

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องทักษะปฏิบัติในการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การปฏิบัติการทดลอง
 - 1.1 ความหมายของการปฏิบัติการทดลอง
 - 1.2 ความสำคัญของการปฏิบัติการทดลอง
 - 1.3 จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง
 - 1.4 การเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง
2. ทักษะปฏิบัติการเคมี
 - 2.1 ความหมายของทักษะปฏิบัติการเคมี
 - 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการเคมี
 - 2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการเลือกใช้และการเก็บรักษาเครื่องมือ
 - 2.4 แนวคิดเกี่ยวกับการดำเนินการทดลองและเทคนิคการทดลอง
 - 2.5 แนวคิดเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลอง
3. การวัดและประเมินผลการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของการวัดผลและประเมินผล
 - 3.2 วิธีการวัดและประเมินผลการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการทดลอง
 - 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

การปฏิบัติกรทดลอง

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด รู้จักค้นคว้าหาเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง โดยการนำเอาวิธีการต่าง ๆ ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มิใช่รับรู้จากสิ่งที่ครูบอกให้เท่านั้น ดังนั้นการเรียนการสอนจึงมิได้มุ่งให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิชาเพียงอย่างเดียว แต่ยังมุ่งให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ เพราะถ้าหากเปิดโอกาสให้นักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับการทดลองอย่างจริงจังแล้ว จะช่วยให้นักเรียนเพิ่มพูนทักษะการวิจัยและอุปกรณาค้นคว้าขึ้น โดยจะมีค่าใช้จ่ายเพียงแต่รายงานผลการเรียนเนื้อหาสาระได้อย่างเดียวเท่านั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522: 1) ได้มีการกำหนดกิจกรรมหลักในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การทดลอง
2. การอภิปรายซักถามระหว่างครูและนักเรียน

การทดลอง เป็นกิจกรรมที่สำคัญที่จะทำให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง ตลอดจนสามารถมองเห็นปัญหาเมื่อผลการทดลองแตกต่างออกไป ทั้งนี้เพราะในระหว่างทดลองนักเรียนได้ใช้ทักษะต่าง ๆ เช่น การสังเกต การเลือกใช้เครื่องมือ การควบคุมตัวแปร การดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูล ด้วยตนเองทั้งสิ้น

ส่วนการอภิปรายซักถามระหว่างครูและนักเรียนนั้น ในหนังสือวิชาเคมี เขียนขึ้นในลักษณะที่มีการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการตั้งปัญหาและเสนอแนะการทดลองหรือข้อมูล พร้อมทั้งให้แนวตอบคำถามประกอบเพื่อจุดมุ่งหมายให้นักเรียนไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง

ความหมายของการปฏิบัติกรทดลอง

ในเรื่องการทดลองวิทยาศาสตร์นั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524: 16) ได้อธิบายเกี่ยวกับการทดลองไว้สรุปได้ดังนี้

การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติกรเพื่อหาคำตอบหรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด
 - 1.1 วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับกำกหนด และควบคุมตัวแปร)
 - 1.2 อุปกรณ์ และ/หรือ สารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง
3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

สุวัณท์ นิยมคำ (2517: 58-60 อ้างถึงงาน ฉลองพร แก้วชิวาภรณ์, 2526:

21-22) กล่าวถึง การปฏิบัติการทดลองสรุปได้ว่า เป็นกระบวนการที่รวมเอากระบวนการหลายๆ อย่างมาผสมกันทั้งการสังเกต การตั้งสมมติฐาน การวัด การคำนวณ การควบคุมตัวแปร การถ่ายทอดผลงาน การลงความเห็น การแปลผลจากข้อมูลและยังเป็นการพิสูจน์ยืนยันความจริงบางอย่างหรือเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ กิจกรรมที่เรียกว่าเป็นการทดลองนั้นต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ภาควางแผนทดลอง หรือภาคทฤษฎี (Experimental planning)
2. ภาคปฏิบัติการทดลอง (Performing or action)

นอกจากนี้ยังได้แบ่งประเภทของกิจกรรมการทดลองเป็น 3 ประเภท คือ

1. การทดลองแบบลองผิดลองถูก เป็นวิธีการทดลองที่ไม่มีหลักการที่เท่าคนัก แต่บางครั้งมีความจำเป็นเพราะบางปัญหาไม่รู้จะทำทดลองอย่างไรดี ไม่สามารถทดลองอย่างไรระบบได้ จึงต้องลองทำเพื่อจะได้คำตอบออกมา

2. การทดลองแบบไม่มีการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ การทดลองแบบนี้มีกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว เป็นการหาคำตอบจากกลุ่ม มีการทดลองตั้งแต่การทดลองง่าย ๆ จนถึงการทดลองที่ยุ่งยาก ซับซ้อน หรือการทดลองที่มีแบบแผน

3. การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ การทดลองแบบนี้ แบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบหรือตรวจสอบซึ่งกันและกัน แต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติและสิ่งแวดล้อมเหมือนกันทุกประการ จนถือได้ว่าไม่มีอะไรแตกต่างกัน กลุ่มที่ 1 เรียกว่า กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 เรียกว่า กลุ่มทดลอง

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การปฏิบัติการณ์ทดลองมีความสำคัญต่อการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ รวมทั้งวิชาเคมี เพราะเป็นกระบวนการที่รวมเอากระบวนการหลาย ๆ อย่างมาผสมกัน เช่น การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การเลือกใช้เครื่องมือ การดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูล ด้วยตนเองทั้งสิ้น

ความสำคัญของการปฏิบัติการณ์ทดลอง

กิจกรรมการปฏิบัติการณ์ทดลอง เป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญในการปลูกฝังกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน จึงมีผู้กล่าวถึงความสำคัญของการปฏิบัติการณ์ทดลอง ดังนี้

จอห์น เอส ริชาร์ดสัน (Richardson 1957:70-73) กล่าวว่า "การทำงานปฏิบัติการณ์ วิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ หลักการและการนำเอาหลักการไปใช้ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจงานข้อเท็จจริง หลักการ มโนทัศน์ และข้อสรุปต่าง ๆ ของวิชา วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ในสถานการณ์งาน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์"

เอ็ดมันด์ ที เอมเมอร์ (Emmer 1970: 160) กล่าวว่า "ในการทำงานปฏิบัติการณ์ วิทยาศาสตร์หรือการฝึกฝนในวิชาอื่นๆ ไม่เพียงแต่จะฝึกฝนความชำนาญของกล้ามเนื้อหรืออวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเท่านั้น ยังรวมถึงการฝึกทักษะในการแก้ปัญหา การรวบรวมรายละเอียด เพื่อให้เกิดมโนทัศน์และก่อให้เกิดเจตคติที่ดีในวิชานั้น ๆ อีกด้วย"

เจย์ วาลโด กรอสมาร์ค (Grosmark 1973: 3176-A)กล่าวว่า "การทำกิจกรรมปฏิบัติการณ์ทดลองบ่อย ๆ จะทำให้นักเรียนมีทักษะการทดลองดีขึ้น"

โรเจอร์ โอ แอนเดอร์สัน (Anderson 1976: 59-60) กล่าวเกี่ยวกับความสำคัญ ของกิจกรรมปฏิบัติการณ์ทดลองวิทยาศาสตร์ไว้ สรุปได้ว่า การทำงานปฏิบัติการณ์วิทยาศาสตร์เปิด โอกาสให้นักเรียนรู้ถึงวิธีการอย่างมีหลักการ รวมทั้งช่วยทำให้เกิดความรู้สึกซาบซึ้งต่อบทบาท ของนักวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ และช่วยให้เข้าใจขอบข่ายของวิชาวิทยาศาสตร์

เจ พาติลลา (J. Padilla) นักการศึกษาจากประเทศเม็กซิโก ได้กล่าวไว้ในการประชุมนานาชาติเกี่ยวกับการศึกษาวิชาเคมี IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ที่ประเทศไอร์แลนด์ เมื่อปี ค.ศ.1979 สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิชาเคมีที่เน้นการทดลองเป็นหลัก จะก่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ต่อไป ดังนั้น การสร้างหลักสูตรรายวิชาเคมีใด ๆ ก็ตาม ควรจะต้องมีการทดลองในทุกหัวข้อของวิชาเคมี เพื่อครูและนักเรียนจะได้ไม่หลีกเลี่ยงงานการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ และในการทดสอบจะต้องรวมการทดลองไว้ด้วย (IUPAC 1979: 253)

วินเซนต์ เอน ลูเนตตา และคณะ (Lunetta and et al. 1981:22-25) ได้กล่าวถึงความสำคัญของกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า กิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญา ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทางนิมาน (Positive)

นอกจากนี้ วินเซนต์ เอน ลูเนตตา (Lunetta 1982:21) ยังได้กล่าวถึงความสำคัญของกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการสรุปว่า กิจกรรมการทดลองจะช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ได้แก่

1. การแก้ปัญหา
2. การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ในการรวบรวมข้อมูล
3. การใช้เครื่องมือ
4. การสรุปหลักการและมโนทัศน์จากข้อมูล
5. การนำความรู้เดิมไปทำนายสิ่งที่พบใหม่
6. การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา
7. การรายงานผลการทดลอง

ลินดา เปเรซ (Perez 1982: 20-21) กล่าวถึงการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า "การปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะช่วยให้เด็กได้เข้าใจถึงเค้าโครงของวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ จะทำให้เด็กเกิดทักษะในรูปแบบต่าง ๆ และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการสืบสอบหาความรู้"

กึ่งฟ้า สินธุวงษ์ (2521: 92) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการปฏิบัติการทดลองไว้ว่า การปฏิบัติการทดลองเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ และได้ฝึกทักษะกระบวนการอันเป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกัน ในขณะที่ทำการทดลอง มีโอกาสที่จะได้สัมผัส และรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาให้รู้จักรับผิดชอบร่วมกันและมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

มังกร ทองสุชาติ (2525: 573) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับจากการทดลองปฏิบัติการทดลอง ดังนี้

1. ได้รู้วิธีแก้ปัญหา
2. รู้จักวิธีการสังเกตอย่างรอบคอบ
3. มีวิธีการคิดหาเหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ
4. ได้ฝึกการนำข้อมูลอย่างมีระบบ
5. ช่วยส่งเสริมให้เกิดความสนใจในสิ่งแวดล้อม
6. กระตุ้นให้นักเรียนรู้จักการนำเหตุผล

บุผา ตันติเจริญ (สสวท.2529: คานถลง) ได้กล่าวถึงความสำคัญของกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "การปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะให้ประสบการณ์ตรงต่อผู้เรียน และช่วยเสริมสร้างให้เกิดทักษะภาคปฏิบัติ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง"

จากที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่า การปฏิบัติกรทดลองวิทยาศาสตร์นั้นทำให้เกิดประสบการณ์ตรงต่อผู้เรียน ช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ให้ผู้เรียน อันได้แก่ การแก้ปัญหา การสังเกตอย่างรอบคอบ ผิดการคิดหาเหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งทำให้เกิดการสรุปหลักการและมโนทัศน์จากข้อมูลไม่คลาดเคลื่อน และทำให้เกิดความเข้าใจงานบทเรียนมากขึ้น

จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง

โรเจอร์ โอ แอนเดอร์สัน (Anderson 1976: 60-79) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจงานกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
2. เพื่อปลูกฝังทักษะการสืบสอบ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้กับปัญหาอื่น ๆ ได้
3. เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้สึกซาบซึ้งและ เลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์
4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้สึกซาบซึ้งต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทางด้านความเข้าใจงานธรรมชาติ ทฤษฎีและแบบจำลองวิทยาศาสตร์

วินเซนต์ เอน ลูเนตตา และคณะ (Lunetta and et al. 1981: 22-25) กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ที่แบ่งตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ด้านความคิด (Cognitive) มีจุดมุ่งหมายเพื่อ
 - 1.1 ส่งเสริมพัฒนาการทางความคิด
 - 1.2 ส่งเสริมการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
 - 1.3 พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา
 - 1.4 พัฒนาความคิดสร้างสรรค์
 - 1.5 เพิ่มความเข้าใจงานวิชาวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านการปฏิบัติ (Practical) มีจุดมุ่งหมายเพื่อ
 - 2.1 พัฒนาทักษะการสืบสอบ
 - 2.2 พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 2.3 พัฒนาทักษะการเสนอรายงานผล
 - 2.4 พัฒนาทักษะการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น
3. ด้านความรู้สึก (Affective) มีจุดมุ่งหมายเพื่อ
 - 3.1 ส่งเสริมให้มีทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์
 - 3.2 ส่งเสริมการยอมรับและเข้าใจบุคคลอื่น

ลี เอส ชุลแมน และ พี ทาเมอร์ (Shulman and Tamir quoted in Hofstein & Lunetta 1982: 203) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้างและความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหา
3. เพื่อส่งเสริมความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อพัฒนาความเข้าใจ มโนทัศน์ และความสามารถทางสติปัญญา
5. เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ

การเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง

การเรียนการสอนในหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เน้นให้นักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยนักเรียนได้ทำการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง การจัดการเรียนการสอนในการปฏิบัติการทดลองให้บรรลุเป้าหมายไว้ต้นนั้นต้องมีการกำหนดสิ่งต่าง ๆ ให้สอดคล้องกัน เช่น บทบาทของครูผู้สอน ลำดับขั้นตอนของการสอน และกิจกรรมปฏิบัติการ ดังนั้น ในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองจึงประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

1. บทบาทของครูในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง
2. ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลอง
3. ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

บทบาทของครูในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง

ในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองนี้ ถึงแม้จะกำหนดให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองก็ตาม แต่ครูก็ยังมีบทบาทต่อการสอนด้วย ซึ่ง อาร์เทอร์ จี ฮอฟ (Hoff 1950: 173-175) ได้กล่าวเกี่ยวกับบทบาทของครูไว้ว่า "ครูทำหน้าที่เป็นผู้คอยดูแลช่วยเหลือนักเรียนเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ โดยครูควรอยู่ห่างจากนักเรียนทำการทดลองตลอดเวลา และควรยืนอยู่ตามหลังที่นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง"

โรเบิร์ต บี ซันด์ และ เลสลีย์ ดับบลิว โทรว์บริดจ์ (Sund and Trowbridge 1967: 93-95) ได้กล่าวเกี่ยวกับทักษะที่ครูควรสร้างให้เกิดขึ้นกับนักเรียนไว้ว่า

1. ทักษะในการให้ได้มาซึ่งข้อมูล (Acquisitive Skills) เป็นการรวบรวมเอากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทุกอย่างเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ได้แก่ การรับฟัง การสังเกต การค้นคว้า การสอบถาม การอ่าน ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวกับการทดลอง การรวบรวมข้อมูลมาจัดเป็นระเบียบพร้อมทั้งบันทึก และการวิจัย
2. ทักษะในการจัดระเบียบข้อมูล (Organizational Skills) ได้แก่ การบันทึกข้อมูลในรูปแบบของ ตาราง แผนภูมิ การเปรียบเทียบข้อมูลในส่วนที่เหมือนกันและต่างกัน การจัดจำแนกข้อมูลออกเป็นประเภท การจัดข้อมูลโดยเรียงตามลำดับเหตุการณ์ การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายข้อมูล
3. ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ (Creative Skills) ได้แก่ การมองเห็นปัญหาและหาทางแก้ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การสังเกตผล และรู้จักนำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาผสมผสานจนกลายเป็นกฎหรือความจริงหลัก

4. ทักษะในการติดตั้ง ไขและซ่อมแซมเครื่องมือ (Manipulative Skills) ได้แก่ ความสามารถไขเครื่องมือได้อย่างถูกต้องและรู้ส่วนประกอบของเครื่องมือ ความสามารถในการดูแลรักษาเครื่องมือ ความสามารถในการสร้างเครื่องมืออย่างง่าย ๆ และการซ่อมแซมเครื่องมือในส่วนที่ง่าย ๆ

5. ทักษะในการสื่อความหมาย (Communicative Skills) ได้แก่ การอธิบายความคิดเห็นของตนเอง การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การอธิบายได้อย่างชัดเจน การรายงานและเขียนผลการทดลอง

ประวิตร ชูศิลป์ (2524: 5-6) กล่าวถึงบทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนที่มีการทดลองไว้ว่า

บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนที่มีการทดลอง มีอยู่ 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-Lab Discussion)

ผู้สอนจะต้องพยายามเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทางเพื่อนักเรียนจะได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ

ตอนที่ 2 การทำให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period)

ผู้สอนจะต้องคอยดูเวลาที่คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น สนับสนุน และเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วย มีข้อสงสัยให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองกันตามลำพังฝ่ายเดียว

ตอนที่ 3 การอภิปรายภายหลังการทดลอง (Post-Lab Discussion)

ผู้สอนจะต้องเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถชี้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่าง ๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาด (Error) ของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย

ในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง ครูจึงมีบทบาทเป็นเพียงผู้ที่ยกคำแนะนำ คอยช่วยเหลือและคอยสนับสนุนให้นักเรียนสนใจ และตั้งใจทำการปฏิบัติการทดลอง ครูไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรปล่อยให้เด็กเรียนทำการค้นคว้าทดลองด้วยตนเอง

ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลอง

น้อมฤดี จงพยุหะ สมาชิก ฤทธิสนธิ์ และพยอม ตันเมณี (2519: 44-46) เสนอแนะ ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. **ขั้นเตรียม** กิจกรรมในขั้นนี้ คือ การจัดแบ่งกลุ่มนักเรียน อธิบายถึง ระเบียบที่ควรปฏิบัติการทดลอง ให้นักเรียนอ่านสมุดปฏิบัติการมาล่วงหน้า และ การอธิบายให้นักเรียนรู้จักอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ

2. **ขั้นปฏิบัติการ** กิจกรรมในขั้นนี้ คือ การให้นักเรียนแยกย้ายกันไปตาม กลุ่มที่จัดไว้แล้วลงมือปฏิบัติการตามขั้นต่าง ๆ ที่อยู่ในสมุดปฏิบัติการ ให้นักเรียน สังเกตผลการทดลองตามลำดับขั้น และบันทึกผลที่ได้ลงในสมุด ในขั้นนี้ครูจะคอย ดูแลนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ ให้ความช่วยเหลืออย่างทั่วถึง และคอยแนะนำข้อสงสัย ต่างๆ

3. **ขั้นสรุปผลและประเมินผล** กิจกรรมในขั้นนี้ประกอบด้วย ครูซักถามนักเรียนถึงผลที่ได้จากการปฏิบัติการ ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึง ผลที่ได้จากการปฏิบัติการ พยายามส่งเสริมให้นักเรียนเปรียบเทียบผลที่ได้ใน กลุ่มของตนและกลุ่มของเพื่อน ๆ ว่ามีสาเหตุอะไรที่แตกต่างกัน

ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

สำหรับการให้นักเรียนทำปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปจัดได้ 2 แบบคือ

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory)
2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory)

แจ็กเกอลีน สเปียร์ส และคีน ซอลแมน (Spears and Zollman 1977: 34-35)

ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ดังนี้

การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) เป็นรูปแบบที่
 กำหนดซึ่งงานการทดลองแบบนี้จะมีความสั่งและวิธีการปฏิบัติการทดลองมาให้แก่นักเรียน
 เสร็จ ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory)
 เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ (Inquiry) ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้น
 และสืบสอบในหลักการที่กำลังวิเคราะห์ห้วิจารณ์กันในห้องเรียน

นอกจากนี้ แจกเกอลีน สเปียร์ส และ ดิน ซอลแมน ยังได้เปรียบเทียบขั้นตอนการ
 ทำการปฏิบัติการทดลองทั้งสองแบบ สรุปได้ดังนี้

<u>การทดลองแบบสำเร็จรูป</u>	<u>การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง</u>
1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในห้องเรียน	1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในห้องเรียน
2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึง เครื่องมือที่จะใช้	2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึง เครื่องมือที่จะใช้
3. กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา	3. ชักถามนักเรียนเพื่อหาทางแก้ปัญหา
4. ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับข้อสรุปที่ได้	4. ให้นักเรียนแสดงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้
5. ให้นักเรียนลงความเห็นจากข้อมูล และให้ อธิบายข้อความเพิ่ม	

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการทดลองทั้งสองแบบ มีขั้นตอนที่สามที่แตกต่างกันอย่าง
 เด่นชัดคือ การทดลองแบบสำเร็จรูป จะกำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองมาให้แก่นักเรียน ส่วนการ
 ทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง จะไม่กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลอง สำหรับขั้นตอนแรก ขั้นตอน
 สอง และขั้นตอนที่ห้ามีลักษณะคล้าย ๆ กัน

สุวัณท์ นิยมคำ (2517:142-144) กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง
 วิทยาศาสตร์แบบสำเร็จรูป และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางไว้ ดังนี้

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่น ๆ ให้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งงานคู่มือการทดลอง (Lab-Direction)

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory) การทดลองแบบนี้ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบโดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้วจึงแยกย้ายกันทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง การทดลองแบบนี้เป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางด้านความคิด ควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อนแล้วจึงลงมือทำการทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลองครูปฏิบัติในฐานะเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการสร้างแบบการทดลอง ตามลำดับ

สำหรับการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในโรงเรียนต่างๆ ของประเทศไทย ซึ่งใช้หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีการกำหนดการทดลองมาให้ จึงจัดว่าเป็นการทดลองแบบสำเร็จรูป

ทักษะปฏิบัติการเคมี

ความหมายของทักษะปฏิบัติการเคมี

ดีเรค ราวน์ทรี (Rowntree 1981:285) ได้ให้ความหมายของทักษะว่า "ทักษะ หมายถึง ความสามารถทางร่างกาย หรือทางสมองที่จะเรียนรู้การปฏิบัติในสิ่งซ้ำ ๆ กัน"

ราชบัณฑิตยสถาน (2525: 456) ได้ให้ความหมายของทักษะว่า "ทักษะ หมายถึง ความชำนาญ มีฝีมือ หรือความชำนาญในงาน"

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.2523: 1) ได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติว่า "ทักษะภาคปฏิบัติหมายถึง ความชำนาญในการใช้เครื่องมือทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลอง ทำการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว มี

ความละเอียดรอบคอบ และคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น"

อนันต์ ศรีโสภณ (2524: 18) ได้กล่าวไว้สรุปได้ว่า การฝึกทักษะหมายถึง การกระทำอันได้แก่ การพัฒนาทักษะต่าง ๆ ในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการและการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างระมัดระวัง และมีความปลอดภัย

พิศาล สร้อยธุระ (2525:47) ได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า "ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง ทักษะในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ การสังเกต การจัดประเภท การพัฒนาโครงสร้างและหาความสัมพันธ์ ตลอดจนการแสวงหาความรู้ การรวบรวม และการรายงานผลอย่างมีประสิทธิภาพ"

แนวคิดเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการเคมี

ประวิตร ชูศิลป์ (2524:15-16) ได้กล่าวถึง ทักษะด้านการปฏิบัติการซึ่งเป็นทักษะในการกระทำหรือปฏิบัติ สรุปได้ว่า ทักษะด้านการปฏิบัติการอาจจำแนกได้เป็น 2 พวก คือ

1. ทักษะภาคปฏิบัติ เป็นทักษะที่สามารถสังเกตได้ในขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติการทดลองโดยตรง ได้แก่

1.1 ทักษะในการปฏิบัติการ ได้แก่ การหยิบจับอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.2 ทักษะในการสังเกต ได้แก่ การสังเกตเพื่อค้นหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบ และการสังเกตผลการทดลอง

1.3 ทักษะในการดำเนินการทดลอง ได้แก่ การปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนดไว้ในแบบเรียนหรือคู่มือการทดลอง และการเตรียมการหรือการคิดค้นวิธีใหม่

2. ทักษะในการสื่อความหมายภาคปฏิบัติ เป็นทักษะในการบันทึกผล และการใช้ผลการทดลองที่ได้รวบรวมไว้ในสมุดหรือรายงานการทดลอง ซึ่งได้แก่

2.1 ทักษะในการบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ การบันทึกผลการทดลองเป็นตาราง หรือกราฟ หรือเขียนแผนภาพ และการจัดบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกต

2.2 ทักษะในการใช้ผลการทดลอง ได้แก่ การคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ได้ การแปลความหมายข้อมูลเพื่อหาข้อสรุป การประเมินสมมติฐานโดยอาศัยข้อมูลที่ได้และการหาข้อสรุปที่นอกเหนือไปจากสิ่งที่สังเกตได้

โรเบิร์ต บี. ซันด์ และเลสลี ดับบลิว. โทรว์บริดจ์ (Sund and Trowbridge 1967: 86-107) ได้กล่าวถึง ความรู้ความสามารถ และทักษะที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีลักษณะหลายด้านที่ควรพัฒนา ไว้ดังนี้

1. ความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของการทดลอง
2. การใช้เครื่องมือ
3. การวัดและการคำนวณอย่างง่าย
4. การเขียนรายงานการทดลอง
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
6. ความเข้าใจในโครงสร้างและการอ่านกราฟ
7. การอธิบายปรากฏการณ์อย่างง่ายที่เกิดขึ้น
8. การสาธิตการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง
9. การทำความเข้าใจและเก็บรักษาเครื่องมือ

คีโรบลต์ อี. คลอปเฟอร์ (Klopper 1972: 565-580) ได้กล่าวถึงทักษะในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า นักเรียนที่มีทักษะในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ หมายถึง นักเรียนที่สามารถติดตั้งเครื่องมือเพื่อการสาธิต หรือการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย และเป็นอันตรายต่อตนเอง เช่น ตะเกียงแอลกอฮอล์ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งทักษะในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์นี้ เป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของการสอนวิทยาศาสตร์ที่ครูผู้สอนต้องการให้เกิดขึ้นแก่นักเรียน

ธงชัย ชิวปรีชา (2537: 64-67) ได้กล่าวถึงทักษะปฏิบัติการสรุปได้ว่า การทำปฏิบัติการถือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์และการประกอบอาชีพนักวิทยาศาสตร์ หรืออาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่ได้ใช้เฉพาะทักษะหรือ

ความแคล่วคล่องในการใช้มือ ประสาทสัมผัสกล้ามเนื้อ และอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเพียง
อย่างเดียว แต่ต้องใช้ทักษะและความสามารถทางปัญญาเข้าไปด้วย

นอกจากนี้ยัง ชงชัย ชิวปรีชา (2537:64-67) ได้กล่าวถึง ขอบข่ายของพฤติกรรม
ที่พึงประสงค์ด้านทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ด้าน สรุปได้ดังนี้

1. ทักษะและความสามารถด้านออกแบบและวางแผน
2. ทักษะและความสามารถด้านปฏิบัติการหรือด้านดำเนินการ
3. ทักษะและความสามารถด้านวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล
4. ทักษะและความสามารถด้านการนำไปใช้

ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผู้เรียนที่มีความ
สามารถด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการออกแบบ และวางแผน ประกอบด้วย
 - 1.1 ความสามารถในการกำหนดนิยามปัญหาที่จะศึกษาค้นคว้า
 - 1.2 ความสามารถในการทำนายหรือคาดการณ์ล่วงหน้าเกี่ยวกับผลที่จะได้จากการศึกษาค้นคว้า
 - 1.3 ความสามารถในการตั้งสมมติฐานที่จะทำการทดสอบในการศึกษาเรื่องนั้นๆ
 - 1.4 ความสามารถในการออกแบบวิธีการสังเกตหรือการวัดตัวแปรต่าง ๆ
 - 1.5 ความสามารถในการออกแบบการทดลอง
2. ด้านการดำเนินการ ประกอบด้วย
 - 2.1 ความสามารถในการดำเนินการทดลองทั้งการทดลองเชิงคุณภาพ และการทดลองเชิงปริมาณ
 - 2.2 ความสามารถในการใช้เครื่องมือ
 - 2.3 ความสามารถในการบันทึกผลการสังเกตและผลการทดลองทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ
 - 2.4 ความสามารถในการคิดคำนวณผลการทดลอง
 - 2.5 ความสามารถในการตัดสินใจ เลือกและประยุกต์เทคนิคที่จะใช้ในการทดลอง

- 2.6 ความสามารถในการทำงานตามแผนที่ตนเองได้จัดทำไว้
3. ด้านการวิเคราะห์ และแปลความหมาย ประกอบด้วย
 - 3.1 ความสามารถในการแปลผลการทดลองให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานรวมทั้งการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ กราฟ ฯลฯ
 - 3.2 ความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ
 - 3.3 ความสามารถในการหาขอบเขตความเที่ยงตรงของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
 - 3.4 ความสามารถในการระบุและอภิปรายเกี่ยวกับข้อจำกัด และ/หรือข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษาค้นคว้านั้น ๆ
 - 3.5 ความสามารถในการสร้างและเสนอข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า
 - 3.6 ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ
 - 3.7 ความสามารถในการสร้างคำถามใหม่หรือนิยามปัญหาใหม่ ๆ จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป
4. ด้านการนำเสนอ ประกอบด้วย
 - 4.1 ความสามารถในการใช้ข้อค้นพบจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทานายหรือคาดการณ์สิ่งหรือเรื่องใหม่ ๆ
 - 4.2 ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน โดยอาศัยข้อค้นพบจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้
 - 4.3 ความสามารถในการนำเทคนิควิธีการที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ไปใช้กับปัญหาอื่นหรือตัวแปรอื่น

วินเซนดี เอน ลูเนตตา และคณะ (Lunetta and et al.1981:22-25)

แบ่งพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 ด้าน คือ

1. การวางแผนและการออกแบบการทดลอง (Planning and Design) ได้แก่ การตั้งคำถาม การทำนายผลการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การออกแบบวิธีดำเนินการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง (Performance) ได้แก่ การดำเนินการทดลอง การใช้เครื่องมือ การสังเกต และการจดบันทึกข้อมูล

3. การวิเคราะห์และแปลผล (Analysis and Interpretation) ได้แก่ การจัดกระทำข้อมูล การอธิบายความสัมพันธ์ การสรุปหลักการทั่วไป การตรวจความถูกต้องของข้อมูล กำหนดข้อตกลงและขอบเขต การตั้งคำถามจากผลการทดลอง

4. การนำความรู้ไปใช้ (Application) ได้แก่ การทำนายสถานการณ์ใหม่ การตั้งสมมติฐานโดยอาศัยผลที่ได้จากการทดลอง การนำเทคนิคต่าง ๆ ในปฏิบัติการทดลองไปใช้แก้ปัญหาใหม่

ทพวงมหาวิทยาลัย (2524: 134-136) ได้เสนอถึงประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการมีทักษะปฏิบัติการทดลองสรุปได้ว่า การมีทักษะปฏิบัติการทดลองจะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. มีความปลอดภัย เนื่องจากการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการนั้นจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงวิธีการใช้ที่ถูกต้องและมีทักษะ ซึ่งจะช่วยให้ตนเอง และผู้อื่นปลอดภัยจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติการทดลอง

2. ความมีประสิทธิภาพในการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมและถูกต้องจะก่อให้เกิดผลการทดลองดำเนินไปด้วยดี รวดเร็ว และแม่นยำ แต่ถ้าเลือกอุปกรณ์ไม่เหมาะสมและไม่มีความรู้ในการใช้ จะก่อให้เกิดผลการทดลองผิดพลาดมาก

3. ผลทางเศรษฐกิจ การมีทักษะปฏิบัติการทดลองจะช่วยประหยัดงบประมาณในการซื้ออุปกรณ์และสารเคมี เพราะถ้าเครื่องมือบางชิ้นและสารเคมีบางชนิดมีราคาแพงมาก การใช้ที่ไม่ถูกวิธี นอกจากก่อให้เกิดอันตรายแล้ว อาจทำให้เครื่องมือหรือวัสดุเสียหายใช้การไม่ได้ ต้องจัดซื้อใหม่ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองงบประมาณ และมีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติด้วย

จากแนวคิดเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการเคมีที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การทำปฏิบัติการเป็นหัวใจสำคัญของทั้งการเรียนวิทยาศาสตร์ และการประกอบอาชีพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ทั้งทักษะหรือความคล่องแคล่วในการใช้มือ และความสามารถทางปัญญา ทักษะในการปฏิบัติการอาจจำแนกได้ 2 ประเภท คือ ทักษะภาคปฏิบัติ และทักษะในการสื่อความหมายภาคปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านการออกแบบและวางแผน ด้านการปฏิบัติการหรือด้านการดำเนินการ ด้านวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล และด้านการนำเสนอ นักเรียนที่มีทักษะปฏิบัติการทดลองก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการคือ มีความปลอดภัย มีประสิทธิภาพในการทดลอง และส่งผลทางเศรษฐกิจงานแห่งการประหยัดงบประมาณ

แนวคิดเกี่ยวกับการเลือกใช้และเก็บรักษาเครื่องมือ

สำหรับทักษะในด้านการใช้เครื่องมือ (Manipulative Skill) และการเก็บรักษาเครื่องมือ นั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.2529: 24) ได้เน้นถึงทักษะในการเลือกและใช้เครื่องมือว่า "เป็นสิ่งจำเป็นและควรปลูกฝังให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน ซึ่งทักษะในการเลือกและใช้เครื่องมือ นั้น เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสม ใช้เครื่องมือในการทดลองได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งอ่านหรือประมาณค่าที่ได้จากการวัดนั้นได้อย่างถูกต้องหรือใกล้เคียง"

สุวัฒน์ นิยมคำ (2517: 18) ได้กล่าวถึง ทักษะจำเป็นที่นักเรียนควรจะต้องมีว่า ประกอบด้วยทักษะดังต่อไปนี้

1. รู้จักติดตั้งเครื่องมือ นำเครื่องมือที่ใช้ทั้งหมดมาประกอบและติดตั้งได้ด้วยความคล่องแคล่ว ชำนาญ และไม่เกะกะเก้งก้าง
2. ใช้เครื่องมือเป็น รู้ว่าเครื่องมืออะไร ใช้สำหรับทำอะไร มีขีดจำกัดแค่ไหน ใช้อย่างไร อ่านสเกลอย่างไร
3. ซ่อมแซมเครื่องมือในส่วนที่ง่าย ๆ ได้เมื่อเกิดชำรุด
4. สร้างเครื่องมือง่าย ๆ ได้
5. รู้จักเก็บรักษาเครื่องมือให้ปลอดภัย

งาน พรายเข้มแข็ง (2514: 21-22) กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงถึงทักษะและความสามารถในด้านการกระทำว่า

พฤติกรรมที่แสดงถึงทักษะและความสามารถในด้านการกระทำ (Functional Skills and Abilities) คือ ทักษะและความสามารถในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น การชั่ง จะสังเกตได้จากสิ่งเหล่านี้ คือ การตวง การวัด การสังเกต การจดบันทึก ได้แก่

1. การใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องและเหมาะสม
2. การเก็บรักษาเครื่องมือ
3. การปฏิบัติตามทดลองตามลำดับขั้น
4. การสังเกตความเหมือนและความแตกต่างกันของสิ่ง 2 สิ่ง
5. การมีสมาธิในการสังเกตและทดลอง
6. การเสนอรายงานด้วยปากเปล่าและข้อเขียน
7. ความละเอียดถี่ถ้วนของข้อมูลที่รวบรวมได้
8. ความเป็นระเบียบของการจดบันทึกหรือรีดยอ
9. การจับใจความสำคัญจากการอ่านได้ถูกต้อง
10. การสังเกตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

ประหยัด จันทรขมภู และ ประสพสันต์ อักษรมัต (2518: 23-24) ได้กล่าวเน้นถึงทักษะในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ควรเกิดขึ้นแก่นักเรียน ไว้ดังนี้

1. ให้นักเรียนมีทักษะในการหยิบ การใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ชำนาญ และปลอดภัย
2. ให้นักเรียนมีทักษะในการทำความสะอาดและเก็บรักษา
3. ให้นักเรียนรู้จักประดิษฐ์เครื่องมือต่าง ๆ
4. ให้นักเรียนสามารถชั่ง ตวง วัด และทำการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2529: 15) ได้เสนอแนะสรุปได้ว่า การปฏิบัติภารกิจ การใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ใ้ถูกวิธีนั้นสำคัญมาก เพื่อที่จะป้องกันอันตรายและอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น ใ้กับผู้ทำการทดลองหรือผู้ที่อยู่ใกล้เคียง ดังนั้น ครูควรแนะนำวิธีการใช้อุปกรณ์ที่นักเรียนยังไม่ เคยใช้ ส่วนอุปกรณ์ที่เคยใช้แล้วครูควรมีการทบทวนการใช้อุปกรณ์นั้น ๆ

ยุพา ตันติเจริญ (2529: คานดลง) กล่าวว่า"ในกิจกรรมการเรียนใ้ให้ประสบการณ์ ตรงแก่ผู้เรียน คือ งานภาคปฏิบัติและการทดลอง ใ้จะให้ผลดีนักเรียนจะต้องมีทักษะในการใช้ เครื่องมือ"

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522: 139-142) ใ้เน้น ความสำคัญของการทดลองว่า

การทดลองเป็นกิจกรรมที่ทาให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะภาคปฏิบัติ และได้กำหนด ทักษะปฏิบัติไว้ 29 ทักษะ ดังต่อไปนี้

ทักษะ 1 การใ้เทอร์โมมิเตอร์ หมายถึง การใ้และการอ่านเทอร์โมมิเตอร์ อย่างถูกวิธี คือ กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัดใ้ สัมผัสกับด้านข้างและก้นภาชนะ ขณะอ่านสายตาต้องอยู่ในระดับเดียวกับของเหลว ในเทอร์โมมิเตอร์ และเมื่อใ้เสร็จแล้วทาความสะอาด เช็ดใ้แห้งแล้วเก็บใ้ที่

ทักษะ 2 การใ้ตาชั่ง หมายถึง ความสามารถในการใ้ตาชั่งอย่างถูกวิธี คือ ปรับศูนย์ก่อนใ้ ขณะชั่งน้ำหนักค่อย ๆ เลื่อนตุ้มน้ำหนักจนตาชั่งสมดุล และอ่านค่า น้ำหนักใ้ถูกต้อง

ทักษะ 3 การใ้ตาชั่งสปริง การใ้ตาชั่งสปริง ต้องใ้ตาชั่งอยู่ใ้แนวตั้ง อ่านหน่วยน้ำหนักเป็นกรัม หรือนิวตัน ขณะอ่านสายตาต้องอยู่ในระดับเดียวกับบุ้ รลหะบอกค่าน้ำหนัก ใ้ต้องใ้ตาชั่งสปริงใ้แนวอื่นใ้เปรียบเทียบแรงดึง ต้อง รักษาทิศทางใ้อยู่ใ้แนวเดียวกัน

ทักษะ 10 การใช้กระดาษทดสอบกรด-เบส หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักใช้กระดาษอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ คือ มือที่หยิบต้องสะอาดปราศจากกรดและเบส หยิบที่ละแผ่นอังที่ปากหลอดโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอด ถ้าจะทดสอบของเหลวในหลอดกระดาษอินดิเคเตอร์บนถ้วยกระเบื้อง ใช้แท่งแก้วจุ่มของเหลวมาแตะ

ทักษะ 11 การใช้น้ำขยาย เมื่อต้องการใช้น้ำขยายตรวจดูรายละเอียดของวัตถุ ให้ถือภาชนะน้ำที่ติดกับตาข้างหนึ่ง ระวางการจุดขีด ใช้นิ้วเก็บเข้าที่ ให้เรียบร้อย

ทักษะ 12 การใช้กล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างถูกวิธี คือ วางแผ่นสไลด์บนแท่นที่วัตถุที่ต้องการอยู่ตรงกับช่องบนแท่น กดทับให้แน่นด้วยที่หนีบทั้งสองข้าง ปรับกระจกเงาให้แสงสะท้อนมาที่วัตถุบนสไลด์หมุนปุ่มตามเข็มนาฬิกา เพื่อปรับเลนส์ตาลงไปจนต่ำสุดเกือบถึงกระจกสไลด์ มองวัตถุผ่านเลนส์พร้อมทั้งค่อย ๆ หมุนปุ่มทวนเข็มนาฬิกาเพื่อปรับระยะเลนส์ที่ละเอียดจนมองเห็นวัตถุชัดเจน ถ้ายังไม่เห็นภาพให้เลื่อนตำแหน่งสไลด์ปรับระยะใหม่อีกจนเห็นชัด

ทักษะ 13 การใช้กล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย หมายถึง ความสามารถในการใช้กล้องโทรทรรศน์ได้อย่างถูกวิธี คือ เลื่อนเลนส์ทั้ง 2 อัน ออกห่างจากกัน จับรางกล้องตรงระยะกึ่งกลางของรางยกขึ้นให้เลนส์อยู่ในระดับตา เมื่อมองวัตถุที่อยู่ไกลให้มองผ่านเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสสั้นแล้ว เลื่อนเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสยาวขึ้นมาจนเห็นภาพชัด ระวางการจุดขีดเลนส์ ในการทำความเข้าใจผ้าสาหล่า เชิดเลนส์

ทักษะ 14 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการตรวจความต่างศักย์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้าก่อนที่จะต่อเข้าในวงจร เมื่อความต่างศักย์ของอุปกรณ์มีค่ามากกว่าไม่ต้องตรวจ

ทักษะ 15 ทักษะการใช้หลอดไฟฟ้าพร้อมขั้ว หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ปากหนีบจระเข้หนีบปลายขั้วทั้งสองที่ยื่นออกมา หนีบเข้าบนชนิดกับขั้วไฟฟ้า

ทักษะ 16 การใช้แบตเตอรี่ หมายถึง ความสามารถในการเรียงเซลล์ในกล่องเป็นแบบอนุกรม ตรวจสอบขั้วไฟฟ้า แผ่นตัวนำ เพื่อตัดตอนตามจำนวนเซลล์ที่มีความต่างศักย์ตามที่ต้องการ

ทักษะ 17 การสังเกต หมายถึง ความสามารถที่จะตรวจรายละเอียดของสิ่ง
ที่ต้องการสังเกต โดยใช้ประสาทสัมผัสครบทุกอย่างได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แล้ว
บันทึกทันที

ทักษะ 18 การวัดความยาว-สูง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้อุปกรณ์วัด
ความยาวความสูงได้ถูกวิธี อ่านมาตราโดยตาดั้งฉากกับขีดความยาวหรือความสูงนั้น

ทักษะ 19 การชี้และเก็บรักษาแม่เหล็กที่ใช้ทำไดนาโม หมายถึง การเก็บ
รักษาแม่เหล็กมาให้เสื่อมคุณภาพด้วยการทำให้ขั้วต่างชนิดกันประกบกันไว้

ทักษะ 20 การดัดสาร หมายถึง ความสามารถในการดัดสารในหลอด
ทดลองหรืออานบีกเกอร์อย่างถูกวิธี คือ ก่อนดัดเช็ดกันภาชนะให้แห้ง ถ้าดัดสารใน
หลอดที่อยู่กับที่ต้องใส่เศษหินหรือกระบือก่อนดัด ถ้าจับด้วยนิ้วหนีบต้องสายหลอด
ไปมาช้า ๆ หันปากหลอดไปทางด้านที่ไม่มีคนอยู่ เมื่อดัดอานบีกเกอร์ให้แห้งแล้วคน
อย่างสม่ำเสมอ

ทักษะ 21 การคนสาร หมายถึง การชี้แห้งแล้วคนสารให้เข้ากันโดยไม่ให้
แห้งแล้วกระทบกับด้านข้างของภาชนะ ใช้แล้วล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บ
เข้าที่และไม่ให้แห้งแล้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ให้ภาชนะเกิดความสะอาดเสียก่อน

ทักษะ 22 การเขย่าหลอดทดลอง หมายถึง การเขย่าโดยใช้มือจับหลอด
ทดลอง แล้วเขย่าให้ส่วนล่างของหลอดกระทบกับฝ่ามืออีกข้างหนึ่งเบา ๆ

ทักษะ 23 การรินสาร หมายถึง การรู้จักการรินของเหลวผ่านแท่งแก้วลงสู่
ภาชนะ โดยที่ปลายแท่งแก้วสัมผัสชิดขอบภาชนะที่รองรับ

ทักษะ 24 การตมสาร หมายถึง ความสามารถที่จะสังเกตกลิ่นของสาร
อย่างถูกวิธี คือ ไม่สูดดมสารโดยตรง แต่ใช้มือข้างหนึ่งถือภาชนะไว้ปากภาชนะ
อยู่ในระดับต่ำกว่า และห่างจากจมูกเล็กน้อยแล้วใช้มืออีกข้างหนึ่งโยกกลิ่นไอของ
สารเข้าจมูกช้า ๆ

ทักษะ 25 การจับเวลา หมายถึง ความสามารถในการอ่านนาฬิกาจับเวลา
ได้อย่างคล่องแคล่ว อ่านเวลาได้ถูกต้อง รวดเร็ว และให้สัญญาณระหว่างคนที่
สังเกตปรากฏการณ์กับคนที่จับเวลาได้



ทักษะ 26 การทำเครื่องหมาย หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักทำเครื่องหมายบนหลอดทดลอง ก่อผลพลาสติก เมื่อใช้หลาย ๆ ชิ้นในเวลาเดียวกัน

ทักษะ 27 การต่อและตรวจวงจรไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการไล่ลำดับวงจรโดยเริ่มจากขั้วหนึ่งของแบตเตอรี่ไปยังอีกขั้วหนึ่งจนครบวงจร โดยไม่ต้องกลับ และตรวจสอบดูขั้วไฟฟ้า ต้องเสียบกันอยู่แน่นสนิท

ทักษะ 28 การใช้ยาฆ่าเชื้อโรค หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ยาฆ่าเชื้อโรคอย่างระมัดระวังไม่ให้ถูกผิวหนังหรือส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย โดยใช้ปากคีบจับสารละลายยาฆ่าเชื้อโรคคดทับข้างขวดไม่ให้หกเกินไป ปิดจุดขวดทันที ใช้สารละลายที่สถานะที่ต้องการฆ่าเชื้อโรค เสร็จแล้วทิ้งสารละลายที่รับขยะ ามวางทิ้งไว้บนโต๊ะ ถ้ายาถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายให้ล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที

ทักษะ 29 การทำความสะอาดและเก็บรักษาเครื่องมือ หมายถึง ความสามารถที่จะทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชนิด เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วและเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

แนวคิดเกี่ยวกับการดำเนินการทดลองและเทคนิคการทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529: 1-18) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิชาเคมี สรุปได้ว่าการทดลองเคมีนักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้เทคนิคหลายประการ เพื่อให้สามารถใช้เทคนิคในการทดลองได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมกับโอกาส ซึ่งจะช่วยให้ผลการทดลองถูกต้องและมีข้อผิดพลาดในการทดลองน้อยที่สุด เทคนิคที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการเคมีในระดับมัธยมศึกษาได้แก่

1. การใช้อุปกรณ์วัดปริมาตร
2. การใช้เครื่องชั่ง
3. การถ่ายเทสารเคมี
4. การใช้เทอร์มิเตอร์
5. การค้มกลั่นสาร
6. การให้ความร้อน
7. การใช้จุกยาง

8. การแยกและทาสารให้บริสุทธิ์
9. การหาจุดหลอมเหลวและจุดเดือด
10. การเตรียมก๊าซและการเก็บก๊าซ
11. การตีเตรด
12. การทำความสะอาดเครื่องแก้ว
13. การทำโครมาโทกราฟี

แนวคิดเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลอง

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมทั้งวิชาเคมี มุ่งให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ฉะนั้นนักเรียนจึงต้องลงมือทำการทดลองด้วยตนเองเสมอ แต่เนื่องจากการทดลองจะต้องมีการใช้สิ่งต่างๆ เช่น สารเคมี เชื้อเพลิง เครื่องแก้ว เครื่องโลหะ ฯลฯ ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจจะก่อให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุได้ง่าย ฉะนั้นนักเรียนควรรู้จักใช้สิ่งเหล่านั้นให้ถูกวิธี

สุชาติ ชินะจิตร (2520:4) ได้กล่าวถึงการปฏิบัติการทดลองเคมีอย่างปลอดภัยว่า ความปลอดภัยควรเริ่มก่อนที่จะทำการทดลอง โดยการที่ผู้ทำการทดลองจะต้องศึกษารายละเอียดของการทดลองให้เข้าใจทุกตอน หมั่นตั้งคำถามกับตัวเอง มีอะไรสงสัยก็ค้นหาตอบจากหนังสือหรือถามผู้รู้ ศึกษาคุณสมบัติของสารทุกตัวที่ใช้เพื่อจะได้ทราบถึงเทคนิคที่ควรใช้ว่ามีอันตรายและวิธีป้องกันอย่างไร การทดลองที่มีหมายเหตุหรือข้อสังเกตเกี่ยวกับไว้จะต้องศึกษาให้ละเอียด เพื่อความปลอดภัยแก่ตนเองและผู้อื่น และเพื่อจะได้ไม่เกิดปัญหาในการทดลอง ต่างคนจึงควรจะต้องทำการทดลองด้วยตนเอง เพื่อจะได้ติดตามความเป็นไป ไม่ควรตั้งเครื่องมือทิ้งไว้โดยไม่กลับมาดู ถ้าจะฝากให้ เพื่อนดูให้ชั่วคราวชั่วระยะเวลาสั้น ควรชี้แจงให้เขาทราบว่ากำลังทำอะไร อะไรควร จะเกิดหรือไม่เกิดและถ้ามีอะไรผิดปกติจะมีวิธีแก้ไขอย่างไร"

สเตราส์ (Strauss 1976: 10-29) ได้กล่าวถึงอันตรายที่เกิดจากการทดลองเคมีสรุปได้ดังนี้

1. อันตรายจากไฟ
2. อันตรายจากสารพิษ
3. อันตรายจากเครื่องใช้ไฟฟ้า
4. อันตรายจากกัมมันตรังสี

สมพล มงคลพิทักษ์สุข (2527: 2-3) ได้กล่าวถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติกร
เคมีไว้ว่า

อุบัติเหตุและอันตรายใด ๆ จะไม่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ ถ้าทำการทดลอง
ด้วยความระมัดระวังและถูกหลักวิธี เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุและอันตรายต้องปฏิบัติ
ดังนี้

1. ปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัดด้วยความเอาใจใส่
2. รักษาความเป็นระเบียบในห้องปฏิบัติการและบนโต๊ะทำงาน
3. ห้ามรับประทานอาหารและสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการโดยเด็ดขาด
4. ห้ามทำการทดลองใด ๆ ที่ไม่ได้กำหนดให้
5. คนที่ไว้ผมยาวควรรวบไว้ข้างหลัง
6. ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการควรสวมเสื้อคลุมและแว่นนิรภัย
7. เมื่อเต็มของเหลวหรือสารละลาย ห้ามชะโรงหน้ามองดู
8. ก่อนใช้ตะเกียงเบนเสนต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่า ไม่มีสารเคมีประเภท
ไวไฟอยู่ใกล้เคียง ทั้งนี้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากไฟไหม้
9. ในกรณีที่ทำเครื่องแก้วแตก ให้รีบทำความสะอาดให้เรียบร้อย อย่าให้มี
เศษแก้วหลงเหลืออยู่
10. ห้ามใช้เครื่องแก้วที่มีรอยแตกร้าวใส่สารเคมี
11. อย่าให้สารเคมีถูกส่วนหนึ่งของร่างกาย และอย่าใช้มือจับสาร
12. ใช้สารเคมีทุกชนิดด้วยความระมัดระวังและถูกวิธี
13. ถ้าสารเคมีถูกผิวหนังหรือเข้าตา ให้รีบล้างด้วยน้ำจำนวนมาก ๆทันที และ
รีบแจ้งให้อาจารย์ผู้ควบคุมทราบ

14. ห้ามชิมหรือดมสารเคมี ถ้าจำเป็นต้องดมให้ใช้มือบิดกาঠៃของสารเพียงเล็กน้อยเข้าสู่จมูก
15. สารเคมีที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง กลิ่นเหม็นหรือเป็นพิษ ให้ทำการทดลองในวันศุกร์
16. ห้ามใช้มือขยั้ตาขณะที่มีมือเปื้อนสารเคมี
17. การทำการดเจือจางให้เทกรดลงน้ำ ห้ามเทน้ำลงกรด
18. อ่านคู่มือให้รู้ว่ควรปฏิบัติอย่างไรเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
19. ในกรณีอุบัติเหตุ ให้รีบแจ้งอาจารย์ผู้ควบคุมทราบทันที
20. รู้จักเครื่องหมายบอกอันตราย ซึ่งจะติดอยู่บนขวดสารเคมีบางชนิด

เพื่อให้การทดลองได้ผลดีหรือมีความผิดพลาดน้อยที่สุด และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ทดลองเอง ผู้ที่ปฏิบัติกรทดลองจึงควรปฏิบัติตามข้อเสนอแนะของ ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ (2528: 1-4) ที่ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. ต้องระลึกรู้อยู่เสมอว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเป็นสถานที่ทำงาน ต้องทำการทดลองด้วยความตั้งใจอย่างจริงจัง
2. ต้องรักษาระเบียบบนโต๊ะปฏิบัติการ เพราะการทดลองจะผิดพลาดได้ง่าย ถ้าบนโต๊ะปฏิบัติการไม่มีระเบียบ เช่น อาจหีบหลุดทดลองผิด หรือในกรณีที่สารหกจะต้องรีบทำความสะอาดทันที เครื่องแก้วหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแล้วต้องล้างให้สะอาดแล้วเก็บเข้าตู้หากไม่ใช้ทดลองอีก นอกจากนี้การรักษาระเบียบบนโต๊ะปฏิบัติการยังสามารถช่วยลดอุบัติเหตุ และยังเป็นกรช่วยประหยัดเวลาในการค้นหาสิ่งของที่ต้องการอีกด้วย
3. ต้องอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองก่อนที่จะปฏิบัติการทดลองนั้น ๆ และพยายามทำความเข้าใจถึงการทดลองอย่างแจ่มแจ้ง หากมีความสงสัยในตอนใดจะต้องถามอาจารย์ผู้ควบคุมเสียก่อน ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลอง

4. ต้องไม่ทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือไปจากการทดลองที่มีไว้ในคู่มือปฏิบัติการหรือที่ได้รับมอบหมายจากอาจารย์ผู้ควบคุมเท่านั้น แต่ถ้าหากต้องทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือไปจากหนังสือคู่มือหรืออาจารย์มอบหมาย จะต้องได้รับอนุญาตจากอาจารย์ผู้ควบคุมเสียก่อน

5. อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทดลองต้องสะอาด ความสกปรกเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ที่ทำให้ผลการทดลองผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

6. อุปกรณ์หรือเครื่องมืออื่นๆ เช่น สามขา ที่ยึดสายยาง ฯลฯ ที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น ๆ จะต้องนำใบเก็บไว้ที่เดิมหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว

7. ควรทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามเวลาที่กำหนดให้เท่านั้น ไม่ควรทำงานในห้องปฏิบัติการเพียงคนเดียว เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะไม่มีใครทราบและไม่อาจช่วยได้ทันเวลาที่

8. เมื่อต้องการใช้สารละลายที่เตรียมไว้ ต้องรินออกจากขวดสปีกเกอร์ (Beaker) ก่อน โดยรินออกมาประมาณเท่ากับจำนวนที่ต้องการจะใช้ อย่ารินออกมามากเกินไป เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองสารโดยเปล่าประโยชน์ ถ้าสารละลายที่รินออกมาแล้วนี้เหลือ ให้เทส่วนที่เหลือลงในอ่าง อย่าทกกลับลงในขวดเดิมอีก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการปนกัน (contamination)

9. ถ้ากรดหรือด่างหรือสารเคมีที่เป็นอันตรายถูกผิวหนังหรือเสื้อผ้า ต้องรีบล้างออกด้วยน้ำสะอาดทันที เพราะมีสารเคมีหลายชนิดที่ซึมผ่านเข้าผิวหนังได้อย่างรวดเร็วและเกิดเป็นพิษขึ้นมาได้ ซึ่งแต่ละคนจะมีความรู้สึกรู้สึกหรือเกิดพิษแตกต่างกัน

10. อย่าทดลองชิมสารเคมีหรือสารละลาย เพราะสารเคมีส่วนมากเป็นพิษ อาจเกิดอันตรายได้ นอกเสียจากจะได้รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมให้ชิมได้

11. อย่าชิมมือหยิบสารเคมีใด ๆ เป็นอันตราย และพยายามไม่ให้ส่วนอื่น ๆ ของร่างกายถูกสารเคมีเหล่านี้ด้วย นอกเสียจากจะได้รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมให้ชิมได้

12. อย่าเทน้ำลงบนกรดเข้มข้นใด ๆ แต่ค่อย ๆ เทกรดเข้มข้นลงในน้ำอย่างช้า ๆ พร้อมกับกวนตลอดเวลา

13. เมื่อต้องการจะดมกลิ่นสารเคมี อย่างสารเคมีมาดมโดยตรง ควรใช้มือพัดกลิ่นสารเคมีนั้นเข้าจมูกเพียงเล็กน้อย (อย่าสูดแรง ๆ) โดยถือหลอดที่ใส่สารเคมีไว้ห่าง ๆ

14. ออกไซด์ (Oxides) ของธาตุบางชนิดเป็นกาซพิษ เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน และไนโตรเจน กาซเฮโลเจน (Halogen) กาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) ก็เป็นกาซพิษเช่นเดียวกัน การทดลองใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกาซเหล่านี้ควรทำในวัน

15. อย่างหนึ่งของแข็งต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการ เช่น ไม้ขีดไฟ หรือกระดาษกรองที่ไว้แล้ว ฯลฯ ลงในอ่างน้ำเป็นอันขาด ควรทิ้งในถังขยะที่จัดไว้ให้

16. อย่างน้ำแก้วอ่อน เช่น กระจกตวง (Measuring cylinder) กรวยแยก (Glass funnel) ไม้ที่ความร้อนเพราะจะทำให้ละลายใช้การไม่ได้

17. อย่างน้ำกเกอร์ที่ชำรุดในห้องปฏิบัติการมาชดักน้ำดื่ม ถึงแม้จะดูสะอาดก็ตาม เพราะอาจมีสารเคมีตกค้างอยู่

18. หลังการทดลองแต่ละครั้งต้องล้างมือให้สะอาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อนกินอาหาร เพราะ วนขณะที่ทำการทดลองอาจมีสารเคมีที่เป็นอันตรายติดอยู่ที่ได้

19. ห้ามสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการ เพราะการสูบบุหรี่อาจทำให้สารที่ติดไฟง่ายติดไฟได้ หรืออาจทำให้อนุภาคของสารเคมีที่ระเหยกลายเป็นไอถูกเผาผลาญ ในขณะที่สูบบุหรี่ แล้วถูกดูดเข้าไปในปอด

20. อย่ากินอาหารในห้องปฏิบัติการ เพราะอาจมีสารเคมีปะปนกับอาหารที่รับประทานเข้าไป เช่น อาจอยู่ปนกับภาชนะที่ใส่อาหาร ภาชนะที่ใส่สำหรับดื่มหรือที่มีของสารเคมีบางชนิดอาจมีพิษหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

21. เมื่อเสื้อผ้าที่สวมอยู่ติดไฟ อย่างรีบ ต้องพยายามดับไฟก่อนโดยนอนกลิ้งลงบนพื้นแล้วบอกให้เพื่อน ๆ ช่วย โดยใช้ผ้าหนา ๆ คลุมรอบตัว หรือใช้ผ้าเช็ดตัวที่เปียกคลุมบนเปลวไฟให้ดับก็ได้

22. เมื่อเกิดไฟไหม้ในห้องปฏิบัติการ จะต้องรีบดับตะเกียงในห้องปฏิบัติการทั้งหมด และนำสารที่ติดไฟพุ่งออกไปให้ห่างจากไฟไหม้มากที่สุด ซึ่งผู้ปฏิบัติการทดลองทุกคนควรจะต้องรู้แหล่งที่เก็บเครื่องดับเพลิงและรู้จักวิธีใช้ ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการนำมาใช้ได้ทันเวลาที่

23. หากผู้ทดลองเกิดอุบัติเหตุขณะทำการทดลอง ต้องรายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทุกครั้งต่ออาจารย์ผู้ควบคุม ไม่ว่าจะเกิดมากหรือน้อยเพียงใดก็ตาม

24. ก่อนนำเอาสารละลายในขวดไปใช้ จะต้องดูชื่อสารบนฉลากติดข้างขวดสารละลายอย่างน้อยสองครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าใช้สารที่ต้องการไม่ผิด

25. เมื่อจะใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายหรือสารที่ไวต่อปฏิกิริยาหรือสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น เบนโซอิลคลอไรด์ (Benzoyl chloride) ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ (Phosphorus trichloride) โบรมีน (Bromine) ฯลฯ จะต้องทำงานอยู่คว่ำหน้า

26. ภาชนะแก้วที่ร้อนจะดูคล้ายกับภาชนะแก้วที่เป็น ดังนั้นควรใช้เวลาพอสมควร ในการทำให้ภาชนะแก้วที่ร้อนเย็นลง

27. น้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี จะต้องใช้น้ำกลั่นทุกครั้ง แต่อย่าใช้หม้อเพียงเกินความจำเป็น เช่น ล้างอุปกรณ์ เป็นต้น เพราะว่าจะกลั่นได้ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก

28. เมื่อใช้คอนเดนเซอร์ (Condenser) อย่าให้น้ำเข้าคอนเดนเซอร์แรงนัก เพราะจะทำให้สูญเสียน้ำกับโดยเปล่าประโยชน์ ควรให้น้ำเข้าคอนเดนเซอร์เบา ๆ ก็ดี

29. การทดลองใด ๆ ที่ทำให้เกิดสูญญากาศ ภาชนะที่ใช้จะต้องหนาพอที่จะทนต่อความดันภายนอกได้

30. ขวดบรรจุสารละลายหรืออุปกรณ์อื่นใดที่มีตัวทำละลายอินทรีย์บรรจุอยู่อย่าใช้จุกยางปิดปากขวดเป็นอันขาด เพราะตัวทำละลายอินทรีย์กัดยางได้ทำให้สารละลายสกปรก และจะเอาจุกยางออกจากขวดได้ยาก เพราะจุกยางส่วนข้างล่างบวม

31. อย่างที่โลหะโซเดียมที่เหลือจากการทดลองลงอย่างนี้ เพราะจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรง จะต้องทำลายด้วยแอลกอฮอล์เสียก่อน แล้วจึงเททิ้งลง

ในอ่างน้ำ

32. เมื่อทำการทดลองวัดที่ใช้สารที่เป็นอันตราย หรือเป็นการทดลองที่อาจระเบิดได้ ผู้ทดลองควรสวมแว่นตานิรภัย เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

33. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ต้องทำความสะอาดพื้นโต๊ะปฏิบัติการ ตรวจสอบของในตู้และใส่ถุงแยกให้เรียบร้อย แล้วล้างมือให้สะอาดก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ

34. พึงระลึกอยู่เสมอว่า ต้องทำการทดลองด้วยความระมัดระวังที่สุด ความประมาทเล็กน้อยอาจทำให้เกิดอันตรายต่อตัวเองได้

นอกจากนี้ ประเสริฐ ศรีไพรรจน์ (2528: 15) ได้กล่าวถึงอุบัติเหตุที่เกิดจากการใช้สารเคมี พร้อมทั้งวิธีแก้มกัซ ซึ่งสรุปเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

1. ไฟไหม้ เนื่องจากบางครั้งจะต้องใช้ตะเกียงในการปฏิบัติการทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงมีโอกาที่จะเกิดไฟไหม้ได้ จึงต้องทำการทดลองด้วยความระมัดระวัง และนำมาให้สารที่ติดไฟง่ายอยู่ใกล้ไฟ

วิธีแก้มกัซ เมื่อเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ สิ่งแรกที่ควรทำก็คือ ต้องรีบดับตะเกียงในห้องปฏิบัติการทั้งหมด แล้วนำสารที่ติดไฟง่ายออกจากห้องปฏิบัติการให้ห่างที่สุด เพื่อนำให้สารเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิงได้ ในกรณีที่เกิดไฟไหม้เล็กน้อย จะดับไฟที่เกิดนี้ได้โดยใช้น้ำฉีดตัวที่เปียกคลุม แต่ถ้าหากไฟลุกลามออกไปจะต้องใช้เครื่องดับเพลิงเข้าช่วยทันที

2. สารเคมีถูกผิวหนัง เราทราบแล้วว่า สารเคมีทุกชนิดมีอันตรายแต่ต่างกัน แตกต่างกันไป บางชนิดมีฤทธิ์กัดกร่อนต่อสิ่งของและเนื้อเยื่อเป็นอันตรายต่อผิวหนัง บางชนิดทำให้ไอที่ระเหยเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ บางชนิดอาจเป็นพิษหรือระเบิดได้ บางชนิดสามารถซึมผ่านเข้าสู่วานผิวหนัง ทำให้เกิดอันตรายได้มากมาย ด้วยเหตุนี้ผู้ทดลองจึงไม่ควรนำให้สารเคมีถูกผิวหนังหรือเสื้อผ้า

วิธีแก้มกัซ ถ้าทราบว่าจะถูกสารเคมีไม่ว่าจะเป็นชนิดใดก็ตามต้องรีบล้างบริเวณนั้นทันที ด้วยน้ำมาก ๆ เพื่อนำให้สารเคมีมีโอกาสทำลายเซลล์ผิวหนังหรือซึมเข้าสู่วานผิวหนังได้

3. สารเคมีเข้าตา ขณะทำการทดลองหากก้มหรือมองใกล้มากเกินไป อาจทำให้ไอของสารเข้าตา หรือสารกระเด็นถูกตาได้

วิธีแก้ไข เมื่อเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมีเข้าตา ก็คือ จะต้องล้างตาทันทีด้วยน้ำจำนวนมาก ๆ พยายามลืมตา และกรอกตานั้นนาน ๆ ถ้าสารเคมีที่เป็นด่างเข้าตา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนีย ฯลฯ จะเป็นอันตรายต่อตามากกว่ากรด จะต้องรีบล้างตาด้วยสารละลายกรดบอริก (Boric acid) ที่เจือจาง ในกรณีที่กรดเข้าตาให้ล้างด้วยสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนตที่เจือจาง

4. การสูดไอหรือก๊าซพิษ เมื่อสูดไอของสารเคมี หรือก๊าซพิษ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการทดลอง หรือสารที่ใช้ในการทดลองก็ตาม ปกติจะมีอาการต่างๆ เกิดขึ้น เช่น วิงเวียนศีรษะ หายใจขัด ปวดศีรษะ ฯลฯ ซึ่งแล้วแต่พิษของสารเคมีนั้น ๆ หากไอนั้นกัดเนื้อเยื่อ ก็จะทาให้ระคายต่อระบบหายใจด้วย

วิธีแก้ไข ก็คือ เมื่อทราบว่าสูดไอของสารเคมี จะต้องรีบออกไปจากที่นั้น และไปอยู่ในที่มีอากาศบริสุทธิ์ หากพบว่ามิใช่หายใจเอาก๊าซพิษเข้าไปมากจนหมดสติหรือช่วยตัวเองไม่ได้ จะต้องรีบนำออกจากที่นั้นทันที ซึ่งผู้เข้าไปช่วยต้องใส่หน้ากากป้องกันก๊าซพิษหรือใช้เครื่องช่วยหายใจ

5. การกลืนกินสารเคมี เนื่องจากอุปกรณ์บางอย่างผู้ทดลองใช้ปากดูดสารเคมีอาจพรูดเข้าปากได้ หากสารเคมีนั้นเป็นสารพิษ ก็ย่อมจะเกิดอันตรายต่อผู้ทดลอง

วิธีแก้ไข เมื่อกลืนกินสารเคมีเข้าไปก็จะต้องรีบล้างปากให้สะอาดเป็นอันดับแรก และต้องรีบนำผู้ว่ากลืนสารอะไรลงไป ต่อจากนั้นก็ให้ดื่มน้ำหรือนมมาก ๆ เพื่อทาให้พิษเจือจาง แล้วทาให้อาเจียนโดยใช้นิ้วกดโคนลิ้นหรือกรอกไข่ขาวส่อยให้อาเจียนจนกว่าจะมีน้ำใส ๆ ออกมา

ธงชัย ชิวปรีชา และ ปรีชาญ เดชศรี (2528: 34-40) ได้กล่าวถึงความจำเป็นของผู้ทดลอง จะต้องมีความรู้ในการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยไว้ ดังนี้ "ในการทดลองที่ใช้สารเคมีอาจมีอันตรายเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะสารเคมีเกือบทุกชนิดเป็นพิษต่อร่างกาย ในการใช้สารเคมี จึงจำเป็นต้องศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากสารนั้น ๆ เพื่อจะหาทางป้องกันได้ถูกต้อง"

ปรีชาญ เดชศรี และ ณรงค์ศิลา รูปพนม (2526: 197-201) ได้เสนอแนะเทคนิค และข้อปฏิบัติในการกำจัดสารเคมี สรุปได้ดังนี้

1. อ่านฉลากข้างขวดสารเคมีทุกครั้งก่อนนำสารไปใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาด
2. เมื่อตักหรือเทสารออกจากขวดแล้วให้ปิดฝาทันที เพื่อป้องกันสิ่งเจือปนตกลงไป และสารบางชนิดอาจเปลี่ยนแปลงเมื่อสัมผัสกับอากาศ
3. ไม่ควรเทหรือตักสารออกจากขวดมากเกินไปเกินความต้องการ
4. สารเคมีที่นำออกจากขวดแล้วห้ามนำกลับคืนในขวดเดิม
5. ควรใช้สารขวดที่ซื้อไว้นาน ๆ ก่อน เพราะสารเคมีบางชนิดอาจเสื่อมสภาพเมื่อทิ้งไว้นาน ๆ
6. การเปิดจุกขวดสารเคมีต้องค่อย ๆ เปิด และไม่วางให้หัวด้านบนของจุกขวดสัมผัสกับพื้นโต๊ะ
7. การเปิดจุกขวดสารเคมีที่เป็นของเหลว และเป็นจุกแก้วหลายแบบ ควรเอียงขวด ให้จุกเบี่ยงสารเคมีจนทั่วถึงถึงจุกออก แล้วแตะจุกกับปากขวด เพื่อให้สารเคมีที่ติดกับจุกขวด ไหลกลับคืนไปในขวด
8. ควรรินสารเคมีด้านตรงข้ามกับที่ฉลากปิดอยู่ เพื่อป้องกันสารที่ค้างบนปากขวด ไหลลงมากัดกร่อนฉลาก
9. การถ่ายเทสารเคมีที่เป็นของแข็งควรใช้ช้อน หรือพายที่สะอาดตัก ถ้าตักสารหลายชนิด ต้องทำความสะอาดช้อนเสียก่อน
10. การคนสารต้องไม่หันแก้มกับภาชนะด้านข้างปิกเกอร์ เพราะอาจทำให้ปิกเกอร์เป็นรอยหรือแตกได้
11. การดื่มของเหลวในหลอดทดลองควรใช้ฟองน้ำ และใส่เศษกระดาษป้องกันขึ้นเสี้ยนที่มีรูพรุน เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง และหันปากหลอดไปทางด้านที่ไม่มีคน และไม่ควรถูกของเหลวทางปากหลอดทดลอง ขณะดื่มเป็นอันขาด
12. การดมกลิ่นสาร ต้องถือหลอดที่บรรจุสารอยู่ในระดับจมูก และห่างจากจมูกพอสมควร แล้วใช้มือบดกโอบเข้าหาจมูกช้า ๆ และอย่าสูดแรง

นอกจากนี้ ปรีชาญ เดชศรี และณรงค์ศิลป์ รูปพนม (2526: 225-226) ยังได้กล่าวถึงข้อควรระวังในการใช้อุปกรณ์การปฏิบัติการเคมีว่า

ในห้องปฏิบัติการจะมีอุปกรณ์ที่ท้าวด้วยแก้วเป็นจำนวนมาก อุบัติเหตุส่วนใหญ่ในห้องปฏิบัติการมักเป็นอุบัติเหตุที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องแก้ว การใช้เครื่องแก้วจำเป็นต้องใช้อย่างถูกวิธีและด้วยความระมัดระวัง ซึ่งมีข้อควรระวังโดยทั่วๆ ไป เกี่ยวกับการใช้เครื่องแก้ว ดังนี้คือ

1. การถือหลอดแก้วหรือแท่งแก้วต้องถือให้หลอดแก้วหรือแท่งแก้วอยู่แนวตั้งเสมอ เพื่อป้องกันการหักหรือชนกับสิ่งต่าง ๆ
2. ควรสวมแว่นตานิรภัย เมื่อทำงานที่ต้องใช้เครื่องแก้ว เพื่อป้องกันการเศษแก้วกระเด็นเข้าตา เมื่อเกิดแตกหรือระเบิด
3. ป้องกันมือด้วยผ้าหรือถุงมือเมื่อจะตัดแก้ว
4. อย่าวางเครื่องแก้วไว้ใกล้ขอบโต๊ะ เพื่อป้องกันการตกหล่นควรวางไว้กลางโต๊ะ
5. อย่าเก็บเศษแก้วที่แตกด้วยมือเปล่า
6. การใส่หรือถอดหลอดแก้วออกจากจุก ให้ใช้นิ้วหรือกลีเซอรีนหยดลงบนส้ววใส่ผ้าจับขวดแก้วหมุนเบาๆ ถ้าถอดไม่ออกให้ใช้มีดกรีดจุก
7. อย่าใช้เครื่องแก้วที่มีรอยร้าว
8. ถ้าเผาแก้วจนร้อนแดง ต้องทิ้งไว้หลาย ๆ นาทีจึงจะจับได้ แก้วที่นำออกจากไฟไหม้ ๆ แม้มองเห็นเหมือนแก้วร้อนแต่จะยังคงมีความร้อนอยู่อย่างมากเพราะแก้วคายความร้อนได้ช้า ควรวางแก้วที่เผาแล้วบนวัสดุทนไฟ อย่าวางไว้บนพื้นโต๊ะ เพราะจะทำให้พื้นโต๊ะไหม้เกรียมได้

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522: 184-187) ได้เสนอแนะข้อควรปฏิบัติสำหรับนักเรียนเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง สรุปได้ดังนี้

1. ควรมีระเบียบวินัยในการทดลอง
 - 1.1 ทำการทดลองตามคำแนะนำในบทเรียน ห้ามแก้ไข ดัดแปลง ถ้าสงสัยให้ถามครูผู้สอน

- 1.2 ห้ามทำการทดลองอื่นใดที่ไม่ได้กล่าวไว้ในบทเรียน นอกจากที่ได้รับอนุญาตจากครู
- 1.3 ห้ามเล่นในระหว่างทำการทดลอง
2. การใช้อุปกรณ์และสารเคมี
 - 2.1 นักเรียนควรฝึกฝนเทคนิคการใช้อุปกรณ์และวิธีการทดลองที่ถูกต้อง
 - 2.2 อย่าหยิบสารเคมีที่ไม่มีป้ายชื่อชัดเจน
 - 2.3 ห้ามชิมสารเคมีทุกชนิด
 - 2.4 อย่าวางสารเคมีที่ติดาฟง่ายไว้ข้างตะเกียง
 - 2.5 ก่อนใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ ควรตรวจสอบสภาพก่อนทุกครั้ง
3. เทคนิคการทดลอง
 - 3.1 การรินสารละลายหรือของเหลวจากขวด ควรรินทางด้านที่ไม่มีฉลากปิด เพื่อป้องกันฉลากเสียหายหรือหลุด
 - 3.2 การทดลองใด ๆ ที่มีการต้มหรือเผา อย่างกับลงใบดูสารนั้น ๆ จนขีด เพราะสารอาจระเหิดเข้าตาได้
 - 3.3 การเขย่าสารในหลอดทดลองให้ทำด้วยความระมัดระวังที่จะมาหักกระเด็น มาถูกตัวเราหรือผู้อื่นได้
 - 3.4 อย่าสูดกลิ่นของสารโดยตรง ควรใช้มือพัดไอจากสารเข้าหาจมูก
 - 3.5 อุปกรณ์บางอย่างทำด้วยแก้ว เวลาทดลองควรทำด้วยความระมัดระวัง
 - 3.6 อย่าทิ้งสารเคมีลงในอ่างน้ำ เพราะจะทำให้ท่อน้ำเป็นสนิมและพุ่ง่าย
4. ข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
 - 4.1 เมื่อเกิดอุบัติเหตุใด ๆ ต้องแจ้งให้ครูทราบทันที
 - 4.2 นักเรียนต้องทราบว่า เครื่องดับเพลิงหรือยาทำชันการปฐมพยาบาลอยู่ที่ใด และต้องทราบวิธีใช้
 - 4.3 เมื่อเกิดไฟลุกริบดับไฟ ระบายเครื่องดับเพลิง หรือทราย หรือ ผ้าหนา ๆ ทับอย่างชันราดบนไฟ หรือให้รีบดับตะเกียงหรือปิดกาซาให้หมด เคลื่อนย้ายวัตถุที่ติดไฟ ง่ายออกไป

4.4 เมื่อไฟลุกติดเสื้อผ้า วัสดุผ้าหนา ๆ คลุมทับเวลาวไฟดับ อย่าวิ่งหนีอยู่นิ่ง ๆ

4.5 ถ้าถูกไฟลวกอย่าล้างน้ำให้ช้ำยาทาบริเวณที่ถูกไฟลวก ถ้าถูกไฟลวกมาก ๆ ต้องตามแพทย์ทันที

4.6 เมื่อสารเคมีโดนผิวหนังให้ล้างน้ำมาก ๆ ถ้ามีอาการปวดแสบปวดร้อนให้ช้ำยาทาแก้ไฟลวก

4.7 ถ้าสารเคมีกระเด็นเข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำมาก ๆ ทันที แล้วจึงนำยาบริรักษาดตาอีกครั้ง หลังจากนั้นควรปรึกษาแพทย์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529: 58) ได้รายงานเกี่ยวกับเทคนิคการดำเนินการทดลองไว้ดังนี้

1. เมื่อให้ความร้อนกับสารในหลอดทดลอง ควรหันปากหลอดไปบนทิศทางที่ไม่มีผู้ใดอยู่ เพราะเมื่อสารได้รับความร้อนจะพุ่งออกนอกหลอดและควรเลื่อนหลอดทดลองไปมาเพื่อให้สารได้รับความร้อนโดยทั่วถึงกัน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่จะป้องกันการเดือดอย่างรุนแรงได้ด้วย

2. ในการทำการคัลลพิริกาให้เจือจางจะต้องเทกรดคัลลพิริกเข้มข้นลงในน้ำอย่างช้า ๆ ด้วยความระมัดระวังพร้อมทั้งใช้แท่งแก้วคนตลอดเวลา ห้ามมิให้เทน้ำลงในกรดเด็ดขาด เพราะอาจจะเกิดความร้อนมากจนระเบิดหรือกรดกระเด็นถูกผู้เตรียมได้

3. ห้ามใช้มือจับสารเคมีทุกชนิด และเมื่อเวลาตมกลั่นสารที่ถือหลอดในวันระดับจุ่มห่างจากจุ่มกราว ๆ 20 เซนติเมตร แล้วใช้มือจับไอเข้าจุ่มที่ละน้อย ค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจเข้าช้า ๆ

จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปความหมายของทักษะปฏิบัติการเคมีได้ดังนี้

ทักษะปฏิบัติการเคมี หมายถึง คุณภาพในการปฏิบัติการเคมี ซึ่งประกอบด้วย 4 ด้าน คือ ความสามารถ ความชำนาญและความคล่องแคล่ว ความระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัย และความเป็นระเบียบเรียบร้อย ในการใช้วัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ การใช้ทักษะที่ต้องใช้ ประกอบกับการใช้วัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ การใช้สารเคมี การติดตั้งอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ การดำเนินการทดลองวิทยาศาสตร์ และการดัดแปลงอุปกรณ์ได้ตามความเหมาะสม

การวัดและประเมินผลการปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์

ความหมายของการวัดผล

มีผู้ให้ความหมายของการวัดผลไว้หลายท่านด้วยกันดังนี้

วิลเลียม เอ มีเรนส์ และ เออร์วิน เจ เลห์แมนน์ (Mehrens and Lehmann 1973: 6 อ้างถึงใน ศรีลักษณ์ มาภมล, 2530: 26) ได้ให้ความหมายของการวัดผลไว้ว่า "การวัดผลคือการวัดคุณลักษณะต่าง ๆ ของบุคคลโดยใช้การทดสอบ การสังเกต การจัดอันดับ คุณภาพหรือใช้เครื่องมืออื่น ๆ ที่จะได้รับผลออกมาเป็นจำนวนตัวเลข"

ริชาร์ด เอส ลินด์แมน และ ปีเตอร์ เอฟ เมอเรนดา (Lindeman and Merrenda 1979: 3) ได้ให้ความหมายของการวัดผลไว้ว่า "การวัดผลหมายถึงกระบวนการในการกำหนด ตัวเลขให้สอดคล้องกับเขตของบุคคลหรือสิ่งของภายใต้กฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้"

ไพศาล หวังพานิช (2526: 2) ได้กล่าวว่า "การวัดผลการศึกษาหมายถึงกระบวนการในการกำหนดหรือหาจำนวนปริมาณ อันดับหรือรายละเอียดของคุณลักษณะหรือพฤติกรรมของ ความสามารถของบุคคล โดยใช้เครื่องมือเป็นหลักในการวัด"

อานวย เลิศขยันดี (2527: 6) ได้ให้ความหมายของการวัดผลไว้ว่า "การวัดผลเป็น ขบวนการที่ได้มาตรฐานที่ต้องมีเครื่องมือวัดเป็นสิ่งที่กำหนดคุณลักษณะของสิ่งที่วัด (Object) ผลที่ได้ออกมาเป็นปริมาณ (Quantity) ซึ่งก็คือตัวเลข (number)"

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน (2533: 6) ได้ให้ความหมายของการวัดผลไว้ว่า

การวัดผล หมายถึง ขบวนการที่ตัวเลขหรือสัญลักษณ์จะถูกนำมาเกี่ยวข้องกับ ลักษณะของวัตถุ คน หรือสิ่งที่จะวัด การวัดจึงต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ (1) ต้อง มีกลุ่มของวัตถุหรือคน (2) มีคุณสมบัติของลักษณะที่จะวัด (3) มีการกระทำโดยการ ำให้ตัวเลขหรือสัญลักษณ์กับลักษณะวัตถุ และ (4) ต้องพิจารณาถึงธรรมชาติตลอดจน การนำตัวเลขและสัญลักษณ์เหล่านี้ไปใช้ด้วย

จากความหมายของการวัดผลที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ สรุปได้ว่า การวัดผลการศึกษาเป็น การระบุถึงผลของการเรียนรู้ โดยกำหนดเป็นตัวเลขซึ่งได้จากการใช้เครื่องมือวัดหรือการ สังเกตตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

วิธีการวัดและประเมินผลการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์

การประเมินผลการปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการประเมิน ผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษาได้ให้หลักเกณฑ์และแนวทางการปฏิบัติสำหรับครุ วนการประเมินผลการปฏิบัติการทดลองไว้หลายท่าน ดังนี้

เบนจามิน เอส บลูม (Bloom 1956:6-8) ได้กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่จะต้อง ประเมินในวิชาวิทยาศาสตร์ 5 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ (Knowledge and Comprehension)
2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of Scientific Inquiry)
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of Scientific Knowledge and Method)
4. ทศนคติและความสนใจ (Attitude and Interests)
5. ทักษะภาคปฏิบัติ (Manual Skills)



วอลเตอร์ เอ เซอร์เบอร์ และ อัลเฟรด ที คอลเลคต์ (Thurber and Collecte 1959: 270-271) ได้กล่าวถึงการทดสอบการปฏิบัติการทดลองสรุปได้ว่าเป็นการทดสอบความสามารถของนักเรียนที่จะดำเนินการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์โดยการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองวางไว้ด้านหน้าของนักเรียนพร้อมกับปัญหาที่จะให้นักเรียนแก้ นักเรียนจะแก้ปัญหาพร้อมทั้งสาริตการทดลองให้ดู โดยครูจะให้คะแนนเป็นขั้นตอน และให้คะแนนขั้นสุดท้าย หรือจากคำอธิบายหรือจากทั้ง 2 ประการ การประเมินผลแบบนี้สามารถประเมินความสามารถในการหยิบจับอุปกรณ์ของนักเรียน แต่ก็เป็นการลำบาก ถ้าจะประเมินผลในกลุ่มใหญ่ ๆ ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมาก

แจค ซี เจฟฟรีย์ (Jeffrey 1967: 186-194) ได้เสนอสิ่งที่ต้องประเมินผลในการเรียนการสอนด้วยการปฏิบัติการทดลองสรุปได้ 6 ด้าน คือ

1. ความสามารถด้านคำศัพท์ (Vocabulary competence)
2. ความสามารถด้านการสังเกต (Observation competence)
3. ความสามารถด้านการสืบสอบ (Investigative competence)
4. ความสามารถด้านการรายงานผล (Reporting competence)
5. ความสามารถด้านการใช้เครื่องมือ (Manipulative competence)
6. ความมีระเบียบวินัยในการปฏิบัติการทดลอง (Laboratory discipline)

เจ อารี อีเกลน และ อารี เอฟ เคมปา (Eglen and Kempa 1974:261-273) ได้ตั้งเกณฑ์ในการประเมินผลภาคปฏิบัติออกเป็น 4 เกณฑ์หรือ 4 องค์ประกอบ และสูนีย์ คลายนิน (Klainin 1984: 257) ได้ดัดแปลงเกณฑ์ทั้ง 4 เพื่อใช้ในการประเมินผล ดังปรากฏนิตยสารที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทั้ง 4 ของทักษะ ลักษณะพฤติกรรม และเกณฑ์ทักษะปฏิบัติ

องค์ประกอบของทักษะ	ลักษณะพฤติกรรมตามเกณฑ์ของเคมปา	เกณฑ์ทักษะปฏิบัติของสุนีย์ คล้ายนิล
1. เทคนิคการทดลอง (Experimental Technique:ET)	ใช้อุปกรณ์และสารเคมีได้อย่างถูกต้อง มีความปลอดภัยในการทดลอง และมีความระมัดระวังในการสังเกตการทดลอง	ใช้อุปกรณ์และสารเคมีได้ถูกวิธี สามารถดำเนินการทดลองให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องสมบูรณ์
2. การดำเนินการทดลอง (Procedure: PD)	ลำดับขั้นการทดลองได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพและตรงจุดประสงค์ของการทดลอง มีความสามารถในการคัดแปลงการดำเนินการทดลองและเครื่องมือได้อย่างเหมาะสม	มีการวางแผนปฏิบัติการทดลองตามลำดับขั้นได้ถูกต้องและการทดลองทุกขั้นตอนได้ผลถูกต้องตามจุดมุ่งหมาย
3. ความคล่องแคล่ว ในการปฏิบัติการ (Manual Dexterity :DE)	มีความมั่นใจและความคล่องแคล่วในการทดลองและการใช้เครื่องมือ และสามารถทำการทดลองได้ผล การปฏิบัติที่สมบูรณ์	มีความมั่นใจและคล่องแคล่ว ซึ่งทำให้การทดลองดูสวยงามไปด้วยดี ภายในเวลาที่กำหนด
4. ความเป็นระเบียบเรียบร้อย (Neatness:NT)	การจัดพื้นที่ในการทดลอง และการจัดวางอุปกรณ์ได้อย่างเป็นระเบียบ และเหมาะสม	มีความสะอาดและเป็นระเบียบเรียบร้อยในการจัดพื้นที่และจัดเก็บอุปกรณ์

รอดเนย์ แอล โดราน (Doran 1978:404) ได้เสนอแนะวิธีที่ใช้ในการประเมินผลปฏิบัติการ 2 วิธี ดังนี้

1. การใช้มาตราส่วนประเมินค่า (rating scales) และแบบสำรวจรายการ (check list) เป็นการสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลอง
2. การทดสอบภาคปฏิบัติการทดลอง ครูเป็นผู้กำหนดกิจกรรมการทดลอง เครื่องมือต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

คณะกรรมการร่วมการสอบเข้ามหาวิทยาลัย (J.M.B.1979: 4) และคณะกรรมการสอบเข้าของมหาวิทยาลัยลอนดอน (The University of London Examination Board 1977: 4) ได้เน้นถึงการปฏิบัติ การ และได้แบ่งสัดส่วนของความสำคัญของงานปฏิบัติ การทดลองไว้ ดังนี้

1. ทักษะในการใช้เครื่องมือ ร้อยละ 25-30
2. ทักษะในการสังเกตและรายงานผล ร้อยละ 25-30
3. ความถูกต้องในการรายงานผลการสังเกต ร้อยละ 25-30
4. ความสามารถในการออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง ร้อยละ 10-15
5. เจตคติและความสนใจทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 10-20

วินเซนต์ เอน ลูเนตตา และคณะ (Lunetta and et al.1981: 24-25) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินผลการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ว่า สามารถประเมินได้จากสิ่งต่อไปนี้

1. เขียนรายงานการทดลอง
2. ทดสอบด้วยแบบสอบข้อเขียน
3. สอบปฏิบัติการทดลอง
4. การสังเกต

นอกจากนี้ วินเซนต์ เอน ลูเนตตา และคณะ (Lunetta and et al.1981:24-25)ยังให้ข้อคิดเกี่ยวกับการประเมินผลว่า ในบรรดาการประเมินผลด้วยกันการประเมินจากการสังเกตเป็นวิธีการประเมินที่ต่อเนื่อง เพราะสามารถทำการสังเกตจดบันทึกไว้ในช่วงเวลายาวนาน และสามารถประเมินผลต่อเนื่องกันได้ตลอดทั้งภาคเรียน โดยมีด้านต่างๆ ที่จะประเมินดังต่อไปนี้

1. การวางแผนและออกแบบการทดลอง (Planing and design)
2. ทักษะปฏิบัติการทดลอง (Manipulative Skills)
3. การดำเนินการทดลอง (Conduct of experiment)
4. ทักษะการสังเกตของนักเรียน (Observation)
5. การจดบันทึกข้อมูล (Recording data)
6. การแปลความหมายของข้อมูลจากการทดลอง (Interpretation of data and experiment)
7. ความรับผิดชอบ (Responsibility)
8. ความคิดริเริ่มที่จะทำสิ่งใหม่ ๆ (Initiative)
9. นิสัยในการทำงาน (Work habits)

บูรี กานีล และเอวี ฮอฟเติน (Ganiel and Hoftein 1982: 581-591) กล่าวถึงการประเมินทักษะปฏิบัติด้านการทดลอง สรุปได้ว่า วิธีประเมินทักษะปฏิบัติด้านการทดลองมีหลายวิธีแต่ที่นิยมมาใช้ คือ การเขียนรายงานหรือการทดสอบด้วยข้อเขียน แต่นักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านโดยเฉพาะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยกรุงลอนดอนมีการประเมินทักษะปฏิบัติด้วยการสังเกตจากการปฏิบัติการทดลองจริงๆ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินและบันทึกคะแนน ตามด้านต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย

1. การติดตั้งเครื่องมือและทักษะปฏิบัติด้านการทดลอง
2. การสังเกตและการวัด
3. การจัดลำดับและการดำเนินการ
4. การจัดกระทำข้อมูล
5. การสรุปและอภิปรายผล

ประวิตร ชูศิลป์ (2524: 15-17) ได้กล่าวถึงการประเมินผลด้านการปฏิบัติเอาไว้ พอสรุปได้ว่า การประเมินผลด้านการปฏิบัตินั้น จะกระทำโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียนแต่เพียงอย่างเดียวเหมือนการประเมินผลด้านการรับรู้และความคิดไม่ได้ เพราะมีทักษะหลายอย่างที่ไม่สามารถทดสอบหรือวัดผลโดยวิธีเขียนตอบ เช่น ทักษะในการหยิบและใช้เครื่องมือ ทักษะในการสังเกต จึงต้องประเมินผลโดยการสังเกตจากการกระทำจริง ๆ ด้วยการกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ขึ้นเพื่อหาคะแนน ซึ่งทักษะที่สามารถใช้เกณฑ์ประเมินผลด้านการปฏิบัติเป็นทักษะในการทำหรือปฏิบัติ (Manipulative skills) แบ่งได้ 2 พวก คือ

ก. ทักษะภาคปฏิบัติ

ข. ทักษะในการสื่อความหมายปฏิบัติ

การประเมินทักษะทั้ง 2 พวกนี้จะต้องใช้วิธีสังเกตขณะนักเรียนกำลังปฏิบัติการทดลอง ทักษะภาคปฏิบัติ เป็นทักษะที่สามารถสังเกตได้ ในขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติการทดลองโดยตรง ดังนี้คือ

1. ทักษะในการปฏิบัติการ (Manual skills) ได้แก่ การหยิบจับวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง และการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง
2. ทักษะในการสังเกต (Observation) ได้แก่ การสังเกตเพื่อค้นหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบและการสังเกตผลการทดลอง
3. ทักษะในการดำเนินการทดลอง (carrying out procedures) ได้แก่ การปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนดไว้ในแบบเรียนหรือคู่มือการทดลอง และการเตรียมการหรือการคิดค้นวิธีการใหม่

ทักษะในการสื่อความหมายภาคปฏิบัติ เป็นทักษะในการบันทึกผลและใช้ผลการทดลองที่รวบรวมสรุปไว้ในสมุดบันทึก หรือรายงานการทดลองคือ

1. ทักษะการบันทึกผล
2. ทักษะในการใช้ผลการทดลอง

รอกวิท ปวาลพฤกษ์ และสมศักดิ์ สิ้นธุระเวชย์ (2523: 106-109) ได้เสนอแนะแนว
 ทางในการวัดผลด้านการปฏิบัติ สามารถวัดได้จากสิ่งต่อไปนี้

1. ความสามารถในการปฏิบัติงานกับการวัดพฤติกรรมของนักเรียนโดยวิธีการ
 สังเกตและมีเครื่องมือในการสังเกตคือ แบบสำรวจรายการ (Check list) หรือ
 มาตรฐานประเมินค่า (Rating Scale) จะช่วยย้่าการสังเกตสะดวก และมึ
 ความเที่ยง
2. ความสามารถและทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานคือ วิธีการปฏิบัติงาน ซึ่ง
 ได้แก่วิธีการ ทักษะ และเทคนิคในการใช้เครื่องมือทดลองและวัดผลโดยนำผลงานที่
 ได้มาตรวจห้คะแนน

นอกจากนี้ ยังได้ให้หลักในการสังเกต เพื่อห้คะแนนทักษะปฏิบัติาไว้ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่จะสังเกตให้จำกัดเฉพาะ เรื่อง
2. สังเกตอย่างมีจุดหมาย
3. สังเกตด้วยความตั้งใจวิเคราะห์รายละเอียดของสิ่งที่สังเกต
4. ต้องมีการบันทึก
5. ขณะสังเกตควรรู้แบบสำรวจรายการ (Check list) หรือมาตรฐาน
 ประเมินค่า (Rating Scale)

มาตรฐานประเมินค่าใช้ประเมินคุณลักษณะของสิ่งที่สังเกตออกมาเป็นระดับ
 ต่างๆ มีลำดับขั้นในการสร้างดังนี้

1. ระบุมผลการเรียนหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้ชัดเจน
2. เขียนพฤติกรรมที่สำคัญของแต่ละผลการเรียน
3. สร้างมาตราวัด (Scale)
4. เขียนคำสั่งการให้

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2524: 26) ได้แบ่งวิธีการทดสอบภาคปฏิบัติโดยใช้การกระทำของผู้ถูกทดสอบเป็นเกณฑ์ไว้ 3 วิธี คือ

1. การทดสอบที่กำลงมือกระทำ (Performance Test)
2. การทดสอบโดยวิธีเขียนตอบในกระดาษ (Paper-pencil Test)
3. การทดสอบปากเปล่า (Oral Test)

สสวท. โดยสาขาวิจัยและประเมินผล (2524: 27-31) ได้เสนอแนวปฏิบัติในการวัดผลปฏิบัติการในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า การวัดทักษะด้านการปฏิบัติการทดลองอาจวัดได้เป็น 2 พวกคือ

1. ทักษะพวก ก. เป็นกิจกรรมที่มองเห็นได้ระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ได้แก่
 - 1.1 ทักษะทางปฏิบัติ เป็นทักษะเกี่ยวกับการหยิบจับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง
 - 1.2 การสังเกต ได้แก่ การสังเกตเพื่อหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบและการสังเกตผลของการทดลอง
 - 1.3 การดำเนินการทดลอง ได้แก่ ความสามารถในการปฏิบัติตามวิธีการที่บอกไว้ในแบบเรียน และสามารถวางแผนปฏิบัติการทดลองได้อย่างเหมาะสม
2. ทักษะพวก ข. เป็นผลของการปฏิบัติการที่นักเรียนได้บันทึกไว้ในสมุด ได้แก่
 - 2.1 การบันทึกผล ได้แก่ การบันทึกผลเป็นตารางหรือกราฟ การวาดรูปหรือการเขียนภาพ การจดบันทึกเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้
 - 2.2 การใช้ผลการทดลอง ได้แก่ การแปลความหมายข้อมูลเพื่อหาข้อสรุป การคำนวณหรือใช้ข้อมูลที่ได้ การทำนายโดยอาศัยข้อมูลที่ได้

ในการวัดผลการปฏิบัติการนั้น ครูจะต้องวัดผลการปฏิบัติของนักเรียนไปพร้อมกับการสอน นักเรียนแต่ละคนอาจทำกิจกรรมต่างๆ ในเวลาเดียวกัน การที่นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่มและนักเรียนชั้นมีมาก ผู้สอนอาจสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงควร

วัดทักษะอย่างเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง เพราะการทดลองแต่ละครั้งจะเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกทักษะต่าง ๆ ได้มากน้อยต่างกันและควรให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะต่าง ๆ ให้ครบ นอกจากการวัดผลขณะนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมทดลองตามบทเรียนแล้ว ผู้สอนอาจกำหนดการทดลองขึ้นมาใหม่เพื่อวัดผลเพิ่มเติมด้วยก็ได้

ธงชัย ชิวปรีชา (2537: 68-93) ได้กล่าวถึง เทคนิคและวิธีการวัดและประเมินผลทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 วิธี คือ

1. การใช้แบบทดสอบ
2. การตรวจจากรายงานผลการทํากิจการ
3. การสังเกตขณะทํากิจการ
4. การสอบภาคปฏิบัติ

สำหรับการวัดและประเมินผลทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ต้องมีแบบบันทึกผลการสังเกตซึ่ง ธงชัย ชิวปรีชา (2537: 75) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมขณะทํากิจการ ไว้ว่า

การสร้างแบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการอาจสร้างเป็นแนวกว้าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับการปฏิบัติการานทุกเรื่องก็ได้ ในกรณีนี้หัวข้อหรือรายการที่จะสังเกต และประเมินอาจเป็นดังนี้

1. ด้านการออกแบบและวางแผน ก่อนลงมือทํากิจการ มีการออกแบบและวางแผนการทํากิจการไว้เหมาะสมเพียงใด
2. ด้านการดำเนินการปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี การติดตั้งอุปกรณ์ ฯลฯ มีความถูกต้อง คล่องแคล่วรวดเร็ว ละเอียดรอบคอบและคำนึงถึงความปลอดภัย เหมาะสมเพียงใด
3. ด้านการสังเกตและบันทึกข้อมูล สามารถสังเกตและบันทึกข้อมูลได้ละเอียดชัดเจนเพียงใด

4. ด้านการจัดกระทำและแปลความหมายข้อมูล และการสรุปผลการทดลอง ท้าได้ถูกต้อง เหมาะสมชัดเจนเพียงใด

5. ด้านความรับผิดชอบ และนิสัยในการทำงาน มีความตั้งใจ และจริงจัง ในการทำปฏิบัติการเพียงใด ได้ดูแลบำรุงรักษา ทำความสะอาด และจัดเก็บอุปกรณ์ เป็นระเบียบเรียบร้อย รวมทั้งการกำจัดของเหลือทิ้งหรือขยะต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำปฏิบัติการได้เหมาะสมเพียงใด การประเมินพฤติกรรมทั้ง 5 ด้านจะกำหนด มาตรฐานประเมินค่าที่ระดับก็ได้ ดังตัวอย่างแบบบันทึกคะแนนจากการสังเกต พฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการต่อไปนี้

แบบบันทึกคะแนนการสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

วิชา _____ ภาคเรียนที่ _____ ปีการศึกษา _____

ชื่อ ปฏิบัติการที่สังเกต	วัน เดือน ปี	คะแนน					คะแนน รวม
		ผลการสังเกตพฤติกรรม					
		ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 3	ด้านที่ 4	ด้านที่ 5	
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
	รวม						

<u>หมายเหตุ</u>	<u>ทักษะปฏิบัติ</u>	ได้แก่การหยิบจับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ
	<u>การสังเกต</u>	ได้แก่การสังเกตข้อมูล การสังเกตผลการทดสอบ
	<u>การดำเนินการทดลอง</u>	ได้แก่การปฏิบัติตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ และการวางแผนการทดลอง
	<u>ความหมายของคะแนน</u>	2 หมายถึง ดี 1 หมายถึง พอใช้ 0 หมายถึง ยังใช้ไม่ได้

นอกจากนี้ สสวท. โดยสาขาวิจัยและประเมินผล (2524:62) ยังได้เสนอแนวปฏิบัติในการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) และแบบสำรวจรายการ (Check list) สรุปได้ดังนี้

1. พิจารณาเนื้อหาว่าในแต่ละการทดลองมีทักษะอะไรบ้าง
2. จัดทำตารางซึ่งประกอบด้วยชนิดของทักษะในแต่ละการทดลอง รวมทั้งรายชื่อของนักเรียนที่ต้องประเมิน ตารางควรมี 3 ประเภท เพื่อความสะดวกในการใช้ดังนี้
 - 2.1 ตารางซึ่งประกอบด้วยชื่อการทดลองและทักษะต่างๆ ที่ต้องการวัด
 - 2.2 ตารางซึ่งใช้บันทึกทักษะต่าง ๆ ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งจัดเฉพาะการทดลองหนึ่ง ๆ และครูจะนำเข้าไปในชั้นเรียน เช่น

รายชื่อ นักเรียน	ทักษะ การใช้เทอร์โม มิเตอร์	การใช้ ตาชั่ง	การใช้ ตะเกียง แอลกอฮอล์	อื่น ๆ
1.				
2.				
.				
.				
16.				

ก. เขียนรายชื่อนักเรียนที่ต้องการจะวัดทักษะ ควรจะหาได้ประมาณ 16 คนเท่านั้น เพราะอยู่ในขอบเขตที่ครูจะสังเกตได้ชัด ส่วนนักเรียนที่เหลือให้ประเมินในการทดลองต่อไป ครูควรประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนทุกคน

ข. เขียนทักษะสำหรับการทดลองนั้นลงในช่องทักษะ

ค. แบบประเมินผลนั้น เมื่อครูสังเกตแล้วอาจทำเครื่องหมาย

/ สำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติได้ถูกต้อง

X สำหรับนักเรียนที่ควรได้รับการแก้ไขในทักษะนั้นๆ

2.3 ตารางรวม ซึ่งประกอบด้วยรายชื่อเรียนทั้งชั้น และทักษะทั้งหมดที่ต้องการประเมินผลตลอดครึ่งปีหรือตลอด 1 ปี

เมื่อจบการประเมินทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนแต่ละครั้งแล้วให้นำผลมากรอกลงในตารางรวมนี้เพื่อประโยชน์ 2 ประการคือ

1. ใช้เปรียบเทียบว่านักเรียนคนใดควรจะได้ปรับปรุงทักษะอะไรบ้าง เพื่อครูจะได้วางแผนที่ค้ำแนะนาเมื่อมีการสอนถัดไปได้ทันที่
2. ครูจะพบอีกว่า นักเรียนคนใดทำการทดลองน้อยครั้งกว่าคนอื่น ๆ หรือไม่เคยทำการทดลองเลย ซึ่งจะได้แก้ไขได้ทันที่ โดยกำหนดให้นักเรียนคนนั้นแลกเปลี่ยนหน้าที่กับสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม

การรายงานผลการทำปฏิบัติการนั้นจะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้ทำปฏิบัติการหลาย ๆ ด้าน เช่น ทักษะในการสังเกตและจดบันทึก ทักษะในการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมาย ทักษะในการเขียนกราฟ แผนภาพ หรือตาราง และทักษะในการแปลความหมายข้อมูลและสรุป เป็นต้น ดังนั้นการวัดพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการอีกทางหนึ่ง ก็อาจทำได้โดยการตรวจจากรายงานผลการทำปฏิบัติการ ผู้สอนควรได้จัดทำแบบสำหรับบันทึกผลการตรวจรายงานการทำปฏิบัติการของผู้เรียน

อนันต์ ศรีโรสภา (2524: 197-204) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scales) ว่า "มาตราส่วนประเมินค่าสามารถระบุสถานภาพ และคุณภาพของสิ่งที่จะวัด เป็นการบันทึกและการรายงานผลการตัดสินใจของผู้สังเกตอย่างมีระบบ" และยังได้กล่าวถึงแบบสำรวจรายการ (Check list) ไว้สรุปได้ว่า แบบสำรวจรายการ

ประกอบด้วยรายการที่แสดงขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ หรือพฤติกรรมที่ผู้สอนบันทึกเมื่อมีพฤติกรรมนั้นเกิดขึ้น แบบสำรวจรายการมีประโยชน์ในการประเมินผล กระบวนการหรือวิธีการที่ได้แบ่งการกระทำหรือปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างชัดเจน คุณค่าของแบบสำรวจรายการขึ้นอยู่กับทักษะและความระมัดระวังของผู้สร้างเครื่องมือ เพราะแบบสำรวจรายการมีลักษณะดังนี้

1. บังคับให้ผู้สังเกตมุ่งสนใจตามรายการที่ระบุไว้
 2. เป็นการเปรียบเทียบการกระทำต่างๆ ของนักเรียนกับผู้สังเกต
- นอกจากนี้ยังได้เสนอแนะว่า การใช้แบบสำรวจรายการควรมีหลักในการพิจารณา ดังนี้

1. ใช้เมื่อต้องการทราบว่านักเรียนได้กระทำพฤติกรรมเฉพาะที่กำหนดไว้หรือไม่
2. ลักษณะของการกระทำต่างๆ ต้องกำหนดไว้ชัดเจน
3. จะต้องสังเกตนักเรียนคนเดียวกันในแต่ละครั้ง
4. ครูที่จะสังเกตควรได้รับการฝึกว่าจะสังเกตอะไร สังเกตอย่างไร และบันทึกผลของการสังเกตอย่างไร

สุนันท์ สังข์อ่อง และบริบูรณ์สุข บัณฑิตวิทยาลัย (2525: 6) ได้กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scales) กับแบบสำรวจรายการ (Check list) สรุปได้ว่า มาตราส่วนประเมินค่าประกอบด้วยรายละเอียดของพฤติกรรมที่ต้องสังเกต และมีมาตราส่วนแสดงระดับคะแนนและคุณภาพของพฤติกรรมที่สังเกตได้ ส่วนแบบสำรวจรายการนั้นจะช่วยในด้าน การตัดสินใจการปฏิบัติว่า ถูกหรือผิด (Yes-no Judgment) เป็นการประเมินดูว่านักเรียนได้ทำกิจกรรมนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยผู้สังเกตต้องกำหนดกิจกรรมที่ต้องสังเกตไว้ในตาราง

อนันต์ ศรีโรสภา (2524: 199-200) กล่าวถึงข้อดีของการประเมินผลด้วยการสังเกต ที่มีประโยชน์ต่อครูหลายประการ ดังนี้

1. การสังเกตการเรียน การทำงานตลอดจนนิสัยการทำงานของนักเรียน เป็นประจำจะช่วยให้ครูสามารถประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนได้ต่อเนื่องกันและยังช่วยให้ครูสามารถสืบสอบข้อเท็จจริง หรือข้อบกพร่อง หรือปัญหาต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้น และแก้ไขได้อย่างถูกต้องทันที่



2. วิธีการสังเกตต่าง ๆ ที่ใช้เวลานานมาก
3. ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต มีคุณค่าต่อครูอย่างมากในการประเมินผลการเรียนการสอนของครู มีข้อมูลอีกมากที่ไม่สามารถเก็บได้โดยวิธีอื่น นอกจากจะต้องเก็บโดยอาศัยเทคนิคการสังเกตเท่านั้น

นอกจากนี้ อนันต์ ศรีรสภา (2524: 199-200) และจันทิมา พรหมราชติกุล (2527: 56-58) สรุปได้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายที่จะสังเกตให้ชัดเจนโดยกำหนดลงไปให้ชัดเจนว่าพฤติกรรมใดที่มีการแสดงออกประการใดบ้าง
2. ผู้สังเกตต้องมีประสบการณ์ส่วนตัวที่คล่องแคล่ว และใช้การได้ดีจนสามารถรับรู้สิ่งที่ต้องการสังเกตได้ทันทีและถูกต้อง
3. ผู้สังเกตต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญในการใช้เครื่องมือบันทึกผลการสังเกตชนิดนั้น ๆ เสียก่อน จึงจะเริ่มการสังเกต
4. การสังเกตที่มีคุณภาพต้องพยายามอย่าให้ผู้ถูกสังเกตรู้ตัว เช่น ไม่จดบันทึกผลให้เห็น เป็นต้น
5. ช่วงเวลาที่ใช้ในการสังเกตควรพิจารณาให้เหมาะสม และสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการจะสังเกตหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการสังเกต
6. ควรกำหนดผู้สังเกตหลายคนหรือมีการสังเกตหลายครั้ง เพื่อให้การสังเกตมีความเชื่อมั่นสูง หรือผู้สังเกตคนเดียว ก็ควรสังเกตหลาย ๆ ครั้ง
7. ควรมีการตรวจสอบผลการสังเกตด้วยเครื่องมือวัดชนิดอื่น ๆ ด้วย เพื่อให้ผลเป็นที่เชื่อมั่นได้มากยิ่งขึ้น
8. ควรเตรียมการสอนไปพร้อมกับการสังเกต เพราะการสังเกตนักเรียนในขณะที่กำลังสอนจะช่วยให้การสังเกตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และประหยัดเวลา
9. ไม่ควรตีความหมายหรือสรุปข้อคิดเห็นของการสังเกตในระยะเวลายาว ๆ ควรรอจนกว่าการสังเกตทั้งหมดได้สิ้นสุดลง
10. ควรเตรียมรายการและแบบฟอร์ม เพื่อช่วยในการสังเกตมีระบบและเป็นปรนัยยิ่งขึ้น

งานการสังเกตนี้ ริชาร์ด แอล โรเบอร์ และคณะ (Ober and et al.1971:19-21) ได้เสนอวิธีการสังเกตไว้ว่า

วิธีการสังเกต 2 วิธี คือ

1. การสังเกตโดยตรง (Direct Observation)
2. การสังเกตโดยอ้อม (Indirect Observation)

การสังเกตโดยตรง ยังแบ่งเป็น 3 วิธีคือ

1. การสังเกตในขณะที่มีการเรียนการสอนโดยตรง (Life Observation) วิธีนี้มีข้อเสีย คือ พฤติกรรมที่ผ่านมาแล้วจะกลับมาดูอีกไม่ได้ เพราะฉะนั้นผู้สังเกตจะต้องมีความแม่นยำในการเช็คพฤติกรรมต่าง ๆ และได้รับการฝึกหัดมาอย่างดี
2. การบันทึกภาพ (Videotape) สังเกตโดยการบันทึกภาพไว้ด้วย วิธีนี้ดีแต่สิ้นเปลืองมาก
3. การบันทึกเสียง (Audiotape) ใช้เทปบันทึกเสียงช่วยในการสังเกตวิธีนี้มีข้อบกพร่องตรงที่ไม่เห็นกริยาท่าทาง อาจจะทำให้ผู้สังเกตแปลพฤติกรรมบางอย่างผิดไปได้

การสังเกตในขณะที่มีการเรียนการสอนโดยตรง มักจะทำงานช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 3 นาที (ไม่ควรเกิน 5 นาที) หรือไม่ควรมากเกินไป เพราะพฤติกรรมที่แสดงออกมาอาจไม่ครบตามที่เรต้องการสังเกต และถ้าใช้เวลานานเกินไปจะทำให้ผู้สังเกตลืมหืมพฤติกรรมต้น ๆ ที่แสดงออกมา ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย

การสังเกตโดยอ้อม การสังเกตโดยทางอ้อมนี้ เครื่องมือที่จะใช้วัดก็คือ การออกแบบสอบถามให้ครูหรือนักเรียนตอบ ผลจากการตอบแบบสอบถามจะสะท้อนถึงสภาพการเรียนการสอนอีกทีหนึ่ง เช่น แบบสอบถามกิจกรรมการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพห้องเรียน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า วิธีการประเมินผลทักษะปฏิบัติการเคมีที่ใช้กัน ส่วนใหญ่จะเป็นการสังเกตการหยิบจับเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำงานภาคปฏิบัติ ว่ามีการปฏิบัติโดยใช้เทคนิคในการทดลองได้ถูกต้องหรือไม่ ดำเนินการทดลองเป็นไปตามลำดับขั้นตอนหรือไม่ รวมทั้งสามารถปฏิบัติการอย่างคล่องแคล่วและมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการปฏิบัติการทดลองหรือไม่ การสังเกตนั้น อาจทำการประเมินในขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป หรืออาจทำในรูปแบบของการสอบที่ให้ลงมือปฏิบัติ (Performance test) ก็ได้ใน การให้คะแนนปฏิบัติการนั้นควรมีเครื่องมือที่ใช้ในการสังเกต ซึ่งอาจจะใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) หรือแบบสำรวจรายการ (Check list) ในการวัดพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการในการทดลองเคมีนี้อาจใช้แบบทดสอบประเภทต่าง ๆ ที่เป็นข้อเขียนได้ แต่ถ้าจะให้ได้ผลดีแล้วควรใช้แบบสังเกตโดยตรง ฉะนั้นในการศึกษาว่า นักเรียนมีทักษะปฏิบัติต่าง ๆ หรือไม่ มีมากน้อยเพียงไร เมื่อเรียนครบตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะสร้างเครื่องมือสำหรับสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาเคมีของนักเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติการเคมี นอกเหนือจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติการ และการประเมินทักษะปฏิบัติการแล้ว ในการทดลองเคมีนั้นการเน้นให้นักเรียนตระหนักถึงเรื่องของความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลองถือเป็นเรื่องที่สำคัญ ดังนั้นการเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอเสนอตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะปฏิบัติ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลอง
3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ก. งานวิจัยต่างประเทศ

โรปรีต เจมส์ เอิร์ล (Hearle 1974: 7067-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบทักษะในการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ตรวจสอบทักษะในการปฏิบัติการทดลองที่ต้องการให้เกิดขึ้น ในการทดลองเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา
2. เพื่อสร้างเครื่องมือวัดทักษะในการปฏิบัติการทดลอง
3. เพื่อศึกษาว่าหลักสูตรวิชาเคมีและเพศของนักเรียน มีผลต่อทักษะปฏิบัติการทดลองหรือไม่
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ในเนื้อหาวิชาเคมี กับทักษะปฏิบัติการทดลอง

ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนจากโรงเรียนใกล้เขตมหาวิทยาลัยแห่งรัฐแมริแลนด์ แบ่งตัวอย่างประชากรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนหลักสูตร IAC (Interdisciplinary Approach to Chemistry) กับกลุ่มที่ไม่ได้เรียนหลักสูตรดังกล่าว ก่อนทำการสอน 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนเรียน และเมื่อจบบทเรียนแล้วได้ทำการทดสอบหลังเรียน เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะการทดลอง มีความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยงสูง ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่เรียนหลักสูตร IAC มีทักษะการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนหลักสูตรดังกล่าว อย่างมีนัยสำคัญ
2. นักเรียนที่เรียนหลักสูตร IAC มีทักษะการทดลองสูงกว่าทักษะการคิด
3. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถทางทักษะการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
4. ความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับความสามารถทางทักษะการทดลองและทักษะการคิด มีความสัมพันธ์กัน แต่มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ

อาร์ ดอร์ดีส แม็กเบท (Macbeth 1974: 45-51) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนอนุบาล กับทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เกรด 3 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยใช้บทเรียนแบบปฏิบัติการตามหลักสูตรของ S-APA (S-APA program) ผลการวิจัยพบว่า

1. การสอนโดยให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง ช่วยพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในเด็กอนุบาลได้ดีกว่าในเด็กที่มีอายุมากกว่า
2. การสอนโดยให้เด็กทดลองด้วยตนเองไม่เป็นผล มีสาเหตุมาจากทักษะทางการพูดและการติดต่อสื่อความหมายของเด็กยังไม่ดีพอ

วอร์เรน เพรดดริค บีสลีย์ (Beasley 1979: 5428-A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมี โดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการคิดต่อการทำปฏิบัติการทดลองเคมีของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐานเพื่อศึกษา

1. ผลของการฝึกทักษะด้วยปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว
2. ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว
3. ผลของการฝึกทักษะด้วยปฏิบัติการทดลองและการคิดร่วมกัน

ผู้วิจัยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม และกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม การประเมินผลการปฏิบัติการทดลองใช้เกณฑ์ในการประเมิน 2 เกณฑ์ คือ ความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) และความคงที่แน่นอน (Precision) โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาขณะทำการทดลอง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ
2. นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่า การได้ฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลอง ทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ

รอดเนย์ แอล โดแรน และ แมรี ซี โคทริค (Doran and Dictrich 1980 :495-502) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถทางทักษะปฏิบัติการ ของนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์กับพวกที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา จากนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา ในนิวยอร์กจำนวน 199 คน โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ 147 คน ซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่มย่อย คือ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก กับกลุ่มที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ 52 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถทางทักษะปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์และไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียน ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก มีความสามารถทางทักษะปฏิบัติการแตกต่างกัน

เวด พาร์คิง โกล (Goel 1981: 646-A) ได้ศึกษาผลของการทราบดีดอุปประสงค์เชิงพฤติกรรมของการทดลองต่อการมีทักษะปฏิบัติการ และต่อทักษะการคิด ของนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เพื่อศึกษา

1. ความแตกต่างของทักษะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ความแตกต่างของระดับการมีทักษะปฏิบัติการทดลองระหว่างนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม กับนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. ความแตกต่างของทักษะการคิด ของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในกรุงนิวยอร์กจำนวน 28 โรงเรียนแบ่งเป็น กลุ่มควบคุม 14 โรงเรียน กลุ่มทดลอง 14 โรงเรียน โดยทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทำการทดลองเดียวกัน หลังจากนั้นประเมินผลทักษะปฏิบัติการทดลองและทักษะการคิด นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์หาความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ระดับของการมีทักษะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
3. ทักษะการคิดของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ฟานเชส เฮช ลูเวิส (Louwerse 1982:1915-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเอง กับการให้นักเรียนสังเกตดูการสาธิตการทดลองของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนเกรด 10-12 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรัฐฟลอริดา จำนวน 92 คน ให้นักเรียนเนื้อหาวิชาและการทดลองที่เหมือนกันโดยครูคนเดียวกัน แต่ตอนทำการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งให้นักเรียนทำการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง อีกกลุ่มหนึ่งให้คอยสังเกตดูครูที่ทำการสาธิตการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มที่ทำการทดลองด้วยตนเองกับกลุ่มที่สังเกตดูครูสาธิตการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จอย ลี วินเดิล แมคมีน (Mcmeen 1983: 130-A) ได้ทำการศึกษายบทบาทของการเรียนการสอนปฏิบัติการแบบสืบสอบ ในการช่วยให้นักพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน ประกอบด้วยกลุ่มควบคุม จำนวน 73 คน ให้นักเรียนเคมีโดยการสอนแบบเดิม คือ การบรรยายและให้นักเรียนปฏิบัติการแบบที่กำหนดวิธีปฏิบัติการมาให้ และกลุ่มทดลอง จำนวน 49 คน ให้นักเรียนวิชาเคมีโดยให้นักเรียนปฏิบัติการแบบสืบสอบเวลาที่ใช้ในการทดลอง 10 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพัฒนาการทางสติปัญญา คือ แบบวัดความคิดเชิงเหตุผล โดยให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบวัดนี้ก่อนและหลังการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่า ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น และกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ปีเตอร์ อคินโบล่า โอคบูโกล่า (Okebukola 1985 : 221-231) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชีววิทยา ระดับ 11 จำนวน 600 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียน แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของ เอวี ออฟสไตน์ และคณะ (Avi Hofstein and et al.) พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันทางบวก

ปีเตอร์ อคินโบล่า โอคบูโกล่า (Okebukola 1987:101-109) ได้ศึกษาองค์ประกอบบางประการที่เกี่ยวข้องกับทักษะปฏิบัติการเคมี ตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนระดับ 11 ที่ลงทะเบียนวิชาเคมีจากโรงเรียน ในเมือง ซานเมือง และชนบทของรัฐโรโย ในจีเรียจำนวน 819 คน และครูผู้สอน จำนวน 39 คน กลุ่มตัวอย่างประชากรดังกล่าวเลือกมาโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้นหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบวัดทักษะการปฏิบัติการเคมี แบบสอบถามครูแบบสอบถามนักเรียน และแบบสังเกตการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียน ได้แก่ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการทดลอง เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน เจตคติต่อการทดลองเคมีของครู จำนวนอุปกรณ์และสารเคมี พื้นที่ในการทำการทดลอง และเวลาที่จัดให้ทำการทดลอง ตามลำดับ

โรเบิร์ต ชาร์ลส์ (Charles 1987: 891-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านปฏิบัติการทดลอง การพัฒนาสติปัญญา และกลวิธีสอน ของนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยา ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยา ระดับ 9 ในโรงเรียนสาธิตของวิทยาลัยเทมเพิล ผลการวิจัยพบว่า

1. ความรู้ด้านปฏิบัติการ ระดับการพัฒนาสติปัญญา และกลวิธีการสอนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

2. กลวิธีสอนที่แตกต่างกัน ทำให้การพัฒนาสติปัญญาต่างกัน
3. กลวิธีสอนที่เลือกใช้การปฏิบัติการทดลอง ทำให้ความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น

ข. งานวิจัยในประเทศ

อุบลพงษ์ วัฒนเสรี (2518: ข-ค) ได้ศึกษาทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 180 คน อายุระหว่าง 11-15 ปี ระดับชั้นละ 2 ห้องเรียน แยกเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ทำการสอนด้วยวิธีให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทุกห้อง เฉพาะกลุ่มทดลองได้แนะนำและสาธิตวิธีใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง 5 ชนิด ทุกครั้ง ก่อนเริ่มทำการปฏิบัติการทดลอง ตามบทเรียน ผลการวิจัยพบว่า

1. คำมัชฌิมเลขคณิตของคะแนนทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ยกเว้น ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมีคำมัชฌิมเลขคณิตของคะแนนทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากทักษะการใช้กรวยกรอง

2. เมื่อนำมัชฌิมเลขคณิตของคะแนนทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์จำนวนตามชนิดของอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มาเปรียบเทียบกัน 3 ระดับชั้น พบว่าคำมัชฌิมเลขคณิตของคะแนนทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

มาโนช วาตะพุกณะ (2523: 68-71) ได้ทำการศึกษาสัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ตัวอย่างประชากร จำนวน 268 คน การดำเนินการวิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยของคะแนนสัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 44.283

2. พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินแตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่

2.1 พฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่มีผลการประเมินต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ การใช้หลอดฉีดยา การใช้หลอดหยด การเตรียมสารละลายกรด การใช้กระดาษทดสอบ กรดและเบส การเก็บรักษาแม่เหล็ก การปฏิบัติขณะต้มสาร การรินสาร การจับเวลา การทำเครื่องหมาย การใช้กล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย การใช้หลอดไฟพร้อมขั้ว

2.2 พฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินสูงกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ การใช้ช้อนตักสาร การใช้ไม้หนีบ การใช้แว่นขยาย การวัดความยาวสูง การเขย่าหลอดทดลอง การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า การทำความสะอาด และเก็บรักษาเครื่องมือ

3. พฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่ผลการประเมินไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ การปฏิบัติเมื่อกรดหก การปฏิบัติก่อนต้มสาร การใช้เทอร์โมมิเตอร์ การคนสาร การใช้ตาชั่ง

4. ค่าเฉลี่ยของคะแนนสัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพศชายและเพศหญิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนเพศชาย และ เพศหญิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อุษณีย์ วิเศษพานิช (2525: ง-จ) ได้ศึกษาผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่ม ทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ใช้อย่างประชากรระดับละ 72 คน แบ่งกลุ่ม ทดลองทดลองเป็น 2, 4, 6 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือตารางแบบประเมินทักษะ การใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ แล้วนำมาวิเคราะห์และทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า

1. วนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 6 คน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 2 คน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 2 คนกับกลุ่ม 4 คนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. วนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2 คน แตกต่างจากกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 4 คน และนักเรียนกลุ่ม 6 คน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. มัชฌิมเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2, 4 และ 6 คน วนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ฉลองพร แก้วชราภรณ์ (2526: ง) วัตถุประสงค์การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ กับทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตัวอย่างประชากรที่เข้าในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา ในปีการศึกษา 2525 จำนวน 115 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์และแบบวัดทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทัศนคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสามารถทางทักษะปฏิบัติการทดลอง อยู่ในระดับดีมาก

3. ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์และทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บุวรี วิสวเวชเมธี (2526: ง-จ) วัตถุประสงค์ของการศึกษาของครูในการสอนปฏิบัติการเคมีมัธยมศึกษาตอนปลายของครูที่สอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สาขาเคมี 75 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ส่วนผลมาวิเคราะห์หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที ผลการวิจัยพบว่า

1. ครูสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาเคมีประสบปัญหาต่าง ๆ ดังนี้ ปัญหาในการเตรียมการสอน การใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ คุณภาพและปริมาณของเครื่องมือวิทยาศาสตร์

ความปลอดภัยในการทดลอง ความร่วมมือของนักเรียน และการประเมินผลประสบการณ์ระดับปานกลาง ส่วนปัญหาในการนำทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสอนประสบการณ์ระดับน้อย

2. จากการเปรียบเทียบความคิดเห็นของครูโรงเรียนรัฐบาลและครูโรงเรียนราษฎร์ เกี่ยวกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ปรากฏว่าแตกต่างกัน ยกเว้นปัญหาเกี่ยวกับนักเรียนเท่านั้นที่ไม่แตกต่างกัน

ศรีสุวรรณ เดชอุดม (2528: 60) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้ตัวอย่างประชากรจำนวน 262 คน ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ได้ใช้แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ ขณะนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมทดลองรวม 7 ทักษะแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ถูกต้องจำนวนร้อยละ 47.448 โดยมีจำนวนนักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ถูกต้องในแต่ละห้องเรียน ดังนี้ ห้องมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 ร้อยละ 46.426 มัธยมศึกษาปีที่ 1/2 ร้อยละ 44.285 มัธยมศึกษาปีที่ 1/3 ร้อยละ 41.428 มัธยมศึกษาปีที่ 1/4 ร้อยละ 55.0 มัธยมศึกษาปีที่ 1/5 ร้อยละ 42.142 มัธยมศึกษาปีที่ 1/6 ร้อยละ 50.714 มัธยมศึกษาปีที่ 1/7 ร้อยละ 52.142

2. นักเรียนมีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ ทักษะการใช้ตาชั่ง ทักษะการใช้ตะเกียง ทักษะการใช้ช้อนตักสาร ทักษะการใช้หลอดชนิดยา ทักษะการใช้หลอดหยด และทักษะการคนสาร ส่วนทักษะการจัดเวลานั้น นักเรียนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าที่คาดหวัง คืออยู่ในระดับเกณฑ์พอใช้

3. การสอนแบบสาธิตทักษะการใช้อุปกรณ์ก่อนการทดลองทุกครั้งกับการสอนแบบทดลองจะทำให้ผลของคะแนนทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ราเมศ เลียบสื่อตระกูล (2529: 376) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดชัยนาท ที่มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่างกัน โดยพิจารณาเขาวนปัญญาเป็นองค์ประกอบร่วม ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2529 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดชัยนาท จำนวน 577 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดเขาวนปัญญา และแบบประเมินพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดชัยนาท ที่มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่างกัน โดยพิจารณาเขาวนปัญญาเป็นองค์ประกอบร่วม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน กล่าวคือนักเรียนที่มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง และนักเรียนที่มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำด้วย
2. พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. เขาวนปัญญากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ยุพิน โพธิวิทย์ (2534: 60) ได้ศึกษาผลของชุดฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้วยวัง กลุ่มตัวอย่างประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้วยวัง ปีการศึกษา 2534 จำนวน 90 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายจำนวน 2 ห้องเรียน 1 ห้องเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 45 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นชุดฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง 4 ชุด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะปฏิบัติการเคมี 2 ฉบับ สถิติที่ใช้คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้ชุดฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะปฏิบัติการเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เรื่องชัย ทิมสุวรรณ (2534:ง) ได้ศึกษาเรื่องความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการณ์ทดลองเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2533 จำนวน 712 คน ผลการวิจัยพบว่า ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการณ์ทดลองเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 รวมทุกด้าน อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลของกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2521 จะเท่ากับได้เกรด 1 เท่านั้นและเมื่อพิจารณาแยกแต่และด้านพบว่า

1. ด้านการออกแบบการทดลอง อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์
2. ด้านการเลือกใช้และการเก็บรักษาเครื่องมือ อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
3. ด้านการดำเนินการทดลอง อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
4. ด้านความปลอดภัยในการทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง

กรองพร ชูชื่น (2537:108-110) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของการสอนปฏิบัติการณ์เคมีของครูกับทักษะการปฏิบัติการณ์เคมี ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ กลุ่มตัวอย่างประชากรครูที่สอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปีการศึกษา 2537 จำนวน 20 คน โดยวิธีสุ่มอย่างง่ายจากรายชื่อครูเคมีทั้งหมดและกลุ่มตัวอย่างประชากรนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีกับกลุ่มตัวอย่างประชากรครูที่สุ่มไว้ จำนวน 20 กลุ่มการทดลอง โดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวนตามระดับชั้นที่กลุ่มตัวอย่างประชากรครูสอนเคมีเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 โดยใช้อัตราส่วน 1:1 (ครู 1 คนต่อนักเรียน 1 กลุ่มการทดลอง) ได้กลุ่มตัวอย่างประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 จำนวน 7, 7 และ 6 กลุ่มการทดลอง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสังเกตคุณภาพของการสอนปฏิบัติการณ์เคมี และแบบสังเกตทักษะปฏิบัติการณ์เคมี สถิติที่ใช้คือ ค่ามัธยฐานเลขคณิต ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่า

1. คุณภาพของการสอนปฏิบัติการเคมีของกลุ่มตัวอย่างประชากรครูทั้งหมดโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแยกแต่ละด้าน ปรากฏว่า
 - 1.1 ด้านการเตรียมตัวก่อนสอนปฏิบัติการเคมี อยู่ในระดับปานกลาง
 - 1.2 ด้านการนำเข้าสู่ขั้นตอนการทดลอง อยู่ในระดับต่ำ
 - 1.3 ด้านการอธิบายก่อนการทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง
 - 1.4 ด้านกิจกรรมระหว่างการทดลอง อยู่ในระดับต่ำ
 - 1.5 ด้านกิจกรรมภายหลังการทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง
 - 1.6 ด้านการใช้เทคนิคการสอนเสริมการปฏิบัติการเคมี อยู่ในระดับต่ำ
2. ทักษะการปฏิบัติการเคมีของกลุ่มตัวอย่างประชากรนักเรียนทั้งหมด โดยรวมทุกทักษะอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแยก แต่ละด้านปรากฏว่า
 - 2.1 ด้านกระบวนการปฏิบัติ อยู่ในขั้นปานกลาง
 - 2.2 ด้านการรายงานผลการทดลอง อยู่ในขั้นปานกลาง
3. คะแนนคุณภาพของการสอนปฏิบัติการเคมีของครูมีความสัมพันธ์ทางบวก กับคะแนนทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .8475

จากงานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติกับจำนวนครั้งของการปฏิบัติการทดลอง ผลการทราบดีจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการทดลอง พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบบางประการที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาสติปัญญาและกลวิธีสอน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง ทักษะคิดต่อวิทยาศาสตร์ คุณภาพของการสอนปฏิบัติการของครู นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบทักษะ การเปรียบเทียบทักษะการใช้อุปกรณ์ ผลของการฝึกทักษะโดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการคิด ความสามารถทางทักษะ ผลของการให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเอง กับการให้นักเรียนสังเกตดูการสาธิตการทดลองของครู ตลอดจนการศึกษาทักษะการใช้อุปกรณ์ เช่น กระบอกตวง เทอร์มอมิเตอร์ เป็นต้น ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งพบว่า นักเรียนที่มีการทบทวนปฏิบัติการบ่อยครั้งรวมทั้งมีการฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองจะทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ นอกจากนี้ การ

ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมช่วยให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลองดีกว่านักเรียนที่ไม่ทราบ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แต่จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่า ทักษะการปฏิบัติการเคมี และความรู้
ความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด และ
ระดับปานกลาง ตามลำดับ

งานวิจัยที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง

ก. งานวิจัยต่างประเทศ

จอห์น อาร์ ยัง (Young 1970: A829-A838) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความ
ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ของรัฐอินเดียน่า ระหว่าง
ปีการศึกษา 1968-1969 ตัวอย่างประชากร คือ ครูเคมีในรัฐอินเดียน่า จำนวน 203 คน
ผลการวิจัยพบว่า ครูเคมี ร้อยละ 71.4 ตอบว่า ไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นเลยต่อห้องต่อสัปดาห์
ร้อยละ 23.2 ตอบว่า มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 1-3 ครั้งต่อห้องต่อสัปดาห์ ร้อยละ 5.4 ไม่
ตอบแบบสอบถาม และร้อยละ 51.7 ตอบว่า มีอุบัติเหตุร้ายแรงเกิดขึ้นอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
ซึ่งจะต้องมีการปฐมพยาบาลด้วย เช่น กรดเข้มข้นกระเด็นเข้าตา เทอร์โมมิเตอร์แตก และ
บาดมือ เป็นต้น และยังพบว่ามีการใช้เทคนิคการทดลองไม่เหมาะสม และมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น
มากานเรื่องต่อไปนี้

1. แผลไฟไหม้ ซึ่งเกิดจากการจับหลอดทดลองหรือโลหะที่ร้อนจัด
2. แผลที่เกิดจากกรดหรือเบส
3. หลอดทดลองแตก เนื่องจากการใช้ที่จับหลอดไม่เหมาะสม
4. การเผาสารในหลอดทดลองไม่ถูกวิธี
5. การนำสารเคมีกลับคืนผิดขวด หรือการใส่สารเคมีผิด
6. การทดสอบก๊าซโดยวิธีที่ไม่เหมาะสม

ในปีต่อมา จอห์น อาร์ ยิง (Young 1971: A349-A356) ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับความปลอดภัยในท้องปฏิบัติการณ์เคมี ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ของรัฐอินเดียนา ในปีการศึกษา 1969-1970 ปรากฏว่า

1. อุบัติเหตุใหญ่เกิดขึ้น 156 ครั้ง
2. อุบัติเหตุใหญ่ที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยมีอัตราการเกิด 0.54 ครั้งต่อห้องต่อปี
3. ตัวอย่างประชากรร้อยละ 65.3 ตอบว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นอย่างน้อย 1 ครั้งต่อสัปดาห์
4. ครูเคมีร้อยละ 56.6 ไม่ทราบเกี่ยวกับเรื่องความรับผิดชอบของครูที่เกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในระหว่างการสอน

จอห์นสัน ยูโรด จอห์น เอกโป (Ekpo 1981: 3516-A) ได้สำรวจเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลองเคมี ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ของรัฐอลาบามา และเสนอชุดการสอนเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลองเคมี ตัวอย่างประชากร คือ ครูที่สอนเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 52 คน จากโรงเรียนรัฐบาลระดับ 9-12 ของรัฐอลาบามา พบว่า

1. ครูร้อยละ 73 มีความเห็นว่า ชุดการสอนเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลองเคมีสำหรับโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นสิ่งจำเป็น
2. นักเรียนส่วนมากขาดความรู้ที่ถูกต้องในการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือในการป้องกันอุบัติเหตุ และขาดความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากเครื่องมือและอุปกรณ์
3. โรงเรียนส่วนมากมีการเก็บสารเคมีและการทำลายสารเคมีด้วยวิธีการไม่เหมาะสม
4. ครูขาดการบันทึกเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น หลายโรงเรียนมีเครื่องมือปฐมพยาบาลไม่เพียงพอ และขาดคนที่จะทำหน้าที่ปฐมพยาบาลในชั้นต้น

สำหรับชุดการสอนเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทดลองเคมีที่เสนอขึ้นมา นั้น ได้สร้างขึ้นมาจากจุดบกพร่องที่ได้มาจากแบบสอบถาม ได้แก่ เรื่องตู้ควัน การระบายอากาศ การเก็บและการทำลายสารเคมี เครื่องมือป้องกันอันตราย เครื่องหมายต่าง ๆ ที่ใช้ อันตรายจากสารเคมีและอุปกรณ์การทดลองและการปฐมพยาบาล

ในปีเดียวกัน โจนส์ เดวิส วูดเบิร์น (Woodburn 1981 : 1089A-1090A) ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับกระบวนการในด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ปลอดภัยและองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ในโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐเนบราสกา โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และต้องการทราบถึงธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ตัวอย่างประชากรได้แก่ ครูวิทยาศาสตร์ในรัฐเนบราสกา จำนวน 300 คน จากโรงเรียน 16 โรงเรียน ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและทำการสัมภาษณ์ ผลการสำรวจ พบว่า

1. อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นร้อยละ 80.72 เกิดจากการทดลองที่ใช้ความร้อน เครื่องแก้ว และสารเคมี ร้อยละ 19.28 มีสาเหตุมาจากการผ่าตัดสัตว์เลี้ยง เครื่องไฟฟ้า เครื่องจักรกล
2. อุบัติเหตุรุนแรงที่เกิดขึ้นร้อยละ 77.65 เกิดจาก 19 การทดลอง และมี 14 การทดลองที่ครูวิทยาศาสตร์ เลิกให้นักเรียนทดลอง ซึ่งสามารถลดอุบัติเหตุได้ถึง ร้อยละ 75.00
3. จำนวนครั้งที่เกิดอุบัติเหตุ ขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ การทำงานของครู ขนาดโรงเรียนและขนาดของชั้นเรียน โดยพบว่าถ้านักเรียนชั้นมากจะเกิดอุบัติเหตุมาก
4. วิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ จะเกิดอุบัติเหตุมากกว่าวิชาฟิสิกส์
5. อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับนักเรียนระดับ 3 มากกว่า ระดับ 4 ถึง 1.83 เท่า
6. ห้องเรียนที่จัดบรรยายและปฏิบัติการร่วมกัน จะเกิดอุบัติเหตุมากกว่าห้องเรียนที่จัดเรียนปฏิบัติการเพียงอย่างเดียว
7. อัตราส่วนพื้นที่ในห้องต่อนักเรียนเพิ่มขึ้น จะเกิดอุบัติเหตุลดลงและถ้าห้องปฏิบัติการมีอัตราส่วนพื้นที่ต่อนักเรียนมากกว่า 40 ตารางฟุตต่อนักเรียน 1 คน จะเกิดอุบัติเหตุ น้อย
8. การเปรียบเทียบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นระหว่างครูที่มีความรู้ทางกฎหมายแตกต่างกันระหว่างโรงเรียนที่มีและไม่มีการรักษาความปลอดภัย ระหว่างครูที่ผ่าน และไม่ผ่านการอบรมเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

โจนแอน มอร์แกน คอมบรอว์สกี (Dombrowski 1983:720-A) ได้ศึกษาผลจากการให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาแผนกวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนปีที่ 1 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา ซึ่งเรียนวิชาชีววิทยาและเคมีโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง กับ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง ได้รับความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในระหว่างนี้จะมีการสังเกตพฤติกรรมในขณะนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มปฏิบัติการทดลอง จากการนำผลการบันทึกพฤติกรรมมาวิเคราะห์ทางสถิติ สรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จะมีพฤติกรรมในการปฏิบัติตัวอย่างปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม

เบอร์ริล มาจริ เลเซอร์ เครมเมอร์ (Kramer 1984:1358-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยกับการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของครูวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา ตัวอย่างประชากรประกอบด้วย ครูวิทยาศาสตร์ 145 คน และนักเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 8,003 คน ที่สอนโดยครูวิทยาศาสตร์ที่เป็นตัวอย่างประชากร เครื่องมือที่ใช้คือ แบบวัดความรู้ของครูเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ และแบบวัดการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ จากผลการวิจัยพบว่า คะแนนของความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยของครูไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของครู

โจนแอน มอร์แกน คอมบรอว์สกี และเรย์ อาร์ ฮาเกลเบิร์ก (Dombrowski and Hagelberg 1985: 527-533) ได้ศึกษาผลจากการให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษา แผนกวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นปีที่ 1 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งจำนวน 333 คน จาก 19 ชั้นเรียน ซึ่งเรียนวิชาชีววิทยาและเคมี โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในระหว่างนี้จะมีการสังเกตพฤติกรรมในขณะนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ปฏิบัติการทดลอง จากการนำผลการบันทึกพฤติกรรมมาวิเคราะห์ทางสถิติสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับปฏิบัติ

อย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะมีพฤติกรรมในการปฏิบัติตัวอย่างปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง มากกว่ากลุ่มควบคุม

ข. งานวิจัยในประเทศ

ภัทรจันทร์ ใจสว่าง (2525: ง-จ) ได้ทำการศึกษาอุบัติเหตุและการป้องกันอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ตัวอย่างประชากร คือครูวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 454 คน จากโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนราษฎร์ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 79 โรงเรียน จากการวิจัยพบว่าครูวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 69.60 ตอบว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้น และร้อยละ 34.80 ตอบว่า มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมากกว่า 3 ครั้ง อุบัติเหตุเกิดขึ้นจากการทดลองวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีจำนวนครั้งของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสูงกว่าระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ลักษณะของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการทดลองบ่อยครั้งที่สุด คือ ไฟไหม้ รองลงมา คือ ถูกสารเคมีกัด ส่วนสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ นักเรียนเล่นเสอ และจากการสอบถามสอบถามของครู พบว่า การป้องกันอุบัติเหตุและการแก้ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุในการทดลองวิทยาศาสตร์ที่ทำได้มากที่สุด คือ ฝึกให้นักเรียนทำความเข้าใจเครื่องมือทุกครั้งที่ใช้เสร็จ

สมศรี เข้มกาศ (2527: ง-ฉ) ได้ทำการศึกษาอุบัติเหตุและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ตัวอย่างประชากร คือ ครูเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 127 คน จากโรงเรียนรัฐบาล ในกรุงเทพมหานคร ปรากฏว่าโรงเรียนสหศึกษา มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าโรงเรียนชายและโรงเรียนหญิง การปฏิบัติ การเคมีที่สอนโดยครูเพศชาย มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าการปฏิบัติเคมีที่สอนโดยครูเพศหญิง การปฏิบัติการเคมีในห้องปฏิบัติการที่ไม่ใช่ห้องปฏิบัติการเคมีเฉพาะ มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าการปฏิบัติการเคมีในห้องปฏิบัติการเคมีเฉพาะ การปฏิบัติการเคมีที่สอนโดยครูที่ไม่เคยเข้ารับการอบรมการสอนเคมีในระดับชั้นที่สอน มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าการปฏิบัติการเคมีที่สอนโดยครูที่เคยเข้ารับการอบรมการสอนเคมีในระดับชั้นที่สอน การปฏิบัติการเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าการปฏิบัติเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ลักษณะอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือถูกสารเคมีกัดและถูกความร้อนลวก ส่วนสาเหตุ

ของการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด คือผู้ทดลองเดินเล่น ครูเคมีป้องกันอุบัติเหตุโดยการอธิบายสมบัติของสารเคมี และวิธีใช้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยก่อนนำใช้ทุกครั้ง ครูเคมีแก้ไขอุบัติเหตุไฟไหม้โดยใช้น้ำดับ เบี่ยงหน้าคลุมทับบริเวณไฟไหม้ที่เกิดจากแอลกอฮอล์ ใช้ทรายกลบบริเวณไฟไหม้ที่เกิดจากสารเคมี บิดสวิทช์หรือตัดเอาท์เมื่อเกิดไฟไหม้ที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า แก้ไขอุบัติเหตุที่กรดและเบสถูกผิวหนังโดยใช้น้ำล้างมาก ๆ แก้ไขอุบัติเหตุจากการถูกของมีคมบาดโดยปฐมพยาบาลเบื้องต้น แก้ไขอุบัติเหตุที่ถูกความร้อนโดยใช้น้ำเย็นล้างบริเวณที่ถูกความร้อนลวก แก้ไขอุบัติเหตุจากการระเบิดโดยนำผู้ป่วยส่งโรงพยาบาล ถ้าได้รับบาดเจ็บมาก

ดีเรก พูนสุวรรณ (2530: ง-จ) ได้ทำการศึกษาความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยและเจตคติต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในกรุงเทพมหานคร ตัวอย่างประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2529 จำนวน 414 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอนจากโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร ปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในกรุงเทพมหานคร ได้คะแนนความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีเฉลี่ยร้อยละ 46.34 โดยได้คะแนนในด้านการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ทดลองอย่างปลอดภัยและเทคนิคการดำเนินการทดลองอย่างปลอดภัยเฉลี่ยร้อยละ 44.76, 51.27 และ 45.28 ตามลำดับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในกรุงเทพมหานคร มีเจตคติเชิงนิมิตต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี และเจตคติต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีของนักเรียน ไม่สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ธีรพล จินแพทย์ (2531: ง) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย ทักษะปฏิบัติการเคมี และความปลอดภัยในการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2530 จำนวน 68 คน จากโรงเรียนรัฐบาลในจังหวัดกาญจนบุรี วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในและวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย กับ ความปลอดภัยในการปฏิบัติภารกิจ
2. ทักษะปฏิบัติการเคมี กับ ความปลอดภัยในการปฏิบัติภารกิจ
3. ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย กับ ทักษะการปฏิบัติภารกิจ
4. ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย ทักษะปฏิบัติการเคมี และความปลอดภัย

ในการปฏิบัติภารกิจ

จากการศึกษาผลงานวิจัยทั้งต่างประเทศ และในประเทศเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง ได้มีการศึกษาความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลองกับการรับรู้ของนักเรียนในการปฏิบัติตนเพื่อความปลอดภัยของครูวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการชุดการสอนเกี่ยวกับความปลอดภัย กระบวนการในด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ปลอดภัย และองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ผลของการให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติตนอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ อุบัติเหตุและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจากงานวิจัยเหล่านี้พบว่า มีการใช้เทคนิคการทดลองไม่เหมาะสมและมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมากในเรื่องแคลิฟาหนี แผลที่เกิดจากกรดหรือเบส หลอดทดลองแตก การเผาสารในหลอดทดลองไม่ถูกวิธี การนำสารเคมีกลับคืนผิดขวด ส่วนสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือนักเรียนเล่นเล่น นักเรียนในชั้นมาก จากการศึกษายังพบว่า ครูขาดการบันทึกเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ครูไม่ทราบเกี่ยวกับความรับผิดชอบของครู เกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นระหว่างการสอน นอกจากนี้พบว่า นักเรียนที่ได้รับการให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติตนอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จะมีพฤติกรรมในการปฏิบัติตนอย่างปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลอง ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยกับเจตคติต่อความปลอดภัยไม่สัมพันธ์กัน แต่ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย ทักษะปฏิบัติการ และความปลอดภัยในการปฏิบัติภารกิจ มีความสัมพันธ์กัน

งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

ก. งานวิจัยต่างประเทศ

ไอช ครูบลัค (Krublak 1955: 82-83) ได้สร้างแบบทดสอบข้อเขียนทั้ง ๑๐๖ ข้อและปรนัยชนิดเลือกตอบ เพื่อประเมินผลปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์และนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาปีที่ 1 แห่งมหาวิทยาลัยมินิโซตา พบว่า แบบสอบข้อเขียนสามารถชี้ประเมินผลปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์การทดลองได้ เช่นเกี่ยวกับการประเมินด้วยแบบสอบถามภาคปฏิบัติ

พี ทาเมอร์ และ เอฟ แกลสแมน (Tamir and Glassman 1971: 90-113) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวัดผลปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์ ในประเทศอิสราเอล โดยการสร้างแบบสอบถามภาคปฏิบัติ เพื่อวัดทักษะปฏิบัติในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์และได้สร้างแบบสอบข้อเขียนขึ้นเพื่อวัดทักษะปฏิบัติหลายองค์ประกอบและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 12 จำนวน 147 คน พบว่า แบบสอบข้อเขียนและแบบสอบถามภาคปฏิบัติ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีทักษะหลายองค์ประกอบที่สามารถประเมินโดยใช้แบบสอบข้อเขียนได้ ทาเมอร์และแกลสแมน จึงได้เสนอแนะให้ครูและโรงเรียนมัธยมศึกษาในอิสราเอล นำวิธีการประเมินผลนี้ไปใช้โรงเรียน

เจมส์ เอ ชิมแมนสกี และ จอห์น บี เพนิค (Shymansky and Penick 1979: 195-203) ได้ศึกษาการสังเกตพฤติกรรมอย่างมีระบบเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการของนิสิตในวิทยาลัย ซึ่งงานการสังเกตที่เรียกว่า Science Laboratory Interaction Categories (SLIC) พฤติกรรมที่สังเกตแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. พฤติกรรมในห้องปฏิบัติการของครู มี 15 ประเภท
2. พฤติกรรมในห้องปฏิบัติการของนักเรียนมี 10 ประเภท ซึ่งสรุปเป็นพฤติกรรมการเรียนการสอนได้ 6 ข้อ ดังนี้
 - 2.1 การถาม (asking question)
 - 2.2 การให้คำแนะนำในการทดลอง (giving direction)
 - 2.3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของข้อมูลต่าง ๆ (transmitting information)

2.4 พฤติกรรมที่ตอบสนอง (providing feedback)

2.5 การสังเกตและรวบรวมข้อมูล (Observing and gathering information)

2.6 การจัดทำโปรแกรม หรือการใส่เครื่องมือ (administering program or manipulation equipment)

กลุ่มตัวอย่างเป็นครู 30 คน นักเรียน 331 คน ใช้เวลาสังเกตพฤติกรรมครู 30 วินาที และใช้เวลาสังเกตพฤติกรรมนักเรียนครั้งละ 30 นาที เป็นเวลา 82 ชั่วโมง และการสังเกตจะรวมถึงการอธิบายก่อนและหลังการทดลอง เพื่อทราบถึงพฤติกรรมครูและนักเรียนในห้องปฏิบัติการ วิชาที่สังเกต คือ เคมี ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ สัตววิทยา ธรณีวิทยา ฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ โดยมีแบบสังเกตที่เป็นระบบเป็นเครื่องช่วยในการวัดผลและประเมินผลมีความถูกต้องมากกว่าที่จะประเมินผลจากความรู้สึก หรือจากกระดาษคำตอบรายงานผลการทดลองที่นักเรียนส่งมาให้เพียงอย่างเดียว จากการสังเกตการเรียนการสอนอย่างมีระบบนี้ยังช่วยในการปรับปรุงการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

เอ จี ไครเกอร์ (Krieger 1982: 230-231) ได้ศึกษาวิธีการวัดผลปฏิบัติการ โดยพัฒนาแบบสอบข้อเขียนเพื่อวัดทักษะปฏิบัติและเปรียบเทียบกับแบบสอบภาคปฏิบัติ (Laboratory Performance Test) แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนเคมี จำนวน 34 คน พบว่า แบบสอบข้อเขียนและแบบสอบภาคปฏิบัติ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.76 ดังนั้น แบบสอบข้อเขียนสามารถใช้แทนแบบสอบภาคปฏิบัติได้

ปรีชาญ เดชศรี (Dechhari 1995:223) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแบบสังเกตทักษะการใช้อุปกรณ์ทำชิ้นการสังเกตรายละเอียดของลักษณะของกระบวนการเรียน และเจตคติของนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. พัฒนาทักษะการใช้อุปกรณ์โดยอาศัยการสังเกตกระบวนการปฏิบัติการของนักเรียน
2. พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ประเมินทักษะการใช้อุปกรณ์ของนักเรียน
3. ประเมินผลกระทบของการใช้แบบสังเกตในการเข้าใบสังเกตทักษะปฏิบัติการของนักเรียน

ตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ลงทะเบียนในหลักสูตรวิชาเคมีที่วามเท่านั้น แบ่งตัวอย่างประชากรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม (มีจำนวน 45 คน) และกลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม (มีจำนวน 38 คน) ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล 3 ชนิด คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ใช้ประเมินผลด้านพุทธิพิสัย แบบสำรวจเจตคติต่อการปฏิบัติการทดลองใช้ประเมินด้านจิตพิสัย แบบสังเกตทักษะการใช้อุปกรณ์ด้านทักษะพิสัย ซึ่งเป็นแบบสำรวจรายการ ผลการวิจัย พบว่า

1. แบบสังเกตทักษะการใช้อุปกรณ์ในการสังเกตรายละเอียดของลักษณะกระบวนการเรียนสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนได้มากขึ้น ทักษะการทดลองได้เร็วขึ้น มีเจตคติต่องานการทดลองและมีทักษะการใช้อุปกรณ์บางชนิดดีขึ้น
2. การประเมินผลการทดลองในด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย สามารถทำได้โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบสำรวจเจตคติต่อการปฏิบัติการทดลอง และแบบสังเกตทักษะการใช้อุปกรณ์ตามลำดับ

ออสซี-อัลโรต (Ossei-anto 1996: 161) ศึกษาการประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เลือกเรียนฟิสิกส์ในหัวข้อการมองเห็น โดยการศึกษา ระดับของการแสดงทักษะในการปฏิบัติการทดลอง ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาที่เรียนวิชาฟิสิกส์ 2 กลุ่ม จากโรงเรียน 7 โรงเรียนในนิวยอร์กตะวันตก ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล 2 แบบ คือ แบบ A เกี่ยวกับมโนทัศน์ของการหักเหแสง และแบบ B เกี่ยวกับมโนทัศน์ของการสะท้อนแสง แต่ละแบบถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การออกแบบ ส่วนที่ 2 การปฏิบัติ และส่วนที่ 3 การใช้เหตุผล กลุ่มตัวอย่างจะต้องเลือกเพียง 1 แบบเท่านั้น ผลข้อมูลที่ได้มีค่าความเที่ยงสูงจากผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะหลักที่พบว่ามีผลกระทบน้อย คือความระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัยและแหล่งที่มาของความคิดพลาด
2. เพศ ระดับการศึกษา และชนิดของวิชาฟิสิกส์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
3. เพศชายมีการทำงานในแบบ A รวดเร็วกว่าเพศหญิง ในขณะที่เพศหญิงมีคะแนนรวดเร็วนแบบ B
4. นักเรียนที่เป็นนักเรียนหลักสูตรสาขาเรขาคณิต จะทำการทดลองได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์ทั่วไป และนักเรียนเกรด 12 จะมีคะแนนรวดเร็วนออกมาจากนักเรียนเกรด 10 และ 11

นอกจากนี้ มีการเสนอแนะว่า นักเรียนต้องการทำการทดลองที่มีทักษะของการออกแบบการปฏิบัติและการใช้เหตุผลซ้ำ รวมทั้งครูวิทยาศาสตร์สนับสนุนให้นักเรียนทำการทดลองให้มากขึ้น

ข. งานวิจัยในประเทศ

ประศาสน์ ชูมนาเสียว (2523: 51) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือสังเกตพฤติกรรมการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อสังเกตพฤติกรรมการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในด้านทักษะการทดลองและการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 104 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. เครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น .945
2. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้ทักษะการทดลองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ .51 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ .01
3. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรม การนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ .80 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ .01



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523: 1-9) ได้สร้างเครื่องมือวัดทักษะในการปฏิบัติของนักเรียน หลักสูตรวิทยาศาสตร์กายภาพ ตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์กายภาพในชั้น ม.4 มาแล้ว 6 เล่ม คือ แสงอาทิตย์ แสงสี สีสรรพ์ กินคืออยู่ดี โลกของของผสมและไฟฟ้า และเครื่องอำนวยความสะดวก จำนวน 6 โรงเรียน ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคตามสัดส่วน 2:4 ได้ให้นักเรียน 120 คน ช้อสอบวัดทักษะในการปฏิบัติที่สร้างขึ้นใช้ในการวิจัยนี้ เป็นข้อสอบวัดทักษะที่สำคัญ ซึ่งนักเรียนได้รับการฝึกมาแล้วจากห้องเรียนเพียงแต่เป็นการสร้างสถานการณ์ทดลองที่แตกต่างกับที่เคยปฏิบัติมาแล้วว่าแบบเรียน ลักษณะข้อสอบมีการทดลอง 5 การทดลอง ระยะเวลา 1 ชั่วโมง การเก็บข้อมูลจะใช้แบบทดสอบในการปฏิบัติให้นักเรียนทำโรงเรียนละ 2 ครั้ง ในเวลาต่างกันประมาณ 2 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ข้อสอบวัดทักษะในการปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเชื่อมั่น .3469

ศรีลักษณ์ มาโรดม (2530: 30-61) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนปฏิบัติการวิชาเคมีจากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จากโรงเรียนรัฐบาล ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 72 คน จาก 12 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบภาคปฏิบัติ และแบบสอบข้อเขียน โดยให้นักเรียนทำแบบสอบภาคปฏิบัติก่อน เสร็จแล้วทำแบบสอบข้อเขียนทันที ผลการวิจัยพบว่า คะแนนปฏิบัติการวิชาเคมีจากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 71 และยังเสนอแนะให้ครูสามารถนำเอาแบบสอบข้อเขียนไปใช้แทนหรือควบคู่กับแบบสอบภาคปฏิบัติได้

เพียงใจ แคนเจริญไพศาล (2534: ง) ได้ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากร คือ ครูวิทยาศาสตร์ที่เคยและไม่เคยประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติจำนวน 203 และ 97 คน ตามลำดับ ซึ่งสุ่มอย่างง่ายจากโรงเรียนรัฐบาล ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า

1. สภาพปัจจุบันของการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ

ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ กำหนดจุดประสงค์ของการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติด้วยตนเอง โดยนำบทปฏิบัติการจากหนังสือเรียนมาใช้เป็นแบบสอบภาคปฏิบัติ วัดผลทักษะภาคปฏิบัติโดยใช้วิธีการสังเกต โดยจัดกิจกรรมการทดลองแบบกำหนดแนวทาง ดำเนินการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติในระหว่างที่มีการเรียนภาคปฏิบัติ ซึ่งสามารถสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติการทดลองได้ครั้งละ 5 คน กำหนดทักษะภาคปฏิบัติด้วยตนเอง โดยให้คะแนนวิธีการปฏิบัติมากกว่าผลของการปฏิบัติ และกำหนดอัตราส่วนระหว่างคะแนนภาคปฏิบัติกับคะแนนภาคทฤษฎีไว้ 20:80

2. ปัญหาการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ

2.1 ครูวิทยาศาสตร์ที่เคยประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติประสบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ในการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติแต่ละด้าน

2.2 ครูวิทยาศาสตร์ที่ไม่เคยประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติประสบปัญหาซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่ประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติอยู่ระดับปานกลาง

จากการศึกษางานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย ที่เกี่ยวกับการประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งมีการศึกษาที่เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติและแบบทดสอบข้อเขียน การสังเกตพฤติกรรมในห้องปฏิบัติการโดยใช้แบบสังเกต ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนปฏิบัติการเคมีจากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบทดสอบข้อเขียน พบว่า แบบสอบข้อเขียนมีความเที่ยงสูงและสามารถชี้แทนการสอบภาคปฏิบัติได้หรือใช้ร่วมกันได้ การราชแบบสังเกตพฤติกรรมในห้องปฏิบัติการที่เป็นระบบเป็นเครื่องช่วยในการวัดผลและประเมินผลได้ถูกต้องมากกว่าการประเมินด้วยความรู้สึก และการตรวจรายงาน นอกจากนี้คะแนนปฏิบัติการเคมีจากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนมีความสัมพันธ์กัน และสามารถชี้แทนกันได้

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ผู้วิจัยศึกษาแล้ว เห็นว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ผู้วิจัยศึกษาอยู่บ้าง จึงเสนอดังนี้

อัลรูวาซิด (Al-Ruwashid 1984: 1357-A) ได้ทำการศึกษาผลการเรียน การสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และที่ใช้การบรรยายกับการทบทวนปฏิบัติการ ที่มีต่อ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของ นักศึกษาในวิทยาลัยรียาร์ด ประเทศซาอุดีอาระเบีย ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักศึกษาที่ เรียนวิชาเคมี 041 ที่วิทยาลัยรียาร์ด จำนวน 128 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่สอนโดยการบรรยาย อย่างเดียว 62 คน และกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายกับการทบทวนปฏิบัติการ 66 คน เวลาที่ใช้ใน การทดลอง 1 ภาคเรียน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และ แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทบทวนทดสอบและแบบวัดก่อนและ หลังการเรียน จากผลการวิจัยพบว่า

1. การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทบทวนปฏิบัติการ มีผลทำให้ผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทบทวนปฏิบัติการ มีผลทำให้ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียน การสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนวิชาเคมี ของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เรนเนอร์ อับราฮาม และ เบอร์นี (Renner, Abraham and Birnie 1985: 649-663) ได้ศึกษาความเชื่อเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยม ศึกษาตอนปลาย ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนระดับ 12 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ ในเมือง นอร์แมน รัฐโอกลาโฮมา รวม 65 คน และมีสัมภาษณ์อีก 6 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นการใช้การ สัมภาษณ์ก่อนการปฏิบัติการทดลอง และหลังการทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง โดยบันทึกเทปไว้ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชอบและเชื่อใจในกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง
2. นักเรียนรู้สึกว่าเขาประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้น เมื่อมีการทำ ปฏิบัติการทดลองมากกว่าวิธีอื่น

3. นักเรียนอยากเรียนกิจกรรมปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพราะว่าการให้จดจำเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ได้ดี ทำให้เกิดความสับสนน้อยลง และทำให้เกิดความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการสังเกต
4. การปฏิบัติการทดลองทำให้การเรียนมีชีวิตชีวาและเกิดความกระตือรือร้น
5. การปฏิบัติการทดลองทำให้มีความเข้าใจในเนื้อหา มีความเชื่อมั่น และเข้าใจความคิดรวบยอด
6. นักเรียนชอบที่จะลงมือทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตัวของเขาเองและกิจกรรมปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ตอบสนองความต้องการเหล่านั้น
7. นักเรียนสนุกกับการเรียนฟิสิกส์ อดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองมากกว่าวิธีอื่น

ผิฉวี วรณีเวชศิลป์ (2522: 53) ได้ศึกษาเรื่องปัญหาการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพมหานคร โดยสอบถามไปยังตัวอย่างประชากรที่เป็นอาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 25 คน และนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 380 คน จากโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร จำนวน 9 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า

1. ครูที่สอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพมหานคร จบการศึกษาอย่างน้อยระดับปริญญาตรี ครูส่วนมากได้ศึกษาวิชาเคมีเป็นวิชาเอก จากการศึกษาระดับปริญญาตรี และครูส่วนใหญ่ได้ผ่านการอบรมเกี่ยวกับการสอนเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาแล้ว
2. ปัญหาที่ครูสอนวิชาเคมีมีในระดับน้อย ได้แก่ ปัญหาเกี่ยวกับการจัดชั่วโมงสอน ปัญหาเกี่ยวกับการสนับสนุนให้ครูได้รับความรู้เพิ่มเติม ปัญหาเกี่ยวกับแบบเรียนในเรื่องความถูกต้องของการใช้คำนิยามคำศัพท์ต่าง ๆ การให้ทฤษฎีและสูตรต่าง ๆ ปัญหาให้คำอธิบายวิธีทำการทดลองกับนักเรียน

3. ปัญหาที่ครูสอนวิชาเคมีมีในระดับปานกลาง ได้แก่ ปัญหาเกี่ยวกับความร่วมมือของฝ่ายบริหารในการจัดสรรงบประมาณที่ทางโรงเรียนจัดให้กับรายวิชาเคมี ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมี ปัญหาเกี่ยวกับความสามารถของครูในการปฏิบัติการทดลอง ปัญหาเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลวิชาเคมี

4. ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์การสอน นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่ามีอุปกรณ์การสอนดีแล้วและนักเรียนส่วนมากเห็นว่ามีโอกาสดีทำการทดลองในการเรียนวิชาเคมี

5. ด้านความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับวิชาเคมี นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถึงคุณค่าและความสัมพันธ์ของวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และเข้าใจถึงวิธีการเรียนวิชาเคมีที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสำคัญของการทดลอง

ปัญหา อุทัยพันธ์ (2524: 39-40) ได้ศึกษาปัญหาในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร ตัวอย่างประชากร คือ ครูชีววิทยาที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 279 คน จากโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนราษฎร์ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า ครูมีปัญหาหลายด้าน ได้แก่ ด้านการเตรียมการสอน ครูไม่สามารถนำเอาเนื้อหาวิชาชีววิทยามาสัมผัสกับการสอนปฏิบัติการได้ เครื่องมือวิทยาศาสตร์มีคุณภาพไม่ดีและมีปริมาณไม่เพียงพอ ทักษะในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ยังไม่ดีพอ ด้านการทำกิจกรรมการทดลองมีปัญหา คือ การดักเห็ดนักเรียนไม่เห็นความระมัดระวังขณะทดลอง การแนะนำอันตรายจากสารเคมี การแนะนำการใช้อุปกรณ์ทดลองอย่างถูกต้องและปลอดภัย การปฐมพยาบาล มีการแนะนำน้อย และยังพบว่า ทั้งครูชายและครูหญิงในโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนราษฎร์มีปัญหาในการสอนปฏิบัติการไม่แตกต่างกัน

อรรถศิษฐ์ สมรรถการอักษรกิจ (2524: 35-39) ได้ศึกษาปัญหาในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตัวอย่างประชากร คือ ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 311 คน จากโรงเรียนรัฐบาล และโรงเรียนราษฎร์ ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า ครูมีปัญหาหลายด้าน ได้แก่ ครูไม่สามารถที่จะนำเอาเนื้อหาวิชามาสัมผัสกับการสอนภาคปฏิบัติได้ เครื่องมือวิทยาศาสตร์มีคุณภาพไม่ดี และมีปริมาณไม่เพียงพอ ด้านทักษะและการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ

ด้านความปลอดภัยในการทำกิจกรรมมีปัญหาเกี่ยวกับการแนะนำอันตรายจากสารเคมี และการใช้สารเคมี การเตือนให้นักเรียนระวังขณะทำการทดลอง ด้านความสนใจและตั้งใจเรียนของนักเรียน นักเรียนชอบให้ครูสรุปผลการทดลองให้ และปัญหาในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของครูชาย ครูหญิง ทั้งโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนราษฎร์ มีปัญหาไม่แตกต่างกัน

มัทนา จงสุขสันติกุล (2524: 63-64) ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนรัฐบาลในกรุงเทพมหานคร จากตัวอย่างประชากร ครูวิทยาศาสตร์จำนวน 263 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ครูวิทยาศาสตร์มีปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติส่วนใหญ่อยู่นระดับปานกลาง นอกจากนี้ ครูวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นว่าควรจะทำในเรื่องต่อไปนี้ คือ รวมคะแนนมาจากทั้งข้อสอบข้อเขียนและภาคปฏิบัติ

สิรินทร สุนทรารัตน์ (2526: 50-63) ได้ศึกษาปัญหาการประเมินผลการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา จากครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนราษฎร์จำนวน 177 คน ซึ่งทำการสอนวิชา เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์กายภาพ ในด้านที่เกี่ยวกับการปฏิบัติตามระเบียบการประเมินผลการเรียน ผลการวิจัยพบว่า การประเมินผลด้านทักษะปฏิบัติ เช่น การเลือกใช้เครื่องมือ การหยิบจับเครื่องมือครูมาได้ปฏิบัติตามระเบียบการประเมินผลการเรียน คิดเป็นร้อยละ 5.14 สาเหตุเพราะจำนวนเครื่องมือที่ซื้อมีไม่เพียงพอ จำนวนนักเรียนในแต่ละห้องมีมากเกินไป ครูไม่มีเวลาในการประเมินผลด้านทักษะการปฏิบัติ เครื่องมือขาดประสิทธิภาพ สภาพห้องเรียนไม่เหมาะสม

ธีรวุฒิ พัทธ์ชาน (2527: จ-ฉ) ได้ศึกษาปัญหาและวิธีการเกี่ยวกับการวัดผลและการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนรัฐบาล สังกัดกรมสามัญศึกษา ในเขตการศึกษา 9 ปีการศึกษา 2526 จากกลุ่มตัวอย่างประชากรครูวิทยาศาสตร์จำนวน 159 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1. ครูวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย เฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างมาก ด้านจิตพิสัยอยู่ในระดับปานกลาง และด้านทักษะพิสัยเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยที่สุด
2. ครูวิทยาศาสตร์มีปัญหาการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย เฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง
3. ครูวิทยาศาสตร์ที่มีวุฒิปริญญาตรีและต่ำกว่ามีวิธีการ และปัญหาเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กมีวิธีการ และปัญหาเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษามผลงานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศอื่น ๆ เกี่ยวกับการปฏิบัติกรทดลอง ปัญหาการเรียบการสอนวิชาเคมี ปัญหาการสอนปฏิบัติกรวิทยาศาสตร์ ปัญหาการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ปัญหาและวิธีการเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า การเรียบการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติกรมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียบการสอนที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว การปฏิบัติกรทดลอง ทำให้มีความเข้าใจในเนื้อหา มีความเชื่อมั่น และเข้าใจความคิดรวบยอด แต่ในการปฏิบัติกรทดลองมักเกิดปัญหา เช่น ครูไม่สามารถนำเอาเนื้อหาวิชามาผสมกับการสอนปฏิบัติกรได้ ด้านความปลอดภัยมีปัญหาในการแนะนำอันตรายจากสารเคมี และการใช้สารเคมี การเตือนให้นักเรียนระวังอันตรายจากการทดลอง ความสนใจ และความตั้งใจในการปฏิบัติกรทดลองของนักเรียน และนักเรียนมักจะทำให้ครูสรุปผลการทดลองให้ ครูไม่มีเวลาในการประเมินผลด้านทักษะปฏิบัติ