนต่าง ๆ จากประสบการณ์ของตนเองแม้จะเป็นเพียงชั้นเล็กๆ ระยะเวลาไม่นานก็ตาม ผลตอบสนองที่ผู้ฝึกสอนได้จากผู้เรียนโดยตรงก็ดี ผลตอบสนองที่ได้จากอุปกรณ์ที่อาจจะเตรียมไว้สอน ได้จากแบบประเมินผลก็ดี หรือจากการอภิปรายวิจารการสอนก็ดีย่อมเป็นเครื่องมือสะท้อนให้เกิดการเรียนรู้ได้ทั้งสิ้น

 3. การจัดให้มีการฝึกสอนในทักษะย่นย่อ ช่วยให้ผู้ฝึกสอนมีโอกาสเลือกฝึกทักษะที่ตนเองขาดประสบการณ์ หรือที่ตนเห็นว่ายังมีปัญหาได้โดยง่าย หากจำเป็นจะต้องสอนซ้ำในทักษะเดิมหรือบทเรียนเดิมก็อาจจัดได้โดยไม่ทำให้ ชั้นเรียนใบสนหรือเบื่อหน่ายและสามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องจากทักษะหนึ่ง ไปอีกทักษะหนึ่ง โดยไม่ขัดกับการดำเนินการสอนตามปกติ

 4. การสอนแบบจุลภาค ช่วยลดความยุ่งยากในด้านต่าง ๆ เช่น การปกครองควบคุมชั้นการดำเนินการสอนให้ครบทุกขั้นตอนการฝึกด้วยการสอนแบบจุลภาคย่อมให้โอกาสแก่ผู้ฝึกสอนได้เพิ่มการฝึกไปทีละทักษะ ให้เห็นเด่นชัดและสร้างความมั่นใจในการสอนให้แก่ตนเอง นับว่าเป็นวิธีการที่รัดกุมเพียงพอที่จะมิให้ผู้ฝึกสอนมีงานล้นจนเกินไปจนมุ่งที่จะฝึกวิธีการสอนในแต่ละจุดได้ไม่เต็มที่

 5. การประเมินผลการฝึกสอนแบบจุลภาค ให้ความรู้สึกในด้านดีแก่ผู้ฝึกเพราะผู้ฝึกจะรับรู้ข้อบกพร่องและแก้ไขปรับปรุงการสอนของตนไปในทางที่ดี เพราะวิธีการดังกล่าวมุ่งให้ผู้เรียนได้เห็นตนเองและปรับปรุงแก้ไขตนเอง มากกว่าอย่างอื่น และจุดประสงค์สำคัญ คือ การให้ผู้ฝึกสอนได้เรียนรู้วิธีการมากกว่าการเรียนรู้เพียงผลรับเท่านั้น

 6. ในกรณีที่มีการบันทึกภาพหรือเสียง หรือจากบันทึกการสอน และแบบประเมินผลอาจนำไปเป็นตัวอย่างแก่นักศึกษาครูอื่นๆ ได้ทั้งในทางดีและในทางที่ต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไรก็ตามมิได้หมายความว่า การฝึกสอนแบบจุลภาคจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสอนของนักศึกษาได้ทุก กรณี การสอนแบบจุลภาคเป็นเพียงวิธีการหนึ่ง ที่จะช่วยปรับปรุงการสอนให้ดีขึ้นเท่านั้น ประการสำคัญก็คือ การสอนแบบจุลภาค จะไม่เป็นประโยชน์เท่าที่ควรหากขาดการฝึกอย่างเอาใจใส่

 **8.** **การจัดการสอนแบบจุลภาค**

 วิธีการจัดการสอนแบบจุลภาคสำหรับนักศึกษาครูที่ต้องการหาความ ชำนาญในทักษะการสอนแบบต่าง ๆ ซึ่งสามารถจัดได้ในวิทยาลัยครู คณะครุศาสตร์ หรือคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทั่วไป โดยมีแนวทางการจัดดังนี้

 **วิธีดำเนินการ**

 การจัดการสอนแบบจุลภาค เพื่อให้ได้ผลดีนั้น ควรจะได้จัดให้มีการศึกษาทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติก่อนที่นักศึกษาจะได้ลง มือทดลองฝึกสอนในทักษะแต่ละชนิดนั้น ควรได้มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับลักษณะและรูปแบบที่เหมาะสมของทักษะชนิดนั้น ๆ เสียก่อน เมื่อเข้าใจดีแล้วจึงให้ลงมือฝึกสอน ดังนั้น การดำเนินงานฝึกสอนแบบจุลภาค จึงควรแบ่งออกเป็น 2 ระยะ (พึงใจ สินธวานนท์ และคณะ, 2520) คือ ระยะที่ 1 ศึกษาภาคทฤษฎี และระยะที่ 2 ศึกษาภาคปฏิบัติ

  **ระยะที่ 1 ภาคทฤษฎี**

 นักศึกษาจะได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะที่จะฝึกทีละขั้น จนกระทั่งเข้าใจวีธีการอย่างลึกซึ้ง วิธีดำเนินการในระยะที่ 1 นั้น อาจทำเป็นขั้น ๆ ดังนี้

 ขั้นที่ 1 ศึกษาจากเอกสาร ก่อนอื่นอาจารย์ควรแจกเอกสารที่ใช้ในการศึกษาทักษะชนิดที่กำลังจะฝึกให้นักศึกษา นำไปอ่านล่วงหน้าแล้วฟังคำบรรยายของอาจารย์เพิ่มเติมในชั่วโมงเรียน

 ขั้นที่ 2 ดูแบบอย่างที่ดี แบบอย่างดังกล่าวได้แก่ เทปบันทึกภาพ สไลด์ และการสาธิต เป็นต้น โดยดูทั้งวิธีการและวิธีใช้ พร้อมทั้งให้มีการอภิปรายแบบอย่างดังกล่าวประกอบจนเกิดความเข้าใจ

 ขั้นที่ 3 ฝึกวิเคราะห์ ได้แก่การวิเคราะห์ทักษะตามเกณฑ์ที่ได้ศึกษาในข้อ 1 และ ข้อ 2 โดยอาจวิเคราะห์จากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จัดให้ เช่น อาจวิเคราะห์จากเทปบันทึกภาพที่อัดไว้ จากเสียงบันทึก หรือจากบทเรียนที่เตรียมไว้

 ในขั้นที่ 3 นี้ อาจให้ศึกษาจากบันทึกการสอนแบบจุลภาคแทนเทปบันทึกภาพหรือศึกษาทั้ง 2 อย่างก็ยิ่งดี บันทึกการสอนแบบจุลภาคในที่นี้หมายถึง บทสนทนาและกิจกรรมระหว่างครูกับนักเรียนซึ่งจะบันทึกขั้นตอนของการสอน พร้อมทั้งคำพูดในการตอบสนองของทั้งครูและนักเรียนเป็นตอน ๆ ไป ซึ่งจากอันนี้ นักศึกษาจะได้นำไปวิเคราะห์ลักษณะของทักษะได้ เช่น ทักษะ การใช้คำถาม หลังจากที่ได้ศึกษาลักษณะคำถามที่ดีตามแบบอย่างที่วางไว้แล้วจึงได้ดูบันทึก การสอนหรือเทปบันทึกภาพหรืออาจเป็นเทปบันทึกเสียงก็ได้ จากนั้นให้วิเคราะห์ลักษณะคำถามที่สังเกตได้ พร้อมทั้งอภิปรายส่วนดีและไม่ดีคำถาม

 ขั้นที่ 4 เป็นขั้นของการทำแบบฝึกหัด อาจารย์ควรจะรวบรวมสถานการณ์การสอนต่าง ๆ มาให้นักเรียนได้ลองคิดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะที่ต้องการฝึกเพื่อ เป็นการวัดดูความสามารถในการใช้ทักษะนั้น ๆ หรือร่วมกันแลกเปลี่ยนแนวคิดในการใช้ทักษะนั้น ๆ ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น หากมีจุดบกพร่องจะได้แก้ไขก่อนที่จะลงมือทำการบันทึกการสอน เช่น ให้ฝึกตั้งคำถามตามสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นต้น

 ขั้นที่ 5 เลือกบทเรียนที่จะทดลองฝึกสอน แล้วบันทึกการสอนแบบจุลภาคอย่างละเอียด

 ในการเลือกบทเรียนควรได้คำนึงถึงความเหมาะสมของบทเรียน คือทักษะที่จะฝึกตลอดจนถึงวัยและระดับของผู้เรียนด้วย เช่น จะฝึกการตั้งคำถามนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ควรจะเลือกบทเรียนที่นักเรียนมีพื้นความรู้พอที่จะตอบได้ หรือมีโอกาสคิดหาเหตุผลได้

 การทำบันทึกการสอน ก็ควรได้คำนึงถึงพฤติกรรมการสอนที่ใช้ทักษะที่ต้องการฝึก ดังนั้นการทำบันทึกการสอน จึงควรบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู และพฤติกรรมที่คาดหวังจากนักเรียนพร้อมทั้งเหตุผลที่ดำเนินการสอนดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อฝึกทักษะที่ต้องการและได้ประเมินผลในเชิงพฤติกรรม ตัวอย่างบันทึกการสอนดังกล่าวอาจมีรูปแบบดังนี้

 การทำบันทึกการสอน ก็ควรได้คำนึงถึงพฤติกรรมการสอนที่ใช้ทักษะที่ต้องการฝึก ดังนั้น การทำบันทึกการสอน จึงควรบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู และพฤติกรรมที่คาดหวังจากนักเรียนพร้อมทั้งเหตุผลที่ดำเนินการสอนดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อฝึกทักษะที่ต้องการและได้ประเมินผลในเชิงพฤติกรรม ตัวอย่างบันทึกการสอนดังกล่าวอาจมีรูปแบบดังนี้

**บันทึกการสอนแบบจุลภาค**

ผู้สอน...........................................................................................................................................................

วันที่สอน...................................................วิชาที่สอน..................................................................................

ชั้น..........................................เรื่อง..............................................................................................................

ทักษะการสอนที่ต้องการฝึก....................................................................................................................................................................

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....................................................................................................................................................................

เนื้อเรื่องโดยย่อ..............................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................วัสดุและอุปกรณ์ .............................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................. .......................................................................................................................................................................

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| กิจกรรมของครู | กิจกรรมของนักเรียน | เหตุผล |
| (บันทึกพฤติกรรมการสอนของครู)..................................................................................................................................................................... | (บันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน)................................................................................................................................................................................................... | ................................................................................. |

 **ระยะที่ 2 ภาคปฏิบัติ**

ภาคปฏิบัติจะทำต่อเนื่องเมื่อสักศึกษาได้ผ่านการศึกษาในระยะที่ 1 เรียบ ร้อยแล้วในการทดลองฝึกทักษะ อาจารย์ผู้ควบคุมและแนะนำ ซึ่งในที่นี้จะขอเรียกว่า อาจารย์นิเทศก์ควรจะได้ตรวจบันทึกการสอนที่นักศึกษาได้เตรียมไว้ในขั้นสุด ท้ายของระยะที่ 1 ให้เหมาะสมเสียก่อนแล้วจึงดำเนินการต่อไปดังนี้

 1. นักศึกษาลงมือสอนในขณะที่สอนถ้ามีเครื่องบันทึกภาพ ก็ควรจะได้ทำการบันทึกภาพไว้ด้วย ถ้าไม่มีอาจใช้แต่เพียงเทปบันทึกเสียง แต่ถ้าไม่สามารถจะจัดหาอุปกรณ์ทั้ง 2 อย่าง ได้ก็ไม่เป็นไร อาจใช้แต่เพียงบันทึกความคิดเห็นในแบบวิจารณ์การสอนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามทักษะบางทักษะไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์บันทึกภาพเลยก็ได้

 2. วิจารณ์และอภิปรายการสอน

 3. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของการสอนแล้วให้ทำบันทึกการสอนใหม่ให้เรียบร้อย เพื่อทำการสอนอีกครั้งหนึ่ง

 4. ทดลองสอนใหม่

 5. วิจารณ์และอภิปรายการสอนครั้งที่ 2

 **การที่จะทดลองสอนเป็นครั้งที่** 2 **หลังจากที่ได้พบข้อบกพร่องในครั้งที่** 1 **นั้น หากเวลาไม่อำนวยอาจมีการยกเลิก หรือเลือกให้ฝึกซ้ำเฉพาะในบางรายก็อาจทำได้**

  **9. การเตรียมงานสำหรับภาคปฏิบัติ**

 การเตรียมงานสำหรับภาคปฏิบัตินั้นอาจารย์นิเทศก์ควรจะได้พิจารณาสิ่งสำคัญ 3 สิ่งด้วยกัน คือ 1) หน้าที่ของอาจารย์นิเทศ 2) การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองสอน และ 3) การเตรียมสถานที่ที่ใช้ทดลองสอน ผู้ที่ทำหน้าที่เป็นอาจารย์นิเทศก์จะต้องเตรียมงานทุกอย่างให้พร้อม ก่อนอื่นต้องสำรวจตัวเองว่าพร้อมที่จะให้นักศึกษาลงมือสอนหรือยัง นั่นคือสำรวจดูว่าได้ทำหน้าที่ครบหรือไม่ ดังนั้น อาจารย์นิเทศก์ควรจะเข้าใจหน้าที่ของตัวเองเสียก่อนดังจะกล่าวต่อไป

 1. หน้าที่ของอาจารย์นิเทศ

 ตรวจบันทึกการสอน ให้คำแนะนำและปรับปรุงการสอนที่นักศึกษาเตรียมขึ้นแล้วกำหนดเวลาทดลอง ดังนั้น ก่อนที่จะได้มีการทดลองสอน อาจารย์นิเทศควรเตรียมสิ่งต่อไปนี้

 1. ตรวจบันทึกการสอน

 2. นัดเวลาทดลองการสอนที่อาจต้องนัดเวลาเพราะว่าเมื่อนักศึกษาจำนวนมากจะใช้เวลาเฉพาะชั่วโมงสอน ฝึกนั้นอาจไม่พอจำเป็นต้องอาศัยเวลานอก ซึ่งอาจารย์นิเทศก์ควรจะให้นักศึกษาทำบัตรแจ้งเวลาว่างว่าในสัปดาห์หนึ่งๆ เขามีเวลาว่างตอนใดบ้าง แล้วจึงนำมาพิจารณาจัดชั่วโมงฝึกให้

 3. จัดเตรียมผู้เรียนที่จะเป็นนักเรียน

 1) ให้เพื่อนนักเรียนชั้นต่ำกว่าแสดงเป็นนักเรียน

 2) ใช้เพื่อนนักเรียนชั้นเดียวกัน

 3) ใช้เด็กนักเรียนจริงซึ่งกำลังเรียนในชั้นเดียวกับบทเรียนที่จะสอน

 4. เตรียมการวิจารณ์ ได้แก่ เตรียมผู้วิจารณ์ และวิธีการวิจารณ์

 ผู้วิจารณ์ อาจประกอบด้วยบุคคลต่อไปนี้

 1) นักศึกษาผู้สอนเอง

 2) อาจารย์นิเทศก์

 3) นักศึกษาผู้สังเกตการสอน

 4) นักเรียน

 วิธีการวิจารณ์ อาจทำได้ดังนี้

 1) หลังจากจบการสอนแล้ว นักศึกษาผู้สอนและอาจารย์นิเทศดูผลการฝึกสอนจากเทปบันทึกภาพ หรือ ฟังจากเทปบันทึกเสียงเป็นตอน ๆ และวิจารณ์ร่วมกันโดยมุ่งให้นักศึกษาฝึกสอนได้ติชมตนเอง พร้อมทั้งมองเห็นข้อที่ตนควรปรับปรุงแก้ไข

 2) หลังจากการสอนแล้ว อาจให้อาจารย์นิเทศและเพื่อนผู้สังเกตการสอนเขียนคำวิจารณ์ลงในแบบประเมิน ผล และผู้สอนนำมาเป็นแนวในการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

 3) นอกจากการเขียนวิจารณ์แล้ว อาจให้อาจารย์นิเทศและเพื่อนผู้สังเกตการสอนได้ร่วมกันอภิปรายผลการสอน ในกรณีนี้จากประสบการณ์พบว่า ทำให้นักศึกษาผู้สอนได้แง่คิดเกี่ยวกับวิธีการสอนได้กว้างขวางเพราะได้ฟังความ เห็นจากหลาย ๆ คน ทั้งฝึกความใจกว้างยอมรับคำวิจารณ์ด้วยดีอีกด้วย

 การวิจารณ์การสอนมีหลักเกณฑ์ดังนี้

 1) การวิจารณ์ควรอยู่ในขอบเขตทักษะที่มุ่งจะฝึกเท่านั้น

 2) พิจารณาส่วนดีของการสอน แล้วนำมาชมเชย ไม่ควรดูแต่สิ่งที่ไม่ดีเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

 3) สังเกตการสอนตลอดเวลา

 4) อย่าวิจารณ์การสอนขณะที่นักศึกษากำลังฝึกสอนอยู่ จะทำให้การสอนชะงักและเป็นการดึงความสนใจของนักเรียนไปจากครูฝึกสอน

 5) การวิจารณ์การสอนควรเป็นลักษณะที่ติเพื่อก่อไม่ควรพูดให้นักศึกษาหมดกำลังใจควรชมในส่วนที่ดีและให้ปรับปรุงส่วนที่ไม่ดีโดยอาจใช้คำพูดว่า “การสอนนี้จะดีมากถ้าได้ปรับปรุง....... เสียอีกหน่อย”

 6) ในกรณีที่ใช้เทปบันทึกภาพ ควรให้โอกาสผู้ฝึกสอนวิจารณ์ตัวเองเสียก่อนแล้วให้ความเห็นว่าการปรับปรุง อย่างไรจะได้ผลดีกว่าเพื่ออาจารย์นิเทศก์จะวิจารณ์เสียเองแต่ผู้เดียว

 7) ในการวิจารณ์หรือแสดงความคิดเห็นในการสอน ซึ่งผู้สังเกตการณ์ร่วมอภิปรายกับอาจารย์นิเทศก์นั้น ควรให้ผู้วิจารณ์เสนอแนะวิธีแก้ไขด้วย ไม่ใช่ชี้แต่ข้อบกพร่องอย่างเดียว

 ที่กล่าวมาทั้ง 2 ข้อนี้ เป็นสิ่งที่อาจารย์นิเทศก์ควรจะได้นำไปพิจารณาในเวลาที่มีการวิจารณ์การสอนซึ่งจะช่วยในการวิจารณ์มีผลดียิ่งขึ้น

 2.การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองสอน

 ผู้ที่สอนและอาจารย์นิเทศก์ควรร่วมกันสำรวจดูสิ่งจะต้องใช้ในการทดลองสอนได้แก่

สิ่งต่อไปนี้

 1) อุปกรณ์ ที่ใช้ประกอบบทเรียน นักศึกษาควรได้ตรวจดูความเรียบร้อย เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้สอนว่ามีครบหรือไม่ อยู่ในสภาพที่ใช้ได้หรือไม่ เพื่อจะได้ไม่ขลุกขลักในขณะที่สอน

 2) อุปกรณ์ ที่ใช้ในการประเมินผล ในที่นี้ได้แก่แบบบันทึกพฤติกรรมการสอนและแบบประเมินผลการสอน อาจารย์นิเทศก์ควรเตรียมไว้ให้พร้อม และแจกให้กับผู้ที่จะทำหน้าที่ประเมินผล พร้อมทั้งทำความเข้าใจในหัวข้อที่จะประเมินผลให้เรียบร้อยก่อนที่ลงมือสอน

 **10. แบบประเมินผลการสอนแบบจุลภาค** แบบประเมินการสอนแบบจุลภาคนั้น มีการจัดทำกันหลายแบบซึ่งจะนำเสนอตัวอย่างดังนี้

**แบบประเมินการสอนแบบจุลภาค (แบบรวม)**

ผู้สอน.................................................................เรื่อง.............................................................................

ครั้งที่....................วันที่.....................เดือน..............................................พ.ศ.......................................

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ทักษะ | ดีแล้ว | ยังต้องปรับปรุงแก้ไข | ยังไม่แน่ใจ | ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม |
| 1. วาจากิริยาท่าทาง การใช้วาจา น้ำเสียง การใช้กิริยาท่าทาง การสื่อความหมายด้วยท่าทาง การปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูนักเรียน การปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน |   |   |   |   |
| 2. การใช้คำถาม คำถาม วิธีถาม |  |  |  |  |
| 3. การเสริมกำลังใจ การยอมรับความคิดของผู้เรียน การยกย่องชมเชย |  |  |  |  |

**บันทึกหลังการสอนแบบจุลภาค (การประเมินตนเอง)**

ชื่อผู้สอน………………………………………………………รหัสนักศึกษา………………ปีที่…….หมู่ที่…..ลำดับที่สอน ……

วิชาที่สอน........................................................ ชั้น……… เรื่องที่สอน ……………………………………………………

ผู้สังเกต…………….………………………………………………………………วัน/เดือน/ปี ที่สอน………………………………

ช่วงเวลาที่ทดลองสอน……………………………………………...

**1. ด้านการเตรียมการสอน (ให้เขียนสะท้อนผลการปฏิบัติตามประเด็นต่าง ๆ)**

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….1.2 ผลการเรียนรู้สอดคล้องตามสาระการเรียนรู้

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….1.3 กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับวัยและพัฒนาการ

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….1.4 การเน้นการมีส่วนร่วมในการนำเข้าสู่บทเรียน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**2. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (ให้เขียนสะท้อนผลการปฏิบัติตามประเด็นต่าง ๆ)**

2.1 การนำเข้าสู่บทเรียน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

2.2 ทักษะกระบวนการที่ใช้ในการสอน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….2.3 การดำเนินการสอนเป็นไปตามขั้นตอน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

2.4 จัดกิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหา/เวลา

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….2.5 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

2.6 การจัดกิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….2.7 การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….2.7 มีการสรุปประเมินผลการเรียนการสอนชัดเจน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….2.8 มีการประเมินผลเป็นระยะ

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….**3. สื่อการสอนที่ใช้** **(ให้เขียนสะท้อนผลการปฏิบัติตามประเด็นต่าง ๆ)**

3.1 ความสอดคล้องเหมาะสมของสื่อกับกิจกรรมการเรียนรู้

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….3.2 คุณภาพของสื่อที่ใช้ที่มีต่อความสนใจของผู้เรียน

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**4. พฤติกรรมทั่วไป (ให้เขียนสะท้อนผลการปฏิบัติตามประเด็นต่าง ๆ)**

4.1 การให้ความสนใจแก่นักเรียนอย่างทั่วถึง

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

4.2 การจัดบรรยากาศเหมาะสม สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….4.3 การมอบหมายงานชัดเจนและเหมาะสมกับเวลา

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….**5. ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการเรียนการสอน**

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

ลงชื่อ………………………………..…………….นักศึกษาทดลองสอน

 (………………..…………………………......)

**แบบประเมินพฤติกรรมการสอนแบบจุลภาค**

ชื่อผู้สอน………………………………………………………รหัสนักศึกษา………………ปีที่…….หมู่ที่…..ลำดับที่สอน ……

วิชาที่สอน........................................................ ชั้น……… เรื่องที่สอน ……………………………………………………

อาจารย์นิเทศก์…………….……………………………………………………วัน/เดือน/ปี ที่สอน………………………………

ช่วงเวลาที่ทดลองสอน……………………………………………...

**เกณฑ์การให้คะแนน** โปรดเขียนล้อมรอบคะแนนในแต่ละข้อ

 4 = ดีมาก 2 = พอใช้ / มีพฤติกรรมที่ระบุไว้

3 = ดี 1 = ควรปรับปรุงแก้ไข/หรือไม่มีพฤติกรรมที่ระบุไว้

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รายการประเมิน** | **ระดับคะแนน** | **หมายเหตุ** |
| **4** | **3** | **2** | **1** |  |
| **1. การนำเข้าสู่บทเรียน** |  |  |  |  |  |
|  | 1) | เร้าความสนใจของนักเรียน |  |  |  |  |  |
|  | 2) | เหมาะสมกับเวลาและเนื้อเรื่องที่สอน |  |  |  |  |  |
|  | 3) | บอกผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้และแนวทางการเรียน |  |  |  |  |  |
| **2. การดำเนินการสอน**  |  |  |  |  |  |
|  | 1) | เนื้อหาการสอนสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ |  |  |  |  |  |
|  | 2) | อธิบายตามขั้นตอนทำให้เข้าใจง่ายและใช้ภาษาถูกต้อง |  |  |  |  |  |
|  | 3) | กิจกรรมที่ใช้ประกอบเรื่องที่สอนเหมาะกับเนื้อหาและสัมพันธ์กับชีวิตจริง |  |  |  |  |  |
|  | 4) | ใช้เทคนิคการตั้งคำถามหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น |  |  |  |  |  |
|  | 5) | ให้ความสนใจนักเรียนอย่างทั่วถึง |  |  |  |  |  |
|  | 6) | ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนระหว่างการสอนรวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม |  |  |  |  |  |
|  | 7) | ใช้เทคนิคการสอนเหมาะสมกับเนื้อหา |  |  |  |  |  |
|  | 8) | ใช้การเสริมแรงแก่นักเรียนอย่างเหมาะสม |  |  |  |  |  |
|  | 9) | ใช้สื่อการสอนได้อย่างถูกต้องและคุ้มค่า |  |  |  |  |  |
|  | 10) | จัดกลุ่มนักเรียนสัมพันธ์กับการสอน |  |  |  |  |  |
|  | 11) | ภาระงานหรือแบบฝึกหัดอย่างเหมาะสมกับความสามารถของกลุ่มผู้เรียนหรือรายบุคคล |  |  |  |  |  |
|  | 12) | ส่งเสริมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การทดลอง และเสาะแสวงหาความรู้ในแนวทางที่เหมาะสม |  |  |  |  |  |
|  | 13) | ช่วยเหลือเด็กนักเรียนช้าและส่งเสริมเด็กเรียนเก่ง |  |  |  |  |  |
| **3. การสรุป** |  |  |  |  |  |
|  | 1) | สรุปได้กระชับเข้าใจง่าย ช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ |  |  |  |  |  |
|  | 2) | สรุปได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ในแผน |  |  |  |  |  |
| **4. การประเมินผลการเรียนการสอน** |  |  |  |  |  |
|  | 1) | ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ |  |  |  |  |  |
|  | 2) | จัดให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด |  |  |  |  |  |
|  | 3) | มีร่องรอยหลักฐานในการประเมินผล |  |  |  |  |  |
| **5. บรรยากาศและสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้** |  |  |  |  |  |
| **6. การควบคุมชั้นเรียน** |  |  |  |  |  |
| **7. ประสิทธิภาพของการใช้เวลาในการสอน** |  |  |  |  |  |
| **8. บุคลิกภาพ** |  |  |  |  |  |
|  | 1) | การควบคุมอารมณ์ขณะที่สอน |  |  |  |  |  |
|  | 2) | การยอมรับความคิดเห็นของนักเรียน |  |  |  |  |  |
|  | 3) | แต่งกายสุภาพเรียบร้อย |  |  |  |  |  |

**เกณฑ์การประเมิน**

90% ขึ้นไป = ดีเยี่ยม 80% – 89% = ดีมาก

70% – 79% =ดี 60% – 69% = พอใช้

ต่ำกว่า 60% = ควรปรับปรุงแก้ไข

**ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการเรียนการสอน / ผลการประเมินการสอนแบบจุลภาค**

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

ลงชื่อ………………………………..…………….อาจารย์นิเทศก์

 (………………..…………………………......)

**สรุป**
 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ได้กำหนดแนวการจัดการศึกษา ต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ดังนั้นครูต้องเปลี่ยนบทบาทของตนเองจากผู้สอนมาเป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้ผู้เรียนใช้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ การจัดการเรียนการสอนจะต้องมุ่งให้ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมให้มากที่สุด เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งในส่วนของความรู้ ทักษะกระบวนการ ความคิดสร้างสรรค์ตลอดจนพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้วิธีการที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีทั้งนี้ครูสามารถเลือกใช้วิธีการสอนใดก็ได้ โดยพิจารณาที่ความเหมาะสมของเนื้อหาและตัวผู้เรียน ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีหลายรูปแบบ ได้แก่ การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในชั้นเรียน การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้แหล่งเรียนรู้ และการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยการเรียนอย่างอิสระ
 การสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมเป็นแนวคิดที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการขัดแย้งทางปัญญา หรือเกิดภาวะที่เรียกว่า ภาวะไม่สมดุลขึ้น เป็นภาวะที่ไม่พอใจหรือรู้สึกถูกรบกวน ซึ่งถือเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนจะต้องพยายามปรับเปลี่ยนข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมหรือข้อมูลที่มีอยู่เดิมให้เกิดความพอเหมาะแล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ และเชื่อว่าการพัฒนาศักยภาพของสมองไม่ใช่การให้เด็กเป็นผู้รับอย่างเดียวเท่านั้น แต่ต้องให้ครูและเด็กเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทั้ง 2 ฝ่าย โดยที่ต่างฝ่ายต้องเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อครูผู้สอนเพราะมีการแลกเปลี่ยนระหว่างกัน มีการสร้างปฏิสัมพันธ์กันอย่างไม่หยุดนิ่งทั้งสองฝ่าย เพื่อที่จะให้เกิดการเรียนรู้ บรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมเป็นบรรยากาศที่มีทางเลือกหลากหลาย เป็นสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน และเป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร ส่วนขั้นตอนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมมี 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นทบทวนความรู้เดิม ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด ขั้นนำความคิดไปใช้ และขั้นทบทวน
 การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้จัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ และสิ่งเร้าต่างๆกระตุ้นให้ผู้เรียน เกิดความอยากรู้อยากเห็น ใช้กระบวนการสังเกตจนเกิดปัญหา โดยครูจะกระตุ้นนักเรียนด้วยวิธีตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนสืบเสาะหาสาเหตุของปัญหาโดยการอธิบาแล้วหาทางพิสูจน์ว่าการอธิบายนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยการกำหนดสมมติฐาน ลงมือทำการทดลอง สรุปผลด้วยตนเอง วิธีการสอนแบบสืบเสาะ เป็นวิธีการสอนที่อยู่บนรากฐานของการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมเป็นแนวคิดที่เน้นให้ผู้เรียนเน้นสร้างความรู้ใหม่ ประดิษฐ์สิ่งใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กิจกรรมเป็นสำคัญ ความรู้ที่ได้เด็กเป็นผู้สร้างเอง ครูไม่สามารถสร้างความรู้นั้นในสมองเด็กได้ ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรเป็นความจำระยะยาวที่เด็กจะจำได้นาน ขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการสอนแบบสืบเสาะคือการจัดเตรียมสถานการณ์ที่นำไปสู่เป้าหมายตามจุดประสงค์ในแต่ละเรื่องและการใช้คำถามกระตุ้นของผู้สอน ที่ให้ผู้เรียนได้เกิดข้อสงสัยแสวงหาคำตอบ โดยคำถามที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วยการตั้งคำถามที่จะใช้ประกอบการอภิปรายเพื่อนำไปสู่แนวทางหาคำตอบของปัญหา การตั้งคำถามเพื่อดำเนินไปสู่การออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบ และการตั้งคำถามที่จะใช้ในการอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง
 การสอนแบบโครงงาน เป็นการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาโดยผู้เรียนเพียงคนเดียวหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ถือเป็นการจัดประสบการณ์เรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เลือกและสร้างกระบวนการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการและแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายและสามารถนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กำหนดเรื่องที่จะศึกษาด้วยตนเองในสิ่งที่มีความคล้ายคลึงเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือสภาพปัญหาที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ ความคิดที่ลึกซึ้ง เชื่อมโยงสัมพันธ์กันจนได้ความรู้ใหม่ที่มีความหมายสอดคล้องและเชื่อมโยงกัน ได้ใช้ทักษะที่มีในการทำงานตามความต้องการและความสนใจทำให้เด็กได้พัฒนาความรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเองและความรอบคอบในการปฏิบัติงาน โครงงานวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 4 แบบคือ โครงงานประเภทสำรวจ โครงงานประเภททดลอง โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ โครงงานประเภททฤษฎี ส่วนขั้นตอนในการทำโครงงานทางวิทยาศาสตร์มี 6 ขั้นตอนคือ การกำหนดหัวข้อที่จะทำโครงงาน การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การจัดทำเค้าโครงย่อของโครงงาน การลงมือทำโครงงาน การเขียนรายงาน และการแสดงผลงาน

 การฝึกทักษะการสอนด้วยการสอนแบบจุลภาค (micro - teaching) เป็นพื้นฐานในการสอนจริงในชั้นเรียน เพราะช่วยให้ผู้ฝึกหรือผู้ที่จะเป็นครู เกิดความชำนาญ คล่องแคล่ว มีความมั่นใจขึ้น และยังช่วยให้ได้มีโอกาสปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ หรือฝึกซ้ำเพิ่มเติมได้อีกด้วย การสอนแบบจุลภาค คือ การสอนในสถานการณ์จริง แต่ในลักษณะที่ย่อส่วนทั้งบทเรียน ชั้นเรียน และเวลา โดยมีลักษณะสำคัญ คือ การสอนที่มีลักษณะเหมือนการสอนจริง เป็นการสอนที่ย่อส่วนลงมาเพื่อลดความยุ่งยากของสถานภาพการสอนและช่วยให้มีโอกาสฝึกสอนการสอนได้หลายคนในเวลาอันจำกัด การสอนที่ผู้ฝึกกำหนดเป้าหมายในการฝึกแต่ละครั้ง การสอนที่ช่วยให้ผู้ฝึกได้เห็น “ผลย้อนกลับ” ของการสอนจริง และการสอนที่ช่วยให้ผู้สอนได้มีโอกาสแก้ไขจุดอ่อนของตน โดยการแก้ไขบทเรียน หรือวิธีการสอนให้โอกาสทดลองสอนใหม่กับนักเรียนชุดใหม่เพื่อติดตามดูผลภายหลังการแก้ไขแล้ว จนกว่าจะบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ทั้งนี้เพราะพฤติกรรมการสอนบางอย่างเป็นสิ่งที่ตรงกันข้ามกับความชำนาญเฉพาะตัว ของผู้ฝึก การจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนให้เป็นไปในแนวทางที่พึงประสงค์จึงจำเป็นจะ ต้องให้ผู้สอนมองเห็น ยอมรับ และพิจารณาแก้ไขโดยอาศัยการฝึกซ้ำอีก การฝึกบ่อย ๆ ย่อมทำให้เกิดการเรียนรู้ได้เร็ว

**คำถามท้ายบท**

1. จงอธิบายความหมายของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมาพอเข้าใจ

 2. จงอธิบายหลักการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎี constructivism การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการสอนแบบโครงงานมาพอเข้าใจ

 3. จงบอกขั้นตอนการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการสอนแบบโครงงาน

 4. การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีข้อดีและข้อจำกัดอย่างไร

 5. การสอนแบบโครงงานมีข้อดีและข้อจำกัดอย่างไร

 6. จงอธิบายถึงลักษณะเด่นของโครงงานแต่ละประเภทมาพอเข้าใจ

 7. สภาพแวดล้อมและกิจกรรมที่ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย

 8. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีจุดมุ่งหมายอย่างไร จงอธิบาย

 9. การสอนแบบโครงงานมีประโยชน์อย่างไร จงอธิบาย

 10. จงบอกความแตกต่างระหว่างการสอนแบบจุลภาคและวิธีสอนทั่วไปได้

 11. หลักการสอนแบบจุลภาคสำหรับการเตรียมและฝึกทักษะการสอนมีแนวทสงอย่างไร

 12. จงอธิบายขั้นตอนการสอนแบบจุลภาคโดยการเขียนผังความคิดสรุปขั้นตอน ทักษะและเทคนิคที่จำเป็นสำหรับการสอนแบบจุลภาค

**เอกสารอ้างอิง**

ฉัตรชัย สุรวัฒนบูรณ์. (2548). “การสอนปฏิบัติการ”. **ในโครงการสนทนากลุ่ม เรื่องนวัตกรรมการ**

**จัดกระบวนการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาในทศวรรษหน้า.** วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2548. สถาบัน

ราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.
ทิศนา แขมมณี. (2547). **ศาสตร์การสอน.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.
ธีระชัย ปูรณโชติ. (2531). **การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ คู่มือสำหรับครู.**  (พิมพ์ครั้งที่ 2).
 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ธีระชัย ปูรณโชติ. (2540). “โครงงานวิทยาศาสตร์ : การวิจัยทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น”. **ในการ**

**ประชุมเชิงปฏิบัติการ การสอนนักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์และการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** วันที่ 15-16 มีนาคม 2540. คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์. (ม.ป.ป.). **ทฤษฎีและวิธีสอนวิทยาศาสตร์.** เอกสารประกอบสอน คณะ

ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
ประจวบจิตร คำจัตุรัส. (2537). “การสอนวิทยาศาสตร์”. **ในประมวลชุดวิชา สารัตถะและ**

**วิทยาวิธีทางวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-12.** กรุงเทพมหานคร : สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดวิธีการและ**

**เทคนิคการสอน.** กรุงเทพมหานคร : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้น จำกัด.
พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2548). **การสอนคิดด้วยโครงงาน.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พึงใจ สินธวานนท์. (2519). **การจัดการสอนแบบจุลภาค.** หน่วยศึกษานิเทศก์กรมการฝึกหัดครู.
ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.
ลัดดา ภู่เกียรติ. (2544). “กิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงาน”. ในพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์,
ลัดดา ภู่เกียรติ, สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม (บรรณาธิการ). **ประมวลบทความนวัตกรรมเพื่อการ** **เรียนรู้สำหรับครูยุคปฏิรูป.** กรุงเทพมหานคร : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ลัดดา ภู่เกียรติ. (2544). **โครงงานเพื่อการเรียนรู้: หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม.**

กรุงเทพมหานคร : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
วรรณทิพา รอดแรงค้า. (ม.ป.ป.). **เพื่อพัฒนาการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชาการ, กรม. (2543). **พหุปัญญาในห้องเรียน : วิธีการสอนเพื่อพัฒนาปัญญาหลายด้าน.**
 คณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ โครงการเรียนรู้ที่ลุ่มลึก : เอกสารปฏิรูปการเรียนรู้
 ลำดับที่ 16.

วิชาการ, กรม. (2544). **การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน
 พุทธศักราช 2544.** คณะอนุกรรมการพัฒนาคุณภาพวิชาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้

 วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา.
สมศักดิ์ สินธุรเวชญ์. (2542). **แนวคิดในการพัฒนาคนและกระบวนการเรียนรู้.** วารสารข้าราชการ

 ครู. สิงหาคม – กันยายน 2542. (หน้า 11 – 12).
สนอง อินละคร. (2544). **เทคนิควิธีและนวัตกรรมที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้น**

 **ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.** อุบลราชธานี : หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา.
สุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2544). “Constructivism กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์”.
 ในพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (บรรณาธิการ). **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.**
 กรุงเทพมหานคร : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้น จำกัด.

Borg, W. R.; Kallenbach, W.; Morris, M.; & Friebel, A. (1969). Videotape Feedback and

 Microteaching: a Teacher Training Model (FWL Report A69-4), **Micro teaching,**

**Component Skills and the Training of Teachers: an Evaluation of a Research and Development Project.**

Griffiths, R., MacLeod, G., & McIntyre, D. (1977). Effects of Supervisory Strategies in

Microteaching on Students' Attitudes and Skill Acquisition. In D. McIntyre, G. MacLeod & R. Griffiths (Eds.), **Investigations of Microteaching**, pp. 131-141.

James A. Mackey; Allen D. Glenn; & Darrell R. Lewis. (1977). The Effectiveness of Teacher

 Education, in Warren Kallenbach; & Meredith Gall, "Microteaching Versus

 Conventional Methods in Training Elementary. Intern Teachers**," Journal of**

 **Educational Research**, Taylor & Francis, Ltd.

John H. Meier. (2012). Rationale for and Application of Microtraining To Improve… The

 videotape recorder is a dramatically powerful and theoretically ..., Retrieved November 15, 2012 from **jte.sagepub.com/cgi/reprint/19/2/145.pdf**

John H. Bushman. (1973). **Flanders Interaction Analysis: For the Teacher of English.**

 National Council of Teachers of English.

Turney, B.L.; & G.P. Robb. (1971). Research in Education: an Introduction. Illinois: The

 Dryden Press Inc.