

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาบทบาทปฏิบัติการทางเลือกสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำเสนอต่อไปนี้

1. กิจกรรมการทดลอง
2. กิจกรรมการทดลองกับการสอนวิทยาศาสตร์
3. ชุดการสอน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิจกรรมการทดลอง

1. ความหมายของการทดลอง

คารินและซันด์ (Carin & Sund, 1995 : 238) ได้ให้ความหมายของการทดลองไว้ว่า การทดลองเป็นการแก้ปัญหาโดยกำหนดกลุ่มควบคุมและกลุ่มตัวแปร เป็นพื้นฐานสำคัญของกระบวนการวิทยาศาสตร์และการเสาะหาความรู้ ทำให้เกิดการทดลองและข้อมูลใหม่ๆต่อไป นักเรียนได้ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น เก็บรวบรวมข้อมูลภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ลงความเห็นและสรุปข้อมูลจากการทดลอง

สแตฟฟอร์ด และคณะ (Stafford, et al., 1977 : 57 อ้างถึงในสุวัฒน์ นิยมคำ, 2531 : 246) ได้ให้ความหมายของการทดลองไว้ว่า การทดลองเป็นการสร้างเหตุการณ์หรือสถานการณ์จำลองขึ้นอย่างหนึ่ง เพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ไว้แล้ว และเพื่อว่าจะได้ทดสอบซ้ำได้อีก นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองเพื่อสำรวจ หรือเพื่อดูว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นบ้างภายใต้สถานการณ์อย่างนี้ หรือทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน รูปแบบหรือโมเดลที่คิดไว้ การทดลองจะทำให้เราได้ข้อมูลและข้อมูลนี้คือจุดประสงค์ของการทดลอง

การทดลองเป็นกระบวนการที่รวมเอากระบวนการต่างๆ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ และดำเนินการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นจะต้องมีปัญหาก่อน จากปัญหานี้จะทำให้เราแยกประเภทตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องว่ามีอะไรบ้าง แล้วจึงเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องนี้มาตั้งสมมติฐาน ต่อมาจึงถึงขั้นการออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปร (ทบทวมหาวิทยาลัย, 2525 : 80)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การทดลองเป็นการสร้างเหตุการณ์หรือสถานการณ์จำลองขึ้นมาอย่างหนึ่ง เพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ไว้แล้ว และเพื่อจะได้ทดสอบซ้ำอีก การทดลองมีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบสมมติฐาน การทดลองจะต้องประกอบด้วยกิจกรรม 2 ตอน คือการออกแบบการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง เมื่อนักเรียนได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเอง จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด และได้ฝึกทักษะต่างๆ รวมทั้งเป็นการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย

2. ประเภทของการทดลอง

ประเภทของการปฏิบัติการทดลองหรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (สมสุข ชีระพิจิตร, 2527 : 29-30 ; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531 : 252-256) คือ

1. การทดลองแบบลองผิดลองถูก (Trial and Error Experiment) ปัญหาบางปัญหาไม่สามารถทำการทดลองอย่างมีระบบได้ ต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูกจนกว่าจะได้คำตอบมา

2. การทดลองแบบไม่มีการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ (Non-controlled Experiment) เป็นแบบการทดลองที่มีกลุ่มทดลองกลุ่มเดียวที่ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ เช่น การทดลองเพื่อที่จะตอบคำถามว่า “เมื่อเอาน้ำผสมกับน้ำมันก๊าดจะเป็นอย่างไร” การทดลองก็คือ เอาน้ำเทลงผสมกับน้ำมันก๊าด สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น แล้วสรุปผลการทดลอง

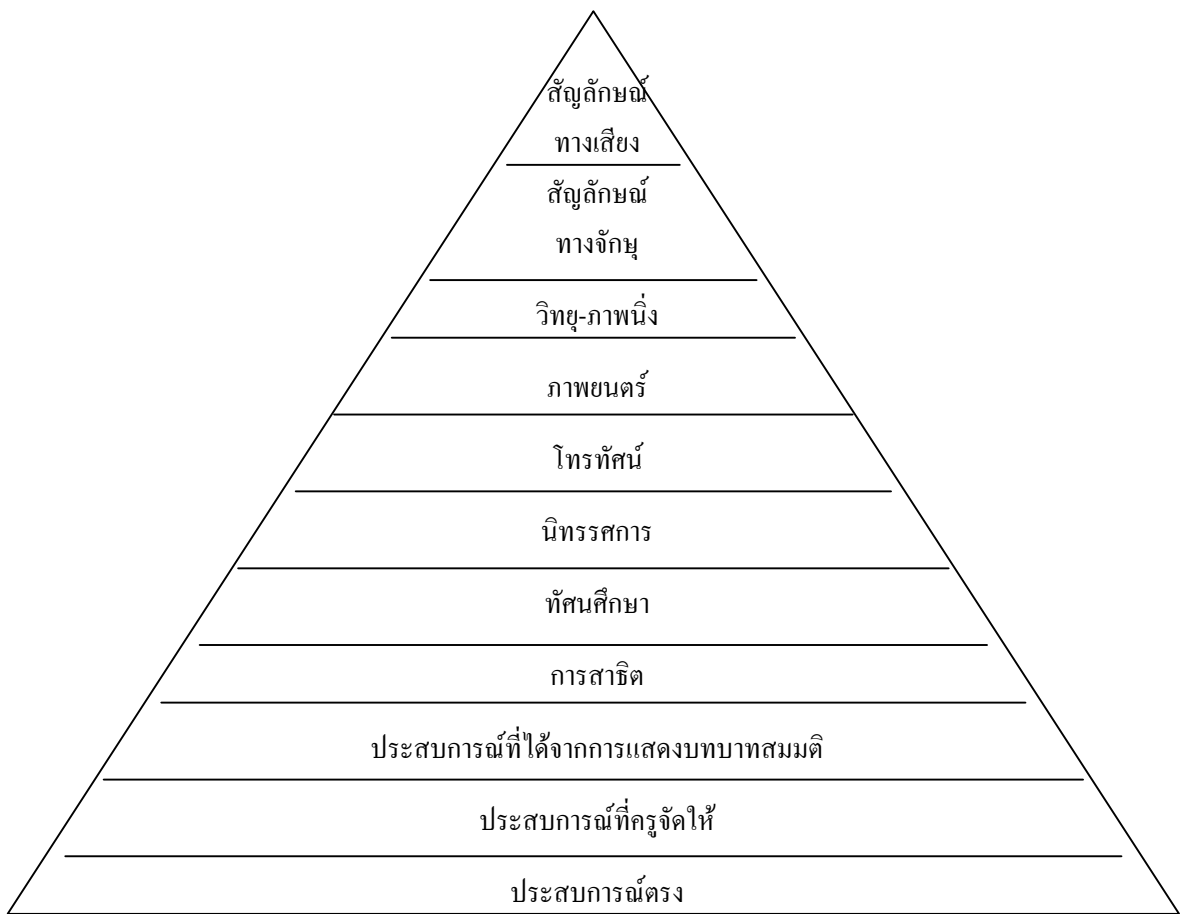
3. การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ (Controlled Experiment) เป็นแบบการทดลองที่มีการแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม หรือหลายๆ กลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบหรือตรวจสอบซึ่งกันและกัน โดยแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติและสิ่งแวดล้อมเหมือนกันทุกประการ กลุ่มการทดลองจะแบ่งเป็น กลุ่มควบคุม (Controlled Group) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีไว้สำหรับเปรียบเทียบกับอีกกลุ่มหนึ่ง โดยผู้ทดลองต้องควบคุมกลุ่มนี้ให้อยู่ในสภาวะปกติทุกประการ และกลุ่มทดลอง (Experimental Group) ซึ่งเป็นกลุ่มที่จัดให้เหมือนกลุ่มควบคุมทุกประการ ต่างกันที่ใส่ตัวแปรที่ต้องการดูผลเข้าไป ตัวอย่างการทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ เช่น การทดลองเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชโดยการใช้น้ำปุ๋ยต่างชนิดกัน การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของแสงแดดที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

กิจกรรมการทดลองกับการสอนวิทยาศาสตร์

1. ความสำคัญของกิจกรรมการทดลองต่อการสอนวิทยาศาสตร์

กรวยประสบการณ์ ซึ่งเอ็ดการ์ เดล (Edgar Dale, อ้างถึงในมังกร ทองสุคติ, 2523 : 26 – 27) เป็นผู้คิดขึ้นเพื่อประกอบการสอนในวิชาโสตทัศนศึกษาซึ่งพิมพ์ขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1954 หรือที่บางทีเรียกว่า พีรามิดของประสบการณ์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้นำมาใช้ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นความสำคัญว่า การเลือกวิธีการสอนและวัสดุการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาและนักเรียนเป็น

เรื่องที่สำคัญที่สุด โดยมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญ 2 ประการที่ครูควรระลึกอยู่เสมอ คือ ประการที่หนึ่ง การเรียนที่จะบังเกิดผลดีที่สุดนั้นย่อมเกิดจากนักเรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยตนเอง ประการที่สอง การสอนที่จะบรรลุผลสำเร็จนั้น ครูจะต้องสอนจากสิ่งที่มีตัวตน มีรูปร่าง มีข้อเท็จจริง สามารถทดลองเพื่อนำไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม จากลำดับชั้นของกรวยประสบการณ์ตามภาพประกอบ 1 ประสบการณ์สามชั้นแรก ได้แก่ประสบการณ์โดยตรง ประสบการณ์ที่ได้กำหนดให้ และประสบการณ์ที่ได้จากการแสดงบทบาทสมมติ แสดงให้เห็นชัดและเป็นประโยชน์ต่อประสาทสัมผัสต่างๆ ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างสรรค้องค์ความรู้ให้แก่ตนเองได้



ภาพประกอบ 1 กรวยประสบการณ์

การทดลอง และการปฏิบัติการในห้องทดลอง เป็นส่วนสำคัญในการสอนวิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์จะเน้นที่การพัฒนาวิธีการทดลองและรูปแบบของการปฏิบัติการ เพื่อให้ นักเรียนได้มีความเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการ หรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการเน้นการหาแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองหรือคิดค้นหาคำตอบ

ได้ด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผล แปลผลและการสรุปผล เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเองเช่นเดียวกับการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2540 : 137)

การศึกษาวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทั้งเนื้อหาและกระบวนการ มีเพียงการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เท่านั้นที่เป็นพื้นฐานสำคัญของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ งานปฏิบัติการ ช่วยให้นักเรียนฝึกการสังเกต การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การเขียนรายงานผล และมักเป็นการนำไปสู่การค้นพบใหม่ๆ (Adams, 1998 : 103)

ความรอบคอบในการปรับปรุงงานปฏิบัติการช่วยนำนักเรียนไปสู่ความเชื่อในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบฝึกในกิจกรรมปฏิบัติการของโรงเรียนที่จะต้องหาวิธีช่วยนักเรียนให้ได้มาซึ่งภาพขอบเขตความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม ตามแนวความคิดการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียนและการพัฒนาเกี่ยวกับความเข้าใจ การเอาใจใส่งานกิจกรรมปฏิบัติการของโรงเรียน (Hodson, 1998)

จุดประสงค์และหน้าที่ของการสอนปฏิบัติการ (Anderson, 1976 : 60-79) คือ

1. เพื่อส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของมนุษย์ เพื่อเพิ่มพูนให้นักเรียนเป็นผู้รอบรู้และเข้าใจเรื่องราวต่างๆ
2. เพื่อส่งเสริมทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้สามารถนำความรู้ไปแก้ปัญหาอื่นๆ ได้
3. ช่วยให้นักเรียนซาบซึ้งในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และต้องการที่จะเป็นนักวิทยาศาสตร์
4. ช่วยให้นักเรียนโตขึ้นพร้อมด้วยกันสองสิ่ง คือ มีการจัดระเบียบแบบแผนความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์และเข้าใจถึงธรรมชาติ ทฤษฎี และรูปแบบของวิทยาศาสตร์

เหตุผลในการฝึกปฏิบัติการในบทเรียนวิทยาศาสตร์ (Parkinson, 1994 : 104) ได้แก่

- กระตุ้นให้นักเรียนทำงานวิทยาศาสตร์และช่วยรักษาให้นักเรียนสนใจอยู่ตลอดเวลา
- สอนทักษะให้นักเรียน(เช่นการฝึกทักษะในการสังเกต ทักษะการทำงาน)
- สอนให้นักเรียนเข้าใจ(หรือยอมรับ) ทฤษฎี (หรือแนวคิดจากสิ่งที่เห็นซึ่งเป็นความเชื่อ)
- เตรียมโอกาสให้นักเรียนพัฒนาทักษะ การปฏิสัมพันธ์ และเรียนรู้การอภิปรายกลุ่ม
- เตรียมโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มทำงานอย่างเหมาะสม

โดยสรุปแล้วกิจกรรมการทดลองมีความสำคัญต่อการสอนวิทยาศาสตร์หลายประการ คือ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการ หรือทฤษฎีได้ถูกต้อง ฝึกให้

นักเรียนได้แก้ปัญหา หรือเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเองโดยใช้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีบุคลิกลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่ดี

2. การสอนวิทยาศาสตร์แบบทดลอง

2.1 ความหมายของการสอนแบบทดลอง

การสอนแบบทดลอง เป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลอง และการปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน เกิดประสบการณ์ในการทำงานตามขั้นตอนของกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถประเมินผลการทดลองของตนเองได้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542 : 168 - 169)

ศรินทิพย์ ภู่อาลี (2542 : 104 – 105) ได้กล่าวถึงการสอนแบบทดลองไว้ว่า เป็นวิธีสอนที่ ให้นักเรียนได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเองซึ่งเป็นการสอนโดยจัดประสบการณ์ตรงให้แก่ นักเรียน ทำ ให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

การสอนแบบทดลอง หมายถึง การสอนที่มุ่งให้นักเรียนเรียนโดยการกระทำหรือโดยการ สังเกต เป็นการนำรูปธรรมมาอธิบายนามธรรม นักเรียนจะค้นหาข้อสรุปด้วยตนเอง วิธีการสอนแบบ ทดลองอาจจะทำเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและความเหมาะสม การสอนแบบ ทดลองเป็นวิธีสอนที่นิยมใช้ เพื่อให้นักเรียนค้นหาความจริงด้วยตนเอง การสอนโดยการทดลองนั้น โดยทั่วไปครูจะไม่อธิบายหลักการหรือทฤษฎีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา แต่ครูจะให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทดลองด้วยตนเอง โดยครูยกปัญหาขึ้นมากระตุ้นให้นักเรียนสงสัยใคร่หาคำตอบ (กรมวิชาการ, 2535 : 35)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การสอนแบบทดลอง หมายถึงการสอนที่ใช้การทดลองเป็นศูนย์ กลางมุ่งให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงโดยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งครูเป็นผู้จัดสถานการณ์คอยกระตุ้น ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด ได้ประสบการณ์ในการทำงานตามขั้นตอนของกระบวนการวิทยา ศาสตร์ ใช้ทักษะวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเองได้

2.2 ขั้นตอนในการสอนแบบทดลอง

ประวิตร ชูศิลป์ (2524 : 5-6) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนเนื้อหา ที่มี การทดลองไว้ดังนี้

ตอนที่ 1 การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-lab Discussion)

ครูต้องพยายามเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนจะได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ในการทดลอง อาทิเช่น ควรทำอะไรก่อนหรือไม่ควรทำอะไร ตลอดจนเตือนเรื่องความปลอดภัย เป็นต้น

ตอนที่ 2 การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period)

ครูต้องคอยดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น สนับสนุน และเป็นທີ່ปรึกษาอยู่ด้วย มิใช่ปล่อยให้ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองกันตามลำพังฝ่ายเดียว

ตอนที่ 3 การอภิปรายภายหลังการทดลอง (Post-lab Discussion)

ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ในตอนที่ 2 สรุปเป็นกฎ เณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมถึงการอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย คำถามต่างๆ ที่ครูใช้ในตอนนี้ นอกจากจะช่วยให้นักเรียนสรุปผลการทดลองได้แล้ว ยังจะช่วยให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น มีแนวความคิดกว้างขวางยิ่งขึ้น และมองเห็นกระบวนการเรียนรู้ของที่นักวิทยาศาสตร์เรียนรู้เรื่องเหล่านั้นได้มาอย่างไรอีกด้วย

อำนาจ เจริญศิลป์ (2525 : 12-13) ได้กล่าวถึง ลำดับขั้นของการสอนวิทยาศาสตร์โดยผ่านการทดลองไว้ดังนี้

1. ขั้นเตรียม

- 1.1 ครูศึกษาเนื้อหาในบทเรียนอย่างละเอียด จัดแบ่งการทดลองให้นักเรียนทุกคน
- 1.2 ตั้งจุดมุ่งหมายของการทดลองทุกครั้ง
- 1.3 ครูอธิบายถึงระเบียบที่ควรปฏิบัติขณะการทดลอง ข้อนี้ครูและนักเรียนจะต้องวางแผนร่วมกัน เขียนเป็นกฎคิดไว้เป็นที่ทราบทั่วกันทั้งชั้นเรียน มิใช่กฎหรือระเบียบที่มาจากครู
- 1.4 ครูอธิบายให้นักเรียนรู้จักสื่อการเรียนชนิดต่างๆ

2. ขั้นทดลอง

- 2.1 นักเรียนแยกย้ายกันไปตามกลุ่มที่จัดไว้
- 2.2 นักเรียนลงมือปฏิบัติการตามขั้นต่างๆ ที่มีอยู่ในสมุดปฏิบัติการหรือที่เขียนไว้บนกระดานดำ
- 2.3 นักเรียนสังเกตการปฏิบัติตามลำดับขั้น
- 2.4 นักเรียนบันทึกผลที่ได้ลงในสมุด
- 2.5 ครูคอยดูแลนักเรียนกลุ่มต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันอย่างทั่วถึง และคอยให้คำแนะนำข้อสงสัยต่างๆ แก่นักเรียน

3. ขั้นสรุปและประเมินผล

- 3.1 ครูให้นักเรียนรายงานผลที่ได้จากการปฏิบัติการ
- 3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงผลที่ได้

3.3 ครูพยายามส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบผลการทดลองในเรื่องเดียวกันที่ได้ในกลุ่มของตนและกลุ่มของเพื่อนๆ ว่ามีสาเหตุอะไรที่ทำให้แตกต่างกันออกไป จะเป็นการส่งเสริมความคิดและเป็นการสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนในการรู้จักหาเหตุผลของสิ่งต่างๆ

3.4 ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะลงมือปฏิบัติการ คูในด้านความสนใจ การร่วมมือปฏิบัติงานซึ่งเป็นการปลูกฝังการทำงานหมู่ และเสริมสร้างความเป็นประชาธิปไตยให้เกิดขึ้น

3.5 ตรวจสอบผลงานของการปฏิบัติการที่นักเรียนบันทึกส่ง

ชาติรี เกิดธรรม (2542 : 79 - 80) ได้อธิบายขั้นตอนในการสอนแบบทดลองดังนี้
ขั้นตอนในการสอนนี้มี 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นนำให้เกิดความเข้าใจและแรงจูงใจ ครูเสนอแนะสิ่งที่จะทำการทดลอง แจกคำแนะนำหรือคู่มือในการทดลอง

2. ขั้นทำการทดลอง นักเรียนทุกคนอาจทำการทดลองในปัญหาเดียวกันหรือแตกต่างกันก็ได้ การทดลองจะกินเวลาเท่าไรย่อมแล้วแต่ลักษณะของการทดลองนั้นๆ

3. ขั้นเสนอผลการทดลอง หลังจากการทดลองใกล้เสร็จนักเรียนต้องมารวมกันเพื่ออธิบายถึงวิธีการที่จะเสนอผลการทดลองว่าทำอย่างไร ซึ่งอาจทำได้โดยวิธีดังนี้

3.1 อธิบายถึงธรรมชาติและความสำคัญของปัญหาแต่ละกลุ่มหรือแต่ละคนที่ทำการทดลอง

3.2 รายงานข้อมูลหรือข้อค้นพบที่รวบรวมได้

3.3 แสดงตัวอย่างที่เป็นวัสดุหรือในรูปแบบอื่นๆ ที่ได้จากผลงาน

3.4 แสดงนิทรรศการผลงานในด้านต่างๆ พร้อมทั้งการอธิบายประกอบ

ศรินทิพย์ ภู่อาลี (2542 : 104 - 105) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสอนแบบทดลอง และข้อเสนอแนะสำหรับครูไว้ดังนี้

ขั้นตอนการเรียนแบบทดลอง มี 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการกำหนดปัญหาหรือคำถามที่ต้องการจะตรวจสอบ ซึ่งครูอาจจะต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจถึงการใช้อุปกรณ์ต่างๆ วิธีปฏิบัติการทดลอง ให้ดำเนินตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ และควรบอกถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นพร้อมทั้งวิธีป้องกัน นอกจากนี้ครูควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า ในการปฏิบัติการทดลองนี้ต้องการอะไร ควรจะบันทึกผลการทดลองอย่างไร

2. ขั้นทดลองและสังเกต เป็นการดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูล ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องสังเกตอย่างละเอียดและบันทึกผลการสังเกต โดยมีครูเป็นผู้ควบคุมดูแลเพื่อให้เกิดความเรียบร้อย และช่วยชี้แจงกรณีที่มีปัญหาข้อสงสัย หรือเมื่อมีความผิดพลาดจากการทดลอง

3. ขั้นสรุปผลการทดลอง เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสรุป อภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องอย่างมีเหตุผล ในขั้นนี้ครูอาจต้องช่วยอภิปรายกับนักเรียน ถ้านักเรียนสรุปไม่ชัดเจน ครูจะช่วยสรุปให้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. เตรียมการทดลอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมให้มากที่สุด
2. ควรให้นักเรียนรู้จักมุ่งหมายของการทดลองแต่ละครั้งเสมอ เช่น จะทดลองอะไร และต้องติดตามดูอะไร
3. ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้ดูแล สนับสนุนและเป็นพี่ที่ปรึกษา
4. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและทำการทดลองอย่างอิสระ
5. ฝึกให้รู้จักบันทึกผลการทดลอง อภิปรายแสดงความคิดเห็น และสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง
6. ครูควรมีบทบาทในการเตรียมการสอนดังนี้
 - 6.1 เตรียมเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่จะสอนให้พร้อม
 - 6.2 เตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองให้ครบตามจำนวนนักเรียน หรือจำนวนกลุ่ม และจะต้องตรวจสอบอุปกรณ์ทุกชิ้นให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้
 - 6.3 ก่อนสอนการทดลองเรื่องใด ครูควรทดลองเรื่องนั้นๆ ก่อนเพื่อจะได้คุ้นเคยกับอุปกรณ์และรู้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น
 - 6.4 เตรียมการสอนเกี่ยวกับการแบ่งกลุ่มนักเรียน การควบคุมนักเรียนขณะปฏิบัติการทดลอง และวิธีการทดลองเพื่อจะได้ไม่เกิดความวุ่นวายขณะสอน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการสอนแบบทดลองมี กิจกรรมสำคัญ 3 ขั้นตอน คือ

1. กิจกรรมก่อนการทดลอง หมายถึงครูต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป ครูและนักเรียนจะร่วมมือกันอภิปราย วางแผนการทดลอง ครูให้คำแนะนำต่างๆ ในการปฏิบัติการทดลอง เช่น ขั้นตอนในการปฏิบัติ ข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลองเพื่อความปลอดภัย เป็นต้น
2. กิจกรรมขณะทำการทดลอง หมายถึง นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนและบันทึกผลการทดลองที่ได้ ครูคอยควบคุมดูแลนักเรียนให้ปฏิบัติการทดลองอย่างทั่วถึง และให้คำแนะนำข้อสงสัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติการทดลองแก่นักเรียน
3. กิจกรรมหลังทำการทดลอง หมายถึง นักเรียนจะรายงานผลการทดลอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองแล้วให้นักเรียนช่วยกันสรุปผลการทดลอง ถ้าครูพบข้อบกพร่องใน

การทดลองก็จะนำมาด้วยกันอภิปรายในประเด็นสำคัญๆ ครูให้ความรู้และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในเรื่องที่นักเรียนได้เรียนรู้จากปฏิบัติการทดลอง

2.3 สาเหตุที่ครูหลีกเลี่ยงการสอนแบบทดลอง

ซัมรัลล์ (Sumrall, 1977 : 16 – 19 อ้างถึงใน ประสาน สร้อยรุหฺร่า, 2544) ได้ถามนักศึกษาที่จะจบออกมาเป็นครูประจำการว่า “ทำไมจึงหลีกเลี่ยงที่จะสอนวิทยาศาสตร์โดยให้มีการทดลอง” คำตอบที่ได้มีต่างๆ มากมาย ที่คล้ายๆ กัน มีอยู่ 5 ข้อ คือ

1. ต้องทำงานมากขึ้น
2. ยุ่งยากเกินไป
3. ขาดความรู้ทางเนื้อหาวิทยาศาสตร์
4. ต้องใช้เวลามาก
5. อุปกรณ์ไม่พอ

ซัมรัลล์รับว่าเหตุผลดังกล่าวเป็นความจริง แต่เขาสามารถอธิบายถึงสาเหตุ และคิดว่าคำอธิบายของเขาน่าจะขจัดความกังวลของครูในการที่จะสอนวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนทำการทดลองได้ ดังนี้

1. การสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนทดลองทำให้ครูต้องทำงานมากขึ้น การแก้ปัญหาเรื่องนี้คือ การจัดให้มีผู้ร่วมรับผิดชอบในเรื่องการเก็บ และทำความสะอาดหลังการทำกิจกรรม ครูอาจให้นักเรียนมีส่วนช่วยกันทำแล้วให้คะแนนพิเศษ การช่วยงานของนักเรียนอาจทำนอกเวลาเรียนได้ สำหรับงานบางอย่าง เช่น การจัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ จัดทำรายการสิ่งของ จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับที่ครูจะใช้สอนในชั่วโมงต่อไป ครูอาจมีบัตรลงเวลา และงานที่นักเรียนทำ ให้นักเรียนเก็บไว้เป็นหลักฐาน ตั้งแต่เริ่มต้นภาคเรียน เพื่อครูและนักเรียนจะได้ตรวจสอบคะแนนพิเศษได้ทุกเมื่อ บัตรลงเวลาอาจเป็นดังภาพประกอบ 2

ตัวอย่างบัตรลงเวลา			
ชื่อ.....		ชั้นเรียน.....	
งานที่ปฏิบัติ	วันที่	เวลาที่ปฏิบัติงาน	คะแนนที่ได้
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

ภาพประกอบ 2 บัตรลงเวลา

งานที่นักเรียนช่วยทำได้นอกเวลาเรียน นอกจากที่กล่าวมาอาจมีอย่างอื่น เช่น คิดหมายเลข ลินชักและตู้เก็บอุปกรณ์ จัดและดูแลทำความสะอาดตู้ปลา ให้อาหารสัตว์ที่เลี้ยงไว้ศึกษาทดลอง ทำความสะอาดกรงสัตว์ ในการให้คะแนนพิเศษ ครูควรให้ความสำคัญต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มาช่วยงานด้วย เช่น ถ้านักเรียนจะต้องเรียนเกี่ยวกับสัตว์และที่อยู่อาศัย นักเรียนก็อาจช่วยงานในเรื่องของการดูแลสัตว์เลี้ยง เพื่อให้ นักเรียนเกิดความรับผิดชอบในงาน ทั้งยังเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจจากงานที่ทำ และยังได้คะแนนเพิ่มขึ้นอีกด้วย แทนที่จะให้พวกเขาๆ จัดป้ายนิทรรศการ หรืองานอื่นบางอย่าง ครูอาจให้นักเรียนช่วยกันเลือกหัวข้อเรื่อง ที่จะจัดตกแต่งห้องเรียน โดยครูตั้งเป้าหมายไว้ต่ำสุด เพื่อจะได้ไม่ทอนกำลังใจนักเรียนและไม่ปิดกั้นความคิดสร้างสรรค์ของเด็กๆ แต่จะต้องคำนึงถึงการใช้ภาษาที่ถูกต้องทั้งตัวสะกด และหลักภาษา ข้อมูลที่แสดงต้องถูกต้องตามหลักวิชาการ เรื่องที่นักเรียนช่วยกันจัดแสดงไว้บนผนังและเพดานห้องเรียนอาจเป็นแบบจำลองดาวเคราะห์ในสุริยจักรวาล แมลงต่างๆ นักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียง ข้อมูลเกี่ยวกับอากาศเสียและน้ำเสีย เป็นต้น

การรวบรวมรายงานและคะแนนของนักเรียนที่ช่วยงานครูเพียงให้นักเรียนส่งบัตรลงเวลาในช่วงกลางและปลายภาคเรียน นักเรียนสามารถทำคะแนนพิเศษได้ถึง 8 คะแนนต่อการปฏิบัติงานรวม 2 ชั่วโมง (15 นาที = 1 คะแนน) คะแนนพิเศษนี้ครูอาจตั้งไว้สูงสุด 30 คะแนน ต่อภาคเรียนก็ได้ขึ้นอยู่กับคะแนนเต็มของภาคปฏิบัติในชั่วโมงเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งภาคเรียน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคะแนนที่ครูตั้งไว้ สมมติว่าคะแนนเต็มเป็น 500 คะแนน นักเรียนที่ช่วยงานได้ 30 คะแนน ก็สามารถหาคะแนนพิเศษเพิ่มได้ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ของคะแนนภาคปฏิบัติทั้งหมด

กิจกรรมแบบนี้ยังทำให้นักเรียนที่ช่วยงานได้เรียนรู้ถึงทักษะการจัดการและทำให้รู้สึกว่ามีส่วนสำคัญในความสำเร็จของชั้นเรียน ช่วยลดงานของครู นอกจากนี้ยังมีโอกาสทำคะแนนให้ดีขึ้นโดยอาศัยคะแนนพิเศษช่วยอีกด้วย

2. สอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนทดลองยุ่งยากเกินไป ถ้าครูเกรงว่าการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การทดลอง จะทำให้เกิดเสียงหนวกหู จนอาจถูกตำหนิจากผู้บริหารให้เตรียมตัวนักเรียนไว้ก่อนโดยอธิบายถึงวิธีการสอนแบบนี้ว่า เป็นอย่างไร วิธีการที่จะให้ผู้บริหารเข้าใจอาจทำได้โดยจัดให้มีการวิจัยสรุปอย่างสั้นๆ ถึงคุณค่าการสอนโดยให้นักเรียนได้ทดลองหรือโดยกระตุ้นให้ผู้บริหารเข้าร่วมรับรู้การประชุมปฏิบัติการอบรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้รู้เห็นถึงเสียงที่เกิดจากการเรียนการสอน

ถ้าครูเกรงว่าจะควบคุมชั้นเรียนไม่ได้เพราะนักเรียนมีจำนวนมาก ครูอาจจัดบทบาทให้นักเรียนช่วยดูแลกันเองโดยให้ทำงานเป็นคู่กันในกลุ่มอีกชั้นหนึ่ง ครูต้องจัดทำคำอธิบาย หรือขั้นตอนการทดลองไว้สำหรับให้นักเรียนอ่านและทำตามขั้นตอน ครูเตรียมคำถามก่อนเริ่มกิจกรรม ให้แต่ละกลุ่มจัดผู้ออกไปรับอุปกรณ์ที่จะใช้ทำกิจกรรม วิธีการเหล่านี้ทำให้นักเรียนไม่มีเวลาว่างที่จะก่อความวุ่นวายในชั้น ส่วนที่ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมต้นรู้สึกลำบากมากที่สุดไม่ใช่เนื้อหาความรู้ แต่เป็นเรื่องการจัดการภายในชั้นเรียนมากกว่า ครูมักจะกังวลกับนักเรียนที่ชอบเอะอะ และลุกจากที่

ตลอดเวลา ครูต้องเรียนรู้ถึงวิธีการจัดการกับชั้นเรียน ในที่สุดการทดลองวิทยาศาสตร์จะทำให้ให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้นจนลดความเบื่อในการเรียนวิชานี้ลง และปัญหาต่างๆ ทางวินัยก็จะลดลงด้วย และถ้าจะมีเสียงดังเกิดขึ้นส่วนใหญ่ก็เป็นเสียงที่สร้างสรรค์

3. ทัศนคติความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบหนึ่งของทฤษฎีโครงสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) คือ นักเรียนเป็นผู้สร้าง หรือกำหนดฐานความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง องค์ประกอบนี้ เน้นถึงความสำคัญที่นักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือทำกิจกรรมต่างๆ และแสดงออกหรือสื่อสารให้รู้ถึงกระบวนการเรียนรู้ นั่น ครูที่ไม่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเรียนรู้ได้จากการทดลองไปพร้อมกับนักเรียน นักการศึกษาส่วนใหญ่ยอมรับว่าครูที่มีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดีมักชอบสอนโดยใช้วิธีบรรยายมากกว่า ส่วนครูที่มีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์น้อยกว่ามักชอบสอนโดยให้นักเรียนทดลอง

4. เป็นไปไม่ได้ที่จะสอนตามที่เสนอแนะในหลักสูตร การปรับปรุงทักษะการจัดการสามารถช่วยให้ครูใช้วิธีสอนโดยให้นักเรียนได้ทดลอง และทำให้ครอบคลุมเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องเรียนด้วย ถ้าจะเชื่อตามปรัชญาที่ว่า การ “ครอบคลุมหนังสือเรียน” มีความสำคัญต่อการเรียนในอดีตของนักเรียน ดังนั้นการที่นักเรียนได้รับรู้ข้อมูลและเนื้อหาวิชามากเท่าไร ก็ยังดีต่อการศึกษาต่อในอนาคตของพวกเขาเท่านั้น แต่มีความเข้าใจผิดหลายประการเกี่ยวกับปรัชญานี้ ประการแรกคือความรู้ที่เพิ่มเติมเข้ามาสู่นักเรียนตลอดเวลาไม่ได้ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ในทุกสิ่งทุกอย่าง ประการที่สองแทนที่จะเรียนรู้ความจริงเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้มา นักเรียนกลับเรียนแบบท่องจำแล้วก็ลืม ประการที่สามขณะที่เรียนรู้เนื้อหาบางอย่างทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ การค้นคว้าทดลองและการใช้ทักษะกระบวนการก็มีความสำคัญเท่าเทียมกัน ที่จะทำให้เกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โรงเรียนและรัฐอาจกดดันให้ครูต้องสอนเนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ให้รู้ลึกมากกว่ารู้กว้าง นอกจากนี้ครูควรจะทำทุกทาง ที่จะให้ผู้บริหารเข้าใจถึงวิธีที่ดีที่สุดในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

5. อุปกรณ์ไม่เพียงพอที่จะสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนทดลอง ในการสอนวิทยาศาสตร์ถ้ามีอุปกรณ์ครบ มีเครื่องมือเครื่องใช้ที่ทันสมัยก็จะดีมาก แต่งบประมาณที่จำกัด ทำให้ครูต้องจัดหาอุปกรณ์ทดแทนจากร้านขายของชำ หรือซื้ออุปกรณ์ที่ลดราคา นอกจากนี้ต้องศึกษาว่าจะใช้สิ่งใดแทนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์บางชิ้นได้ ครูศึกษาได้จากวารสารการศึกษาที่แนะนำการจัดการกิจกรรมที่ใช้ อุปกรณ์ราคาถูก หรือจากวัสดุที่ทิ้งแล้ว นำมาใช้แทน

เพื่อส่งเสริมการจัดหาอุปกรณ์ราคาถูกหรือที่ทิ้งแล้ว ครูอาจให้นักเรียนช่วยกันนำของบางอย่างมาจากบ้าน โดยให้คะแนนพิเศษกับนักเรียน คะแนนที่จะให้ขึ้นอยู่กับว่าของนั้นจะเป็นอะไร สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้เพียงไร วิธีการสะสมคะแนนทำได้เช่นเดียวกับบัตรลงเวลาช่วยงานของนักเรียน โดยครูต้องตั้งเกณฑ์ไว้อย่างรอบคอบ สิ่งของต่างๆ อาจเป็น แผ่นอลูมิเนียมห่ออาหาร ขวดแก้ว ภาชนะพลาสติก เปลือกหอย จานอะลูมิเนียม กระดาษแข็ง ท่อพลาสติก หลอดกาแฟ ขวด

ชุปไปก่สกัด ถูพลาสติก ลวด ก่อกระดาศ ไม้ขีดไฟ ไม้ไอศกรีม กระจ้องโลหะ เศษผ้า เชือก ก่องฟิล์ม เมล็ดพืช

ชุดการสอน

ชุดการสอน (Instructional Package) เป็นการจั้ดประสบกการณ์การเรียนรู้ให้กับนักเรียน อย่างเป็นระบบ โดยใช้สื่อประเภทต่างๆ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนบรรลุ จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนนั้นๆ

ชุดการสอนแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ประเภท (วาโร เฟ็งสวัสดิ์ 2544 : 164) คือ

1. ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรม และสื่อการสอนให้ ครูได้ใช้ส่วนประกอบการสอนแบบบรรยาย เพื่อเปลี่ยนบทบาทให้ครูพูดน้อยลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น

2. ชุดการสอนสำหรับกลุ่มกิจกรรมกลุ่ม ชุดการสอนประเภทนี้มุ่งเน้นที่ตัวนักเรียนได้ ประกอบกิจกรรมร่วมกันและอาจจัดการเรียนการสอนในรูปของศูนย์การเรียน ชุดการสอนประกอบด้วยชุดการสอนย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วย ในแต่ละศูนย์จะมีสื่อการเรียน ครบชุดตามจำนวนนักเรียน การเรียนอาจจะจัดในรูปรายบุคคลหรือนักเรียนทั้งศูนย์ใช้ร่วมกัน

3. ชุดสอนรายบุคคล เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขั้นตอนเพื่อให้นักเรียนใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบประเมินผลความก้าวหน้าและศึกษาชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาเรียนจะปรึกษาร่วมกัน และครูก็พร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันที ชุดการสอนแบบนี้จัดขึ้นเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลให้ พัฒนาการเรียนรู้ของตนไปได้จนสุดความสามารถโดยไม่เสียเวลารอคอยผู้อื่น ซึ่งชุดการสอนแบบนี้ บางครั้งเรียกว่า “บทเรียนโมดูล (Instructional Module)”

การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

การหาประสิทธิภาพชุดการสอน เพื่อเป็นการประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพในการสอน โดยผู้สร้างจะต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอน เป็นระดับที่ ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจว่าถ้าหากชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้วชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนได้

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ กระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่องหรือกระบวนการ (E_1) และพฤติกรรมขั้นสุดท้ายหรือผลลัพธ์ (E_2) โดย

กำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ย มีค่าเป็น E_1/E_2 การคิดค่า E_1 และ E_2 ของชุดการสอนที่สร้างขึ้นคำนวณค่าทางสถิติโดยใช้สูตร ดังนี้(วาโร เฟิงส์วาศี, 2544 : 166)

$$E_1 = \frac{\sum X / N}{A} \times 100$$

- เมื่อ แทน E_1 ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอน
 แทน $\sum X$ คะแนนรวมของนักเรียนจากแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมที่มอบหมาย
 แทน A คะแนนเต็มของกิจกรรม หรือแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน
 แทน N จำนวนนักเรียน

$$E_2 = \frac{\sum F / N}{B} \times 100$$

- เมื่อ แทน E_2 ประสิทธิภาพของชุดการสอนในการเปลี่ยนพฤติกรรมนักเรียน
 แทน $\sum F$ คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน
 แทน B คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
 แทน N จำนวนนักเรียน

การกำหนดประสิทธิภาพของชุดการสอน ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 90/90 สำหรับเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำ และ 80/80 สำหรับเนื้อหาที่เป็นทักษะ(ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533 : 111)

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนโดยใช้สูตร จะต้องดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2537 : 540 – 541 ; บุญชม ศรีสะอาด, 2537 : 100)

1. การทดลองแบบเดี่ยว (Individual Try Out) (1: 1) เป็นการทดลองที่ใช้ครู 1 คน ต่อ นักเรียน 1 คน โดยใช้เด็กก่อน ปานกลางและเก่ง นำชุดการสอนไปทดลองใช้กับนักเรียนทีละคน ทำการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างเรียน จับเวลาที่ใช้ในการเรียน สัมภาษณ์หรือให้นักเรียนเขียนวิจารณ์ชุดการสอนนั้น คำนวณหาประสิทธิภาพของชุดการสอน แล้วนำเอาข้อสนเทศต่างๆ ที่ได้มาปรับปรุงให้ดีขึ้น

2. การทดลองแบบกลุ่ม (Group Try Out) (1 : 10) เป็นการทดลองที่ใช้ครู 1 คน ต่อ นักเรียน 6 – 12 คน โดยนำชุดการสอนที่ได้รับการปรับปรุงแล้วในขั้น 1 ไปทดลองสอนนำผลมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ปรับปรุงกิจกรรม เนื้อหาสาระและสื่อต่างๆ ตามข้อสนเทศที่ได้รับ

3. การทดลองแบบสนาม (Field Try Out) (1 : 100) เป็นการทดลองที่ใช้ครู 1 คน ต่อ นักเรียนทั้งห้องประมาณ 40 – 100 คน หลังจากทดลองและปรับปรุงแก้ไขชุดการสอนทั้งสองครั้งแล้ว

นำเอาชุดการสอนนี้ไปใช้กับนักเรียนหนึ่งห้องเรียน แล้วนำผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์มาตรฐาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ

สำรวย ชันขวา (2526) ได้วิจัยองค์ประกอบบางประการที่สัมพันธ์กับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าตัวพยากรณ์ที่ดีของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนด้านตัวเลข ด้านเหตุผล และแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ จึงมีข้อเสนอแนะต่อผู้จัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวของ สสวท. ซึ่งมีกิจกรรมการทดลองประกอบอยู่ด้วยโดยตลอดในการเสนอเนื้อหา เพื่อมุ่งหวังให้นักเรียนฝึกฝนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์โดยอาศัยการทดลองเป็นเครื่องมือ ได้นำผลวิจัยไปใช้โดยการออกแบบกิจกรรมการทดลองที่มุ่งให้นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาความถนัดทางการเรียนด้านต่างๆ ที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดี มุ่งให้ผู้เรียนได้ใช้ความถนัดทางการเรียนที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีในการทำกิจกรรมนั้น ในด้านการส่งเสริมเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้จัดทำหลักสูตรควรคำนึงถึงระดับความยากง่าย ความต่อเนื่องของบทเรียนรวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ที่กำหนดให้นักเรียนทำ ทั้งนี้เพื่อนักเรียนจะได้ไม่เกิดความรู้สึกว่าลำบากหรือยุ่งยากจนเกินไป อันจะนำไปสู่ความเบื่อหน่ายก่อให้เกิดเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

นิเชต สุนทรพิทักษ์ (2533 : 32) ได้วิจัยปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาด้านวัสดุอุปกรณ์ พบว่า คุณภาพของอุปกรณ์ที่มีอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งอยู่ในสภาพที่ใช้การไม่ได้ โรงเรียนขนาดกลางและขนาดเล็กที่อยู่ในชนบทบางแห่งยังขาดวัสดุอุปกรณ์ เนื่องจากขาดงบประมาณในการจัดซื้อ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการไม่มีที่เก็บรักษาวัสดุอุปกรณ์ และการไม่รู้จักเก็บรักษา ส่วนการซ่อมแซมวัสดุอุปกรณ์ที่ชำรุดนั้น โรงเรียนขนาดกลางขาดความรู้และเครื่องมือในการซ่อมแซม ปัญหาเรื่องคุณภาพของอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ดังกล่าวอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนไม่สามารถเน้นการปฏิบัติการทดลองได้

พงษ์ศักดิ์ แป้นแก้ว (2534) ได้ศึกษาการสอนวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นระดับมัธยมศึกษาจากสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2525-2534 จำนวน 15 คน พบว่า ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นส่วนใหญ่ดำเนินการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ตามแนวทาง สสวท. มีการดัดแปลงเนื้อหาและกิจกรรมการทดลองบ้าง โดยครูส่วนใหญ่ไม่พบปัญหาหรืออุปสรรค แต่ถ้าพบส่วนใหญ่เกิดจากสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรียน มีการยกตัวอย่างจากหนังสือและวารสารต่างๆ มาประกอบเรื่องที่สอนด้วย และด้านสื่อการเรียนการสอนจะเลือกสื่อที่ตรงกับเนื้อหาและใช้เกณฑ์อื่นๆ ประกอบ เช่น เป็นวัสดุ

ที่หาได้ง่าย ราคาถูก และใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่า โดยส่วนใหญ่แล้วสามารถผลิตสื่อการเรียนการสอนขึ้นใช้ด้วยตนเอง

อานนท์ นันกระโทก (2535 : 73) ได้วิจัยปัจจัยที่มีผลต่อความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตคลังชั้น กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยข้อหนึ่งพบว่า ความสามารถทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสนใจในวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์ควรพยายามจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถทางวิทยาศาสตร์สูง โดยการสอนให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักแก้ปัญหาโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองมากที่สุด แนะนำเทคนิคการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมให้นักเรียน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามไปด้วย

สุพิน ไชยจำเริญ (2535) ได้วิจัยสภาพการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐานในภาคเหนือ พบว่า โรงเรียนมีวัสดุ ครุภัณฑ์ไม่เพียงพอ ห้องเรียนไม่เพียงพอ ขาดห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ครุภัณฑ์ได้รับการจัดสรรมาน้อย ขาดสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

เรขา ทองคุ้ม (2536) ได้วิจัยการวิเคราะห์รูปแบบและเงื่อนไขของกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบสอบในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร : การศึกษาพหุกรณี พบว่า เงื่อนไขของกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ปรากฏมีทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านโรงเรียน ได้แก่ความพร้อมในการจัดหาอุปกรณ์การทดลองและการจัดกิจกรรมพิเศษ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน ด้านครู ได้แก่ การที่ครูมีแนวคิดที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้คือถ้าได้ปฏิบัติการทดลองและได้คิดเพื่อตอบคำถามตนเอง การที่ครูมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ การวางแผนการสอนอย่างชัดเจนและเตรียมอุปกรณ์ทดลองให้นักเรียนอย่างเพียงพอ ด้านนักเรียน ได้แก่ ความตั้งใจของนักเรียนที่จะศึกษาต่อในสาขาวิทยาศาสตร์

พิมพ์พรรณ เชียงทอง (2538) ได้วิจัยศึกษาสภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ เขตการศึกษา 5 พบว่า ปัญหาในการปฏิบัติการทดลอง โรงเรียนส่วนใหญ่ขาดแคลนสื่ออุปกรณ์การทดลอง สารเคมี หนังสือเรียน และห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

อัญชลี ศรีนาคา (2539) ได้วิจัยความสัมพันธ์ระหว่างทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสุนทรวิทยา 2 จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .83 และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มี

ความสัมพันธ์กับคะแนนทักษะปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ด้านการดำเนินการทดลองเทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการ ความเป็นระเบียบเรียบร้อยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .72 .42 .29 และ .61 ตามลำดับ

ชมพูนุท ร่วมชาติ (2539) ได้วิจัยพฤติกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า พฤติกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้ของนักเรียน

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน พฤติกรรมที่ครูปฏิบัติมากที่สุด คือครูทบทวนเนื้อหาเดิมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนใหม่ ซึ่งนักเรียนเรียนผ่านมาแล้วก่อนที่จะเริ่มสอนบทเรียนใหม่ โดยกิจกรรมที่ปฏิบัติมากที่สุดได้แก่ ชักถาม-ตอบ ระหว่างครูกับนักเรียน
2. ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง พฤติกรรมที่ครูปฏิบัติมากที่สุด คือ ก่อนที่จะทำการทดลองครูอธิบายวิธีการทดลองและชี้แจงขั้นตอนการทดลองให้นักเรียนทราบ โดยกิจกรรมที่ปฏิบัติมากที่สุดได้แก่ อธิบายในบทเรียนตามหนังสือเรียน
3. ขั้นปฏิบัติการทดลอง พฤติกรรมที่ครูปฏิบัติมากที่สุด คือให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองโดยวิธีการที่ครูปฏิบัติมากที่สุดได้แก่ ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มย่อย
4. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง พฤติกรรมที่ครูปฏิบัติมากที่สุด คือมีการสรุปผลการทดลองหลังจากมีการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยวิธีการที่ครูปฏิบัติมากที่สุดได้แก่ ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองด้วยตนเองหลังจากทดลองเสร็จ
5. ขั้นเสริมความรู้ความเข้าใจและนำไปใช้ พฤติกรรมที่ครูปฏิบัติมากที่สุด คือครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่ครูสอนผ่านไปแล้ว โดยกิจกรรมที่ปฏิบัติมากที่สุดได้แก่ ครูตอบคำถามของนักเรียนพร้อมกับอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้อง

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

บัทโซว์ (Butzow, 1978 : 62-63) ได้วิจัยความหมายของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถสูงใน 2 ประการ คือ ความสามารถในการเป็นผู้ช่วยเหลือแนะแนวทางในการทดลอง และความสามารถในการสาธิตในห้องเรียน การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการหาความรู้ร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน

โดแรน (Doran, 1987 : 487) ได้วิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมในห้องปฏิบัติการ สรุปได้ว่า ครูวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนฝึกทักษะการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของทักษะด้านการปฏิบัติการและช่วยให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเองเป็นจุดประสงค์สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

กลาสตัน(Glasson 1989) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบความสัมพันธ์จากผลการใช้วิธีสอนโดยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองและครูสาธิตปฏิบัติการทดลองต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ความรู้ในกระบวนการแก้ปัญหา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ 9 ในวิชาฟิสิกส์จำนวน 54 คน เป็นชาย 27 คน และหญิง 27 คน ในโรงเรียนของรัฐ ผลการวิจัยพบว่า การสอนทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน

ทซาอิ (Tsai, 1999) ได้วิจัยเรื่อง “การฝึกปฏิบัติการช่วยจำความจริงทางวิทยาศาสตร์” : ศึกษาเกี่ยวกับภาพขอบเขตความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการเรียนกิจกรรมปฏิบัติการของระดับ 8 พบว่า ภาพทางความคิดของผู้เรียนกลุ่มสร้างองค์ความรู้เป็นไปตามจุดประสงค์ของกิจกรรมปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น เชื่อว่าประสบการณ์ปฏิบัติการช่วยให้พวกเขาเข้าใจแก่นทศน์ทางวิทยาศาสตร์และนำไปสู่ความเป็นรูปธรรมมากขึ้น เข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์และที่มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ส่วนผู้เรียนกลุ่มประสบการณ์ไม่เข้าใจจุดประสงค์ของกิจกรรมปฏิบัติการ

บัทเลอร์(Butler, 1999)ได้วิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจของนักเรียนเพื่อถึงความสนใจในกิจกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 4 – 8 พบว่า เจตคติต่อพฤติกรรมและบรรทัดฐานทางนามธรรมมีผลต่อพฤติกรรมแบบปฏิบัติการในการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .0001