**บทที่ 1**

**บทนำ**

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เจริญก้าวหน้า และมีบทบาทในการพัฒนาประเทศ รัฐได้กำหนดนโยบายในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ เพื่อมุ่งเน้นการผลิตและพัฒนาคนในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคม โดยให้หน่วยงานทางด้านการศึกษาดำเนินการปรับปรุง หลักสูตรเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และกระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรตามพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง2533) อีกทั้งยังเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางตามพระราชบัญญัติการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2544 ด้วย

วิชาเคมี เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งไม่สามารถใช้การสังเกตด้วยสายตาให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาคได้ ส่งผลให้ผู้เรียนวิชาเคมีไม่เข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างแท้จริง อีกทั้ง ลักษณะเนื้อหาวิชาเคมีส่วนหนึ่งค่อนข้างจะเป็นนามธรรม ซึ่งทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องดังกล่าว อาทิเช่น การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน นักเรียนไม่อาจสังเกตเห็นอิเล็กตรอนได้ ดังนั้นอาจทำให้นักเรียนไม่เกิดมโนทัศน์ในสิ่งที่เรียน ครูจึงต้องเลือกวิธีการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหา (วารีรัตน์ แก้วอุไร, 2538 : 63) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์รวมทั้งวิชาเคมี การปฏิบัติการทดลองเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอนวิชาเคมี ช่วยให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ จากการค้นคว้า ทดลองและการอภิปรายโดยใช้เหตุผล ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูใช้คำถามเชื่อมโยง โยงความคิดประกอบกับการเปิดโอกาสให้ทำการทดลอง เป็นวิธีการเสริมสร้างให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ข้อเท็จจริงและพิสูจน์ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนากระบวนทักษะทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น การจัดอุปกรณ์ การใช้อุปกรณ์ในการทดลอง การสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การสรุปผลและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ในปีการศึกษาที่ผ่านมา ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องกรด-เบส ยังมีนักเรียนที่มีคะแนนกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งในการเรียนเรื่อง กรด-เบสนั้น นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากเนื้อหาส่วนหนึ่งเป็นการคำนวณ ได้แก่ การแตกตัวของกรด-เบส การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ การคำนวณค่า pH การไทเทรตกรด-เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ จึงวิเคราะห์หาสาเหตุพบว่าส่วนหนึ่งมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูไม่หลากหลายและสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่เพียงพอ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ ทิศนา แขมมณี (2556 : 16) ได้กล่าวว่า ครูผู้สอนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเรียนการสอนเนื่องจากเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอน สื่อ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน (small-scale chemistry experiment) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสูง ช่วยให้การทดลองทางเคมีเป็นเรื่องที่เข้าถึงได้ง่าย โดยอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พลาสติกที่ใช้กัน อย่างแพร่หลายและมีราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองเคมีทั่วไป อีกทั้งยังสามารถนำวัสดุขนาดเล็กอื่น ๆ ที่เป็นของใช้ในชีวิตประจำวันมาดัดแปลงใช้ได้ด้วย การทดลองแบบนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับนานาชาติ และนำไปใช้กับโรงเรียนในหลายประเทศ ซึ่งเป็นความมุ่งมั่นที่ต้องการผลักดันให้เกิดนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยลดข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ราคาแพงและสารเคมีในปริมาณมาก ค่าใช้จ่ายในการจัดการกับของเสียที่เกิดจากการทดลอง และลดเวลาในการทำปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังเป็นการทดลองเคมีอย่างปลอดภัยมากขึ้น และยังช่วยลดภาระให้ครูในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีด้วย (Chemical Society of Thailand, 2015) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเองเพื่อสืบเสาะหาความรู้ ทำให้เกิดความสนใจ มีความกระตือรือร้นอยากจะเรียนรู้ ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสังเกตผลการทดลองได้อย่างรวดเร็วและชัดเจน ขณะที่มีการจัดการเรียนการสอนผู้สอนเองก็กระตุ้นด้วยคำถามเป็นระยะจึงทำให้เกิดพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้น (สาลินี อาจารีย์, 2552 : 118) และยังทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีและการปฏิบัติได้อีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องจากชุดการทดลองแบบย่อส่วนเป็นนวัตกรรมที่สามารถช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีเจตคติที่ดีต่อสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จะส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง มีทักษะในการแสวงหาความรู้ มีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีและเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอน ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

2. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

**สมมติฐานในการวิจัย**

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี 4 เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการสุ่มแบบเจาะจงกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่เรียนวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส

2. สถานที่ดำเนินการวิจัย โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร อ.แก่งหางแมวพิทยาคาร จ.จันทบุรี

3. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

4. ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่

4.1 ตัวแปรต้นชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส

4.2 ตัวแปรตาม ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนในวิชาเคมี

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน คือ วิธีการเรียนรู้เคมีที่มีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยสูง ช่วยให้การทดลองทางเคมีเป็นเรื่องที่เข้าถึงได้ง่าย โดยอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งมีราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองเคมีทั่วไป

2. ทักษะกระบวนการทดลอง ( Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลอง เรื่อง กรด-เบส จะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

2.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองเรื่อง กรด-เบส ก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

2.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลอง

2.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

4. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 39 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร อ.แก่งหางแมวพิทยาคาร จ.จันทบุรี

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดพฤติกรรมการเรียนตามเนื้อหาวิชาที่สร้างขึ้น ตามแนวคิดของณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ ซึ่งเสนอว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ

1. ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความสร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏความรู้ใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำ
3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป การสร้าง ทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ
4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึงความสามารถในการผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ไปใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจอย่างดีก่อน

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้พัฒนาเทคนิคการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน

2. นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์

**บทที่ 2**

**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

การศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดต่างๆ ดังนี้

**เอกสารที่เกี่ยวข้อง**

1. ทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
3. ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
4. การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง
5. การทดลองเคมีแบบย่อส่วน
6. การไทเทรตกรด-เบส
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**1. ทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 146-147) ได้กล่าวถึงหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ของมนุษย์ในวัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ซึ่งนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอน โดยมีทฤษฎีที่สรุปได้ดังนี้

1. ทฤษฎีของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) มีความเชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อได้แก้ปัญหาที่มีความหมายต่อตนเอง โดยเรียกว่าการเรียนรู้ด้วยการกระทำและการเรียนรู้ด้วยการคิดและจิตใจ

2. กลุ่มทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) มีความเชื่อว่าสิ่งใดที่ผู้เรียนทำและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นผลเนื่องมาจากว่าอะไรที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรม ดังนั้นครูต้องสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างกลุ่มผู้เรียนและระหว่างครูกับผู้เรียน โดยครูต้องใช้การเสริมแรงทางบวก เช่น การชมเชย การให้คะแนน เป็นต้น

3. กลุ่มทฤษฎีปัญญานิยมหรือพุทธินิยม (Cognitivism) กลุ่มนี้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการศึกษาพัฒนาด้านสมองและจิตใจเพื่อค้นหาว่ากระบวนการคิดและการรับรู้ของมนุษย์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปธรรมของการคิด เช่น แนวคิดของเปียเจต์ ซึ่งมุ่งเน้นพัฒนาการทางสติปัญญา ทัศนคติและทางร่างกาย โดยย้ำ ว่าวุฒิภาวะทางร่างกายจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อความเจริญงอกงามทางสติปัญญา และแนวคิดของบรูเนอร์ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery learning)และเชื่อว่าการจัดสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางสติปัญญา สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมจะช่วยเร่งพัฒนาการทางสติปัญญาให้เร็วขึ้น

4. กลุ่มทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีความเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับเพื่อค้นหาความจริง เป็นแนวทฤษฎีของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

5. ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence) เป็นแนวคิดของการ์ดเนอร์ (Howard Garder) ซึ่งเชื่อว่ามนุษย์มีปัญญาหลากหลาย 8 ด้าน ได้แก่ ด้านภาษา ด้านตรรกและคณิตศาสตร์ ด้านมิติ-สัมพันธ์ ด้านการเคลื่อนไหวร่างกาย ด้านดนตรีและจังหวะ ด้านความเข้าใจตนเอง ด้านมนุษย์สัมพันธ์ และด้านความเข้าใจธรรมชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามนุษย์มีความสามารถหลากหลายด้าน ครูควรตระหนักว่าผู้เรียนอาจแสดงความสามารถแตกต่างกันตามสิ่งที่ผู้เรียนรู้และทำได้ ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้สอดคล้องกับความหลากหลายทางสติปัญญาของผู้เรียนที่จะทำให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จได้ดีขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการของผู้เรียน เพื่อจัดกิจกรรมในการเรียนรู้ได้เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังที่ สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) เสนอการนำทฤษฎีของเปียเจต์มาใช้กับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยดูความสามารถของเด็กที่เปลี่ยนไปตามวัยของอายุ ดังนี้

1. ในระดับประถมศึกษาควรจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปธรรมเป็นหลัก เพราะเด็กเรียนรู้ได้ดีจากประสบการณ์ตรง

2. ในระดับชั้นมัธยมศึกษาเด็กสามารถคิดหาเหตุผลทางนามธรรมได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยลดประสบการณ์ตรงลงบ้างก็สามารถให้เด็กเรียนรู้ได้เหมือนกัน การสอนบางส่วนของครูอาจใช้การบรรยายหรือให้ศึกษาจากเอกสารได้ แต่ไม่ได้หมายความว่าประสบการณ์รูปธรรมไม่จำเป็น ดังนั้นการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาควรจะเสริมกันทั้งนามธรรมและรูปธรรม

3. ควรนำเนื้อหาที่เหมาะสมกับวัยมาสอน เด็กจะได้เข้าใจได้ง่าย

4. ประสบการณ์ที่นำ มาสอนนั้นควรแบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 เป็นประสบการณ์ที่มุ่งฝึกความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้แน่นขึ้น สิ่งที่ครูเลือกมาสอนควรสอดคล้องกับความรู้เดิม เด็กจะได้ปรับประสบการณ์ใหม่ให้กลมกลืนกับกรอบโครงสร้างความรู้ความคิดเดิม โดยการดูดซึมเข้าไป (Assimilation) ประเภทที่ 2 เป็นประสบการณ์ความรู้ใหม่เด็กจะเรียนได้ต้องมีพื้นฐานความรู้เพียงพอก่อน จากนั้นจึงนำมาสอนให้เด็กขยายกรอบโครงสร้างความรู้เดิมออกไป (Accommodation)

5. วิธีการสอนหรือกิจกรรมการเรียนการสอน จะต้องทำให้เด็กขาดสมดุลเสียก่อนคือเกิดความสงสัย แล้วให้เด็กพยายามปรับตัวทำการแสวงหาความรู้ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้จะต้องให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม จัดกิจกรรมให้เด็กเป็นผู้กระทำ (Active)

6. สิ่งแวดล้อมเป็นตัวการสำคัญในการพัฒนาความคิด ดังนั้นครูต้องจัดสิ่งแวดล้อมให้เด็กมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงจึงจะเกิดการเรียนรู้

**2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้** (**Inquiry-Based Instruction)** จิตวิทยาพื้นฐานในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มี 3 ข้อคือ(สุวัฒก์ นิยมค้า . 2531)

1. ในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อได้เกี่ยวข้องกับการค้นหาความรู้นั้นๆ โดยตรงมากกว่าการบอกเล่าให้ฟัง

2. การเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อสร้างสถานการณ์แวดล้อมให้ผู้เรียนอยากเรียนไม่ใช่เป็นการบังคับ ครูต้องจัดกิจกรรมที่นำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้า ในห้องเรียนครูควรสร้างสถานการณ์ให้อยากรู้ อยากค้นคว้า ถ้าครูจัดให้มีห้องทดลอง มีเครื่องมือ เครื่องอำนวยความสะดวกสถานการณ์เหล่านี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนอยากเรียนวิทยาศาสตร์

3. วิธีการสอนของครูต้องส่งเสริมให้คิดเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เปิดโอกาสให้ใช้ความคิดของตัวเองมากที่สุด ทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะศึกษาหาความรู้ต่อไปได้ด้วยตนเองดังนั้นการสืบเสาะด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการแสวงหาและศึกษาความรู้ต่างๆ คำถามที่เหมาะสมสามารถนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ๆได้การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่างๆ แก่ผู้เรียนเช่น การสืบค้นแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล เป็นต้น ตัวบ่งชี้ที่แสดงว่ามีการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือ (ทิศนา แขมมณี. 2545: 141)

1. ผู้สอนมีกระบวนการหรือกิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียน

2. ผู้สอนมีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่ผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการคิดวิเคราะห์หรือการศึกษาค้นคว้าความรู้ในเรื่องที่เรียน

3. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าความรู้ หาความรู้ หาคำตอบ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ที่เหมาะสม

4. ผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษาวิเคราะห์และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน เช่นการวิเคราะห์ข้อมูล การสังเคราะห์ การสรุปข้อมูล การนำเสนอข้อมูล เป็นต้น

5. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งด้านเนื้อหาสาระ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนวางแผนปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้และผู้สอนมีหน้าที่ให้คำปรึกษาชี้นำ ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองในการสอนวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมที่สำคัญคือ การอภิปรายและการทดลอง อาจแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การอภิปรายนำเข้าสู่การทดลอง

2. การทดลอง

3. การอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง

การอภิปรายนับว่าเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่ง ถ้าผู้สอนรู้จักแนะนำแนวทางที่เหมาะสม จะช่วยปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความคิดของตนเอง กล้าแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของคนอื่นอย่างมีเหตุผล ส่วนการทดลองเป็นหัวใจสำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ และเป็นการนำไปสู่การฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการอภิปรายเข้าสู่การทดลองและอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลองนั้น ผู้สอนต้องใช้คำถามเพื่อนำผู้เรียนให้รู้จักคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับเรื่องที่จะทดลองและข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับผลสรุปในการอภิปรายซักถามนั้น ผู้เรียนอาจจะใช้คำถาม ถามครูหรือผู้เรียนด้วยกันเองได้ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525: 16-112)

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีที่เหมาะกับวิชาวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อม จัดลำดับเนื้อหา แนะนำหรือช่วยให้ผู้เรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเองส่วนผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ภายใต้เงื่อนไขของครูที่กำหนดขึ้น และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการดำเนินการทดลอง ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้คือ

1. ผู้เรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา

2. ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและวิธีการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้ที่ได้รับเกิดความยั่งยืน สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้มโนมติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. ผู้เรียนจะมีเจตคติต่อการเรียนที่ดีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

รอมมี (Romey. 1968) และสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545) ได้เสนอวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการทดลองโดยแนะนำกิจกรรมที่ควรจัดในการทดลองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการทดลองของรอมมี รอมมี ได้ตั้งข้อสังเกตว่า การสอนวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิมนั้น นิยมแยกภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติออกจากกัน ครูจะยึดตำราเล่มใดเล่มหนึ่งไว้สอนบรรยาย ส่วนภาคปฏิบัติการทดลองนั้นจะใช้คู่มือการทดลองอีกเล่มหนึ่ง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับภาคบรรยายมากบ้างน้อยบ้าง ส่วนการทำแบบฝึกหัดมักจะฝึกให้เข้าใจความหมายของเทอมต่างๆ มากกว่าการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การเรียนการสอนดังกล่าวขัดแย้งกับความหมายที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะวิทยาศาสตร์นั้นเป็นศาสตร์เชิงทดลอง การสอนวิทยาศาสตร์ควรสอนให้โน้มเอียงไปทางการทดลองมากกว่าการบรรยายหรือการอ่านหนังสือ โดยรอมมีได้แนะนำกิจกรรมในการทดลอง ดังนี้

1. ตั้งปัญหา

2. ออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

3. ให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. ให้ผู้เรียนเขียนกราฟ วิเคราะห์ข้อมูล และตีความหมายของข้อมูล

5. ให้ผู้เรียนสรุปบนฐานของข้อมูล

6. อภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้ ข้อจำกัดต่างๆ ของข้อมูล และความสัมพันธ์กับข้อมูลกับปัญหาอื่น

7. ครูสามารถให้ความรู้เพิ่มเติม โดยใช้การบรรยายได้

8. การให้ความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากบทเรียน จะช่วยเสริมให้มีความเข้าใจในผลการทดลอง

รอมมีแบ่งกิจกรรมการทดลองออกเป็น 3 ขั้น คือ

1. ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-lab discussion) ในขั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาถามผู้เรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อเร้าความสนใจและให้เห็นความสัมพันธ์ในสิ่งที่จะเรียนรู้

2. ขั้นทำการทดลอง (Lab-activity) ในขั้นนี้เป็นการให้ผู้เรียนลงมือทำการทดลองตามแนวทางที่ได้อภิปรายไว้ บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะเป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจส่วนผู้มีบทบาทในการทดลองคือผู้เรียน

3. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง (Post-lab discussion) หลังจากผู้เรียนทำการทดลองแล้ว ให้ผู้เรียนเสนอผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ถูกต้องของครู นอกจากนี้ครูควรให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าหลักและแนวการสอนของรอมมี สามารถนำมาใช้ได้ดีกับการสอนวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและเข้าใจเนื้อหาทฤษฎีมากขึ้น

วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)แนวทางการสอนของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545) สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. กิจกรรมและลำดับขั้นของกิจกรรม แบ่งกิจกรรมออกเป็น 4 อย่างคือ

- การนำเข้าสู่บทเรียน การที่จะดึงความสนใจของผู้เรียนได้นั้น ครูต้องตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด สงสัย และอยากรู้คำตอบ

- การอภิปรายก่อนการทดลอง ถามผู้เรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้อยากเรียนรู้

- การทดลอง การทดลองเป็นกิจกรรมหลักของการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ผู้เรียนทำการทดลองหลังจากมีการอภิปรายก่อนการทดลอง ในบางบทเรียนที่ไม่สามารถทดลองได้สสวท. แนะนำให้ทำกิจกรรมทดแทนที่มีการพัฒนาความคิดเหมือนกัน เพราะในบางกรณีครูไม่สามารถจัดการทดลองได้เนื่องจากอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองหัวข้อนั้นๆ มีราคาแพง หรือสารเคมีมีอันตรายอาจไม่ปลอดภัยในขณะทำการทดลอง

- การอภิปรายหลังการทดลอง เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว ครูต้องนำอภิปรายโดยใช้คำถามนำผู้เรียนไปสู่ข้อสรุปเพื่อให้ได้แนวความคิดหรือหลักการที่สำคัญในบทเรียนนั้นๆ

2. ผู้เรียนคือผู้ค้นพบ บทบาทของผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการค้นหาความรู้ ความรู้ทั้งหมดไม่ใช่ได้มาจากครู ผู้เรียนเป็นผู้ทดลอง สังเกต บันทึกข้อมูล และในที่สุดเป็นผู้สรุปความรู้ ทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ใหม่โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. บทบาทของครู ครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยหรือให้คำแนะนำเท่านั้น เมื่อผู้เรียนขัดข้องอย่างไร ครูควรหาวิธีตอบคำถามผู้เรียนในแนวทางที่จะกระตุ้นให้คิด และพยายามแนะนำไปยังข้อสรุปที่ถูกต้อง

4. จุดหมายปลายทางของการสอน การสอนแบบนี้จะไม่เน้นเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่มุ่งที่จะพัฒนาทักษะต่างๆ และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เผยแพร่การจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ ให้กับครู เพื่อสนับสนุนให้ครูได้ทำความเข้าใจและนำไปใช้อย่างจริงจัง โดยเรียกว่าวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) เป็นการจัดกิจกรรมแบบ 5 E มีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้นดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวผู้เรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น อาจเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นคำถามที่จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

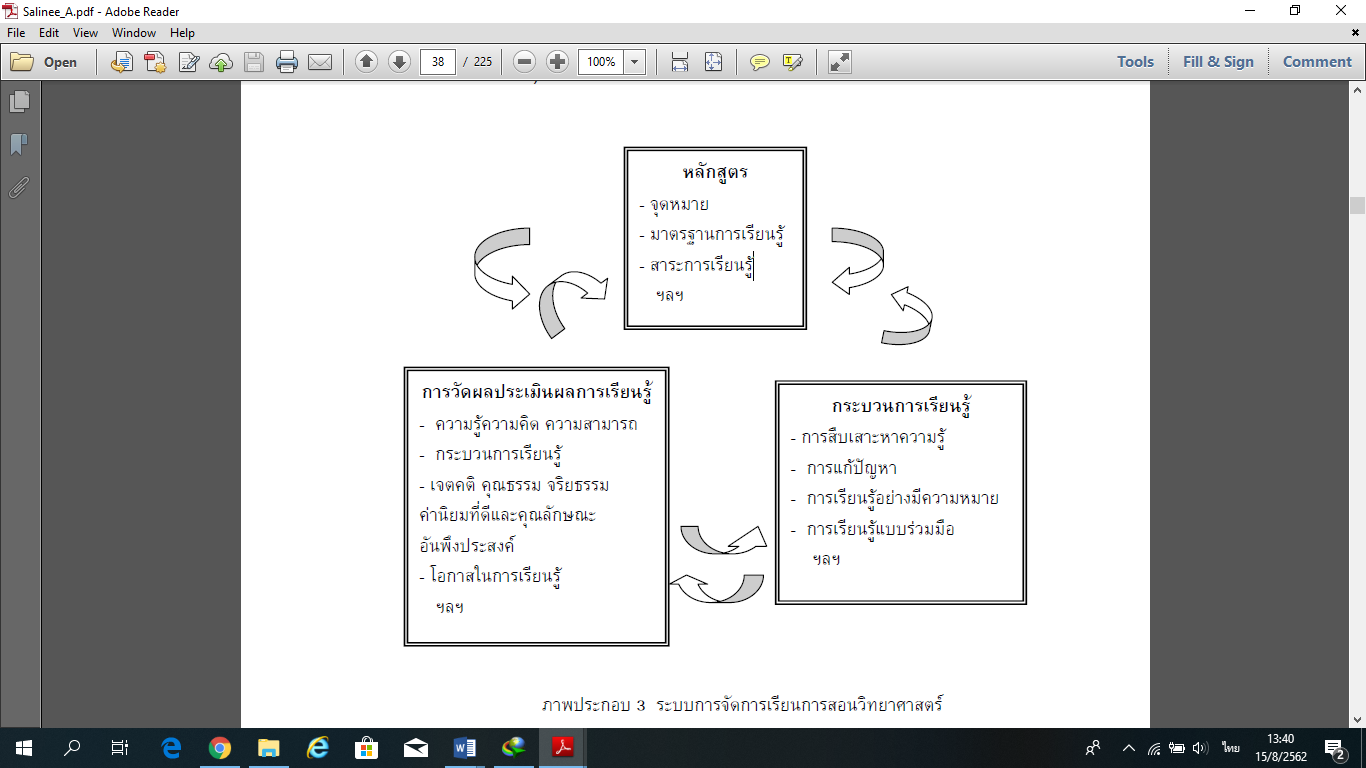
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองและข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่นๆ ทำให้ความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การประยุกต์ในเรื่องอื่นๆอย่างไรก็ตามวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กิจกรรม 5 E เป็นวัฎจักร เมื่อสิ้นสุดการประเมินแล้วครูและผู้เรียนก็สามารถเข้าสู่วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ได้ต่อไป เหตุผลเพราะในชีวิตจริงมีเหตุการณ์ที่น่าศึกษาต่อเนื่องตลอดเวลาไม่มีที่สิ้นสุดหากทั้งครูและผู้เรียนมีความใฝ่รู้ตลอดเวลา

**3. ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

มีองค์ประกอบสำคัญที่สัมพันธ์กันหรือมีความสอดคล้องกัน ประกอบด้วยหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความเชื่อมโยงกัน แสดงได้ดังแผนภูมิภาพประกอบ 3 ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 4-5)



ภาพที่ 2.1 ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้ที่เกี่ยวข้องต้องร่วมกันวางแผนเตรียมการและกำ กับติดตามการดำ เนินงานให้องค์ประกอบหลักทั้ง 3 ส่วนมีความสอดคล้องกัน มีการสนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเป้าหมายการจัดการศึกษาของสถานศึกษา โดยเตรียมความพร้อมดังนี้

1. หลักสูตร จัดทำหลักสูตรสถานศึกษาให้มีสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตามบริบทของสถานศึกษา เพื่อใช้กำหนดแนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผล

2. กระบวนการเรียนรู้ จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการ และคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหรือชีวิตจริงเพื่อให้มีความหมายต่อผู้เรียน จัดหาแหล่งการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ และวัสดุอุปกรณ์การศึกษาอย่างเพียงพอต่อการปฏิบัติงานและการปฏิบัติทดลองรวมทั้งให้โอกาสได้ลงมือปฏิบัติจริงและเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ จัดให้มีการประเมินผลโดยใช้แนวทางการประเมินตามสภาพจริง ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถอย่างแท้จริง และเลือกใช้วิธีการวัดประเมินผล เกณฑ์การประเมินและแบบประเมินที่สอดคล้องกันรวมถึงการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนาผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาทฤษฎีการสอนและแนวทางจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่าระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญและต้องมีความสัมพันธ์กัน ได้แก่หลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล นอกจากนี้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ผู้สอนควรทันสมัย มีทักษะการคิด พยายามคิดหากิจกรรมที่ฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมระหว่างผู้เรียนด้วยกันและระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ได้ฝึกสรุปความรู้ด้วยตนเองจากการที่ได้ทำกิจกรรมการสำรวจหรือการค้นหาข้อมูล ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการพัฒนาการของผู้เรียนในแต่ช่วงวัยว่าเหมาะสมอย่างไร และควรจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ถึงแม้ว่าผู้เรียนที่อยู่ในวัยพัฒนาการในระดับมัธยมศึกษาสามารถเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ก็ตาม แต่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังคงต้องมีควบคู่กันไประหว่างประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม กิจกรรมการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่เหมาะสมและควร

นำมาปรับใช้ในการพัฒนาการสอนในชั้นเรียนก็คือการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการศึกษาหาความรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การเรียนวิทยาศาสตร์ควรใช้การทดลองเข้ามาเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการสร้างให้เกิดการเรียนรู้ เป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรงและสามารถพัฒนาให้เกิดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เสริมสร้างให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (วิชัย ตันศิริ. 2547: 223) รวมถึงช่วยเชื่อมโยงให้มีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาการมากขึ้น ลดบทบาทของผู้สอนลง โดยมีหน้าที่เพียงให้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด และใช้คำถามที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถโยงเข้าไปหาหลักการ กฎและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

**4. การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง**

1. ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง ผู้รู้และผู้ชำนาญการทางการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์หลายท่านให้ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้าและจิต นวนแก้ว (2532: 5) ได้ให้ความหมายของการทดลองไว้ว่าการทดลอง หมายถึงกระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้

เปรมจิต บุญสาย (2541: 145) ได้ให้ความหมายการทดลองว่าเป็นการสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนมีเสรีภาพทางความคิดและได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

บุญชม ศรีสะอาด (2541: 68) ได้ให้ความหมายการสอนบทปฏิบัติการ คือ การสอนให้นักเรียนกระทำกิจกรรมการเรียนภายใต้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยการทำการทดลองปฏิบัติการ ฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการทดลอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 167-168) ได้ให้ความหมายการสอนแบบทดลองว่า เป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลองและปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนให้มีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการหาแนวทางการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543: 87-88) ได้ให้ความหมายวิธีการสอนแบบทดลองว่า วิธีการสอนแบบทดลองเป็นเทคนิควิธีสอนแบบหนึ่งของวิธีการสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เป็นการพิสูจน์หรือหาคำตอบที่นักเรียนสงสัยหรือคาดคะเน หรือตั้งสมมติฐานแล้ววางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ดังนั้นจากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่าการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลองหมายถึง การสอนโดยให้ผู้เรียนได้ลงปฏิบัติด้วยตนเอง ใช้เครื่องมือต่างๆ ด้วยตนเอง โดยครูทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและทำให้เข้าใจในส่วนเนื้อหาทางทฤษฎีมากขึ้น ทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี และส่งเสริมให้เกิดทักษะต่างๆ เช่นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นต้น

2. การจัดกิจกรรมการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง

สเพียร์และโซลแมน (Spears; & Zollman. 1977: 34-35) ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการทดลองแบบกำหนดแนวทางและแบบไม่กำหนดแนวทางไว้ คือการทดลองแบบกำหนดแนวทางเป็นรูปแบบที่ในการทดลองจะมีคำสั่งและปฏิบัติการทดลองมาให้ผู้เรียน และเป็นปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางเป็นรูปแบบการทดลองที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้วางแผนการทดลองและแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหลักการในบทเรียนด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำการทดลองแบบกำหนดแนวทางและการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางมีลักษณะการจัดกิจกรรมดังนี้

1. การทดลองแบบกำหนดแนวทาง การทดลองแบบนี้ ครูกำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาไว้แล้ว ผู้เรียนทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลองก็สามารถได้คำตอบออกมารูปแบบกิจกรรม เป็นดังนี้

1. ครูกำหนดปัญหา

2. ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูล หรือใช้ตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน

3. ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการ เพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ

4. ผู้เรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูล เขียนกราฟ ตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ

5. ผู้เรียนตอบคำถามของครู โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง

6. ผู้เรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบ เพื่อสรุปเป็นเนื้อหาของสิ่งที่ศึกษา

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง การทดลองแบบนี้ให้ผู้เรียนค้นคำตอบเองโดยครูกำหนดปัญหาให้ ซึ่งสามารถจัดกิจกรรมตามรูปแบบ ดังนี้

1. ครูตั้งปัญหาให้หรือให้ผู้เรียนเลือกปัญหาที่อยากศึกษา เป็นปัญหาที่ไม่สามารถคาดหมายผลการศึกษาไว้ล่วงหน้า

2. ผู้เรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน

3. ผู้เรียนเสนอวิธีการทดลอง โดยอาจใช้ระยะเวลาหนึ่งในการค้นคว้าเพื่อวางแผนการทดลอง

4. ผู้เรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้

5. ผู้เรียนสังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ผลการทดลองอาจมีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหนึ่งคำตอบ

6. การทดลองอาจก่อให้เกิดการแสวงหาคำตอบนอกชั้นเรียน

7. ผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้เกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง

8. ครูตั้งคำถามในตอนสุดท้ายเพื่อให้ผู้เรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

3.ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 170-171) บุญชม ศรีสะอาด (2541: 69) และวิมล สำราญวานิช(2532: 86-86) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการดังนี้

1. ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลอง และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

2. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอนและได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยสืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีทักษะมากขึ้น

5. ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน

6. การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติเป็นการฝึกการทำงานร่วมกันของผู้เรียน

7. เป็นการเตรียมผู้เรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

8. ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

**5. การทดลองเคมีแบบย่อส่วน**

การปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน (Small-Scale Chemistry Laboratory) คือ วิธีการเรียนรู้เคมีที่มีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยสูง ช่วยให้การทดลองทางเคมีเป็นเรื่องที่เข้าถึงได้ง่าย โดยอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งมีราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองเคมีทั่วไป อีกทั้งยังสามารถน่าวัสดุขนาดเล็กอื่นๆที่เป็นของใช้ในชีวิตประจ่าวันมาดัดแปลงใช้ได้ด้วย ที่ผ่านมาการทดลองแบบนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับนานาชาติ และมีการน่าไปใช้กับโรงเรียนในหลายประเทศ ซึ่งเป็นความมุ่งมั่นที่ต้องการผลักดันให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ในการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ให้สามารถลดข้อจ่ากัดทั้งด้านค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ราคาแพงและสารเคมีในปริมาณมาก ค่าใช้จ่ายในการจัดการกับของเสียที่เกิดจากการทดลอง และลดเวลาในการท่าปฏิบัติการนั่นเอง นอกจากนี้ยังเป็นการทดลองเคมีอย่างปลอดภัยมากขึ้น และยังช่วยลดภาระให้ครูในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีอีกด้วย (สมาคมเคมีแห่งประเทศไทย, 2558)

การทดลองเคมีย่อส่วน คือ การลดปริมาณการใช้สารเคมีให้อยู่ในระดับที่น้อยมากในการทดลองแต่ยังให้ผลการทดลองที่ดี เรียกว่า microscale หรือ small scale chemistry ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถรักษาสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดมลภาวะ โดยใช้สารเคมีในปริมาณน้อย แต่ยังคงมีคุณภาพ มีความเที่ยงตรงและแม่นย่าสามารถลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ได้ถึง 80-90% (Kellyand Finlayson, 2002)

พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์ (2546) กล่าวไว้ว่า เคมีย่อส่วนเป็นเรื่องใหม่ซึ่งจะเปิดโอกาสให้ทุกคนได้เห็นและสัมผัส ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ สามารถน่าผู้เรียนเข้าสู่การทดลองทางเคมี ช่วยให้การเรียนการสอนเคมีน่าสนใจ เข้าใจลึกซึ้ง มีความรู้ ใฝ่เรียน และส่งเสริมกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งประหยัดและปลอดภัย โดยมีรูปแบบหลักๆ คือ

1) ใช้สารเคมีน้อยลงถึง 1 ใน 1000 ของปริมาณที่ใช้กันในปฏิบัติการเคมีทั่วไป

2) เปลี่ยนจากการใช้เครื่องแก้วมาเป็นอุปกรณ์ที่ท่าด้วยพลาสติก

3) เป็นการสังเกตเปรียบเทียบตัวอย่างต่าง ๆ ที่หลากหลายได้อย่างรวดเร็ว และท่าได้ทั้งสามเฟส คือ แก๊ส ของเหลว และของแข็ง

Singh, Szanfran and Pike (1999) กล่าวไว้ว่า Michroscale chemistry เป็นปฏิบัติการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดมลภาวะผ่านกระบวนการใช้เครื่องแก้วขนาดเล็กและลดปริมาณการใช้สารเคมีซึ่งง่ายต่อการจัดการแต่ยังสามารถอธิบายหลักการทางเคมีได้การทดลองแบบไมโครสเกล (Microscale laboratory บางครั้งอาจเรียกว่า การทดลองแบบย่อส่วน (Small-scale experiment) คือการทำการทดลองให้มีขนาดเล็กลงจากการทดลองในระบบเก่า โดยการทดลองแบบเก่าจะใช้สารปริมาณมาก ใช้อุปกรณ์ขนาดใหญ่แต่เทคนิคไมโครสเกลจะใช้สารปริมาณน้อยและมีการดัดแปลงอุปกรณ์ที่ใช้ให้เหมาะสมทำให้ลดค่าใช้จ่ายส่าหรับสารเคมีลงได้มาก ลดอันตรายมีความปลอดภัยส่าหรับครู-อาจารย์ นักเรียนและนักศึกษามากขึ้น โดยการทดลองแบบย่อส่วนมีข้อดี (พิทักษ์ อยู่มี, 2544) ดังนี้

1) ประหยัดค่าใช้จ่าย (Cost) เคมีย่อส่วนสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์รวมทั้งสารต่าง ๆ ที่ใช้ทำความสะอาดหลังการทดลอง เช่น น้ำที่ใช้ล้างเครื่องแก้ว กระดาษชำระส่าหรับเช็ดอุปกรณ์ลดลง และยังมีผลทำให้สามารถใช้สารเคมีในการทดลองได้หลายชนิด

2) มีความปลอดภัย (Safety) เนื่องจากมีการใช้สารเคมีปริมาณน้อย จึงลดโอกาสการเกิดไฟไหม้ ระเบิดและการบาดเจ็บรุนแรงได้ และลดการเกิดมลภาวะที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อใช้สารเคมี ปริมาณน้อย ของเสียจึงเกิดขึ้นน้อย

3) ประหยัดเวลา (Quickly) ท่าให้ประหยัดเวลาทั้งในขั้นการเตรียมสาร เตรียมอุปกรณ์ขั้นตอนการทดลอง และการท่าความสะอาดหลังเสร็จสิ้นการทดลอง

(Wood. 1990: 596-597) การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เป็นการทดลองที่มีการใช้ปริมาณสารเคมีที่น้อยมากในการทำการทดลอง โดยปกติแล้วปริมาณสารเคมีในการทดลองระดับมาตรฐานจะใช้อยู่ที่ 5 -100กรัม และใช้เครื่องแก้วที่สามารถบรรจุปริมาตรสารเคมีได้ตั้งแต่ 100 - 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรขึ้นไป แต่ในปัจจุบันก็มีการทดลองระดับมาตรฐานที่พยายามลดการใช้สารเคมีให้อยู่ที่ประมาณ 1-10 กรัม และปริมาตรสารละลายใช้น้อยกว่า 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทดลองที่ใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการ ส่วนการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเป็นการทดลองที่ใช้ปริมาณสารเคมีแตกต่างจากการทดลองในระดับมาตรฐานมาก

จากงานวิจัยของวูด (Wood. 1990) เสนอว่าการเลือกใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในการนำมาสอนผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับครูที่จะช่วยให้การเรียนการสอนวิชาเคมี น่าสนใจและสร้างแรงจูงใจกับผู้เรียนมากกว่าใช้เทคนิคการสอนโดยวิธีการสาธิต การดูจากวีดีโอเทป หรือการดูจากคอมพิวเตอร์ เพราะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการทดลองได้ด้วยตนเอง

โดยข้อดีของการสอนโดยใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาคือ

1. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำการทดลอง และช่วยลดปริมาณสารพิษที่เกิดจากการทดลองให้น้อยลง

2. การใช้เวลาในการทำการทดลองน้อยลง ทำให้การเรียนการสอนแต่ละครั้ง สามารถทำการทดลองได้หลายการทดลอง

3. การทดลองหลายการทดลองที่เป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ไม่จำเป็นต้องใช้ตู้ดูดควัน หน้ากากป้องกันสารพิษ หรือเครื่องมืออื่นๆ ในห้องปฏิบัติการที่ช่วยให้การทดลองมีความปลอดภัย ดังนั้นจึงสามารถทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในห้องใดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องใช้ห้องทดลองโดยเฉพาะ

4. มีหลายการทดลองที่พบว่าไม่ปลอดภัยนักสำหรับครูและผู้เรียน แต่ถ้าปรับเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสามารถทำได้ผลดี และมีความปลอดภัยมากขึ้น เช่น การทดลองการทำปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนนอกจากนี้ในงานวิจัยของวูด ยังได้เสนอข้อดีสำหรับครูในระดับมัธยมศึกษาที่จะนำการทดลองไมโครสเกลมาสอนในชั้นเรียนไว้ 3 ด้านใหญ่คือ

1. ด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าที่ผ่านมาพบว่าในแต่ละโรงเรียน มีค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีและค่าใช้จ่ายในเก็บสารเคมีรวมถึงการดูแลรักษาสารเคมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ้าเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลซึ่งมีการใช้สารเคมีที่น้อยลง ปัญหาด้านการเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมี ห้องเก็บสารเคมีก็จะลดปริมาณลงด้วย

2. ด้านความปลอดภัย การเกิดความไม่ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการมักเกิดจากการเก็บสารเคมีในชั้นเก็บสารหรือในห้องเก็บสารที่ไม่มีคุณภาพ การรั่วไหลของบรรจุภัณฑ์ของสารเคมีที่ผ่านการทดลองแล้วและรอการกำจัดรวมถึงการระเหยของสารต่างๆ ขณะทำปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นการทดลองไมโครสเกลที่มีการเตรียมสารในปริมาณน้อย เช่น การใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการทดลอง 1 หยด แทนการใช้กรดจำนวน 5 หยด หรือการใช้สารละลาย 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แทนการใช้แบบเดิมคือ 50-100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีส่วนช่วยแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ได้ เช่น ช่วยให้ปัญหาด้านความไม่ปลอดภัย

ในการใช้ห้องปฏิบัติการและขณะทำการทดลองลดลงอย่างมาก ปัญหาในเรื่องการเก็บสารเคมีในห้องเก็บสารรวมถึงการเก็บสารที่ผ่านการทดลองแล้วก็ทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากการใช้ปริมาณในการทำการทดลองในแต่ละครั้งลดลง สารที่เหลือหลังจากการทดลองก็ลดลงตามไปด้วย รวมถึงสารเคมีที่เก็บไว้ในชั้นเก็บสารหรือในห้องเก็บสารก็ลดลงเช่นกัน โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุหรือความไม่ปลอดภัยต่างๆ ต่อครู ผู้เรียน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการก็จะลดลงตามไปด้วย 3. ด้านแหล่งความรู้ประเทศสหรัฐอเมริกามีการพัฒนาการทดลองในระดับไมโครสเกลอย่างต่อเนื่อง (Russo.1986) เพื่อให้ครูสามารถที่เลือกนำการทดลองเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้กับการสอนในชั้นเรียนได้

ดังนั้นจากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าว ผู้สอนสามารถนำมาปรับการเรียนการสอนปฏิบัติการจากแบบเดิม

มาเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลได้ จากผลการศึกษาของวูด ทำให้สรุปได้ว่าการนำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา ส่งผลที่ดีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนรวมถึงช่วยแก้ปัญหาในด้านการจัดเก็บสารเคมี แก้ปัญหาในด้านปริมาณสารเหลือทิ้งหลังจากเสร็จการทำการทดลองแล้ว มีผลต่อการใช้เวลาในการทดลองที่น้อยลงทำให้สามารถจัดการทดลองได้จำนวนหลายการทดลองในการสอนแต่ครั้ง และเป็นการช่วยให้ครูสามารถจัดกิจกรรมในการสอนวิชาเคมีที่สามารถให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงได้มากขึ้น

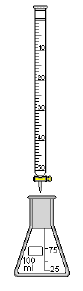
โดยสรุปการทดลองด้วยการทดลองแบบย่อส่วน สามารถนำมาใช้กับการเรียนการสอนในวิชาเคมีได้ดีทั้งในระดับมัธยมศึกษา และมีข้อดีในหลายด้านทั้งด้านเวลาที่ใช้ในการทดลองลดลงทำให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนโดยใช้การทดลองได้มากขึ้น ด้านความปลอดภัยในการทำการทดลอง ค่าใช้จ่ายที่ลดลงในการซื้อสารเคมีรวมถึงค่าใช้จ่ายที่ลดลงในการกำจัดสารพิษ และที่สำคัญที่สุดคือผู้เรียนทุกคนในชั้นเรียนมีโอกาสได้ทำการทดลอง ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีพอๆ กับการทดลองในระดับมาตรฐานทั่วไป ดังนั้นถ้าสามารถจัดการทดลองด้วยการทดลองแบบย่อส่วนให้กับผู้เรียนได้ ก็จะส่งผลดีในหลายด้านรวมถึงทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสอนให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์และช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน โดยการปรับปรุงจากบทปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วนที่มีอยู่แล้ว โดยปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**6. การไทเทรตกรด-เบส**

**การไทเทรตกรด-เบส**หมายถึง กระบวนการหาปริมาณสาร โดยวิธีใช้สารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน ให้ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากันพอดี ทำให้คำนวณหาความเข้มข้นหรือปริมาณของสารตัวอย่างดังกล่าวได้

**วิธีการไทเทรตกรด-เบส**คือ นำสารละลายกรดหรือเบสตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ มาทำการไทเทรตกับสารละลายเบสหรือกรดมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน กล่าวคือ ถ้าสารละลายตัวอย่างเป็นสารละลายกรด ก็ต้องใช้สารละลายมาตรฐานเป็นเบส นำมาทำการไทเทรต แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกัน จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณของสารตัวอย่างต่อไป หรือทางตรงกันข้าม ถ้าใช้สารละลายตัวอย่างเป็นเบส ก็ต้องใช้สารละลายมาตรฐานเป็นกรด

*ตัวอย่างเช่น* การหาค่าสารละลายกรด HCl ว่ามีความเข้มข้นเท่าใดเราอาจใช้สารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.100 โมล/ลิตร มาทำการไทเทรตกับสารละลาย HCl ตัวอย่าง จำนวนหนึ่ง (อาจจะเป็น 50 cm3 ) เมื่อทราบปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl จำนวน 50 cm3 นี้โดยอินดิเคเตอร์เป็นตัวบอกจุดยุติ แล้วเราก็สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของกรด HCl ได้



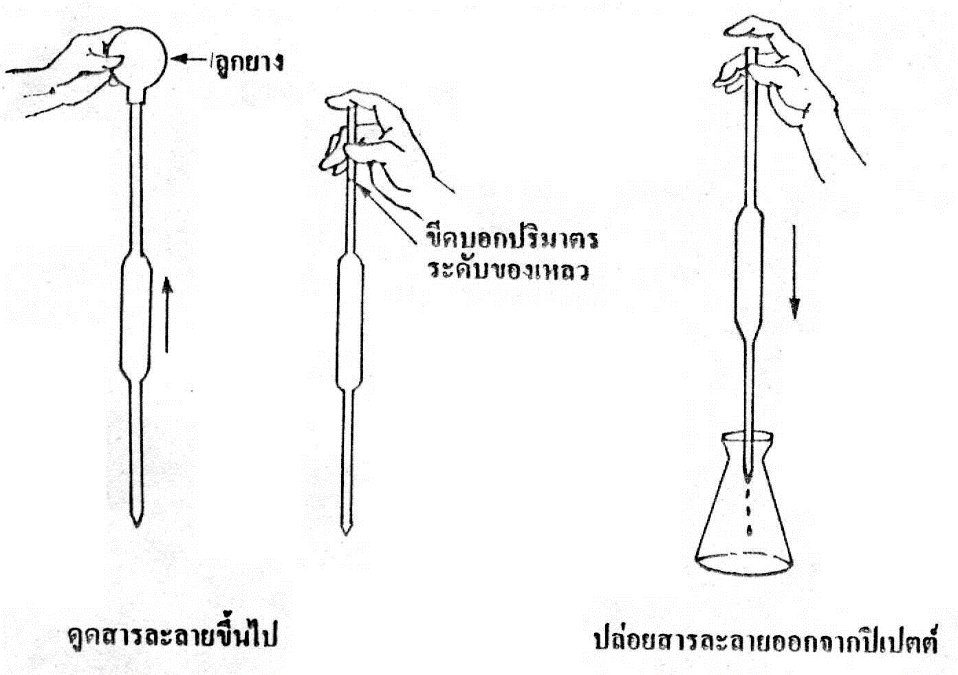
ขวดรูปกรวย

บิวเรตต์

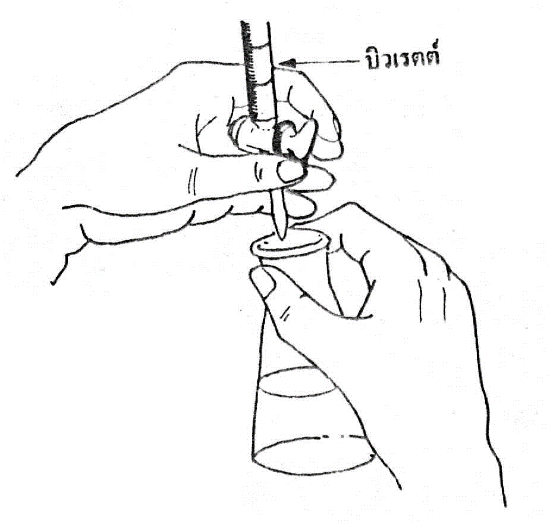
ภาพที่ 2.2 การไทเทรตกรด-เบสเบส

สารละลายมาตรฐาน ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน บรรจุอยู่ในเครื่องแก้วที่เรียกว่า บิวเรตต์ ซึ่งจะมีก๊อกไขปิด-เปิดเพื่อหยดสารละลายมาตรฐานมายังขวดรูปกรวยที่บรรจุสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ในการไทเทรต ค่อยๆ หยดสารละลายมาตรฐานลงมาทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างในขวดรูปกรวย เขย่าหรือหมุนขวดรูปกรวยเพื่อให้สารผสมกันพอดี ไทเรตจนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีก็หยุดไทเทรต แล้วบันทึกปริมาตรสารละลายมาตรฐานที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหา pH สารละลายต่อไป

เครื่องแก้วเชิงปริมาตร ที่ใช้ในการถ่ายเทของเหลวตัวอย่าง ลงในขวดรูปกรวยจะใช้เครื่องแก้วที่สามารถ อ่านปริมาตรได้ค่าที่ละเอียด และมีค่าถูกต้องมากที่สุด นั่นคือจะใช้ ปิเปตต์ (จะไม่ใช้กระบอกตวงเพราะให้ค่าที่ไม่ละเอียด และความถูกต้องน้อย) ซึ่งมีขนาดต่างๆ ให้เลือกใช้ เช่น ขนาด 1 cm3 , 5, 10, 25, 50 cm3 เป็นต้น วิธีใช้ปิเปตต์จะใช้ลูกยางช่วยในการดูดสารละลาย โดยในตอนแรก บีบอากาศออกจากลูกยาง ที่อยู่ปลายบนของปิเปตต์ แล้วจุ่มปลายปิเปตต์ ลงในสารละลายที่ต้องการปิเปตต์ แล้วค่อยๆ ปล่อยลูกยาง สารละลายจะถูกดูดขึ้นมาในปิเปตต์ เมื่อสารละลายอยู่เหนือขีดบอกปริมาตร ดึงลูกยางออก รีบใช้นิ้วชี้กดที่ปลายปิเปตต์ค่อยๆ ปล่อยสารละลายออกจนถึงขีดบอกปริมาตรบน จากนั้นก็ปล่อยสารละลาย ออกจากปิเปตต์สู่ขวดรูปกรวยจนหมด



ภาพที่ 2.3 แสดงการใช้ปิเปตต์



ภาพที่ 2.4 แสดงการใช้บิวเรตต์

**ปฏิกิริยาในการไทเทรตกรด-เบส**

ปฏิกิริยา ที่เกี่ยวข้อง ในการไทเทรตกรด-เบสต่างๆ ได้แก่

1.ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่

2.ปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน

3.ปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่

สำหรับปฏิกิริยาระหว่างกรดอ่อนกับเบสอ่อนไม่นิยมนำมาใช้ในการไทเทรตกรด-เบส เพราะที่จุดสมมูล หรือจุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ไม่ชัดเจน

ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส เขียนแทนด้วยสมการ

H+ (aq) + OH- (aq)  H­2O (l)

**จุดสมมูล (Equivalence point)**

ในการไทเทรตกรด-เบส ***จุดที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี*** หรือ***จุดที่ H3O+ ไอออนหรือ H+ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ OH- ไอออน ด้วยจำนวนโมลที่เท่ากัน*** เรียกว่า ***จุดสมมูล***

ถ้าใช้พีเอชมิเตอร์ วัดหาค่า pH ณ จุดสมมูลจะพบว่า จุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส แต่ละปฏิกิริยาหรือแต่ละคู่จะมี pH ที่จุดสมมูลแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากัน แต่สามารถระบุอย่างคร่าวๆ ได้ ดังนี้

* ถ้าเป็นการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูลประมาณ 7
* ถ้าเป็นการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูลจะมากกว่า 7
* ถ้าเป็นการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูลจะน้อยกว่า 7

**จุดยุติ (End point)**

การที่จะทราบว่า ปฏิกิริยาการไทเทรตถึงจุดสมมูลหรือยังนั้น จะต้องมีวิธีการที่จะหาจุดสมมูล วิธีการหนึ่งคือ การใช้อินดิเคเตอร์ โดยอินดิเคเตอร์จะต้องเปลี่ยนสีที่จุดที่พอดีหรือใกล้เคียงกับจุดสมมูล นั่นคือ ***จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี*** จะเรียกว่า ***จุดยุติ*** ดังนั้น จึงต้องเลือกอินดิเคเตอร์ให้เหมาะสมที่จะให้เห็นการเปลี่ยนสีที่จุดสมมูลพอดี ถ้าเลือกใช้อินดิเคเตอร์ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิด ความคลาดเคลื่อนของการไทเทรต (titration error) ซึ่งเกิดจากการที่มีความแตกต่างระหว่างจุดสมมูลและจุดยุติของการไทเทรต กล่าวคือ จุดสมมูลและจุดยุติ ไม่ได้อยู่ในช่วง pH เดียวกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ก่อนหรือหลังจุดสมมูล

**การคำนวณเกี่ยวกับการไทเทรตกรด-เบส**

การคำนวณเกี่ยวกับการไทเทรต จะเกี่ยวข้องกับการคำนวณต่อไปนี้

*1.การคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากันพอดี*

ปริมาณของกรดหรือเบสจะคำนวณได้จากปริมาณสัมพันธ์ในสมการของปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

mกรด + n เบส  p เกลือ + q น้ำ

จากปฏิกิริยาอัตราส่วนระหว่างกรดและเบสเป็นดังนี้

 = 

หรือ

MaVa = (MbVb)

เมื่อ

Ma , Mb คือ ความเข้มข้นเป็น **โมล/ลิตร** ของกรดและเบส ตามลำดับ

Va , Vb คือ ปริมาตรเป็น **ลิตร** ของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ

m , n คือ จำนวนโมลของกรดและเบส ตามลำดับ

**ตัวอย่าง** สารละลาย H2SO4 ตัวอย่างจำนวน 20 cm3 นำมาไทเทรตกับสารละลาย NaOH ปรากฏว่าต้องใช้สารละลาย NaOH 0.1 M (โมล/ลิตร) จำนวน 30 cm3 จงหาความเข้มข้นของสารละลาย H2SO4 ตัวอย่างนี้ (H =1, S=32, O = 16, Na = 23)

วิธีทำ

2NaOH (aq) + H2SO4 (aq) ฎ Na2SO4 (aq) + 2H2O (l)

0.1 โมล/ลิตร จำนวน 30 cm3 หมายความว่า

สารละลาย 1000 cm3 จะมีเนื้อ NaOH = 0.1 โมล

สารละลาย 30 cm3 จะมีเนื้อ NaOH =  โมล

= 0.003 โมล

**จากสมการ NaOH 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H2SO4 = 1 โมล**

ถ้าสารละลาย NaOH 0.003 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H2SO4 =  โมล

= 0.0015 โมล

ดังนั้น สารละลาย 20 cm3 จะมีเนื้อ H2SO4 = 0.0015 โมล

สารละลาย 1000 cm3 จะมีเนื้อ H2SO4 =  โมล

= 0.075 โมล/ลิตร

**ความเข้มข้นของสารละลาย H2SO4 ตัวอย่างนี้ = 0.075 โมล/ลิตร**

หรือจะคำนวณโดยการใช้สูตร ดังนี้

MaVa = (MbVb)

Mx  = (0.1 x )

M =  x 0.1 x  = 0.075 โมล/ลิตร

Ma , Mb คือ ความเข้มข้นเป็นโมล/ลิตรของกรดและเบส ตามลำดับ

Va , Vb คือ ปริมาตรเป็นลิตรของสารละลายกรดและเบส ตามลำดับ

m , n คือ จำนวนโมลของกรดและเบส ตามลำดับ

**7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**สุระชัย ศรีสุวรรณ (2544)** ทำการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 มีจุดประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยชุดจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ว.102 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา  ได้ศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ  ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะโครงงานวิทยาศาสตร์  มากำหนดวิธีการสอนสำหรับใช้สร้างชุดจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์  ว.102  โดยบูรณาการวิธีการสอนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้น สร้างแผนจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ว. 102 โดยประยุกต์และบูรณาการทฤษฎีต่าง ๆ เข้าด้วยกัน  โดยมีกิจกรรมกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  และโครงงานวิทยาศาสตร์กระตุ้นให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองอย่างมีเหตุผล  คิดเป็น  ทำเป็น  แก้ปัญหาเป็น  สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ เมื่อสร้างแบบทดสอบวัดผล  แบบทดสอบก่อนเรียนแบบทดสอบหลังเรียนแล้ว  ทำการหาประสิทธิภาพแผนจัดกิจกรรมการสอน  โดยนำไปทดลอง  3  ครั้ง  กลุ่มตัวอย่างในการทดลอง  คือ  นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1  โรงเรียนศาลาพัน  สำนักงานการประถมศึกษา  อำเภอสามโคก  สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดปทุมธานี  ผลการทดลองปรากฏว่าประสิทธิภาพของชุดการสอนในการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีค่าเป็น  75.28 / 74.07 , 76.81 / 74.20 , 78.07 / 75.68  ตามลำดับผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียน  พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ   .01

**วัฒนสิทธิ์ ชุนโอภาส (2549)** ได้จัดทำงานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนว Learning Styles เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคล เรื่อง การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ปีการศึกษา 2549 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 /3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัยและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนว Learning Styles ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าและจัดทำแบบบันทึกการวิเคราะห์ตนเองตามแนว Learning Styles และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนว Learning Styles แล้วจึงนำเครื่องมือดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/3 จำนวน 38 คน หลังจากนั้นได้นำผลการวิเคราะห์ตนเองของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยหาค่าร้อยละของการเรียนรู้ พบว่าว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีการเรียนแบบร่วมมือ( Collaborative) สูงที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 42.10 ส่วนการเรียนแบบพึ่งพา(Dependent) กับการเรียนแบบอิสระ (Independent )คิดเป็นร้อยละ 23.68 เท่ากัน วิธีการเรียนที่มีนักเรียนเรียนน้อยที่สุดคือการเรียนแบบหลีกเลี่ยง ( Avoidance ) โดยคิดเป็นร้อยละ 10.52 และวิธีการเรียนที่ไม่มีนักเรียนเรียนเลย คือ วิธีการเรียนแบบแข่งขัน(Competitive) และการเรียนแบบมีส่วนร่วม (Participation)โดยคิดเป็นร้อยละ 0 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จากการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนว Learning Stylesของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนว Learning Styles สูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนโดยมีผลต่างเฉลี่ย 4.02 ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนมีการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มสูงขึ้น

**เยี่ยมศิริ มณีพิศมัย (2550)** ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบที่ใช้โดยทั่วไปกับบทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน ศึกษาเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการทดลองเคมีแบบย่อส่วน โดยใช้บทปฏิบัติการการทดลองที่จัดทำขึ้นเป็นไปตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏ วิชาปฏิบัติการเคมี 2 จำนวน 5 บทปฏิบัติการและแบบที่ผู้วิจัยคิดค้น/ออกแบบขึ้นมา จำนวน 5 บทปฏิบัติการ จากผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการแบบย่อส่วน มีเจตคติที่ดีต่อปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนเป็นส่วนใหญ่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน และบทปฏิบัติการเคมีที่ใช้โดยทั่วไปสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

**สาลินี อาจารีย์ และคณะ (2552)** ได้พัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องเคมีไฟฟ้า ประกอบด้วย 4 บทเรียน คือ ปฏิกิริยารีดอกซ์ เซลล์กัลป์วานิก เซลล์ความเข้มข้น และการแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า โดยใช้วิธีการสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้ และจัดกิจกรรมเป็น 5 ขั้น (5 E) คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผลที่ได้พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนดียิ่งขึ้น เกิดทักษะการคิด ผู้วิเคราะห์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

**ศักดิ์ศรี สุภาษร และคณะ (2557)** ได้ศึกษาและพัฒนาเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนและต้นทุนต่ำ มีวิธีการสร้างที่ง่ายเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ส่าหรับการสอนเคมีไฟฟ้าในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการทดลองที่ได้จากการสร้างเซลล์กัลวานิกเปรียบเทียบกับวิธีแบบเก่า เมื่อใช้ t-test ทดสอบศักย์ไฟฟ้าของวิธีทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t = 2.447) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน (ก่อนและหลังการใช้เซลล์ที่พัฒนาขึ้น ตามล่าดับ) ได้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 4.69 และ 8.15 โดยมีเปอร์เซ็นความแตกต่างส่าหรับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นร้อยละ 34.89 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวมีค่าเท่ากับร้อยละ 24.09 และ 15.82 ส่าหรับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนตามล่าดับ เมื่อใช้ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันทดสอบคะแนนของการสอบทั้งสองครั้ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (tobserved =9.55, tcritical ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้นักเรียนยังมีเจตคติเชิงบวกต่อการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วน

**สุภาพ ตาเมือง** **(2560)** พัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนต้นทุนตํ่า เรื่อง สมดุลเคมี และศึกษาความเข้าใจมโนมติจากการเรียนด้วยชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 37 คน เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบวัดความเข้าใจมโนมติแบบวินิจฉัยสองลำดับขั้น และแบบสอบถามเจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมี จากการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองย่อส่วนต้นทุนตํ่าผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น พบว่า (1) นัก-เรียนมีร้อยละของคะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และความคงทนเป็น 20.48, 60.64 และ 59.60 ตาม ลำดับ และมีความก้าวหน้าปกติอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแต่ไม่แตกต่างจากคะแนนความคงทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2) ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจมโนมติ (NU ร้อยละ 50.81) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU ร้อยละ 29.05) ซึ่งเป็นกลุ่มมโนมติที่มีความถูกต้องน้อยมาก อย่างไรก็ตาม หลังการเรียนด้วยชุดการทดลองย่อส่วน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนามาอยู่ในกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (PU ร้อยละ 33.78) และกลุ่มความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (PMU ร้อยละ 29.46) ทั้งนี้ หลังเรียนผลรวมร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องสมบูรณ์และถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (SU+PU) เพิ่มขึ้นมา 51.48 ส่วนผลรวมร้อยละของนักเรียนในกลุ่มความเข้าใจมโนมติผิดและไม่มีความเข้าใจมโนมติ (MU+NU) ลดลงไป 51.89 และ (3) นัก-เรียนมีเจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุดการทดลองอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ แต่ก็ยังอยู่ในระดับมากทั้งสองกรณี จึงสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการทดลองย่อส่วนนี้สามารถทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงจากความเข้าใจมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์น้อยไปสู่ความเข้าใจมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์มากขึ้นได้อย่างมีประ- สิทธิภาพและทำให้นักเรียนมีเจตคติและประสบการณ์ต่อวิชาเคมีไปในทางบวกมากขึ้น

**อาร์ซีซ๊ะ ดินอะ (2559)** พัฒนาชุดการไทเทรตอย่างง่ายแบบย่อส่วนและต้นทุนต่ำเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนเรื่อง การไทเทรตกรด-เบส ในห้องเรียน ชุดการไทเทรตอย่างง่ายแบบย่อส่วนนี้สามารถประ-ดิษฐ์ขึ้นมาได้ง่าย วัสดุ/อุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดและร้านขายยาทั่วไป พบว่า ชุดการไทเทรตอย่างง่ายแบบย่อส่วนนี้ยังใช้สารเคมีในปริมาณน้อย ทำให้ของเสียที่เกิดจากการทดลองมีปริมาณน้อยลงตามไปด้วยจากการสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดไทเทรตอย่างง่ายที่สร้างขึ้นนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 และจากการทดลองชุดไทเทรตอย่างง่ายนี้ให้ผลการทดลองใกล้เคียงหรือเทียบ-เท่ากับชุดไทเทรตมาตรฐานทั่ว ไป

**Abdullah et al. (2009)** พัฒนาชุดไทเทรตระดับไมโคร (microtitration kit) ซึ่งประกอบด้วยmicroburet, microstand และ plastic microwell plate สำหรับ microburet ใช้ปริมาณสารละลายเพียง1.00 mL ส่วนชุดการไทเทรตมาตรฐานใช้ปริมาณสารละลาย 25 mL จากนั้นนำชุดไทเทรตระดับไมโครที่พัฒนานี้ไปจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการไทเทรตกรด-เบส ผลการทดลอง พบว่า ชุดไทเทรตระดับไมโครที่พัฒนานี้ทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในเรื่องการไทเทรตกรด-เบส การหาจุดยุติของการไทเทรตกรด-เบส และเรียนรู้การไท-เทรตได้เร็วกว่าการใช้ชุดการไทเทรตมาตรฐาน

**Acharry et al. (2009)** พัฒนาปฏิบัติการระดับไมโครสำหรับเคมีไฟฟ้า ซึ่งประ-กอบด้วย 4 บทเรียน ได้แก่ ปฏิกิริยารีดอกซ์ เซลล์กัลวานิก เซลล์ความเข้มข้น และการแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า การทดลองในระดับไมโครนี้ใช้สารเคมีในปริมาณน้อย จุดเด่นของการทดลองระดับไมโคร คือ มีความปลอดภัย ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ลดปริมาณสารตกค้างหลังการทดลอง และทำให้เวลาที่ใช้ทดลองน้อยลง หลังจากนำปฏิบัติการระดับไมโครที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 (ปวช. 3) พบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนดียิ่งขึ้น เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

**Wooster. (2007)** ได้นำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลไปใช้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา พบว่าการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีข้อดีหลายด้าน จุดเด่นที่สุดคือนักเรียนทุกคนมีโอกาสทำการทดลองได้ด้วยตนเองไม่จำเป็นต้องทำการทดลองเป็นกลุ่ม สามารถทำการทดลองอย่างอิสระ ใช้ได้กับนักเรียนทุกวัยทั้งเด็กเก่งและเด็กอ่อน โดยวูสเตอร์ได้นำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลจำนวนหลายการทดลองมาใช้กับนักเรียนเช่น การเตรียมสารประกอบ การเตรียมแก๊ส การไทเทรต การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น พบว่านักเรียนรู้สึกสนุกสนานในการทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เนื่องจากใช้เวลาในการทำการทดลองไม่นาน รวมเวลาที่ใช้ประมาณ 20 นาทีต่อการทดลอง และทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆได้ง่าย ทำให้มีเวลาเหลือมากขึ้นในการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันในชั้นเรียน

**Singh et al. (2000)** ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ไมโครบิวเรต (microburet) กับบิวเรตมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป ผลที่ได้พบว่า 1) สามารถลดค่าใช้จ่ายในการทดลองได้มากทั้งในเรื่องการซื้ออุปกรณ์และสารเคมีรวมถึงสารเคมีที่ต้องกำจัดลดลง 2) เวลาที่ใช้ในการทดลองลดลงมาก เนื่องจากตามปกติการไทเทรตสารในปริมาณ 10-25 ลูกบาศก์เซนติเมตรใช้เวลาประมาณ 25 นาที แต่ถ้าใช้ไมโครบิวเรตใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที นอกจากนั้นการล้างและการจัดเก็บไมโครบิวเรตก็ไม่เป็นปัญหาทำได้ง่ายขึ้น 3) ความง่ายในการใช้งาน การใช้ไมโครบิวเรตสามารถนำมาใช้กับผู้เรียนได้ทุกลักษณะ ผู้เรียนที่พิการนั่งรถเข็นก็สามารถใช้อุปกรณ์นี้ได้โต๊ะทดลองที่มีขนาดเตี้ยก็ตั้งไมโครบิวเรตได้ เพราะโดยทั่วไปบิวเรตที่ใช้งานกันมีความสูงและเป็นอุปสรรคต่อผู้ใช้ในบางกรณีได้เช่นผู้ใช้ที่พิการนั่งรถเข็น หรือผู้ใช้ที่มีความสูงไม่มาก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองแบบย่อส่วนเป็นการทดลองที่สามารถนำไปประยุกต์ได้กับวิชาเคมีในหลายสาขาวิชา ทั้งเคมีพื้นฐาน เคมีอินทรีย์ เคมีอนินทรีย์เป็นต้น และมีผลดีในหลายๆด้าน เช่นประหยัดเวลาที่ใช้ในการทดลอง ปริมาณการใช้สารเคมีลดลงปริมาณสารพิษที่ต้องกำจัดหลังการทดลองน้อยลง และยังได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับมาตรฐานทั่วไป ดังนั้นจึงเป็นแรงจูงใจที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาการทดลองเคมีแบบย่อส่วนใช้ในการเรียนการสอนควบคู่กับการเรียนทฤษฎีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

**บทที่ 3**

**วิธีดำเนินการวิจัย**

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ในการเรียนเรื่องการ กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. **แบบแผนการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาชุดการสอนและยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร

**2. ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง**

1. ประชากรของการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ของโรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 107 คน

2. กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 5/3 ที่เลือกโดย การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 39 คน

**3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการสอนวิชาเคมี 4 รหัส ว32224 เรื่องกรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กรด-เบส

3. ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่องกรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**4. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือแต่ละประเภท**

1. **แผนการสอนวิชาเคมี 4 รหัส ว32224 เรื่องกรด-เบส** จำนวน 10 แผน จำนวน 30 ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ผู้ศึกษาได้ดำเนินการสร้างแผนการสอน

โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ คู่มือครูและหนังสือเรียนวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส เพื่อเป็นแนวทาง ในการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง กรด-เบส โดยใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ศึกษาการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอนด้วย ชุดการการทดลองเคมีแบบย่อส่วน
3. กำหนดเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่เหมาะสม รวมถึงการวัดและประเมินผล
4. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอนด้วย ชุดการการทดลองเคมีแบบย่อส่วน
5. นำแผนการสอนที่สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความชัดเจน ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องด้วยดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objectives Congruence : IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา

เห็นว่าสอดคล้อง ให้คะแนน +1

ไม่แน่ใจ ให้คะแนน 0

เห็นว่าไม่สอดคล้อง ให้คะแนน -1

1. การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง(IOC) คำนวณค่าตามสูตร



 = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

นำข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า IOC โดยใช้ดัชนีความ สอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) ของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความ สอดคล้อง แล้วเลือกค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป จากนั้นนำมาปรับปรุง

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร จังหวัดจันทบุรี จำนวน 39 คน

**2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5** เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 5 ด้าน ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการนำเอาความรู้ทางกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวน 10 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1. ศึกษาหลักการและเทคนิคในการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารการวัดและประเมินผลต่าง ๆ

2. สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งมีลักษณะเป็น ปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ กำหนดการให้ค่าคะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน และตอบผิดได้ 0 คะแนน

3. นำแบบทดสอบ ไปทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 39 คน

**3. ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน** สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ คู่มือครูและหนังสือเรียนวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส เพื่อเป็นแนวทาง ในการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง กรด-เบส โดยใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตรและเนื้อหา

3. ดำเนินการสร้างชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่องกรด-เบส

4. นำร่างชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่องกรด-เบสที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง

5. ดำเนินการสร้างและปรับปรุงชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่องกรด-เบส ตามที่ปรึกษา แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร เนื้อหา กระบวนการ ภาษาและการวัดผลประเมินผลตรวจสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC : Index of Item Objective Congruence) นำข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า IOC โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) ของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความ สอดคล้อง แล้วเลือกค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

7. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น ม.6/3 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร ซึ่งไม่ใช่นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

6. นำชุดการทดลองที่ปรับปรุงแล้ว ไปดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 39 คน

**5. การดำเนินการวิจัย / การเก็บรวบรวมข้อมูล**

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้การสังเกตและนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ของโรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร จำนวน 39 คน โดยการดำเนินการดังนี้

1. ดำเนินการสอนโดยใช้ ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน จำนวน 1 ชุด/เรื่อง กรด-เบส ระดับชั้น ม.5/3
2. เมื่อสิ้นสุดการเรียนด้วย ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน แล้ว ผู้วิจัยให้ กลุ่มตัวอย่าง / กลุ่มเป้าหมาย ทำแบบทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อดูผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

**6. การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเลือกเฉพาะวิธีวิเคราะห์ ข้อมูลที่สอดคล้องกับ ความมุ่งหมายของประเด็นปัญหาและนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ( ) , ค่าร้อยละ (%) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทดสอบหลังเรียน

**7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆโดยใช้สูตรทางสถิติ ดังต่อไปนี้

**ค่าเฉลี่ย** ใช้สัญลักษณ์  เขียนเป็นสูตรในการคำนวณ ดังนี้

****

 ค่าเฉลี่ยของคะแนน

**** ผลรวมของคะแนน

 จำนวน

**ค่าร้อยละ** ใช้สัญลักษณ์ % เขียนเป็นสูตรในการคำนวณได้ดังนี้

% = คะแนนที่ได้ x 100

คะแนนเต็ม

**ค่าดัชนีความสอดคล้อง**



# IOC = ดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ

# ΣR = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

# N = จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

**สถิติทดสอบค่าที แบบ 0ne sample (เปรียบเทียบผลการเรียนรู้กับเกณฑ์ที่กำหนด)**



t =

โดยที่

t = ค่าทดสอบ t-test

X = คะแนนหลังเรียน

μ = คะแนนเกณฑ์ที่กำหนด

S2 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N = จำนวนนักเรียน

**บทที่ 4**

**ผลการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดสมมติฐานไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี 4 เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเสนอตามลำดับหัวข้อดังนี้

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผลการศึกษาศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่อง การไทเทรต กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้ผลดังตาราง

**ตาราง**  แสดงค่าสถิติพื้นฐานศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

**ตาราง 4.1** แสดงผลคะแนนที่ได้และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังจากการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 39 คน

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **เลขที่** | **คะแนนที่ได้** | **เลขที่** | **คะแนนที่ได้** |
| 1 | **4** | 20 | **6** |
| 2 | **6** | 21 | **5** |
| 3 | **6** | 22 | **6** |
| 4 | **8** | 23 | **6** |
| 5 | **10** | 24 | **6** |
| 6 | **7** | 25 | **8** |
| 7 | **5** | 26 | **5** |
| 8 | **4** | 27 | **6** |
| 9 | **2** | 28 | **4** |
| 10 | **5** | 29 | **6** |
| 11 | **7** | 30 | **9** |
| 12 | **7** | 31 | **7** |
| 13 | **5** | 32 | **4** |
| 14 | **8** | 33 | **9** |
| 15 | **7** | 34 | **4** |
| 16 | **9** | 35 | **4** |
| 17 | **9** | 36 | **5** |
| 18 | **6** | 37 | **9** |
| 19 | **5** | 38 | **8** |
|  |  | 39 | **9** |
| **รวมคะแนนที่ได้ทั้งหมด = 237 คะแนน** | | | |

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการสอนโดยใช้ชุดการไทเทรตอย่างง่ายแบบย่อส่วน เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

 = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

จำนวนตัวอย่าง

 = 237/ 39

 = 6.07

จากตาราง 4.1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองเคมีแบบย่อส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มีค่าเฉลี่ย () อยู่ที่ 6.07



**ตาราง 4.2** แสดงผลคะแนนเป็นร้อยละของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **เลขที่** | **คะแนนที่ได้** | **คิดเป็นร้อยละ** | **เลขที่** | **คะแนนที่ได้** | **คิดเป็นร้อยละ** |
| 1 | 4 | 40 | 20 | 6 | 60 |
| 2 | 6 | 60 | 21 | 5 | 50 |
| 3 | 6 | 60 | 22 | 6 | 60 |
| 4 | 8 | 80 | 23 | 6 | 60 |
| 5 | 10 | 100 | 24 | 6 | 60 |
| 6 | 7 | 70 | 25 | 8 | 80 |
| 7 | 5 | 50 | 26 | 5 | 50 |
| 8 | 4 | 40 | 27 | 6 | 60 |
| 9 | 2 | 20 | 28 | 4 | 40 |
| 10 | 5 | 50 | 29 | 6 | 60 |
| 11 | 7 | 70 | 30 | 9 | 90 |
| 12 | 7 | 70 | 31 | 7 | 70 |
| 13 | 5 | 50 | 32 | 4 | 40 |
| 14 | 8 | 80 | 33 | 9 | 90 |
| 15 | 7 | 70 | 34 | 4 | 40 |
| 16 | 9 | 90 | 35 | 4 | 40 |
| 17 | 9 | 90 | 36 | 5 | 50 |
| 18 | 6 | 60 | 37 | 9 | 90 |
| 19 | 5 | 50 | 38 | 8 | 80 |
|  |  |  | 39 | 9 | 60 |

**การคำนวณหาร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์**

จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 มีจำนวนเท่ากับ 30 คน จากนักเรียน 39 คน

( ข้อมูลจากตาราง 4.2 )

ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ = จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ x 100

จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

= 25 x 100

39

= 64.10

จากตาราง 4.2 แสดงผลคะแนนเป็นร้อยละของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 คิดเป็น 64.10 % ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

**บทที่ 5**

**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยการใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน วิชาเคมี เรื่องการไทเทรตกรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดสมมติฐานไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี 4 เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60

**สรุปผลการวิจัย**

 การจัดทำวิจัยในชั้นเรียน เรื่องยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน รายวิชาเคมีเรื่อง การไทเทรต กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโรงเรียนแก่งหางแมวพิทยาคาร นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน หลังจากการใช้ชุดการการทดลองเคมีแบบย่อส่วน โดยการสุ่มแบบเจาะจงกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มาจำนวน 1 ห้องเรียน รวมนักเรียน 39 คนเพื่อศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ที่เกิดกับนักเรียนหลังจากจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดแบบฝึกทักษะดังกล่าว ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มีคะแนนจากการใช้แบบทดสอบหลังเรียนโดย ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 6.07 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และมีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 จำนวนทั้งสิ้น 25 คน คิดเป็น 64.10 % ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

**อภิปรายผลการวิจัย**

ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดการทดลองดังกล่าว มีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 มากขึ้น ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้   ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรทัย ชัยวิลยศ (2559 : 270-272) ที่ได้ศึกษา สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการทดลองแบบย่อส่วน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดการทดลองแบบย่อส่วน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองแบบย่อส่วน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสาลินี อาจารีย์ (2552) ได้พัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จานวน 33 คน และ 32 คน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรปกติที่สอนโดยวิธีบรรยาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพฤติกรรมในชั้นเรียนอยู่ในระดับดี-ดีมาก ในทำนองเดียวกัน ศักดิ์ศรี สุภาษร และคณะ (2556) ได้สร้างชุดปฏิบัติการเคมีย่อส่วน เพื่อเสริมทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเชิงมโนมติ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอน

ปลาย ชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นทั้ง 4 ชุด สร้างขึ้นตามหลักการปฏิบัติการแบบย่อส่วนเคมีสีเขียวและการเรียนรู้แบบสืบเสาะผลจากการใช้พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียน และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดปฏิบัติการเคมีย่อส่วน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติอันก่อให้เกิดทักษะการทดลอง ซึ่งเป็นการสร้างองค์ความรู้หรือประสบการณ์ที่มีความหมายด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดเพื่อทำการเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละเรื่องที่ศึกษา สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเมื่อเผชิญกับปัญหา หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากชุดการทดลองแบบย่อส่วนมีกระกระบวนการสร้างโดยอาศัยหลักในการสร้างที่ดี มีจุดประสงค์ว่าจะพัฒนาเรื่องใด มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและเวลา รวมทั้งมีภาพประกอบที่เหมาะสมกับระดับความสามารถและความแตกต่างระหว่างบุคคล การเรียนการสอนโดยใช้ชุดการทดลองแบบย่อส่วนทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง สามารถปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ในชุดการทดลองแบบย่อส่วนได้ดี การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจในการปฏิบัติกิจกรรม สนุกกับการเรียนรู้ และทำงานร่วมกับเพื่อนตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วารุณี อินทรบารุง (2554) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการสอนโดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นกว่าก่อน

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรนำชุดการทดลองแบบย่อส่วนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ที่ต่างกันออกไปอีกหลาย ๆ ครั้ง เพื่อพัฒนาชุดการทดลองแบบย่อส่วนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาโดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองแบบย่อส่วนนี้ด้วยการสอนแบบอื่น ๆ

3. ควรพัฒนาชุดการทดลองเพื่อนำไปใช้ในหัวข้ออื่นๆ ต่อไปให้หลากหลายมากขึ้นเช่นสมดุลเคมี สมดุลกรด-เบส และ ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นต้น

**บรรณานุกรม**

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช** 2551. กรุงเทพฯ : โรง

พิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัญญา ทองมั่น. (2534). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทาง**

**วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางและกำหนดแนวทาง**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ชัยยศ จันทร์แก้ว. (2556). **การพัฒนาปฏิบัติการเคมีสีเขียวเพื่อนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล**

**อีสาน.** นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ธานี นงนุชและคณะ. (2540) **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวิจัย.** ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา.

คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

ทิศนา แขมมณี. (2556). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.**

กรุงเทพฯ : สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรพต สุวรรณประเสริฐ. (2544). **การพัฒนาหลักสูตรโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.** กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.

ประไพพรรณ บุญคง. (2542)**การวิจัยเชิงปฏิบัติจัดทำและทดลองใช้คู่มือครู และแบบฝึกเสริมทักษะการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory, Learning) วิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 (จังหวัดนราธิวาส) โดยใช้เทคนิคการประเมินผล โดยแฟ้มผลงาน (Portfolio Assessment).งานวิจัยของนักศึกษาปริญญาตรี .คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.**

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ยุทธพงษ์ อุตแน่น; รัตนา สนั่นเมือง; และ วิภารัตน์ เชื้อชวด. (2545). **การพัฒนาชุดทดลอง**

**แบบไมโครสเกลเพื่อใช้ในวิชาเคมีระดับมหาวิทยาลัย.** Naresuan UniversityJournal. 10(1): 17-26.

วารุณี อินทรบารุง. (2554). **การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุลกลุ่มสาระการเรียนรู้**

**วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น.** การศึกษามหาบัณฑิต.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วาสนา ประวาลพฤกษ์และคณะ.(2542) **การศึกษาสภาพปัญหาและความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**.งานวิจัยได้รับทุนวิจัยจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สสวท . กรุงเทพมหานคร.

วารินทร์ รัศมีพรหม. **สื่อการสอนเทคโนโลยีทางการศึกษาและการสอนร่วม**สมัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวน

พิมพ์, 2531.

วัฒนสิทธิ์ ชุนโอภาส. (2549) **ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนว Learning Styles เพื่อพัฒนา**

**กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคล เรื่อง การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด**

**สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**. งานวิจัยในชั้นเรียน. โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์

วิทยาลัย. เชียงใหม่.

ศักดิ์ศรี สุภาษร และคณะ. (2556). **ชุดปฏิบัติการเคมีย่อส่วนเพื่อเสริมทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์**

**และความเข้าใจเชิงมโนมติ สาหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.** สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย : กรุงเทพฯ.

สาลินี อาจารรีย์. (2552). **การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้ในการทดลองด้วยเทคนิค ไมโครสเกลสาหรับ**

**นักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต(สาขาวิทยา

ศาสตรศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุระชัย ศรีสุวรรณ. (2544)**การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ (ว 102) สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**  .

งานวิจัยนักศึกษาปริญญาตรี. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2544) **การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน Classroom Action Research** ภาควิชาวิจัยการศึกษา. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบัติ การจนารักพงค์; และคนอื่นๆ. (2549). **เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5 E ที่เน้นพัฒนาทักษะ**

**การคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสต**ร์. กรุงเทพฯ:ธารอักษร.