# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    1. ความหมายของวงจรการเรียนรู้
    2. วงจรการเรียนรู้และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    3. ขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2. ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์
    1. แนวคิดพื้นฐาน
    2. ขั้นตอนพัฒนาการทางพุทธิปัญญา

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1. ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    2. ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5. พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
    1. ความหมายและการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์
    2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้คือ ความหมายของวงจรการเรียนรู้ วิธีวงจรการเรียนรู้และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**1. ความหมายของวงจรการเรียนรู้**

ไฮสส์และคณะ (Heiss et al., 1950: 84) ได้ให้ความหมายวงจรการเรียนรู้ไว้ สรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้เป็นแบบแผนการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นวงจร โดยมีขั้นตอนดำเนินการตามวิธีการแก้ปัญหาที่บุคคลใช้ในการทำงาน

เรนเนอร์และสตาฟฟอร์ด (Renner and Stafford, 1979: 19) อธิบายเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ไว้สรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้เป็นรูปแบบการทำงานที่บุคคลใช้เพื่อดำเนินการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งบุคคลจะใช้กระบวนการสังเกต วัด ตีความหมายข้อมูล ทดลอง ทำนายผลและสร้างรูปแบบทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำงานดังกล่าว วงจรการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นรวบรวมข้อมูล (Gathering data) ขั้นนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ขั้นศึกษาสำรวจ (Exploration) ในขั้นนี้บุคคลจะรวบรวมและจัดกระทำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะต่าง ๆ ของปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา

2. ขั้นสร้างความคิด (Getting the idea) ขั้นนี้บุคคลจะตีความหมายข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้โยงความสัมพันธ์แล้วสรุปความคิด เพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์หรือรูปแบบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3. ขั้นขยายความคิด (Expanding the idea) ขั้นนี้บุคคลจะทำการทดสอบมโนทัศน์หรือรูปแบบที่สร้างขึ้น ตลอดจนค้นหาแนวทางหรือทำการทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หรือแบบแผนที่สร้างขึ้นกับมโนทัศน์หรือแบบแผนของปรากฏการณ์อื่น ๆ

มาร์ติน และคณะ (Martin et al., 1994: 193) กล่าวว่า "วงจรการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการคิดหรือการดำเนินการซึ่งสอดคล้องกับวิธีการที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ ทั้งนี้วงจรการเรียนรู้มี 3 ขั้นตอนคือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept invention) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application)"

เพอร์เซอร์และเรนเนอร์ (Purser and Renner, 1983: 86) ได้อธิบายเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ว่า "วงจรการเรียนรู้ประกอบด้วย ขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และขั้นขยายความคิด ซึ่งเรียงต่อเนื่องจนครบวงจร ทั้งนี้วงจรการเรียนรู้มีพื้นฐานมาจากแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งได้แก่ การซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด การเกิดภาวะอสมดุล การปรับโครงสร้างทางความคิด และการจัดระบบโครงสร้างทางความคิด"

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 34) ได้อธิบายเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ไว้ดังนี้

> ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของวงจรกระบวนการสร้างความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยการศึกษาสำรวจปรากฏการณ์ใหม่ ๆ การสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ใหม่ และการนำมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ตีความปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาและปรากฏการณ์อื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับประสบการณ์ที่กำลังศึกษา

จากแนวคิดเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ข้างต้น วงจรการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการคิดหรือวิธีการดำเนินการที่นักเรียนใช้ในการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นขั้นตอนที่มีลำดับต่อเนื่องกันจนครบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางในการสร้างความรู้และวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้มีความสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์ วงจรการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับ คือ 1) ขั้นการศึกษาสำรวจ 2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และ 3) ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้

### 2. วิธีวงจรการเรียนรู้และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น โรเบิร์ต คาร์พลัสและคณะ ได้นำมาพัฒนาเป็นวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้สำหรับโปรแกรมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (The Science Curriculum Improvement Study หรือ SCIS) โดยเน้นการเรียนรู้ที่ใช้การสังเกตและประสบการณ์ของนักเรียนเป็นพื้นฐาน วิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างและนำความรู้มาใช้ โดยประกอบด้วย 3 ขั้น คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการสร้างความรู้ (Invention) และขั้นการค้นพบ (Discovery) ขั้นตอนเหล่านี้ได้ดำเนินตามกระบวนการพัฒนาทางพุทธิปัญญาตามแนวคิดของเพียเจต์ ต่อมาคาร์พลัสได้ปรับชื่อขั้นการสร้างความรู้ (Invention) เป็นขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) และขั้นการค้นพบ (Discovery) เป็นขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) เพื่อให้ครูวิทยาศาสตร์เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น (Karplus quoted in Lawson, 1995: 161)

ต่อมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายคนได้ให้ความสนใจ และทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายคนได้เรียก

วิธีการซึ่งรวมวงจรการเรียนรู้และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

คารินและซันด์ (Carin and Sund, 1980: 117) ได้กล่าวว่า "การเรียนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ เป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบและเกี่ยวข้องในการเรียนรู้ของตนเอง"

บาร์แมนและอัลลาร์ด (Barman and Allard, 1993) ได้อธิบายสรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่นักเรียนได้เรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบพื้นฐานตามทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งประกอบด้วย ประสบการณ์ทางกายภาพ การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาภาวะสมดุลหรือการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

วาร์ดและคณะ (Ward et al., 1992: 30) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ไว้ว่า "การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทนกว่าการจำ"

โทบินและคณะ (Tobin et al., 1994: 78) อธิบายว่า "การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ เป็นแนวทางทั้งการสอนและการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดของนักเรียน"

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 137-155) อธิบายไว้สรุปได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นหรือความเชื่อของตนเองอย่างหลากหลาย ได้โต้แย้ง รวมทั้งทำการทดสอบความคิดเห็นหรือความเชื่อเหล่านั้น ซึ่งเท่ากับนักเรียนได้ควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง สร้างมโนทัศน์และพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผล

จากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเหล่านี้สรุปได้ว่า การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หรือการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ นักเรียนได้คิด โต้แย้ง แสดงความคิดเห็นหรือความเชื่อของตนอย่างหลากหลาย พร้อมทั้งได้ลงมือปฏิบัติเพื่อทดสอบความคิดเห็นหรือความเชื่อเหล่านั้น ซึ่งนักเรียนได้ควบคุมการเรียนรู้ของตน ได้สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบแผนการให้เหตุผล

ในการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นมีเป้าหมายให้นักเรียนทำการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำงานและวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งนักเรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง สร้างมโนทัศน์และพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผล (Lawson, 1991: 107; Lawson, 1995: 168) ในการเรียนรู้ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ นักเรียนต้องใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน ทำนายผล และสรุปผล ทั้งนี้การนำวิธีการของวงจรการเรียนรู้มาจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีโอกาสนำเสนอความรู้เดิมที่มีอยู่ ได้โต้แย้ง และแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งวิธีการเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเกิดภาวะอสมดุล และความเป็นไปได้ในการพัฒนามโนทัศน์และแบบแผนการให้เหตุผลมากขึ้น (Lawson quoted in Trowbridge and Bybee, 1990: 306)

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น พบว่ามีส่วนดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ การเรียนรู้มโนทัศน์ และการสร้างมโนทัศน์ (Heiss et al., 1950: 84; Karplus, 1977: 173-174; Renner et al., 1988: 39; Karplus quoted in Carin, 1993: 87; Martinet al., 1994: 148)

2. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่เน้นการคิด ซึ่งช่วยพัฒนาพุทธิปัญญาของนักเรียนให้ไปสู่ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (Formal-operations stage) (Nickerson, 1984: 69-72)

3. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับทุกระดับชั้น ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา (Barba, 1995: 186-187; Tolman and Hardy, 1995: 112; Colburn and Clough, 1997: 30)

4. ช่วยส่งเสริมเจตคติ (Heiss et al., 1956: 84) ความสามารถในการสืบสอบ (Fuller quoted in Collette and Chiappetta, 1984: 57) การพัฒนาทางสติปัญญา (Renner et al., 1973: 66; Schneider and Renner, 1980; Purser and Renner, 1983) การพัฒนาภาษาที่ใช้ในการสร้างมโนทัศน์ (Abraham and Renner, 1986) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Schneider and Renner, 1980; Ward et al., 1992) ความสามารถในการให้เหตุผล (Rubin and Norman, 1992) และการควบคุมการเรียนรู้ของตัวนักเรียนเอง (Karplus, 1977; Lawson, 1995: 168)

5. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Martin et al., 1994: 203) และมีความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านเนื้อหา ได้ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ (Abraham and Renner, 1986)

### 3. ขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

คาร์พลัสและคณะ (Karplus, 1977: 173-174; Karplus et al., 1980: 5/6-5/8; Karplus quoted in Carin, 1993: 64, 87-88; Karplus quoted in Collette and Chiappetta, 1989: 57; Karplus quoted in Lawson, 1995: 158-160) ได้แบ่งขั้นตอนตามวิธีวงจร

การเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็น 3 ขั้น คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการสร้างความรู้ (Invention) และขั้นการค้นพบ (Discovery) ซึ่งต่อมาได้ปรับชื่อขั้นตอนการเรียนการสอนเป็น ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ซึ่งแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้เป็นขั้นที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดภาวะอสมดุล นักเรียนจะประเมินความรู้เดิมของตนว่ามีความรู้ใดที่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังศึกษาและเริ่มจัดระบบโครงสร้างทางความคิดของตนเองใหม่ ในขั้นการศึกษาสำรวจ นักเรียนได้รับประสบการณ์จากสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม ได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ และผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนลงมือศึกษาสำรวจปรากฏการณ์ สิ่งต่าง ๆ หรือความคิดใหม่ ๆ อย่างอิสระ ผลจากการศึกษาสำรวจทำให้นักเรียนเกิดคำถามสงสัยที่ไม่สามารถใช้แบบแผนการให้เหตุผลแบบเดิมที่เคยใช้มาตอบคำถามนั้นได้ การอภิปรายในกลุ่มขนาดเล็กเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำกิจกรรมในขั้นนี้ เพราะนักเรียนแต่ละคนจะถูกกระตุ้นให้ตระหนักถึงความสำคัญของความคิดเห็นของตนเองและของผู้อื่น ครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้สังเกต ผู้ซักถาม และผู้ช่วยของนักเรียนเท่านั้น ซึ่งครูอาจแนะนำเพียงเล็กน้อยหรือใช้คำถามเพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดของนักเรียนได้บ้าง ขั้นการศึกษาสำรวจจึงเป็นขั้นการเรียนรู้โดยการค้นพบ และเป็นขั้นที่นักเรียนพร้อมที่จะดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) ขั้นการสร้างมโนทัศน์เป็นขั้นที่เรียงลำดับต่อจากขั้นการศึกษาสำรวจและมีความสัมพันธ์กับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจ ในขั้นนี้เน้นการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (Social transmission) ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการอธิบายและได้รับความรู้เพิ่มเติม โดยครูมีบทบาทในการช่วยแนะนำศัพท์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูอาจอธิบายด้วยตนเองหรือใช้ตำราและสื่อต่าง ๆ ก็ได้ นักเรียนดำเนินการปรับและจัดโครงสร้างทางความคิดของตน โดยเชื่อมโยงความรู้หรือแบบแผนการให้เหตุผลใหม่ที่กำลังเรียนรู้ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้พัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลใหม่ ๆ ให้มากเท่าที่จะเป็นไปได้ ขั้นการสร้างมโนทัศน์จึงเป็นขั้นที่ช่วยให้นักเรียนดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ขั้นนี้นักเรียนมีโอกาสนำมโนทัศน์หรือแบบแผนการให้เหตุผลที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้นของนักเรียน ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จึงเป็นขั้นที่ให้เวลาและประสบการณ์เพิ่มเติมแก่นักเรียนเพื่อดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตน หากนักเรียนไม่มีโอกาสนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้ใหม่ไปใช้ในสถานการณ์เพิ่มเติมแล้ว นักเรียนจะมีความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นเฉพาะสถานการณ์ที่ศึกษาในขั้นการศึกษาสำรวจเท่านั้น เพราะนักเรียนบางคนอาจสร้างความหมายแบบนามธรรมหรือนำมโนทัศน์ไปใช้สรุปอ้างอิงในสถานการณ์อื่นยังไม่ได้ ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จึงเป็นการเรียนรู้จากการทำซ้ำและการฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม ซึ่งกิจกรรมในขั้นนี้จะช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนช้า

บาร์แมน (Barman quoted in Carin, 1993: 87-88; Barman quoted in Abruscato, 1992: 37; Barman and Allard, 1993; Barman quoted in Gega and Peters, 1998: 96) ได้อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ในขั้นนี้เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน นักเรียนทำการศึกษาสำรวจ ตั้งคำถาม บันทึกผลที่ได้จากการสังเกตและข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยอาจทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็กหรือรายบุคคล นักเรียนต้องการประสบการณ์ทางกายภาพและการมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนคนอื่น เพื่อใช้ในการพัฒนามโนทัศน์ ครูทำหน้าที่จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สังเกต ซักถาม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือนักเรียนเท่าที่จำเป็น

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) ในขั้นนี้ ครูมีบทบาทในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนมาก ครูรวบรวมผลที่นักเรียนค้นพบจากการศึกษาสำรวจแล้วแนะนำชื่อ ศัพท์หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนนำไปเชื่อมโยงเข้ากับผลที่ได้จากการค้นพบในขั้นการศึกษาสำรวจ

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ในขั้นนี้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติอีกครั้ง โดยการนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหา หรือศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์ใหม่ที่ครูจัดเตรียมให้เพิ่มเติม

เรนเนอร์ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีวงจรการเรียนรู้มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้เป็นจำนวนมาก โดยทำการศึกษาร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ศึกษาคนอื่น อาทิเช่น สตาฟฟอร์ด (Renner and Stafford, 1979) ชไนเดอร์ (Schneider and Renner, 1980) อับราฮัม (Abraham and Renner, 1986) และเบอร์นี (Renner, Abraham and Birnie, 1988) ซึ่งเรนเนอร์และคณะได้อธิบายขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นรวบรวมข้อมูลหรือขั้นการศึกษาสำรวจ (The gathering data/Exploration) ขั้นนี้นักเรียนมีการซึมซับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด ซึ่งเป็นผลให้เกิดภาวะอสมดุลขึ้น นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ต่าง ๆ จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม โดยทำการศึกษาสำรวจวัสดุอุปกรณ์หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่ครูได้จัดเตรียมไว้ นักเรียนทำการสังเกต วัด ทดลอง ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทำนายผล และสร้างรูปแบบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำมาสรุปเป็นแบบแผนที่ค้นพบในระหว่างการศึกษาสำรวจ นักเรียนจะไม่ได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่กำลังศึกษาโดยตรง ครูอาจช่วยเหลือแนะนำเมื่อจำเป็น หรือซักถามถึงวิธีดำเนินการที่นักเรียนใช้ในการศึกษาสำรวจ กิจกรรมในขั้นการศึกษาสำรวจจึงช่วยให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์นั้นก่อนได้รับคำอธิบายหรือภาษาที่ใช้บ่งชี้ถึงมโนทัศน์นั้น

2. ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Getting the data/The conceptual invention) ในขั้นนี้นักเรียนต้องการคำอธิบายหรือความรู้บางอย่างเพิ่มเติม ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจความหมายของแบบแผนที่ค้นพบ นักเรียนจึงต้องการความช่วยเหลือเพื่อปรับโครงสร้างทางความคิดของตนซึ่งช่วยลดภาวะอสมดุลที่เกิดขึ้น เมื่อนักเรียนได้รับคำอธิบายหรือคำแนะนำ เช่น ภาษาที่ใช้หรือ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


คำที่ใช้เรียกมโนทัศน์ นักเรียนจะนำมาเชื่อมโยงเข้ากับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจ เพื่อสร้างมโนทัศน์

3. ขั้นขยายการคิด (Expansion of the idea/Discovery) ขั้นนี้ถูกกำหนดขึ้นจากแนวคิดที่ว่า ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการนำผลที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาเดิมหรือปัญหาอื่นเพิ่มเติม ซึ่งช่วยให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ใหม่มาจัดเข้าสู่ระบบโครงสร้างทางความคิดของตนเอง กิจกรรมในขั้นนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับขั้นการศึกษาสำรวจ ได้แก่ การทดลอง การศึกษาปัญหาหรือคำถามที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ดังกล่าว ซึ่งนักเรียนทำกิจกรรมเหล่านี้ โดยใช้การสังเกต วัด ทดลอง ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทำนายผล และสร้างรูปแบบทางวิทยาศาสตร์

คารินและซันด์ (Carin and Sund, 1980: 116-117) อธิบายขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้คือ

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโดยทำการสังเกตและศึกษาปรากฏการณ์บางอย่าง

2. ขั้นการพัฒนามโนทัศน์ (Concept development) ในขั้นนี้ครูอาจใช้การสาธิต หนังสือหรือการอภิปราย เพื่อพัฒนามโนทัศน์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผลการศึกษาสำรวจ นอกจากนี้ครูสามารถแนะนำความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมให้แก่นักเรียนได้

3. ขั้นการนำไปใช้ (Application/using what you learn) ในขั้นนี้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาใช้ในสถานการณ์อื่น

มาร์ตินและคณะ (Martin et al., 1994: 193-197) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วย 4 ขั้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ในขั้นนี้เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง กิจกรรมในขั้นการศึกษาสำรวจช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดภาวะอสมดุล และส่งเสริมให้เกิดการซึมซับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด ครูทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำ เตรียมกิจกรรม และจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการสอน ครูอาจตอบคำถามหรือซักถามเพื่อแนะนำการสังเกต ชักจูงให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือทักษะการคิด รวมทั้งดูแลให้การดำเนินกิจกรรมในการศึกษาสำรวจเป็นไปด้วยดี ส่วนนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยศึกษาสำรวจวัสดุอุปกรณ์เพื่อรวบรวมและบันทึกข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2. ขั้นการอธิบาย (Explanation) ในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับโครงสร้างทางความคิด ครูทำหน้าที่แนะนำแนวทางและจัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนที่เหมาะสมให้แก่นักเรียน ครูอาจซักถามเพื่อช่วยให้นักเรียนจัดกระทำข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ พร้อมทั้งแนะนำภาษา หรือคำที่ใช้เรียกมโนทัศน์นั้น ซึ่งนักเรียนนำมาใช้สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ดังกล่าวด้วยตนเอง

3. ขั้นการขยายมโนทัศน์ (Expansion) ขั้นการขยายมโนทัศน์เป็นขั้นที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และส่งเสริมการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือ นักเรียนจัดและรวบรวมประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับแล้ว นำมาเชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่และเพื่อนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้ไปใช้ ครูอาจเสนอตัวอย่างหรือจัดประสบการณ์สำหรับศึกษาสำรวจเพิ่มเติมให้แก่นักเรียน ขั้นการขยายมโนทัศน์นี้สามารถเชื่อมโยงไปสู่ขั้นการศึกษาสำรวจในบทเรียนต่อไป

4. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นขั้นที่สามารถทำได้ในทุกขั้นตอนของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ครูควรกำหนดสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วิธีประเมินผลการปฏิบัติของนักเรียนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นผสม การใช้แผนภาพสำหรับให้นักเรียนแสดงวิธีการคิด คำถามต่าง ๆ ที่ช่วยให้นักเรียนแสดงถึงความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว

ลอว์สัน (Lawson, 1989: 26-27; 1995: 501-515) อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ในขั้นนี้นักเรียนทำการศึกษาสำรวจ เพื่อค้นหาแบบแผนของปรากฏการณ์ที่ศึกษา นักเรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทักษะการสังเกต ทักษะการสร้างสมมติฐาน และทักษะการทดสอบ ครูมีหน้าที่จัดเตรียมประสบการณ์ทางกายภาพให้นักเรียนหรือบางครั้งครูอาจใช้วิธีการอื่น ๆ ได้ เช่น การใช้สไลด์ การบรรยายหรือการอภิปราย ในขั้นนี้นักเรียนดำเนินการดังต่อไปนี้

1.1 นักเรียนทำการศึกษาสำรวจวัสดุอุปกรณ์ ปรากฏการณ์ และความคิดเห็นใหม่ ๆ ครูอาจให้คำแนะนำได้เพียงเล็กน้อย ผลที่ได้จากการสำรวจดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ใหม่ ที่อาจทำให้เกิดประเด็นคำถามหรือความซับซ้อนจนไม่สามารถใช้มโนทัศน์ วิธีการคิดหรือแบบแผนการให้เหตุผลที่มีอยู่มาทำความเข้าใจ แก้ไข หรือตอบคำถามดังกล่าว ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของกระบวนการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง เพราะประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับทำให้เกิดคำถามหรือความซับซ้อน ที่นักเรียนยังไม่สามารถซึมซับประสบการณ์ใหม่เหล่านี้เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดเดิมของตนได้ทันที

1.2 นักเรียนร่วมกันอภิปราย โต้แย้ง และวิเคราะห์ความคิดเห็น เหตุผลหรือสมมติฐานที่นำเสนอหลากหลายอย่างสมเหตุสมผล ผลการวิเคราะห์ช่วยให้นักเรียนอภิปรายถึงแนวทางในการทดสอบความคิดเห็นหรือสมมติฐานเหล่านั้น ตลอดจนสามารถทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

1.3 นักเรียนรวบรวมและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการอภิปราย ซึ่งอาจปฏิเสธหรือยอมรับบางความคิดเห็นหรือบางสมมติฐาน

1.4 นักเรียนทำการทดสอบความคิดเห็นหรือสมมติฐาน โดยใช้ทักษะการสังเกต ทักษะการสร้างสมมติฐาน และทักษะการทดสอบ

1.5 นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบมาบ่งชี้เป็นแบบแผนของปรากฏการณ์ที่สามารถอธิบาย หรือใช้ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ขั้นการสร้างความรู้ (Term introduction) ขั้นนี้เป็นขั้นที่เรียงลำดับต่อจากขั้นการศึกษาสำรวจ และสัมพันธ์กับแบบแผนของปรากฏการณ์ที่นักเรียนค้นพบโดยตรง ในขั้นนี้ครูแนะนำศัพท์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา นักเรียนเชื่อมโยงศัพท์หรือหลักการเหล่านั้นให้เข้ากับแบบแผนที่ค้นพบ แล้วสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ด้วยตนเอง ซึ่งเท่ากับนักเรียนได้จัดลำดับ โยงความสัมพันธ์ และซึมซับข้อมูลข่าวสารเหล่านี้เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดแล้ว พร้อมทั้งมีการปรับโครงสร้างทางความคิดของตนเองใหม่ อย่างไรก็ตามในขั้นการสร้างมโนทัศน์ ครูควรกระตุ้นนักเรียนให้บ่งชี้แบบแผนของปรากฏการณ์ที่ค้นพบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยครูไม่ควรคาดหวังว่า แบบแผนที่นักเรียนค้นพบจะมีความซับซ้อนมาก

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ขั้นนี้นักเรียนมีโอกาสนำมโนทัศน์หรือแบบแผนการให้เหตุผลใหม่ที่ได้เรียนรู้ มาใช้อธิบาย ทำความเข้าใจ หรือสรุปอ้างอิง ไปยังปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จำเป็นสำหรับนักเรียนบางคนที่ยังต้องพัฒนาความสามารถในการนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้ไปใช้ เพราะว่านักเรียนยังไม่สามารถคิดแบบนามธรรมจากตัวอย่างหรือสิ่งของที่เป็นรูปธรรม หรือไม่สามารถนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปสรุปอ้างอิงในสถานการณ์อื่นได้ ทั้งนี้ผลการเรียนรู้ในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาสำรวจในวงจรการเรียนรู้ต่อไป

เจกาและปีเตอร์ (Gega and Peters, 1998: 97-98) อธิบายขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) นักเรียนทำการสังเกตปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่ครูนำเสนอ ผลที่ได้จากการสังเกตทำให้นักเรียนเกิดประเด็นคำถาม ซึ่งจำเป็นต้องทำการศึกษาสำรวจเพื่อตอบคำถามที่สงสัย โดยทำการทดลอง รวบรวม จัดกระทำข้อมูล และสื่อความหมายผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจกับนักเรียนอื่นด้วยกัน

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) ครูเริ่มต้นด้วยการซักถาม รวบรวมผลการศึกษาสำรวจ แนะนำคำที่ใช้เรียกมโนทัศน์ หรือความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และช่วยเหลือให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งเหล่านี้เข้ากับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจ เพื่อสร้างมโนทัศน์

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) นักเรียนนำมโนทัศน์ ความรู้หรือทักษะที่เรียนรู้ใหม่ไปใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม โดยนักเรียนต้องตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีดำเนินการศึกษาสำรวจ และลงมือปฏิบัติโดยการนำมโนทัศน์ ความรู้หรือทักษะดังกล่าวมาใช้

จากแนวคิดเกี่ยวกับการนำวิธีวงจรการเรียนรู้มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ดังนี้

1. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีการดำเนินการตามวิธีการสร้างความรู้และวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์ โดยมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนฝึกคิด ฝึกให้เหตุผล และดำเนินการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นตอนที่จัดเรียงอย่างต่อเนื่องกัน

2. เป็นวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลักที่จัดเรียงลำดับอย่างต่อเนื่องกัน 3 ขั้นดังนี้

2.1 ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม

2.2 ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept invention) นักเรียนสร้างมโนทัศน์โดยนำศัพท์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ภาษาที่เหมาะสม หรือความรู้ที่เกี่ยวข้องมาโยงสัมพันธ์เข้ากับผลการศึกษาสำรวจ แล้วสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์ด้วยตัวนักเรียน

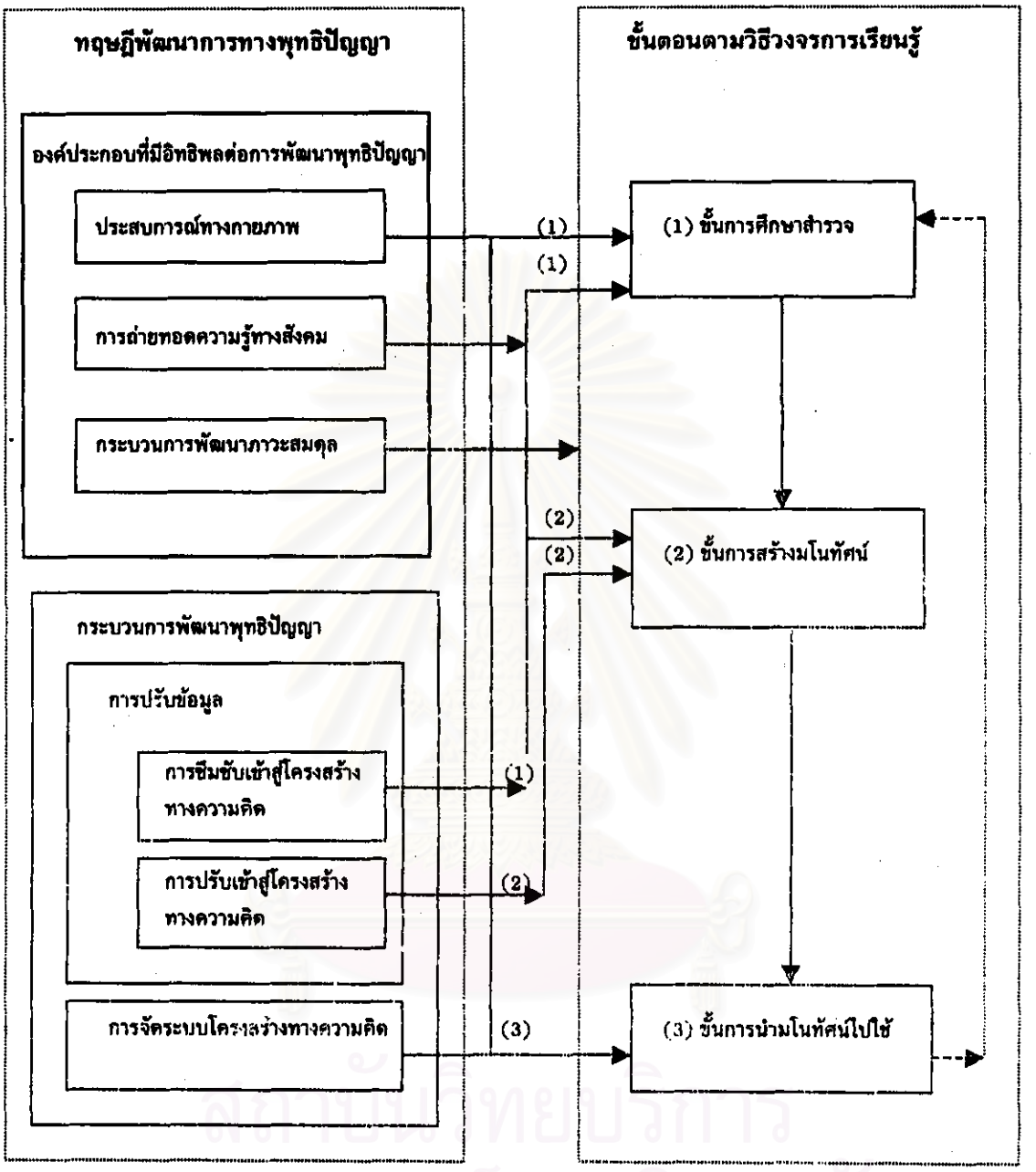
2.3 ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) นักเรียนมีการจัดระบบโครงสร้างทางความคิดของตน โดยการนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่นเพิ่มเติม ซึ่งขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จะเป็นพื้นฐานในขั้นการศึกษาสำรวจในวงจรต่อไป

จากขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ทั้ง 3 ขั้นดังกล่าว วิธีการเรียนการสอนในแต่ละขั้นนั้น มีได้หลากหลายวิธีโดยขึ้นอยู่กับเนื้อหา

3. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาตามแนวคิดเพียเจต์ ดังนี้

3.1 มีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาด้านพุทธิปัญญาของนักเรียน ซึ่งได้แก่ ประสบการณ์ทางกายภาพ การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม กระบวนการพัฒนาภาวะสมดุล หรือการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

3.2 มีลำดับขั้นตอนที่สอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาทางพุทธิปัญญาตามแนวคิดเพียเจต์ คือ นักเรียนมีการซึมซับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด โดยทำการศึกษาสำรวจสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างทางความคิดเกิดภาวะอสมดุล นักเรียนได้ปรับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ โดยพัฒนามโนทัศน์ที่สามารถนำมาใช้อธิบายสิ่งที่ต้องการเรียนรู้เหล่านั้น และมีการจัดระบบโครงสร้างทางความคิดหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่ โดยนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้มาใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่น ผลการเรียนรู้ทำให้โครงสร้างทางความคิดของนักเรียนกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง ซึ่งทำให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาตามแนวคิดเพียเจต์ กับขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นำมาเขียนได้ดังแผนภาพที่ 1




แผนภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาและขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

4. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกให้เหตุผลและลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างมโนทัศน์ด้วยตัวของนักเรียน ซึ่งเป็นการเรียนรู้ทั้งผลผลิตและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. เน้นบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนดังนี้

ตารางที่ 1 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

| ขั้นตอนการเรียนการสอน | บทบาทของครู | บทบาทของนักเรียน |
|---|---|---|
| 1. ขั้นการศึกษาสำรวจ | 1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สถานการณ์ สื่อการสอนและข้อมูลต่าง ๆ<br>2. สังเกตและช่วยเหลือนักเรียน โดยอาจซักถาม หรือให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็น | 1. ลงมือปฏิบัติ โดยจัดกระทำวัสดุอุปกรณ์/ข้อมูลต่าง ๆ หรือทำการทดลอง<br>2. แสดงความคิดเห็นและสื่อความหมายข้อมูลหรือผลที่ได้กับเพื่อนนักเรียน |
| 2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ | 1. รวบรวมผลการศึกษาสำรวจที่นักเรียนค้นพบ<br>2. แนะนำศัพท์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์และความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม<br>3. ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการสร้างมโนทัศน์แก่นักเรียน | 1. นำความรู้ที่ครูแนะนำ มาโยงสัมพันธ์กับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจ<br>2. สร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง |
| 3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ | 1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สถานการณ์ สื่อการสอนและข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม<br>2. สังเกตและช่วยเหลือนักเรียน โดยอาจซักถาม หรือให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็น | 1. นำมโนทัศน์หรือประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มาลงมือปฏิบัติในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม โดยจัดกระทำวัสดุอุปกรณ์/ข้อมูลต่าง ๆ หรือทำการทดลอง |

**4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

สำหรับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หรือการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ มีผู้สนใจทำการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

แคมป์เบล (Campbell, 1977) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้กับการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 55 คน โดยทดลองสอนจำนวน 10 บทเรียน ผลการศึกษาพบว่าการสอนทั้งสองแนวทางไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษาที่ได้รับการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ มีเจตคติทางบวกต่อการปฏิบัติการทดลอง และได้คะแนนในการสอบการปฏิบัติการทดลองในปลายภาคสูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

ชไนเดอร์และเรนเนอร์ (Schneider and Renner, 1980) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสอนแบบรูปธรรม(Concrete teaching) และการสอนแบบบอกให้รู้ซึ่งเป็นการสอนแบบนามธรรม (Formal teaching) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 48 คน โดยทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ งานปฏิบัติเกี่ยวกับการคิดในเรื่องการอนุรักษ์เกี่ยวกับปริมาตร การแยกตัวแปร การสมดุลของคาน และการรวมกันของของเหลวที่เป็นสารเคมีที่ไม่มีสี ซึ่งทั้งหมดเป็นงานที่ใช้วัดขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของนักเรียน และแบบทดสอบเชาวน์ปัญญา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาและความคงทนของการเรียนรู้ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับประสบการณ์โดยตรงเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้ ซึ่งแสดงว่า การสอนวิทยาศาสตร์แบบรูปธรรมส่งเสริมพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของนักเรียนที่อยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม ได้ดีกว่าการสอนแบบนามธรรม

วาร์ดและเฮอร์รอน (Ward and Herron, 1980) ศึกษาผลการสอนปฏิบัติการทางเคมีตามวิธีวงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์เชิงนามธรรม โดยมีขั้นตอนการเรียนการสอน 3 ขั้น คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีจำนวน 256 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยแบบทดสอบวัดขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา (The Longeot of Formal Reasoning Test) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาที่มีขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม สามารถตอบคำถามที่ต้องใช้การให้เหตุผลแบบรูปธรรม และแบบนามธรรม ได้ดีกว่านักศึกษาที่มีขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม ทั้งนี้การสอนปฏิบัติการทางเคมี

ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ช่วยให้นักศึกษาที่มีขั้นปฏิบัติการคิดที่อยู่ในขั้นต่ำกว่าขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม สามารถสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเคมีที่เป็นนามธรรมได้

เพอร์เซอร์และเรนเนอร์ (Purser and Renner, 1983) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้กับการสอนแบบบอกให้รู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 และเกรด 10 ที่เลือกเรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 68 คน และ 67 คน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรมและขั้นปฏิบัติการคิดกึ่งนามธรรม ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหา สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของนักเรียนมากกว่าการสอนแบบบอกให้รู้

อับราฮัมและเรนเนอร์ (Abraham and Renner, 1986) ได้ศึกษาผลการจัดเรียงลำดับขั้นตอนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นการรวบรวมข้อมูล (1) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (2) และขั้นการขยายมโนทัศน์ (3) โดยจัดเรียงได้ทั้งหมด 6 แบบ คือ แบบ (123), (132), (213), (231), (321) และ (312) กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาเคมีจำนวน 6 ห้องเรียน และครูวิทยาศาสตร์ 2 คน ซึ่งรับผิดชอบสอนคนละ 3 ห้อง ผลการศึกษาพบว่า การสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้โดยจัดเรียงลำดับขั้นตอนแบบ (123) หรือ(1) ขั้นการรวบรวมข้อมูล (2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์และ (3) ขั้นการขยายมโนทัศน์ ตามลำดับ เป็นขั้นตอนการสอนที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาวิชาสูงที่สุด

ซอนเดอร์สและเชพาร์ดสัน (Saunders and Shepardson, 1987) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสอนแบบรูปธรรมกับการสอนวิทยาศาสตร์แบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 จำนวน 115 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (Lawson's Classroom Test of Formal Reasoning) และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้และมีขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม ได้พัฒนาไปสู่ขั้นปฏิบัติการคิดแบบกึ่งนามธรรม คิดเป็นร้อยละมากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย

เรนเนอร์ อับราฮัมและเบอร์นี (Renner et al., 1988) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญของขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 12 จำนวน 62 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม ทำการทดลอง 2 ครั้ง กลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ที่มีขั้นตอนการสอน 3 ขั้นคือ (1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และ (3) ขั้นการขยายมโนทัศน์ ส่วนกลุ่มทดลอง ในการทดลองครั้งที่ 1 จะเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ที่มีขั้นตอนแตกต่างจากแบบปกติ คือ (1) มีเฉพาะขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการขยายมโนทัศน์เท่านั้น และ (2) มีขั้นการสร้างมโนทัศน์และขั้นการขยายมโนทัศน์เท่านั้น ส่วนในการทดลองครั้งที่ 2 นักเรียนจะเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนการสอน คือ (1) มีเฉพาะขั้นการขยายมโนทัศน์ และ (2) มีขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการขยายมโนทัศน์เท่านั้น เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ แบบทดสอบเชาว์ปัญญา (The Otis-Lennon Mental Abilities Test) และแบบวัดขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา ซึ่งวัดจากงานเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Science Reasoning Tasks) จำนวน 3 งาน ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการสร้างมโนทัศน์ เป็นขั้นตอนการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ มากกว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนวิธีวงจรการเรียนรู้ที่เริ่มต้นด้วยการบอกให้นักเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์นั้นก่อน

2. การจัดเตรียมเฉพาะวัสดุอุปกรณ์และแนวทางในการปฏิบัติการทดลอง และการให้นักเรียนทำการศึกษาสำรวจเท่านั้น ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้มโนทัศน์

3. ขั้นการสร้างมโนทัศน์เป็นขั้นที่มีการอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสำรวจ ดังนั้นจึงควรเป็นขั้นตอนที่ต่อจากขั้นการศึกษาสำรวจ

4. ทุกขั้นตอนการเรียนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้มีความจำเป็นทั้งสิ้น

5. นักเรียนมีความเชื่อว่า ขั้นตอนการเรียนการสอนทั้งหมดมีความสำคัญต่อการเรียนรู้

6. การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จากการศึกษาปรากฏการณ์โดยตรง และยังให้โอกาสนักเรียนได้นำผลที่ได้จากประสบการณ์เหล่านี้มาสรุปอย่างเป็นเหตุเป็นผล

เดวิดสัน (Davidson, 1989) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทางพุทธิปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยปฏิบัติการทดลองด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักศึกษาที่เรียนโดยปฏิบัติการทดลองตามแนวทางปกติ

แชดเบอร์น (Shadburn, 1990) ได้ศึกษาเพื่อประเมินเกี่ยวกับการสอนปฏิบัติการตามวงจรการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 67 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากการศึกษาพบว่า การให้เหตุผลแบบนามธรรมและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาและเจตคติต่อการทดลอง สูงกว่านักศึกษาในกลุ่มควบคุม

มาเรคและเมทเวน (Marek and Methven, 1991) ศึกษาผลการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อนักเรียนในด้านการให้เหตุผลเชิงการอนุรักษ์และการใช้ภาษาในการบรรยายเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัตถุ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 100 คน และครูที่เข้าร่วมการอบรมจำนวน 16 คน โดยครู 11 คน สอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ ส่วนกลุ่มควบคุมสอนด้วยวิธีแบบบอกให้รู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงการอนุรักษ์และการใช้ภาษา ได้ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีแบบบอกให้รู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คูเรย์ (Kurey, 1991) ได้ศึกษาความแตกต่างในการแสดงออกของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติและการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ในวิชาเคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10, 11 และ 12 จำนวน 110 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบวัดการปฏิบัติ และแบบสำรวจงานพัฒนาการที่ใช้ในการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งแบบสำรวจดังกล่าวได้จำแนกทักษะการให้เหตุผลเป็น 3 ประเภท คือ ทักษะการให้เหตุผลแบบรูปธรรม (Concrete) ทักษะการให้เหตุผลกึ่งนามธรรม (Transitional) และทักษะการให้เหตุผลแบบนามธรรม (Formal) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อพิจารณาจากขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา การปฏิบัติของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ โดยนักเรียนที่มีผลการเรียนเท่าเดิมหรือลดลงในภาคเรียนที่ 2 ร้อยละ70 เป็นนักเรียนที่มีการให้เหตุผลแบบรูปธรรมและแบบกึ่งนามธรรม และการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีนั้นเหมาะสำหรับการเรียนการสอนวิชาเคมีที่มีเนื้อหาทั้งในลักษณะที่เป็นนามธรรมและรูปธรรม

รูบินและนอร์แมน (Rubin and Norman, 1992) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม และความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6-9 จำนวน 329 คน โดยกลุ่มทดลองสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนที่ใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบ ส่วนกลุ่มควบคุมซึ่งมี 2 กลุ่มคือกลุ่มที่สอนด้วยวิธีการเรียนการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ และกลุ่มที่สอนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า 1) นักเรียนที่

ได้รับการสอนที่ใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบ มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ และวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนที่ใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ปรับแก้แล้ว สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ปรับแก้แล้ว สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ 3) นักเรียนที่ได้รับการสอนที่ใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรมที่ปรับแก้แล้ว สูงที่สุดขณะที่นักเรียนกลุ่มอื่นมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน

คูโม (Cumo, 1992) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อพัฒนาการทางพุทธิปัญญาจากขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรมจนถึงนามธรรม การพัฒนาและการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และการพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูวิทยาศาสตร์ 3 คน และนักเรียนเกรด 7 โดยครูแต่ละคนจะสอนนักเรียน จำนวน 2 ห้อง โดยครูคนที่ 1 และ 2 ทำการสอนนักเรียนห้องหนึ่งด้วยการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ และสอนอีกห้องด้วยการสอนแบบปกติ ส่วนครูคนที่ 3 ทำการสอนนักเรียนทั้ง 2 ห้องด้วยการสอนแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า การเรียนการสอนตามขั้นตอนวิธีวงจรการเรียนรู้มีผลต่อพัฒนาการทางพุทธิปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนหญิงในกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีพัฒนาการทางพุทธิปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แตกต่างจากนักเรียนชาย และนักเรียนหญิงที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เคมพ์ (Kemp, 1993) ได้ศึกษาผลการสอนวิทยาศาสตร์ 4 วิธี ซึ่งได้แก่การสอนแบบปกติ การสอนแบบร่วมมือ การสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ และการสอนแบบร่วมมือร่วมกับการสอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ที่มีผลต่อพัฒนาการทางพุทธิปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มและกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม เครื่องมือ

ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา และแบบสำรวจงานพัฒนาการของเพียเจต์ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบร่วมมือการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ การสอนแบบร่วมมือร่วมกับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ และการสอนแบบปกติ มีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาไม่แตกต่างกัน

ไคลเดียนสท์ (Klidienst, 1993) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อโครงสร้างทางปัญญา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 238 คน จาก 11 ห้องเรียน และครูวิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีโครงสร้างทางปัญญา และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีผลต่อนักเรียนมากที่สุดในด้านการสร้างโครงสร้างทางปัญญาเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ และส่งเสริมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทางบวกมากขึ้น แต่ให้ผลด้านผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากการสอนแบบปกติ

แชมป์เปียน (Champion, 1993) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ และการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบบอกให้รู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาชีวเคมี ผลการศึกษาพบว่า การสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ส่งเสริมความเข้าใจในด้านการออกแบบการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบบอกให้รู้ ส่งเสริมความเข้าใจในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เบอร์นท์ (Berndt, 1994) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประถมศึกษาในเขตแรนดอล์ฟ มลรัฐเวอร์จิเนีย จำนวน 154 คน ใช้เวลาในการทดลอง 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และมีอิทธิพลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ ระดับการฝึกอบรม และคุณภาพการสอนของครู นอกจากนี้เจตคติระหว่างครูและนักเรียนและพื้นความรู้เดิมของครูและนักเรียน มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ ทั้งนี้ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า การฝึกคิดและการลงมือปฏิบัติโดยใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น เหมาะสำหรับการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ

เวสท์บรูคและโรเจอร์ส (Westbrook and Rogers, 1994) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 100 คน ใช้เวลาศึกษา 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมี 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้โดยมีกิจกรรมในขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการสร้างมโนทัศน์เหมือนกัน ส่วนกิจกรรมในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้แตกต่างกัน กลุ่มที่ 1 นักเรียนจะทำกิจกรรมตามเอกสารประกอบการปฏิบัติการที่ครูแจก จัดรวบรวมข้อมูลลงในตารางข้อมูลที่กำหนดให้ และทำกิจกรรมเหล่านี้ซ้ำในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ โดยนักเรียนไม่ได้ออกแบบการทดลอง สร้าง และทำการทดสอบสมมติฐานด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 นักเรียนได้รับเอกสารแนะนำในการทำกิจกรรมขั้นการศึกษาสำรวจ และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ นักเรียนมีการออกแบบการทดลองเพื่อตอบคำถามที่ครูนำเสนอ และกลุ่มที่3 นักเรียนได้รับเอกสารแนะนำในการทำกิจกรรมขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ นักเรียนมีการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตนเองสร้างขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แบบประเมินแบบแผนการให้เหตุผล (Lawson's Seven Logic Tasks) แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (TIPS) และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Lawson's Revised Classroom Test Scientific Reasoning-CTSR) จากการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน โดยนักเรียนกลุ่มที่ 3 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการสอน สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คาวาลโล (Cavallo, 1996) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาพันธุศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10 จำนวน 189 คน ซึ่งได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้จากครูวิทยาศาสตร์ 2 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบสอบถามแนวทางการเรียนรู้ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Lawson's Classroom Test Scientific Reasoning) และแบบทดสอบความรู้เรื่องพันธุศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นตัวทำนายความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

ฮานเลย์ (Hanley, 1997) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิชานิเวศน์วิทยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนชีววิทยา จำนวน 10 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 5 ห้องที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ และกลุ่มควบคุม 5 ห้องที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับนิเวศน์วิทยา จำนวน 2 ฉบับ ผลการศึกษาพบว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้และวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้เกี่ยวกับนิเวศน์วิทยา

ไม่แตกต่างกัน และผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้เกี่ยวกับนิเวศน์วิทยาและวิธีการเรียนการสอน ไม่มีความสัมพันธ์กัน

จอห์นสันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998) ศึกษาตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้ และการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ ตัวทำนายที่ศึกษา ได้แก่ ความรู้เดิมเกี่ยวกับชีววิทยา และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนเอกชีววิทยา จำนวน 366 คน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้จำนวน 181 คน และกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้จำนวน 185 คน โดยครูวิทยาศาสตร์ 2 คน จะสอนแบบบอกให้รู้ และครูวิทยาศาสตร์ 2 คน จะสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ ใช้เวลาในการศึกษา 15 สัปดาห์ ในระหว่างการสอนครูทำการทดสอบย่อย และใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Lawson's Classroom Test Scientific Reasoning) เพื่อทดสอบหลังการทดลองสอน ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการสอน สูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

ประกาศิต จันทศ (2537) ศึกษาผลการสอนวิชาเคมีเรื่องตารางธาตุด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 66 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 32 คน และกลุ่มควบคุม 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดเจตคติต่อการสอนและแบบวัดการคิดอย่างมีเหตุผลของเบอร์นีย์ (Burney) ใช้เวลาในการทดลองสอนทั้งหมด 10 คาบ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ โดยมีกิจกรรมการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1) ระยะการเสาะค้น เป็นขั้นที่ครูนำเสนอสิ่งเร้าใหม่โดยจัดประสบการณ์ในเชิงกระตุ้นท้าทายให้นักเรียนคิดค้นจากประสบการณ์รูปธรรม

2) ระยะการเกิดความคิด ให้นักเรียนได้ลงความเห็น หรือกำหนดความสัมพันธ์ของข้อมูล ครูและนักเรียนร่วมกันดำเนินกิจกรรม โดยการจัดสภาพการเรียนการสอนให้เอื้อต่อการเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของกานเย่

3) ระยะค้นพบ เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนหรือทำซ้ำ เพื่อส่งเสริมความแม่นยำและขยายขอบเขตมโนทัศน์ออกไปอีก จนสามารถอธิบายมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมได้และรวมถึงการช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนช้าด้วย

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน ที่ได้รับการสอนทั้ง 2 วิธี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า นักเรียนที่ได้รับ

การสอนด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนปกติ 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนทั้ง 2 วิธี มีเจตคติต่อการสอนในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 58.82 และ 100.00 ตามลำดับ และ 3) การแจกแจงระดับพัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ก่อนและหลังการเรียน มีการแจกแจงเหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ขั้นตอนตามวิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีการเรียงลำดับจากขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้นั้น เป็นขั้นตอนการเรียนการสอนที่ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางด้านเนื้อหาของนักเรียน

2. การสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในด้านการออกแบบการทดลอง

3.กระบวนการฝึกปฏิบัติและฝึกคิดของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนวิธีวงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ

4. นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีพัฒนาการทางพุทธิปัญญา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม และเจตคติต่อการปฏิบัติการทดลอง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ และนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การใช้ภาษา และความคงทนของการเรียนรู้ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบอกให้รู้

5. สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติที่พบในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น คำว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกตินั้น หมายถึง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบทั่วไป ที่มีการแนะนำ (Guided inquiry) ซึ่งนักเรียนลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่มีการกำหนดไว้แล้ว

## ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาตามแนวคิดของเพียเจต์ เพียเจต์อธิบายว่า เมื่อเด็กทำการศึกษาสำรวจสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ เด็กจะซึมซับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดภาวะอสมดุล จากนั้นเด็กจะปรับโครงสร้างทางความคิดของตน โดยพัฒนามโนทัศน์เพื่อนำมาอธิบายข้อมูลข่าวสารเหล่านั้น เด็กเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่โดยนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้มาใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่น ซึ่งเป็นการจัดระบบโครงสร้างทางความคิด ผลการเรียนรู้นี้ทำให้โครงสร้างทางความคิดของเด็กกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง และทำให้เด็กเกิดการพัฒนาทางพุทธิปัญญา

### 1. แนวคิดพื้นฐาน

ฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget) ซึ่งเป็นทั้งนักชีววิทยา นักปรัชญาและนักจิตวิทยาชาวสวิส สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพัฒนาการของเด็ก และได้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญา (Theory of cognitive development) โดยเน้นเกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างทางความคิดจากเด็กแรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ ตามแนวคิดของเพียเจต์ โครงสร้างทางความคิดของเด็กมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทั้งนี้เป็นผลจากการที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเด็กเอง

เพียเจต์ได้จำแนกกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางด้านพุทธิปัญญาไว้ 2 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการจัดระบบโครงสร้าง ( Organization)

กระบวนการจัดระบบโครงสร้างเป็นกระบวนการที่เด็กใช้จัดรวบรวม และเรียบเรียงประสบการณ์ ความคิด และพฤติกรรมเข้าสู่ระบบเดียวกัน ซึ่งจะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เด็กจะใช้เชาวน์ปัญญาเพื่อรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แล้วนำมาสร้างภาพในใจ (Mental representation) ขึ้นมา (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2537: 34; McCown and Roop, 1992: 46)

2. กระบวนการปรับข้อมูล (Adaption)

กระบวนการปรับข้อมูล เป็นกระบวนการที่เด็กพยายามปรับโครงสร้างทางความคิดที่อยู่ในภาวะอสมดุลให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมรอบตัว เพื่อให้เกิดภาวะสมดุล กระบวนการปรับข้อมูลประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 กระบวนการ คือ

2.1 การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation)

การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง หมายถึง กระบวนการที่เด็กใช้เพื่อตีความหรือรับเอาข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่โครงสร้างทางความคิดโดยอาศัยความรู้หรือวิธีการที่มีอยู่แล้ว

2.2 การปรับโครงสร้าง(Accommodation)

การปรับโครงสร้าง หมายถึง กระบวนการที่เด็กทำการสังเกตคุณสมบัติตามความเป็นจริงของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อม แล้วปรับโครงสร้างทางความคิดของตนให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้น

การซึมซับเข้าสู่โครงสร้างจึงเป็นกระบวนการปรับสิ่งแวดล้อมภายนอกให้เข้ากับโครงสร้างทางความคิด และการปรับโครงสร้างจึงเป็นการปรับโครงสร้างทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม กระบวนการทั้งสองจะเกิดขึ้นพร้อมกัน เมื่อมีการปรับและรับเอาข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด ระบบพุทธิปัญญาของเด็กก็จะค่อย ๆ เปลี่ยนและมีพัฒนาการมากขึ้นตามลำดับ (Woolfolk, 1993: 28; เพ็ญพิไล ฤทธาคณานนท์, 2536: 5)

ในการพัฒนาทางพุทธิปัญญา เพียเจต์เสนอองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการทำหน้าที่ของปัญญา (Cognitive function) ซึ่งทำให้เด็กแต่ละคนมีพัฒนาการเป็นไปได้ช้าหรือเร็วแตกต่างกัน ดังนี้

1. ประสบการณ์ (Experience)

ประสบการณ์ หมายถึง ความเข้าใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างชัดเจน ซึ่งความชัดเจนนี้เป็นผลที่เกิดจากการกระทำหรือสิ่งที่ได้พบเห็นมา เพียเจต์ (Piaget อ้างถึงใน ปรีชา วิหคโต, 2540: 121) เชื่อว่า การได้พบเห็นทำให้เด็กได้รับรู้ และเกิดความรู้โดยมองเห็นความหมาย (Meaning) ในสิ่งที่ตนเห็น เพียเจต์แบ่งประสบการณ์ออกเป็น 2 ประเภท (Renner et al., 1973: 63-64; McCown and Roop, 1992: 50) คือ

1.1 ประสบการณ์ทางกายภาพ (Physical experience)

ประสบการณ์ทางกายภาพเป็นประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวหรือตัวสิ่งแวดล้อมเอง เด็กจะรับรู้และสร้างตัวแทนความคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ

1.2 ประสบการณ์ทางตรรกศาสตร์ (Logico-mathematical experience)

ประสบการณ์ทางตรรกศาสตร์เป็นประสบการณ์ภายใน ที่เกิดขึ้นเมื่อเด็กใช้กระบวนการคิดเพื่อพัฒนาแบบแผนความคิดของตนเองไปสู่ลำดับขั้นสูง หรือกล่าวได้ว่าเป็นประสบการณ์ที่เด็กเกิดความรู้จากกระบวนการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิดและการกระทำของเด็ก ส่งผลให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิด โดยไม่ได้เกิดจากตัววัตถุหรือสิ่งของนั้น ๆ

2. วุฒิภาวะ (Maturation)

วุฒิภาวะเป็นองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงด้านชีวภาพของเด็กแต่ละคน ที่ใช้สร้างมโนทัศน์ (Woolfolk, 1993: 27) เมื่อเด็กมีพัฒนาการทางชีวภาพสูงขึ้น เด็กจะมีความสามารถในการแสดงพฤติกรรมและการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นตามด้วย หากเด็กกระทำต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ศึกษาสำรวจ ทดสอบ สังเกต และจัดรวบรวมข้อมูล นั่นคือเด็กกำลังเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดของตน (Woolfolk, 1993: 28)

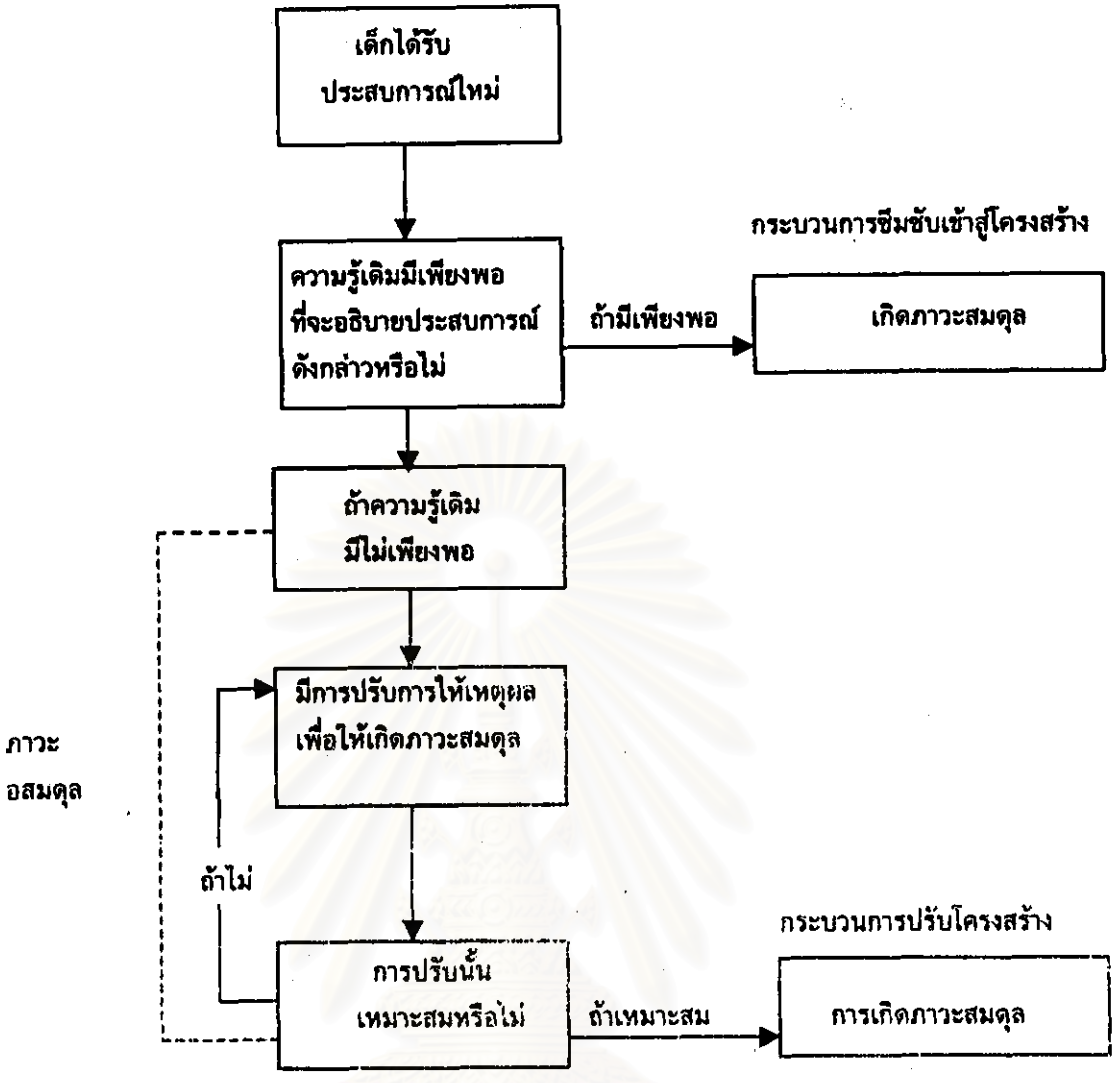
3. การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (Social transmission)

การถ่ายทอดความรู้ทางสังคมเป็นการเรียนรู้จากผู้อื่น เช่น พ่อ แม่ ครู เพื่อน หรือผู้อื่นที่อยู่รอบตัว หากไม่มีการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม เด็กต้องสร้างความรู้ทั้งหมดเอง ทั้งนี้ความสามารถในการเรียนรู้จากการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม ขึ้นอยู่กับขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของแต่ละคน (Woolfolk, 1993: 28)

4. กระบวนการพัฒนาภาวะสมดุล (Equilibration)

ภาวะสมดุลของเด็กตามแนวคิดของเพียเจต์ (Piaget อ้างถึงใน ปรีชา วิหคโต, 2540: 122) หมายถึง พฤติกรรมภายในของแต่ละคน เมื่อเด็กเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) เช่น ความรู้ใหม่ที่ได้รับไม่สอดคล้องกับความรู้เดิม เด็กจะลดความขัดแย้งดังกล่าวได้ โดยการรับความรู้ใหม่นั้น รับความรู้เดิมหรือสร้างความรู้ขึ้นมาใหม่อีก การที่เด็กรับความรู้ใหม่หรือความรู้เดิม หรือสร้างความรู้ขึ้นมาใหม่อีกนั้น เท่ากับว่าเด็กกำลังพัฒนาสมดุลทางความคิด กระบวนการพัฒนาภาวะสมดุลจึงเป็นกระบวนการควบคุมการเรียนรู้ของเด็ก (Self-regulation) ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ (Bell-Gredler, 1986: 200; McCown and Roop, 1992: 49) ดังแผนภาพที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




แผนภาพที่ 2 การควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง (Barman quoted in Carin, 1993: 48)

**2. ขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา**

**เพียเจต์แบ่งขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา**ของเด็กออกเป็น 4 ขั้น เริ่มตั้งแต่วัยแรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ ในแต่ละขั้น เด็กจะแสดงการคิดและพฤติกรรมที่สะท้อนถึงการจัดโครงสร้างทางความคิดเฉพาะ ซึ่งโครงสร้างเฉพาะเหล่านี้ทำให้เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน และทำให้การมองโลกของเด็กแต่ละคนแตกต่างกันด้วย ขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเด็กทั้ง 4 ขั้น มีลำดับขั้นดังต่อไปนี้คือ

1. ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The sensorimotor stage)
2. ขั้นการคิดก่อนปฏิบัติการ (The preoperational stage)
3. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (The concrete operational stage)
4. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (The formal operational stage)

**ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The sensorimotor stage)**

พัฒนาการในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่เด็กแรกเกิดจนถึงอายุประมาณ 2 ปี พฤติกรรมของเด็กส่วนใหญ่มักใช้การสัมผัสและทักษะในการเคลื่อนไหว ลักษณะของพฤติกรรมที่แสดงออกมาอยู่ในรูปการเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ (Reflexes) เช่น การดูด การจับ เป็นต้น และได้เปลี่ยนเป็นการดำเนินกิจกรรมแบบมีเป้าหมาย (Goal-directed activity) เด็กสามารถสร้างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุที่มองเห็น เริ่มมีการเรียนรู้แบบลองผิดลองถูก และใช้การลองผิดลองถูกเพื่อแก้ปัญหามากกว่าวางแผนในการแก้ปัญหา และเริ่มมีการคิดเกิดขึ้น (Slavin, 1994: 35)

**ขั้นการคิดก่อนปฏิบัติการ (The preoperational stage)**

พัฒนาการในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 2 ถึง 7 ปี การกระทำของเด็กที่มีพัฒนาการในขั้นนี้จะมีพื้นฐานจากความคิด เด็กเริ่มมีการพัฒนาทางการใช้ภาษา มีการตัดสินใจที่ขึ้นอยู่กับการรับรู้ สามารถจัดกลุ่มโดยอาศัยคุณสมบัติของวัตถุที่เหมือนกันเป็นเกณฑ์ได้ และสามารถคิดเกี่ยวกับสัญลักษณ์แทนสิ่งของต่าง ๆ แต่ความสามารถที่ใช้คิดเกี่ยวกับสัญลักษณ์นั้นยังคงจำกัดในการคิดแบบทิศทางเดียวหรือการใช้เหตุผลด้านเดียว และยังไม่สามารถคิดกลับไปกลับมาหรือคิดย้อนกลับ ตลอดจนมองเห็นถึงความคิดเห็นของผู้อื่นได้ (Carin, 1993: 51; Woolfolk, 1993: 31-32)

**ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (The concrete operational stage)**

เด็กในขั้นนี้มีอายุระหว่าง 7 ถึง 11 ปี ซึ่งมีคุณลักษณะพื้นฐานคือ 1) มีความตระหนักเกี่ยวกับความคงที่ของสมบัติทางกายภาพของวัตถุ 2) มองเห็นว่าวัตถุต่าง ๆ อาจถูกทำให้เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนรูปร่างโดยยังคงคุณสมบัติเดิมอยู่ (Conservation) และ 3) เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นว่าสามารถเปลี่ยนย้อนกลับได้ เด็กสามารถคิดอย่างมีเหตุมีผล สร้างมโนทัศน์ มองเห็นความสัมพันธ์ เช่น ความตรงกันแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-one correspondences) กฎ หลักการง่าย ๆ ทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์แบบเป็นเหตุเป็นผล นอกจากนี้เด็กสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ ตลอดจนมีความเข้าใจในเรื่องความคงตัวของสิ่งต่าง ๆ ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้ คือ ความสามารถในการคิดย้อนกลับ เด็กมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจำแนกประเภทของสิ่งต่าง ๆ ที่เหมือนกันหรือไม่เหมือนกัน และสามารถจัดเข้ากลุ่มได้ (Classification) และเรียงลำดับ(Seriation) โดยมองลักษณะของวัตถุหรือปัญหา 2 ลักษณะในเวลาเดียวกัน (Decentration) เช่น สามารถคิดถึงขนาดและน้ำหนักหรือขนาดและปริมาตรไปพร้อม ๆ กันได้ อย่างไรก็ตามเด็กที่มีขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรมสามารถพัฒนาระบบการคิดอย่างมีเหตุผลที่สมบูรณ์ได้ในที่สุด แต่ระบบการคิดยังขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพของวัตถุ คือ สภาพที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถถูกจัดรวบรวม จำแนกและจัดกระทำได้ (Carin, 1993: 51; Woolfolk, 1993: 34-37; Slavin, 1994: 41)

**ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (The formal operational stage)**

เด็กที่อยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรมมีอายุระหว่าง 11 ถึง 15 ปี และต่อเนื่องจนถึงวัยผู้ใหญ่ ขั้นนี้ถือว่าเป็นพัฒนาการขั้นสูงสุดของการพัฒนาความคิด เด็กในวัยนี้เริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ โดยคิดหาเหตุผลที่นอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ ใช้การคิดลำดับขั้นสูงในการสร้างความรู้ สามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ เช่น สร้างสมมติฐาน ดำเนินการและควบคุมการสืบสอบและหาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับทฤษฎี เด็กสามารถคิดเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วนและความเป็นไปได้ ตลอดจนสามารถสร้างและเข้าใจเกี่ยวกับการอธิบายที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการอนุมานเหตุผล ลักษณะสำคัญของการพัฒนาเด็กในขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (Bell-Gredler, 1986: 208) คือ การพัฒนาการให้เหตุผลในสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งสามารถสร้างสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม และสามารถคิดเชิงภาพรวม เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ในสถานการณ์ที่มีหลายองค์ประกอบซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการคิดแบบนามธรรม

คาริน และซันด์ (Carin and Sund, 1975: 29-32) อธิบายถึงคุณลักษณะของเด็กที่มีพัฒนาการในขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรมไว้ สรุปได้ดังนี้ คือ

1. นักเรียนไม่จำเป็นต้องอาศัยสิ่งเร้าจากภายนอกเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของตน

2. นักเรียนสามารถคิดแบบสะท้อนกลับ (Reflexive thinking) โดยคิดเกี่ยวกับการคิดของตนได้ เช่น หลังจากการทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อนักเรียนถูกถามเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้เพื่อพิสูจน์ผลการทดลองที่ได้ นักเรียนสามารถแสดงหรืออธิบายให้เห็นถึงสิ่งที่ทำได้

3. นักเรียนคิดในสิ่งที่เป็นไปได้มากกว่าคิดจำกัดเฉพาะข้อเท็จจริง สามารถคิดตรงข้ามกับความเป็นจริง และเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นไปได้

4. นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานเชิงอนุมาน (Hypothetical-deductive) หรือการคิดแบบ ถ้า...แล้ว (If...then) นักเรียนสร้างสมมติฐานเพื่อทดสอบความคิดเห็นของตนและชอบที่จะแสดงแบบแผนการคิดแบบอนุมานมากกว่านักเรียนในขั้นอื่น

5. นักเรียนแสดงการคิด และการให้เหตุผลแบบสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล (Propositional thinking and reasoning) เช่น ถ้า ก แล้ว ข หรือ ถ้า ข แล้ว ก หรือไม่ ก แล้วไม่ ข หรือไม่ ข แล้วไม่ ก

6. นักเรียนยอมรับข้อตกลงที่ตรงข้ามกับความจริงเพื่อใช้ในอภิปรายและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ

7. นักเรียนสามารถควบคุมตัวแปรตัวหนึ่ง ในขณะที่สามารถแยกตัวแปรอีกตัวที่มีผลต่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งนักเรียนในขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรมมักเกิดความสับสนในเรื่องการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร

8. นักเรียนยอมรับการตัดสินและกฎต่าง ๆ ที่ได้จากข้อตกลง

9. นักเรียนมีความสามารถคิดแบบนามธรรมมากขึ้น

จากแนวคิดเกี่ยวกับพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์ สรุปได้ว่า เมื่อเด็กได้รับข้อมูลต่าง ๆ แล้วจะมีการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด ซึ่งทำให้โครงสร้างทางความคิดเกิดภาวะอสมดุล หลังจากนั้นเด็กได้พยายามปรับโครงสร้างทางความคิดของตน เพื่อให้กลับเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง ซึ่งทำให้ระบบพุทธิปัญญาของเด็กมีการพัฒนาสูงขึ้นต่อไป

**ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

ในการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และสรุปสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความหมายและประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดตามลำดับดังนี้

**1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้อธิบายความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

คูสแลนและสโตน (Kuslan and Stone, 1968) ได้อธิบายความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ การสังเกต การวัด การออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง การอธิบาย การสรุปหลักเกณฑ์ และการพิจารณาเหตุผล

แพดิลลา (Padilla, 1980) อธิบายถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบนามธรรม

โทบินและคาไพย์ (Tobin and Capie, 1982) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถทางสติปัญญาที่นักเรียนใช้ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบและเหตุผล ตลอดจนเพื่ออธิบายเหตุการณ์หรือแปลความหมายข้อมูล

ฟังค์และคณะ (Funk et al., 1985: ix) กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้า และทำการทดลอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์"

เคนและอีแวนส์ (Cain and Evans, 1990: 5) อธิบายไว้ว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ทั้งหมดที่ไม่สามารถแยกออกจากเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ยิ่งกว่านั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเสมือนเครื่องมือในการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์"

คาริน (Carin, 1993: 8) ได้ให้ความหมายไว้ว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่นักเรียนสามารถใช้ในชีวิตประจำวัน และใช้สำหรับการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ ภายในโรงเรียนด้วย"

มาร์ตินและคณะ (Martin et al., 1994: 62) ได้อธิบายความหมายไว้ว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ ทักษะเหล่านี้เน้นการคิด การค้นคว้าหาความรู้ และการแก้ปัญหา"

เชียพเพตตา (Chiappetta, 1997: 24) ได้อธิบายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า

> ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่เน้นแบบแผนการคิด ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สร้างความรู้ แสดงแนวความคิดและสื่อความหมายข้อมูล นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการกำหนดปัญหา ทำการสังเกต จำแนกข้อมูล ลงความเห็นข้อมูล สร้างสมมติฐาน ตีความหมายและลงข้อสรุปและทำการทดลอง การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ จะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาและเรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนมีความรู้สึกซาบซึ้งในวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่นักเรียนใช้ที่ในการคิด ค้นหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกข้อมูล การลงความเห็นข้อมูล การสร้างสมมติฐาน การตีความหมายและลงข้อสรุป การออกแบบการทดลองและทำการทดลอง ทั้งนี้นักเรียนใช้

**2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science-AAAS) ได้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science- A Process Approach-SAPA) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่เน้นทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหา และแบ่งทักษะดังกล่าวออกเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic skills) จำนวน 8 ทักษะ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Integrated skills) จำนวน 5 ทักษะ (Martin et al., 1994: 125; Abruscato, 1996: 40-49; Esler and Esler, 1996: 73-82; Chiappetta, 1997: 24) ดังต่อไปนี้

1.ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่

1.1 การสังเกต

การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นคุณสมบัติของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น

1.2 การจำแนกประเภท

การจำแนกประเภทเป็นความสามารถในการจัดจำพวก หรือเรียงลำดับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม โดยอาจพิจารณาความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์รวมของของสิ่งนั้น ๆ

1.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา รวมทั้งเป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัตถุ เช่น รูปทรง ขนาด ตำแหน่ง ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาต่าง ๆ กันด้วย

1.4 การใช้ตัวเลข

การใช้ตัวเลขเป็นการนำเอาค่าที่ได้จากการวัดมาจัดกระทำเพื่อให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย อัตราส่วนหรือสัดส่วนเป็นต้น

1.5 การวัด

การวัดเป็นการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณของสิ่งที่ศึกษาออกมาเป็นตัวเลขได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับ เช่น เมตร ลิตร กรัม นิวตัน

1.6 การสื่อความหมายข้อมูล

การสื่อความหมายข้อมูล เป็นความสามารถในการนำผลจากการสังเกต วัดและทดลองมาจัดกระทำหรือสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ อาจโดยการพูด การเขียน การใช้แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ ไดอะแกรมหรือสมการ โดยคำนึงถึงความชัดเจนความสมบูรณ์ความถูกต้อง

1.7 การลงความเห็นจากข้อมูล

การลงความเห็นจากข้อมูล เป็นความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงความเห็นจากข้อมูลได้ถูกต้อง

1.8 การทำนาย

การทำนายเป็นความสามารถในการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าหรือคาดคะเนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการอาศัยข้อมูลจากการสังเกต การวัด ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้ศึกษามาแล้ว หรือจากปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำหรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎี

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 5 ทักษะ ได้แก่

2.1 การสร้างสมมติฐาน

การสร้างสมมติฐานเป็นการคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมหรือหลักการ กฎและทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สมมติฐานเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ทั้งนี้สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจผิดทั้งหมด หรือถูกทั้งหมด หรือถูกบ้างปนผิดบ้างในบางส่วน ซึ่งทราบได้จากการทดสอบหาคำตอบ

2.2 การกำหนดและควบคุมตัวแปร

การกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถในการชี้บ่งและจัดกระทำ ต่อตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในการทดสอบสมมติฐานหนึ่ง ๆ

2.3 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นการกำหนดความหมาย และขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ในสมมติฐานที่ต้องการศึกษาให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกต วัดหรือนำมาปฏิบัติได้

2.4 การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นความสามารถในการแปลหรือบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ ซึ่งอยู่ในรูปของกราฟ ตาราง รูปภาพ หรือค่าสถิติต่าง ๆ ตลอดจนสามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรได้

2.5 การทดลอง

การทดลองเป็นความสามารถในการดำเนินการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง ทั้งนี้ในการทดลองจะมีการนำทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและขั้นผสมหลาย ๆ ทักษะมาใช้ผสมผสานกัน

นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายคนได้อธิบายประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ฟังค์และคณะ (Funk et al., 1985: xiii) จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ ได้แก่
    - 1.1 การสังเกต
    - 1.2 การลงความเห็นจากข้อมูล
    - 1.3 การวัด
    - 1.4 การสื่อความหมายข้อมูล
    - 1.5 การจำแนก
    - 1.6 การทำนาย
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 10 ทักษะ ได้แก่
    - 2.1 การกำหนดตัวแปร
    - 2.2 การสร้างตารางข้อมูล
    - 2.3 การเขียนกราฟ
    - 2.4 การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ
    - 2.5 การรวบรวมและจัดกระทำข้อมูล
    - 2.6 การวิเคราะห์กระบวนการทดลอง
    - 2.7 การสร้างสมมติฐาน
    - 2.8 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
    - 2.9 การออกแบบการทดลอง
    - 2.10 การทดลอง

มาร์ตินและคณะ (Martin et al., 1994: 62) แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 7 ทักษะ ได้แก่
    - 1.1 การสังเกต
    - 1.2 การจำแนก
    - 1.3 การสื่อความหมายข้อมูล
    - 1.4 การวัด
    - 1.5 การประมาณค่า
    - 1.6 การทำนาย
    - 1.7 การลงความเห็นจากข้อมูล

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 9 ทักษะ ได้แก่

2.1 การกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.3 การสร้างสมมติฐาน

2.4 การทำการทดลอง

2.5 การเขียนกราฟ

2.6 การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2.7 การสร้างรูปแบบทางวิทยาศาสตร์

2.8 การสำรวจทางวิทยาศาสตร์

ทอลแมนและฮาร์ดี (Tolman and Hardy, 1995: 40) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 7 ทักษะ ได้แก่

1.1 การสังเกต

1.2 การลงความเห็นจากข้อมูล

1.3 การจำแนก

1.4 การวัด

1.5 การทำนาย

1.6 การสื่อความหมายข้อมูล

1.7 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 3 ทักษะ ได้แก่

2.1 การสร้างสมมติฐาน

2.2 การกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.3 การทดลอง

กล่าวโดยสรุป ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นผสม ทักษะขั้นพื้นฐานเป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ และเป็นพื้นฐานของทักษะขั้นผสม ส่วนทักษะขั้นผสมเป็นความสามารถในการคิดซึ่งจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาและการดำเนินการทดลองทางวิทยาศาสตร์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้มีผู้สนใจทำการศึกษาไว้ดังนี้

โทบินและคาไพย์ (Tobin and Capie, 1982) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6, 7 และ 8 จำนวน 13 ห้องเรียน ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มีความสัมพันธ์กัน และความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม เป็นตัวทำนายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ดีที่สุด

แพดิลลา และคณะ (Padilla et al., 1983) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม กับความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7-12 เกรดละประมาณ 80 คน รวม 492 คน ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มีความสัมพันธ์กับการให้เหตุผลแบบนามธรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชุง (Hsiung, 1988) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม ความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10 จำนวน 635 คน ผลการศึกษาพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการให้เหตุผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รอธ และรอยชอดฮิวรี (Roth and Roychoudhury, 1993) ศึกษาเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม ของนักเรียนที่ได้รับการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบอย่างอิสระ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8, 11และ 12 จำนวน 60, 48 และ 29 คนตามลำดับ ทำการรวบรวมข้อมูลโดยใช้เทปวีดิทัศน์ รายงานการทดลองของนักเรียนและการบันทึกของครูวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบอย่างอิสระ มีความสามารถในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในด้านการกำหนดตัวแปร การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การวางแผนและออกแบบการทดลอง และการสร้างสมมติฐาน นอกจากนี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมสามารถพัฒนาได้สูงเมื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นการทำการทดลอง

ลี (Lee, 1993) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางพุทธิปัญญากับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครู จำนวน 1,486 คน ผลการศึกษาพบว่า พัฒนาการทางพุทธิปัญญากับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

เจอร์มานน์ (Germann, 1994) ได้ศึกษาวิเคราะห์ตัวแปรเชิงสาเหตุของนักเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9-10 จำนวน 67 คน ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ตัวแปรด้านความสามารถทางด้านวิชาการ ความรู้ทางชีววิทยา และการใช้ภาษาของนักเรียน มีอิทธิพลโดยตรงต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และตัวแปรด้านพัฒนาการทางพุทธิปัญญาและความสามารถทางด้านวิชาการ มีอิทธิพลโดยรวมต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด

เจอร์มานน์และคณะ(Germann et al., 1996) ได้ทำการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีผลต่อการออกแบบการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 364 คน ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างสมมติฐาน และด้านการกำหนดตัวแปร อาจเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

สุรินทร์ ขันตี (2529) ได้เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนจำแนกตามพัฒนาการทางสติปัญญา รูปแบบการคิด ความรู้พื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ และเพศ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 778 คน ผลการศึกษาพบว่า พัฒนาการทางสติปัญญา รูปแบบการคิด และความรู้พื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ระดับสูง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม สูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมไม่แตกต่างกัน

วินัย เทียมเมือง (2529) ได้ศึกษาผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ระยะเวลาศึกษา 5 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงของกลุ่มทดลอง มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีการคิดอย่างมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำของกลุ่มควบคุม มีการคิดอย่างมีเหตุผลต่ำที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มีความสัมพันธ์กับตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียนในด้านต่าง ๆ ได้แก่ พัฒนาการทางพุทธิปัญญา รูปแบบการคิด ความรู้พื้นฐานทางวิชาวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ส่วนพัฒนาการทางพุทธิปัญญาและความสามารถทางด้านวิชาการของนักเรียนเป็นตัวแปรเชิงสาเหตุที่สำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้วิธีสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีผลต่อการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน

**การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู โดยมีการโต้แย้ง ถกเถียง และแสดงความคิดเห็น ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลของนักเรียน

การศึกษาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดตามลำดับดังนี้

**1. ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

สำหรับความหมายของคำว่าการให้เหตุผล (Reasoning) นั้น มีผู้ให้ความหมายไว้เช่น

แคม (Cam, 1995: 87) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลสรุปได้ว่า การให้เหตุผลหมายถึง การคิดที่เชื่อมโยงอย่างเป็นลำดับ ซึ่งมุ่งใช้ในการลงข้อสรุป

สเติร์นเบอร์ก (Sternberg, 1996: 422) กล่าวว่า "การให้เหตุผลเป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่บุคคลแต่ละคนใช้ในการลงข้อสรุป จากหลักฐานที่เลือกสรรหรือหลักการต่าง ๆ"

สำหรับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้น มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ลอว์สัน (Lawson, 1978: 12; 1985: 571) ได้อธิบายไว้สรุปไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือการให้เหตุผลแบบนามธรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหา และประเมินหลักฐานต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน

ฟรีดเลอร์ และคณะ (Friedler et al., 1990: 173) อธิบายเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลใช้ เพื่อบ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกต รวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ และนำไปใช้เพื่อทำนายผลต่อไป

กลินน์ และคณะ (Glynn et al. quoted in Keys, 1994: 1004) ได้กล่าวไว้ว่า "ทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการดำเนินการทดลองเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ "

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71) ได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า

> การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่นักเรียนใช้เพื่อหาแนวคิดสำหรับการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ หรือเป็นความสามารถที่นักเรียนใช้เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ค้นหา และประเมินหลักฐานซึ่งนำมาใช้สนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานนั้น ๆ

**2. ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71-76) ได้อธิบายไว้ว่า

> การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ ตามลักษณะของความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา คือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive reasoning) การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive reasoning) และวิธีการอุปนัย-นิรนัย (Inductive-deductive method)

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 445) ได้แบ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 3 แบบคือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (Empirical-inductive level) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบกึ่งสมมติฐานเชิงอนุมาน (Transitional) และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานเชิงอนุมาน (Hypothetical-deductive level)

ในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนนั้น ลอว์สัน (Lawson, 1995: 436-445) ได้เสนอว่าสามารถวัดได้จากการให้เหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการรับรู้หรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติการคงตัวของวัตถุหรือสสารว่า ปริมาณหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารจะคงที่ แม้ว่าวัตถุหรือสสารมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือจำนวนของวัตถุหรือสสารนั้น

2. การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณา และตีความหมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง ๆ โดยแสดงในรูปของตัวแปรที่สังเกตได้ หรือตัวแปรเชิงทฤษฎี

3. การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้นี้เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้พิจารณาโอกาสที่เป็นไปได้ของการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ

4. การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดในการทดสอบสมมติฐาน และออกแบบการทดสอบเพื่อวางแผนควบคุมตัวแปรตัวอื่นทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ยกเว้นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่ต้องการศึกษา

5. การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม สำหรับการให้เหตุผลในเชิงของภาพรวมนั้นเป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ เพื่อพิจารณาอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขของการทดลองหรือเงื่อนไขเชิงทฤษฎี

6. การให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์ การให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์เป็นความสามารถของนักเรียนที่ใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในเหตุการณ์ที่กำลังศึกษา

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงนิรนัย การให้เหตุผลเชิงอุปนัย และการให้เหตุผลโดยวิธีอุปนัย-นิรนัย ซึ่งสามารถวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จากการให้เหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ ที่ประกอบด้วย การให้เหตุผลในเชิงของการอนุรักษ์ การให้เหตุผลในเชิงของสัดส่วน การให้เหตุผลในเชิงของความเป็นไปได้ การให้เหตุผลในเชิงของการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลในเชิงของภาพรวม และการให้เหตุผลในเชิงของความสัมพันธ์

**3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งปรากฏงานวิจัยดังนี้

ลอว์สัน (Lawson, 1985) ได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการให้เหตุผลนามธรรม (Formal reasoning) ผลการศึกษาพบว่า

1. ความสามารถในการให้เหตุผลนามธรรม มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2. การเกิดมโนทัศน์มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาภาวะสมดุล เนื่องจากการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด และการปรับโครงสร้างทางความคิด มีความสัมพันธ์กับแบบแผนการให้เหตุผล

3. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนวิธีวงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผล

สติสซี (Stuessy, 1988) ได้วิเคราะห์เกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 101คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 89 คน ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรด้านอายุเชาวน์ปัญญา รูปแบบการคิดและประสบการณ์ของนักเรียน มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บิทเนอร์ (Bitner, 1991) ทำการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9-12 จำนวน 101 คน ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการให้เหตุผล เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 62

ลอว์สันและวอร์สนอบ (Lawson and Worsnop, 1992) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดมโนทัศน์ และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 107 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเท่ากับ 6.2 และความสามารถในการให้เหตุผลกับการเกิดมโนทัศน์ของนักเรียน มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

คียส์ (Keys, 1994) ได้ศึกษาเพื่อประเมินผลการเขียนรายงานการทดลองแบบร่วมกันของนักเรียนที่ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 6 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 คู่ ซึ่งในช่วงเวลาทุก 2 สัปดาห์ตลอด 4.5 เดือน นักเรียนจะเขียนรายงานการทดลอง จำนวน 10 ฉบับ ผลการศึกษาพบว่า การเขียนรายงานการทดลองที่มีการกำหนดโครงสร้างให้นั้น สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การสังเกต การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการสร้างรูปแบบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้การเขียนรายงานการทดลองแบบร่วมกัน เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ใช้สำหรับพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ไพเบอร์น (Piburn, 1994) ได้ทำการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน ประชากรเป็นรายงานวิจัย ตั้งแต่ปี 1983-1992 จำนวน 44 เรื่อง ผลการสังเคราะห์สรุปได้ว่า โปรแกรมการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่สามารถจัดทักษะทางปัญญา การแก้ปัญหา และทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม มีลักษณะเน้นความรู้พื้นฐานของนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถใช้ประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การสังเกต การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการสร้างรูปแบบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

**พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์**

ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ นักเรียนมีโอกาสลงมือปฏิบัติ อภิปราย โต้แย้ง ถกเถียง แสดงความคิดเห็น และสรุปสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้เป็นพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความหมายและการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**1. ความหมายและการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์**

สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต (2526: 2) กล่าวไว้ว่า "พฤติกรรม (Behavior) หมายถึงสิ่งที่บุคคลกระทำ แสดงออก ตอบสนองหรือโต้ตอบต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในสภาพการณ์ใดสภาพการณ์หนึ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้ ได้ยินได้ นับได้ อีกทั้งวัดได้ตรงกันด้วยเครื่องมือที่เป็นวัตถุวิสัย ไม่ว่าการแสดงออกหรือการตอบสนองจะเกิดขึ้นภายในหรือภายนอกร่างกายก็ตาม "

ธีรยุทธ์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา (2525) ได้อธิบายความหมายของพฤติกรรมในการเรียนการสอนซึ่งสรุปได้ว่า พฤติกรรมในการเรียนการสอนเป็นการกระทำหรือกิจกรรมที่ครู และนักเรียนแสดงออก เพื่อมุ่งพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ เจตคติ และทักษะตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดในวิชาต่าง ๆ ถ้านักเรียนเป็นผู้แสดงออก จะเรียกว่าพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ถ้าครูแสดงออก จะเรียกพฤติกรรมการสอนของครู พฤติกรรมการเรียนจะดำเนินไปด้วยดีนั้นต้องอาศัยพฤติกรรมการสอนที่ดีของครู และพฤติกรรมการสอนที่ดีของครูย่อมผลักดันให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนที่ดีด้วย

แมดดอกซ์ (Maddox, 1965: 9) กล่าวว่า "พฤติกรรมการเรียนหรือวิธีการเรียนของนักเรียน จะเป็นผลให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนแตกต่างกันได้"

พิซซินีและเชพาร์ดสัน (Pizzini and Shepardson, 1992: 243-244) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า สภาพแวดล้อมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งปฏิสัมพันธ์เหล่านี้มีผลต่อพฤติกรรมของนักเรียน เจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้รูปแบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์นั้น อาจช่วยให้นักเรียนมีพฤติกรรมที่สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนเป็นการกระทำหรือกิจกรรมที่นักเรียนแสดงออกในระหว่างการเรียนการสอน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกหรือการปฏิบัติของนักเรียนในระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หากนักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นระหว่างการเรียนการสอน จะช่วยให้นักเรียนมีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

ในการศึกษาพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนนั้น วิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้ คือ การสังเกตนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอนว่า นักเรียนได้แสดงออกหรือมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไรและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ใดที่นักเรียนปฏิบัติในระหว่างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

บอริช (Borich, 1994) แบ่งการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน โดยใช้เกณฑ์การกำหนดโครงสร้างในการสังเกตเป็นเกณฑ์จำแนก สรุปได้ว่ามี 3 ประเภทคือ

1. การสังเกตและรายงานพฤติกรรมเชิงบรรยาย การสังเกตพฤติกรรมลักษณะนี้มีการกำหนดโครงสร้างในการสังเกตน้อยที่สุด

2. การสังเกตและรายงานด้วยมาตราส่วนประมาณค่า การสังเกตแบบนี้ค่อนข้างจะมีโครงสร้างในการสังเกต

3. การสังเกตพฤติกรรมโดยใช้รหัส การสังเกตแบบนี้มีการกำหนดโครงสร้างรัดกุมที่สุด การสังเกตพฤติกรรมโดยใช้รหัส จะเน้นที่ความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

3.1 การแจงนับ (Counting systems) การสังเกตแบบนี้ผู้สังเกตจะดำเนินการสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ภายในเวลาที่กำหนดไว้ แล้วนับความถี่ของการเกิดพฤติกรรมดังกล่าว

3.2 การสังเกตแบบใช้สัญลักษณ์ (Sign systems) ผู้สังเกตจะบันทึกพฤติกรรมแต่ละอย่างที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ไม่ว่าพฤติกรรมดังกล่าวจะเกิดขึ้นกี่ครั้งก็ตามภายในช่วงเวลาที่กำหนด การสังเกตแบบใช้สัญลักษณ์ต่างจากการสังเกตแบบแจงนับ คือ มีช่วงเวลาในการสังเกตนานกว่า คือ ประมาณ 2-15 นาที และในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ผู้สังเกตสามารถสังเกตและพบพฤติกรรมได้หลายอย่าง

3.3 การสังเกตตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Event systems) ในการสังเกตแบบนี้ผู้สังเกตจะสังเกตพฤติกรรมตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่จำกัดช่วงเวลาและมีการบันทึกความถี่ของการเกิดพฤติกรรม แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าการเกิดพฤติกรรมเป็นผลต่อเนื่องหรือไม่เพราะความถี่ที่บันทึกไว้ไม่ได้เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกัน

นอกจากนี้ สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2535: 490-500) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน สรุปได้ดังนี้

1. การสังเกตโดยตรง การสังเกตลักษณะนี้เป็นการสังเกตที่ตัวบุคคลหรือนักเรียน ว่ามีพฤติกรรมและคุณสมบัติเป็นอย่างไร รวมถึงการสังเกตผลงานที่นักเรียนได้ทำออกมา วิธีการสังเกตโดยตรงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 การสังเกตตัวบุคคล ซึ่งประกอบด้วย การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยสังเกตลักษณะของพฤติกรรมดังนี้

1) สังเกตลักษณะของพฤติกรรมว่านักเรียนมีหรือไม่มี ทำหรือไม่ทำพฤติกรรมที่กำหนดไว้ การสังเกตลักษณะนี้ ใช้แบบสำรวจรายการที่ระบุรายการสิ่งที่จะสังเกตไว้เป็นเครื่องมือประกอบการสังเกตโดยครูสังเกตว่านักเรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นหรือไม่ ถ้าแสดงพฤติกรรมก็จะบันทึกลงไปในแบบสำรวจรายการนั้น

2) สังเกตระดับหรือคุณภาพของพฤติกรรมของนักเรียน การสังเกตลักษณะนี้อาจใช้มาตราส่วนประมาณค่าเป็นเครื่องมือในการสังเกต

3) สังเกตความถี่หรือปริมาณมากน้อยของพฤติกรรมนักเรียน การสังเกตลักษณะนี้เป็นการสังเกตระยะยาวแล้วจึงบันทึกผล อาจใช้มาตราส่วนประมาณค่าเป็นเครื่องมือในการสังเกต

1.2 สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยละเอียด แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1) สังเกตรายละเอียดของพฤติกรรมของนักเรียนและรายละเอียดของเหตุการณ์ที่นักเรียนแสดงพฤติกรรม โดยยังไม่ประเมินว่าพฤติกรรมนั้นดีหรือไม่ดี

2) สังเกตกระบวนการปฏิบัติงานของนักเรียน โดยใช้แบบบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติงาน

2. การสังเกตผลงาน การสังเกตลักษณะนี้เป็นการสังเกตผลผลิตที่นักเรียนทำออกมา ซึ่งอาจประเมินคุณภาพของงานเพียงอย่างเดียวโดยสังเกตคุณภาพด้วย หรือประเมินคุณภาพของงานเพียงอย่างเดียวโดยนับจำนวนงาน หรือประเมินทั้งปริมาณและคุณภาพประกอบกัน

ในการสังเกตพฤติกรรมนั้น ผู้สังเกตต้องกำหนดพฤติกรรมเป้าหมายให้ชัดเจน เพื่อจะได้สังเกตเห็นและเกิดความเข้าใจตรงกัน คาสดิน (Kazdin อ้างถึงใน สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต, 2532: 387) ได้เสนอเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมเป้าหมายไว้ดังนี้

1. จะต้องเป็นวัตถุวิสัย พฤติกรรมนั้นจะต้องบอกถึงลักษณะที่สังเกตเห็นได้และไม่ควรกล่าวถึงลักษณะภายในของบุคคล

2. จะต้องชัดเจน เมื่ออ่านพฤติกรรมเป้าหมายแล้วสามารถทำการสังเกตได้เลย

3. จะต้องสมบูรณ์ ขอบเขตของคำจำกัดความของพฤติกรรมนั้น สามารถทำให้รู้ว่าพฤติกรรมใดรวมหรือไม่รวมอยู่ในการกำหนดพฤติกรรมเป้าหมายนั้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ครูอาจเลือกใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนได้หลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสังเกตที่ครูกำหนด

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้สนใจทำการศึกษาไว้ดังนี้

โอเคบูโคลา (Okebukola, 1985) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 11 จำนวน 600 คน ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีความสัมพันธ์สูงกับด้านทักษะในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง และด้านการสังเกตและการบันทึกผลข้อมูล มีความสัมพันธ์ปานกลางกับด้านการวางแผนและการออกแบบการทดลอง และด้านเจตคติต่อการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และมีความสัมพันธ์ต่ำกับด้านการตีความหมายข้อมูล และด้านนิสัยในการทำงาน

โทบินและกัลแลคเฮอร์ (Tobin and Gallagher, 1987: 61-75) ได้ศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนภายในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8-12 และครู จำนวน 15 คน จากการศึกษา พบว่า นักเรียนที่มีส่วนร่วมในปฏิสัมพันธ์ภายในชั้นเรียนมาก มีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นด้วย

พิซซินีและเชพาร์ดสัน (Pizzini and Shepardson, 1992: 243-258) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบลักษณะของชั้นเรียน ซึ่งประกอบด้วย การจัดชั้นเรียน โครงสร้างของบทเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและพฤติกรรมของนักเรียน ระหว่างการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบปกติ กับการเรียนโดยการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 71 คน โดยแบ่งเป็นนักเรียนที่เรียนโดยการแก้ปัญหา จำนวน 42 คน และนักเรียนที่เรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบปกติ จำนวน 29 คน ผลการศึกษาพบว่า ในการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบปกติ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนกับโครงสร้างของบทเรียน การจัดชั้นเรียนหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ในขณะที่การเรียนโดยการแก้ปัญหา พฤติกรรมของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของบทเรียน การจัดชั้นเรียน หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน

ธาริณี เจียรวัฒนะ (2531) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ ตามการรับรู้ของนักเรียนที่มีสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนกการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง จำนวน 283 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การหาค่าร้อยละ จากการวิจัยพบว่า พฤติกรรมของนักเรียนที่มีส่วนส่งเสริมการเรียนในระดับมากที่สุดคือ การตั้งใจเรียนเสมอ การติดตามเรื่องที่เรียนอย่างสม่ำเสมอ การทำการบ้านด้วยตนเอง

ศิริวัฒน์ สงวนหมู่ (2532) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามการรับรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนกการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 452 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับสูง 161 คน ระดับปานกลาง 106 คน และระดับต่ำ 186คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงรับรู้ว่าพฤติกรรมที่มีส่วนส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การเข้าเรียนอย่างสม่ำเสมอและทันเวลา การมีสมาธิในการเรียน ฟังคำอธิบาย และติดตามเรื่องที่ครูสอนอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับปานกลางรับรู้ว่า พฤติกรรมที่มีส่วนส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับมากที่สุด คือ การเข้าเรียนอย่างสม่ำเสมอและทันเวลา นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับต่ำรับรู้ว่า พฤติกรรมที่มีส่วนส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับมากที่สุด คือ การเข้าเรียนอย่างสม่ำเสมอและทันเวลา ปรึกษาครูเมื่อมีปัญหาในการทำการบ้าน ฝึกทำโจทย์เพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ครูกำหนดให้จากหนังสือประกอบต่างๆ ซักถามปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนกับผู้รู้ และสรุปความคิดรวบยอดในแต่ละบทเรียนได้อย่างต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน

สุภร ปุริสังคหะ (2535 ) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน ระยะเวลาที่ใช้ในการสังเกต 3 เดือน จากการวิจัยพบว่า

1. พฤติกรรมการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่กลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 ปฏิบัติ คือ พฤติกรรมการเรียนทักษะการสังเกต พฤติกรรมการเรียนทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล พฤติกรรมการเรียนทักษะการทดลอง และพฤติกรรมการเรียนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงสรุป

2.พฤติกรรมการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่กลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 10 แต่น้อยกว่าร้อยละ 50 ปฏิบัติ คือ พฤติกรรมการเรียนทักษะการวัด พฤติกรรมการเรียนทักษะการคำนวณ พฤติกรรมการเรียนทักษะการพยากรณ์ พฤติกรรมการเรียนทักษะการตั้งสมมติฐาน และพฤติกรรมการเรียนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

3. พฤติกรรมการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่กลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 10 ปฏิบัติ คือ พฤติกรรมการเรียนทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

4. พฤติกรรมการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ไม่พบ คือ พฤติกรรมการเรียนทักษะการจำแนกประเภท พฤติกรรมการเรียนทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและพฤติกรรมการเรียนทักษะการกำหนดนิยามปฏิบัติการ

จากผลการวิจัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนดังกล่าวสรุปได้ว่า

1. พฤติกรรมการเรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โครงสร้างของบทเรียน การจัดชั้นเรียน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน

2. พฤติกรรมการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับทักษะในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง การสังเกตและการบันทึกผลข้อมูล การวางแผนและการออกแบบการทดลอง เจตคติต่อการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การตีความหมายข้อมูล และนิสัยในการทำงาน

3. พฤติกรรมการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่กลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 ปฏิบัติ คือ พฤติกรรมการเรียนทักษะการทดลอง และพฤติกรรมการเรียนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงสรุป ในขณะที่ไม่พบพฤติกรรมการเรียนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย