บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้นำเสนอตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ
2. การทดลองวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติ
3. การวัดผลและการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ
4. ความหมายของความรู้ความเข้าใจ
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. แบบฝึก
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ

ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ฝึกให้นักเรียนลงมือค้นคว้าปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปด้วย ซึ่งได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

Sund และ Trowbridge (1976, pp.53-55) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการค้นพบความรู้ต่าง ๆ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การสังเคราะห์ความรู้และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนโดยตรง

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530, หน้า 122) ได้กล่าวถึง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้หรือความจริงทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจะสร้างสถานการณ์ยั่วยุ ให้นักเรียนวางแผน และกำหนดวิธีค้นคว้าหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527, หน้า 78) กล่าวว่า "การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ วิธีการไต่ถามหรือการตั้งคำถาม เพื่อที่จะให้คำตอบตรงตามความต้องการ โดยใช้เทคนิคกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะช่วยให้บุคคลได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง"

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 502) กล่าวเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยสรุปได้ว่า เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหา หรือสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่เคยรู้มาก่อนโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ

สุเทพ อุตสาหะ (2526, หน้า 72) กล่าวว่า "การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้เด็กได้ค้นพบความจริง เหตุผล หลักการต่าง ๆ ด้วยตนเอง การเรียนการสอนเกิดการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ ได้เองจากการเก็บข้อมูล สังเกตพิจารณาหาเหตุผลจนเกิดความเข้าใจใหม่ ๆ"

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532, หน้า 8) ได้กล่าวถึงการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักใช้ความคิดของตนเอง กล้าแสดงความคิดเห็น ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และเป็นคนมีเหตุผล หัวใจของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ การอภิปรายและการทดลอง โดยที่กิจกรรมทดลองจะฝึกฝนให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การค้นพบกฎเกณฑ์และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความจริง เหตุผล หลักการต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งทั้งนี้จะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้เกิดการค้นพบด้วย

หลักจิตวิทยาในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มีรากฐานจากจิตวิทยาพัฒนาการทางสมอง ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้หลักจิตวิทยาในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

Piaget (1963, p.510) ได้กล่าวถึงเรื่องนี้สรุปได้ว่า คนมีขบวนการคิดอยู่สองประการ คือ มีโครงสร้างความคิดเดิมจึงสามารถนำเอาความคิดเดิมมาเป็นแนวคิดเพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ได้ แต่ถ้าสิ่งที่รับไปใหม่ไม่สัมพันธ์กับโครงสร้าง ความคิดเดิมก็สามารถปรับปรุงโครงสร้างนั้น เพื่อรับรู้ความรู้ใหม่ได้ ดังนั้นโครงสร้างของขบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จึงมี 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1. Assimilative Structure คือขั้นเร้าให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้เป็นแนวทางในการคิดเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2. Accommodative Structure เป็นการปรับปรุงหรือขยายแนวคิดเดิมเพื่อจะรับความรู้ใหม่ ๆ เข้าใจประสบการณ์ใหม่ ๆ ให้กว้างขึ้น เพราะถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงความรู้เดิมก็จะทำให้ไม่สามารถรับความรู้ใหม่ได้

Sund และ Trowbridge (1975, p.631) ได้ระบุถึงหลักจิตวิทยาของการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า

1. ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อนักเรียนได้เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสิ่งนั้น ๆ โดยตรงมากกว่าที่จะบอกกล่าวให้นักเรียนฟัง

2. การเรียนจะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อสถานการณ์แวดล้อมในการเรียน ยั่วยุให้นักเรียนอยากเรียน ไม่บีบบังคับ และผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมที่นำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้าแทนที่จะทำให้นักเรียนเกิดความล้มเหลว

3. วิธีการสอนของครูจะต้องส่งเสริมความคิดให้นักเรียนเป็นคนคิดเป็น คิดอย่างมีเหตุผล คิดสร้างสรรค์ ให้นักเรียนได้ใช้ความคิดเป็นของตัวเองมากที่สุด

จากหลักจิตวิทยาพื้นฐานดังกล่าวสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีรากฐานมาจากจิตวิทยาเกี่ยวกับการพัฒนาการทางสมองและมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การเร้าให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา และการปรับปรุงขยายแนวความคิดเดิมเพื่อให้รับความรู้ใหม่ได้ การเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อนักเรียนได้เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสิ่งนั้นโดยตรง รวมไปถึงการจัดสถานการณ์ที่ยั่วยุให้นักเรียนอยากเรียน และวิธีการสอนของครูจะต้องเป็นวิธีที่ส่งเสริมการคิดของนักเรียนด้วย

ขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในด้านการจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 1-4) ได้กล่าวไว้ในหนังสือคู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์ ว 101 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533 พอที่จะสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

กระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มีการผสมผสานกันระหว่างเนื้อหาความรู้และกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งการทดลอง การอภิปราย การค้นคว้า และการเขียนรายงาน การเล่นบทบาทสมมติและอื่น ๆ โดยมักจะนำด้วยการตั้งปัญหาเพื่อนำไปสู่การทดลองหรือกิจกรรมในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนได้รวบรวมข้อมูลและอภิปรายนำไปสู่ข้อสรุป ทั้งนี้จะมีคำถามสอดแทรกไว้เป็นระยะๆ เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนได้คิดเป็นขั้นตอน โดยเฉพาะหลังการทดลองจะมีคำถามไว้มากเพื่อที่ครูจะได้ใช้เป็นแนวทางในการอภิปรายหลังการทดลองและกิจกรรม ซึ่งมีลำดับขั้นตอนของการเรียนการสอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ดึงความสนใจของนักเรียน ครูต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้น หรือยั่วยุให้นักเรียนคิดสงสัย อยากรู้คำตอบในหนังสือเรียนจึงนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการตั้งปัญหา ซึ่งครูผู้สอนจะนำอภิปรายด้วยการตั้งปัญหา

2. ขั้นสอน ในขั้นนี้เป็นขั้นที่มีการวางแผนการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นสอนเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง กิจกรรมในขั้นนี้ครูผู้สอนเป็นผู้อธิบายวิธีการทดลอง การแนะนำอุปกรณ์ และการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง ตลอดจนการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ขั้นปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนทำการทดลองภายหลังที่ครูได้อธิบายวิธีการให้นักเรียนทราบ ครูคอยควบคุมดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด กระตุ้น สนับสนุนและให้คำปรึกษาแก่นักเรียน

3. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นที่เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล หรือผลการทดลองนำไปสู่ข้อสรุป เพื่อได้แนวคิด ที่กว้างขวางขึ้นและมีการอภิปรายข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทดลอง

3. ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาสรุป เพื่อให้ได้แนวคิด ทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ในหนังสือเรียน

4. ขั้นเสริมความรู้และนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่ครูเสริมความรู้ให้กับนักเรียนและมีการอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำความรู้และหลักการที่สรุปได้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

Carin และ Sund (1975, pp.98-99) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนในเชิงของปัญหา เพื่อกระตุ้นหรือท้าทายให้นักเรียนคิดแก้ปัญหานั้น อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้การอภิปราย การซักถาม การเล่าเหตุการณ์และการใช้อุปกรณ์สร้างสถานการณ์ที่น่าสงสัยแปลกใจ สถานการณ์หรือปัญหานั้นควรเป็นสถานการณ์หรือปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวจะช่วยสร้างความสนใจให้กับนักเรียน และสามารถโยงไปสู่การออกแบบการทดลองที่ต้องการได้

2. ตั้งสมมติฐาน การตั้งสมมติฐานจะต้องอาศัยสถานการณ์ หรือปัญหาจากเนื้อหาในขั้นแรกเป็นหลัก ใช้คำถามต่อเนื่องสัมพันธ์กันเพื่อนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้

3. ออกแบบการทดลอง เป็นการวางแผนก่อนการทำการทดลอง ครูอาจใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่การออกแบบการทดลอง และระบุวิธีการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

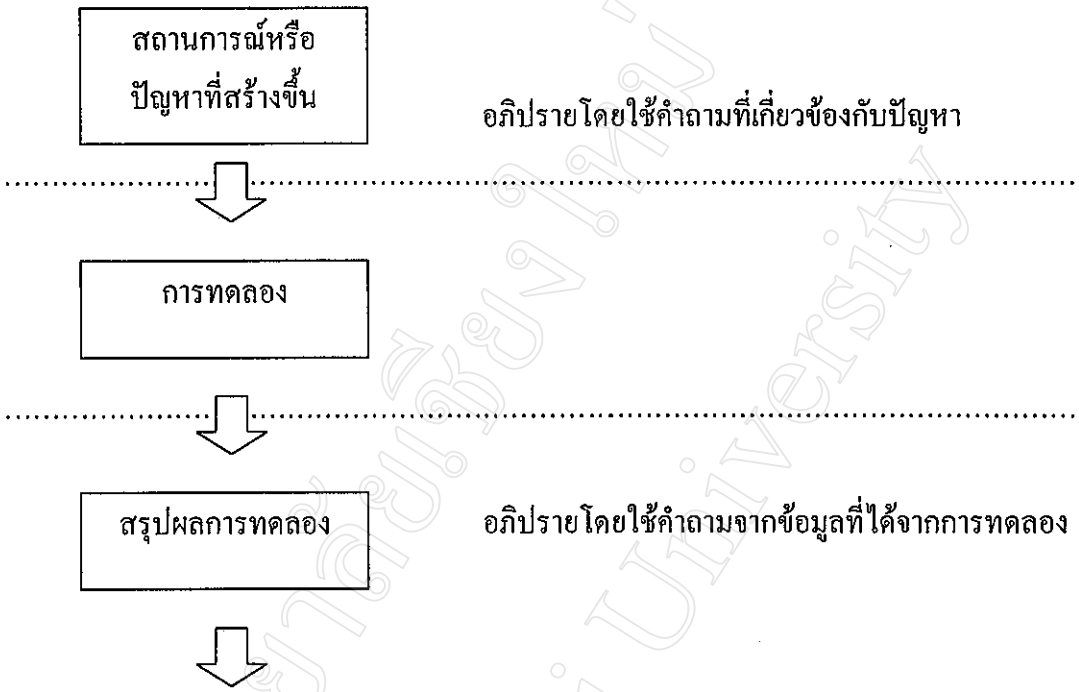
4. การทดลอง กิจกรรมในขั้นนี้ ได้แก่ การทดลองและบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น

5. ได้ข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ครูอาจใช้คำถามโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปหาคำตอบในการแก้ปัญหา และควรมีคำตอบที่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 116) ได้กล่าวถึงการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีกิจกรรมที่สำคัญ คือ

1. การอภิปรายนำเข้าสู่การทดลอง (โดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่สร้าง)
2. การทดลอง
3. การอภิปรายการทดลอง

กิจกรรมดังกล่าวแสดงได้ดังแผนภาพ



นำความรู้ไปใช้กับเรื่องที่จะเรียนต่อไปหรือที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 581-591) ได้กล่าวถึงการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มีขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน 4 ขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

ในขั้นนี้เป็นขั้นที่สร้างหรือเร้าความสนใจในบทเรียนใหม่โดยครูเป็นผู้โน้มน้าวและดึงความสนใจของนักเรียน ให้สนใจกับบทเรียนและการทดลองที่จะสอน เช่น การทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องแล้วโยงเข้าสู่บทเรียนใหม่ หรือการสร้างสถานการณ์เพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่

2. ขั้นสอน

2.1 ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

ในขั้นนี้จะมีการวางแผนการทดลองหรือออกแบบการทดลอง มีการอภิปรายระหว่างครูกับนักเรียนหรือนักเรียนกับนักเรียน เพื่อวางแนวทางในการแก้ปัญหาตลอดจนสิ่งที่ต้องสังเกตในการปฏิบัติการทดลอง

2.2 ขั้นปฏิบัติการทดลอง

ในขั้นปฏิบัติการทดลองนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจริงด้วยตนเอง โดยครูจะเป็นผู้คอยให้คำชี้แนะ สังเกตการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นช่วยให้นักเรียนสังเกตผลการทดลองขณะปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนดูแลการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และบันทึกข้อบกพร่องในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับในขั้นอภิปรายผลการทดลอง

2.3 ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

ขั้นนี้เป็นการอภิปรายระหว่างครูกับนักเรียนหรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป และมีการจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปตีความหมายและลงข้อสรุปร่วมกัน การอภิปรายหลังการทดลองครูอาจจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานผลหน้าชั้นเรียนหรือเขียนแสดงผลในตารางที่กระดานหน้าชั้นเรียน จากนั้นจึงมีการอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปและครูนำผลการสังเกตการปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนข้อบกพร่องในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ มาเล่าให้นักเรียนฟัง พร้องทั้งกล่าวถึงการปฏิบัติที่ถูกต้องหรืออาจมีการสาธิตให้ดูเพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้น

3. ขั้นเสริมความรู้และนำไปใช้

ในขั้นนี้เป็นขั้นขยายความเข้าใจในเนื้อหาให้กว้างขวางและลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น โดยครูอาจจัดกิจกรรมที่ขยายความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา นอกเหนือจากหลักความรู้ใหม่ที่ได้จากขั้นการอภิปรายหลังการทดลอง เช่น การอภิปราย ซักถาม การยกตัวอย่างประกอบ การให้อ่านเอกสารเพิ่มเติม

4. ขั้นวัดและประเมินผล

ในขั้นนี้เป็นการวัดและประเมินผล ซึ่งอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น การตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ เขียนรายงานการทดลอง และการทำแบบฝึกหัด

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยสร้างความสนใจเพื่อให้นักเรียนเกิดความพร้อมและสนใจกับบทเรียนใหม่ ขั้นสอน เป็นขั้นที่มีการวางแผน ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง และอภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้มาสรุป และขั้นเสริมความรู้และนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่ครูเสริมความรู้และมีการอภิปรายเพื่อนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์โดยเน้นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวการสอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยได้ดำเนินการสอนตามขั้นตอนดังนี้ คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสอน ขั้นสรุป และขั้นเสริมความรู้และนำความรู้ไปใช้ โดยผู้วิจัยได้เน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ โดยนำแบบฝึกทักษะภาคปฏิบัติมาใช้ประกอบกับกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อเป็นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติให้นักเรียนเกิดทักษะภาคปฏิบัติและมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัตินั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้นิยามการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า หมายถึง การสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวการสอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีการนำแบบฝึกทักษะภาคปฏิบัติมาใช้ประกอบการสอนในแต่ละคาบที่มีการทดลอง เพื่อเป็นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติก่อนทำการทดลอง โดยฝึกทักษะภาคปฏิบัติก่อนขั้นนำเข้าสู่บทเรียนในแต่ละคาบที่มีการทดลอง ซึ่งดำเนินการสอนตามขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน หมายถึง ขั้นที่สร้างหรือเร้าความสนใจ เพื่อให้นักเรียนเกิดความพร้อมและสนใจกับบทเรียนใหม่

2. ขั้นสอน หมายถึง ขั้นที่มีการวางแผนการทดลอง ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง และได้อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน หรือนักเรียนกับนักเรียน ซึ่งแบ่งกิจกรรมในการสอนเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

2.1 ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง หมายถึง ขั้นที่มีการอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการทดลอง การแนะนำอุปกรณ์และการใช้อุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2 ขั้นปฏิบัติการทดลอง หมายถึง ขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง ครูผู้สอนควบคุมดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด และให้คำปรึกษาแก่นักเรียน

2.3 ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง หมายถึง ขั้นที่มีการอภิปรายร่วมกัน โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อตีความหมายและลงข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิดที่กว้างขวางขึ้นและมีการอภิปรายข้อผิดพลาดจากการทดลอง

3. ขั้นสรุป หมายถึง ขั้นที่มีการนำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาสรุป เพื่อให้ได้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการต่าง ๆ

4. ขั้นเสริมความรู้และนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ขั้นที่ครูเสริมความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนให้กับนักเรียนและ การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

การทดลองวิทยาศาสตร์และทักษะภาคปฏิบัติ

ความหมายการทดลองวิทยาศาสตร์

ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ (2525, หน้า 383-399) ได้อธิบายความหมายของการทดลองไว้ สรุปได้ดังนี้

การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการทดลองเพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนการลงมือปฏิบัติการทดลองจริง เพื่อกำหนด

1.1 วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

1.2 การกำหนดนิยามปัญหาที่จะศึกษาค้นคว้า

1.3 ทำนายเกี่ยวกับผลที่จะได้เกี่ยวกับการทดลอง

1.4 การตั้งสมมติฐานที่จะทำการทดสอบในการทดลอง

1.5 ระบุอุปกรณ์ สารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

2.1 วิธีปฏิบัติการทดลอง

2.2 การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ

2.3 การดำเนินการทดลอง

2.4 เทคนิคการดำเนินการทดลอง

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, หน้า 28) ได้กล่าวถึง การปฏิบัติการทดลอง สรุปได้ดังนี้

การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปรและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการจริง ๆ

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสรุปได้ว่า การปฏิบัติการทดลอง คือ กระบวนการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานการทดลอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง

ความสำคัญของการปฏิบัติการทดลอง

กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เป็นสิ่งสำคัญในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรปัจจุบัน ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้ทักษะด้านต่าง ๆ และมีความสำคัญต่อการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จึงมีผู้กล่าวถึงความสำคัญของการปฏิบัติการทดลองดังนี้

Lunetta (1981, pp.21-25) กล่าวถึงความสำคัญของกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการสรุปได้ว่า จะช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเลือกวิธีที่เหมาะสมมาใช้ในการเก็บข้อมูล ทักษะการใช้เครื่องมือ ทักษะการสรุปหลักการจากข้อมูล ทักษะการนำความรู้ไปแก้ปัญหา ทักษะการนำความรู้เดิมไปทำนายสิ่งที่พบใหม่ และทักษะการรายงานผลการทดลอง และกิจกรรมการทดลองยังมีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมพัฒนาทางด้านสติปัญญา ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะช่วยพัฒนาเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในทางบวก

Richardson (1958, pp. 67-77) ได้กล่าวถึงการสอนโดยการปฏิบัติการทดลอง สรุปได้ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นแหล่งสำหรับการแก้ปัญหาที่จะให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือพยายามแก้ปัญหา

2. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนได้ทราบคำตอบของปัญหาที่นักเรียนพบในห้องเรียนหรือจากที่อื่น

3. การปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ จะช่วยส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนในบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม

4. การปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ หลักการและการนำหลักการไปใช้ ซึ่งหมายถึง ข้อเท็จจริง กฎ และข้อสรุปต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์

5. การปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ในข้อเท็จจริง หลักการ มโนมติ และข้อสรุปต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์

6. การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ นิสัยการทำงานและเจตคติ

Bergguist (1989, p. 101) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการทดลอง สรุปได้ว่า การทดลองไม่ใช่เพียงแค่ให้รู้ข้อเท็จจริงเท่านั้น แต่ทำให้เกิดการพิสูจน์ข้อเท็จจริงและการพัฒนาระดับสติปัญญาให้สูงขึ้น การทดลองทำให้รู้จักคำนึงถึงเหตุผล โดยความสามารถทางสติปัญญาที่จะอธิบายได้จากการปฏิบัติการทดลอง หมายถึงความสามารถในการแยกแยะปัญหา การหาเหตุผล การมีหลักเกณฑ์ในการแก้ปัญหา การปรับสถานการณ์และแนวทางในการเผชิญกับอุปสรรค

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2524, หน้า 6) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการปฏิบัติการทดลองไว้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การทดลองเป็นกิจกรรมสำคัญที่ขาดไม่ได้ และถ้านักเรียนได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเองจะเป็นการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรงซึ่งถือว่าเป็นการเรียนรู้ที่ดีที่สุด

ยุพา ตันติเจริญ (2529, หน้า 34) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการปฏิบัติการทดลองไว้ว่า การปฏิบัติการทดลองจะให้ประสบการณ์ตรงต่อผู้เรียนและช่วยเสริมสร้างให้เกิดทักษะภาคปฏิบัติและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากข้อความเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยการปฏิบัติการทดลอง สรุปได้ว่า การสอนโดยการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในหลักการและเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ มีพัฒนาทางด้านสติปัญญา ส่งเสริมให้มีทักษะภาคปฏิบัติและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง

ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523, หน้า 1) ได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติว่า คือ "ความชำนาญในการใช้เครื่องมือการทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์ทุกอย่างอย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว มีความละเอียดรอบคอบและคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น"

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 319) ให้ความหมายทักษะภาคปฏิบัติว่า "ทักษะภาคปฏิบัติหมายถึง พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อที่แสดงปฏิกิริยาออกมาให้เห็น ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของจิต โดยมีการประสานสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัส สมอง และประสาทกล้ามเนื้อ"

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2525, หน้า 220) ให้ความหมายทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า คือ "การกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดบ่อย ๆ อย่างสม่ำเสมอจะทำให้เกิดความสามารถและความชำนาญ เช่น การฝึกการใช้เครื่องชั่ง ตวง วัด จนชำนาญ"

จากความหมายของทักษะภาคปฏิบัติที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ คือ ความสามารถในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์การทดลองด้วยความชำนาญ มีเทคนิควิธีการในการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการจัดการและเก็บรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้น การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง ทักษะในด้านการปฏิบัติการทดลอง รวมไปถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองอย่างถูกวิธี การระมัดระวังและการรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนการรักษาความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

ทักษะภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์

เกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวสรุปได้ดังนี้

ประวิตร ชูศิลป์ (2524, หน้า 15 - 16) ได้กล่าวถึง ทักษะภาคปฏิบัติซึ่งเป็นทักษะในการกระทำหรือการปฏิบัติ จำแนกได้ 2 พวก สรุปได้ดังนี้

1. ทักษะภาคปฏิบัติเป็นทักษะที่สามารถสังเกตได้โดยตรงในขณะที่นักเรียนกำลังปฏิบัติการทดลอง ได้แก่

1.1 ทักษะในการปฏิบัติการ ได้แก่ การหยิบจับอุปกรณ์

1.2 ทักษะในการสังเกต ได้แก่ การสังเกตเพื่อค้นหารายละเอียด หรือเปรียบเทียบการสังเกตผลการทดลอง

1.3 ทักษะในการดำเนินการทดลอง ได้แก่ การปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนดไว้ในหนังสือเรียน หรือคู่มือการทดลอง หรือการเตรียม หรือการคิดค้นวิธีใหม่

2. ทักษะในการสื่อความหมายภาคปฏิบัติ เป็นทักษะในการบันทึกผลการทดลองและการใช้ผลการทดลองที่ได้รวบรวมไว้ในสมุด หรือรายงานการทดลอง ได้แก่

2.1 ทักษะในการบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ การบันทึกผลการทดลองเป็นตาราง หรือกราฟ หรือเขียนแผนภาพและจดบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกต

2.2 ทักษะในการใช้ผลการทดลอง ได้แก่ การคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองการแปลความหมายข้อมูลเพื่อการสรุป การประเมินผลสมมติฐานโดยอาศัยข้อมูลที่ได้และการหาข้อมูลที่นอกเหนือจากสิ่งที่สังเกต

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517, หน้า 146 -147) กล่าวสรุปได้ว่า ในการปฏิบัติการทดลองทุกเรื่องนักเรียนควรจะมีทักษะอย่างน้อย 5 ประการ คือ

1. ทักษะในการได้มาซึ่งข้อมูลและการรวบรวมข้อมูล

2. ทักษะในการจัดระเบียบข้อมูล วิเคราะห์ และลงข้อสรุป

3. ทักษะในทางความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

4. ทักษะในการใช้เครื่องมือ

5. ทักษะในการเขียนรายงานผลการทดลอง

สำหรับทักษะในด้านการใช้เครื่องมือ นักเรียนควรจะต้องมีทักษะดังต่อไปนี้

1. รู้จักติดตั้งเครื่องมือ นำเครื่องมือที่ใช้ทั้งหมดมาประกอบ และติดตั้งได้ด้วยความคล่องแคล่ว ชำนาญ

2. ใช้เครื่องมือเป็น รู้ว่าเครื่องมืออะไร ใช้สำหรับทำอะไร มีข้อจำกัดแค่ไหน ใช้อย่างไร

3. ซ่อมแซมเครื่องมือในส่วนที่ง่าย ๆ ได้เมื่อเกิดชำรุด

4. สร้างเครื่องมือง่าย ๆ ได้

5. รู้จักเก็บรักษาเครื่องมือได้ปลอดภัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524, หน้า 16) ได้กล่าวถึง ผู้ที่มีทักษะการทดลองสรุปได้ว่าต้องมีความสามารถในการกระทำต่อไปนี้

1. ออกแบบการทดลอง

2. เลือกเครื่องมือที่จะใช้ในการทดลอง

3. ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการทดลอง

4. ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง

5. สังเกตผลการทดลองอย่างละเอียด และบักทึกผลได้อย่างถูกต้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522, หน้า 139 - 142) ได้เน้นถึงความสำคัญของการทดลองสรุปได้ว่า เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะภาคปฏิบัติ และได้กำหนดทักษะปฏิบัติการทดลองไว้ในคู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์ หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) จำนวน 29 ทักษะ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สนใจฝึกทักษะภาคปฏิบัติที่บรรจุอยู่ในหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ว 101 บทที่ 3 เรื่อง สารรอบตัว จำนวน 22 ทักษะ ดังนี้ คือ

ทักษะ 1 การใช้เทอร์มอมิเตอร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 154) ได้กล่าวถึงการใช้เทอร์มอมิเตอร์ สรุปได้ว่า

เทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง มีขีดการวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันตามจุดประสงค์ของการวัด ของเหลวที่บรรจุในเทอร์มอมิเตอร์อาจเป็นสารบริสุทธิ์หรือสารละลายก็ได้ เช่น แอลกอฮอล์ ปรอท น้ำมัน เป็นต้น การใช้เทอร์มอมิเตอร์มีข้อแนะนำดังนี้

- ก่อนใช้ต้องเลือกเทอร์มอมิเตอร์ที่มีช่วงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด เพราะถ้านำไปวัดอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้หลอดแก้วที่บรรจุของเหลวแตกได้

- การใช้เทอร์มอมิเตอร์ต้องให้กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์จุ่มอยู่ในของเหลวหรือสัมผัสกับสิ่งที่จะวัด และต้องไม่แตะกับด้านข้างหรือก้นของภาชนะ ใช้ที่จับหลอดทดลองจับเทอร์มอมิเตอร์ไว้ให้ตั้งตรง หรืออาจใช้มือจับเพียงส่วนปลายบนของเทอร์มอมิเตอร์เท่านั้น

- การอ่านอุณหภูมิ ต้องให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกับของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์

- เมื่อเทอร์มอมิเตอร์ใช้เสร็จต้องทำความสะอาด เช็ดให้แห้ง และเก็บใส่กล่อง

นอกจากนี้ วารีรัตน์ แก้วอุไร (2538, หน้า 104) ได้กล่าวถึงการใช้เทอร์มอมิเตอร์สรุปได้ ดังนี้

- การถอดเทอร์มอมิเตอร์ออกจากที่เก็บเทอร์มอมิเตอร์ โดยจับให้ส่วนฝาปลอกอยู่ด้านบน เมื่อต้องการเปิดปลอกเพื่อนำเทอร์มอมิเตอร์มาใช้ เป็นการป้องกันการตกแตก

- การวัดและการอ่านอุณหภูมิสารที่เป็นของแข็ง โดยใช้มือจับต่ำกว่าปลายบนสุดของเทอร์มอมิเตอร์ประมาณ 1 เซนติเมตร ให้กระเปาะของเทอร์มอมิเตอร์ฝังหรือจมในของแข็งที่ต้องการวัด อ่านอุณหภูมิโดยไม่ต้องยกเทอร์มอมิเตอร์ออกจากสิ่งที่วัดและให้ระดับสายตาอยู่พอดีกับขีดบอกอุณหภูมิ

- การวัดและการอ่านอุณหภูมิสารที่เป็นของเหลว โดยใช้มือจับต่ำกว่าปลายบนสุดของเทอร์มอมิเตอร์ประมาณ 1 เซนติเมตร ให้กระเปาะของเทอร์มอมิเตอร์จุ่มในของเหลวและสูงกว่าก้นของภาชนะประมาณ 1 เซนติเมตร อ่านอุณหภูมิโดยไม่ต้องยกเทอร์มอมิเตอร์ออกจากสิ่งที่วัดโดยให้ระดับสายตาอยู่พอดีกับขีดบอกอุณหภูมิ

- การเสียบเทอร์มอมิเตอร์ในจุกยาง ต้องใช้วาสลีนหรือน้ำมันทาบริเวณปลายด้านล่างของกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ที่จะเสียบ ใช้ผ้าหุ้มเทอร์มอมิเตอร์และจุกยางก่อนเสียบ ขณะเสียบหมุนเทอร์มอมิเตอร์ไปทางซ้ายและขวาสลับกัน

- การเก็บเทอร์มอมิเตอร์ ก่อนเก็บทำความสะอาดโดยการใช้ผ้าแห้งเช็ดให้สะอาดแล้วบรรจุลงปลอกโดยให้กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์อยู่ส่วนล่างของปลอก

- ข้อปฏิบัติหากเทอร์มอมิเตอร์ตกแตก ให้ใช้กระดาษช้อนปรอทใส่ในขวดปิดฝาหรือใช้ผงกำมะถันโรยก่อนใช้กระดาษช้อนใส่ขวด ระวังไม่ให้ปรอทเข้าสู่ร่างกายโดยระเหยเข้าจมูก ปาก หรือสัมผัสผิวหนังทำให้เกิดอันตรายได้

จากวิธีการใช้เทอร์มอมิเตอร์ข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะการใช้เทอร์มอมิเตอร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้และการอ่านเทอร์มอมิเตอร์ได้อย่างถูกวิธี คือ กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัดและไม่สัมผัสกับด้านข้างของภาชนะ ขณะอ่านอุณหภูมิสายตาต้องอยู่ในระดับเดียวกับของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์ และเมื่อใช้เสร็จแล้วทำความสะอาดเช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่

ทักษะ 2 การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 157) ได้กล่าวถึงการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ สรุปได้ดังนี้

ก่อนการใช้ต้องสำรวจสภาพของตะเกียงแอลกอฮอล์ และขั้นตอนการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ที่ถูกต้องดังนี้

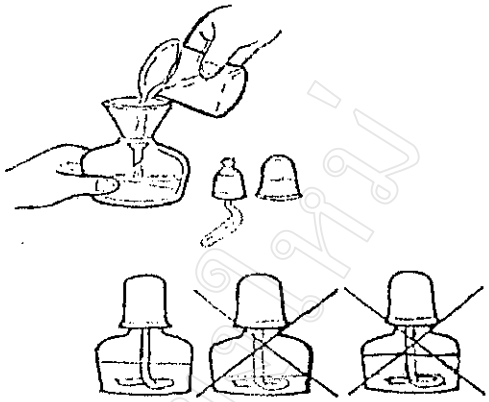
- การตรวจสภาพความเรียบร้อยของตะเกียงแอลกอฮอล์ก่อนใช้ ว่ายังสามารถใช้การได้หรือไม่ เช่น ตะเกียงแอลกอฮอล์ต้องมีฝาครอบ ส่วนที่ยึดไส้ตะเกียงแอลกอฮอล์ไม่แตกหรือร้าว ปริมาณแอลกอฮอล์มีมากน้อยเพียงใด

- ควรปรับไส้ตะเกียงสูงพอเหมาะและยาวพอจุ่มถึงแอลกอฮอล์ เมื่อจุดไฟแล้วจะได้เปลวไฟไม่สูงหรือต่ำเกินไป

- วิธีการจุดตะเกียงแอลกอฮอล์ จุดไฟเมื่อเตรียมสารที่จะให้ความร้อนไว้พร้อมแล้ว โดยจุดตะเกียงแอลกอฮอล์ด้วยไม้ขีดไฟ แล้วทิ้งก้านไม้ขีดไฟที่จุดแล้วลงในกระป๋องทราย ไม่จุดไฟโดยนำตะเกียงแอลกอฮอล์ไปจุดต่อกันโดยตรง

- วิธีการดับตะเกียงแอลกอฮอล์ ดับตะเกียงแอลกอฮอล์ทันทีที่เลิกใช้ โดยใช้ฝาครอบและไม่ออกแรงกดที่ฝาครอบ

- การเติมแอลกอฮอล์ ควรเติมประมาณ 1/2 ของตะเกียงแอลกอฮอล์โดยใช้กรวยและเติมด้วยความระมัดระวังอย่าให้หก เพราะเมื่อจุดตะเกียงแล้วอาจทำให้ไฟไหม้ลุกลามได้



การเติมแอลกอฮอล์

จากวิธีการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ได้อย่างถูกวิธี คือ ก่อนใช้ต้องตรวจสภาพก่อนทุกครั้ง ไม่จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ก่อนที่จะเตรียมสารให้พร้อม ปรับไส้ตะเกียงแอลกอฮอล์ให้สูงพอเหมาะ เตรียมกระป๋องทรายสำหรับทิ้งก้านไม้ไฟขีดที่จุดแล้ว เมื่อเลิกใช้ต้องดับตะเกียงแอลกอฮอล์ทันทีโดยใช้ฝาครอบ

ทักษะ 3 การใช้ช้อนตักสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 160) ได้กล่าวถึงการใช้ช้อนตักสารสรุปได้ดังนี้

ช้อนตักสารที่ใช้ในการทดลองเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาตรสารที่เป็นของแข็งโดยประมาณ โดยมีวิธีการใช้คือ เมื่อตักสารแต่ละครั้งต้องปาดสารเพียงครั้งเดียว โดยไม่กดสารในช้อนก่อนปาด เมื่อตักสารแล้วต้องทำความสะอาดและทำให้แห้งก่อนใช้ตักสารชนิดอื่นต่อไป และห้ามใช้ช้อนตักสารขณะที่สารร้อน

นอกจากนี้ วารีรัตน์ แก้วอุไร (2538, หน้า 99) ได้กล่าวถึงการใช้ช้อนตักสารสรุปได้ดังนี้

วิธีการตักสารโดยใช้ช้อนตักสารทำได้โดยเมื่อตักสารแต่ละครั้งต้องตักสารเพียงครั้งเดียว โดยตักสารเต็มช้อนพูน แล้วใช้ด้ามช้อนตักสารอีกอันหนึ่งปาดสารให้เสมอปากช้อน โดยไม่กดสารในช้อนก่อนปาด จะทำให้ได้สารปริมาณเท่ากันทุกครั้งและทำความสะอาดเช็ดให้แห้งก่อนที่จะใช้ตักสารชนิดอื่นต่อไป ไม่ควรใช้ช้อนตักสารที่ทำด้วยพลาสติกตักสารที่ร้อน

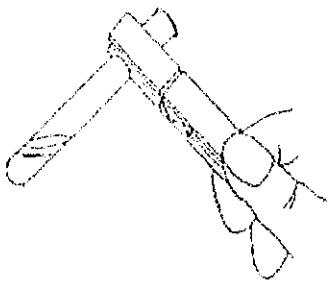
การตักสาร การปาดช้อน

จากวิธีการใช้ช้อนตักสารข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้ช้อนตักสาร หมายถึง ความสามารถในการใช้ช้อนตักสารวัดปริมาณสารที่เป็นของแข็งให้ได้ปริมาณถูกต้องและถูกวิธี คือ การตักสารแต่ละครั้งต้องปาดช้อนเพียงครั้งเดียวแล้วใช้ด้ามช้อนตักสารอีกอันหนึ่งปาดสารโดยไม่กดสารในช้อนก่อนปาด และเมื่อใช้ช้อนตักสารแล้วทำความสะอาดช้อนตักสารและทำให้แห้งก่อนนำไปตักสารชนิดอื่น ไม่ใช้ช้อนตักสารที่ทำด้วยพลาสติกตักสารในขณะที่ยังร้อน

ทักษะ 4 การใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 161) ได้กล่าวถึงการใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลอง สรุปได้ดังนี้

การใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลองหนีบหลอดทดลองโดยต้องหนีบที่ระยะประมาณ 1/3 จากปากหลอดทดลอง เมื่อหนีบบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องหนีบให้ลึก ขณะถือไม่ออกแรงกดไม้หนีบ ถ้าที่ใช้ยึดกับขาตั้งเพื่อหนีบเทอร์มอมิเตอร์จะต้องใช้เศษผ้าหรือกระดาษชำระหุ้มเทอร์มอมิเตอร์ให้แน่นก่อน



การใช้ไม้หนีบจับหลอดทดลอง

จากวิธีการใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลองข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลอง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลองได้อย่างถูกวิธี คือ การจับหลอดทดลองให้จับที่ระยะประมาณ 1/3 จากปากหลอดทดลอง เมื่อใช้ไม้หนีบจับบีกเกอร์ หรือถ้วยกระเบื้องต้องหนีบให้ลึก ขณะถือไม่ออกแรงกดไม้หนีบ ถ้าใช้กับขาตั้งเพื่อจับเทอร์มอมิเตอร์ต้องใช้เศษผ้า หรือกระดาษชำระหุ้มเทอร์มอมิเตอร์ให้แน่นก่อน

ทักษะ 5 การใช้หลอดฉีดยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 158) ได้กล่าวถึงการใช้หลอดฉีดยา สรุปได้ดังนี้

หลอดฉีดยา เป็นอุปกรณ์การวัดปริมาตรของเหลวอย่างง่าย ที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก หลอดฉีดยาทำด้วยแก้วหรือพลาสติกมีขนาดต่าง ๆ กัน ที่ใช้ในโรงเรียนส่วนมากมีตั้งแต่ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จนถึง 35 ลูกบาศก์เซนติเมตร วิธีการใช้หลอดฉีดยามีข้อแนะนำดังนี้

1. เลือกขนาดของหลอดฉีดยาให้เหมาะสมกับปริมาตรที่ต้องการวัด ดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นและกดลงเพื่อให้ยางที่ปลายก้านหลอดฉีดยาเลื่อนได้คล่อง

2. กดก้านหลอดฉีดยาจนสุดเพื่อไล่อากาศออกให้หมด

3. จุ่มปลายหลอดฉีดยาลงในของเหลว ค่อย ๆ ดึงก้านหลอดฉีดยาขึ้นให้ส่วนโค้งต่ำสุดของลูกยางตรงกับขีดบอกปริมาตรที่ต้องการ ในขณะที่ดูดสารละลายเข้าไปในหลอดฉีดยา ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ถ้ามีฟองอากาศต้องกดก้านหลอดฉีดยาลงไปจนสุด เพื่อไล่อากาศออก

4. ไม่ใช้หลอดฉีดยาที่ทำด้วยพลาสติกกับสารอินทรีย์ เช่น เบนซิน เพราะจะทำให้หลอดฉีดยาละลาย

5. ก่อนเก็บหรือใช้หลอดฉีดยากับสารต่างชนิดกัน ต้องทำความสะอาดก่อนทุกครั้ง และการทำความสะอาดต้องล้างให้สะอาด โดยดึงแยกหลอดฉีดยาและก้านหลอดฉีดยาออกจากกันแล้วนำแต่ละส่วนมาล้าง วางไว้ให้แห้งแล้วจึงนำมาสวมเข้าเหมือนเดิม

จากวิธีการใช้หลอดฉีดยาข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้หลอดฉีดยา หมายถึง ความสามารถในการใช้หลอดฉีดยาวัดปริมาตรของเหลวได้อย่างถูกวิธี โดยจุ่มปลายหลอดฉีดยาลงในของเหลวแล้วจึงกดก้านสูบลงเพื่อไล่ฟองอากาศ เมื่อดึงก้านสูบขึ้นเพื่อดูดของเหลวขึ้นมาตามความต้องการ อ่านปริมาตรโดยให้สายตาอยู่ในระดับพอดีกับขีดบอกปริมาตรบนหลอดฉีดยา ในขณะที่ดึงก้านสูบขึ้นถ้ามีฟองอากาศต้องกดลงใหม่เพื่อไล่ฟองอากาศ เมื่อใช้หลอดฉีดยาเสร็จต้องล้างให้สะอาดและทำให้แห้ง ถ้าจะใช้ดูดสารต่างชนิดกันต้องทำความสะอาดก่อนทุกครั้ง

ทักษะ 6 การใช้หลอดหยด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529, หน้า 142) ได้กล่าวถึงการใช้หลอดหยดสรุปได้ดังนี้

หลอดหยด เป็นอุปกรณ์ในการใช้วัดปริมาตรโดยประมาณของของเหลว ทำได้โดยการนับจำนวนหยดของของเหลว ที่หยดลงในกระบอกตวงต่อปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเป็นค่าประมาณสำหรับใช้ในการทดลอง การใช้หลอดหยดมีวิธีการใช้ ดังนี้

1. บีบจุกยางหลอดหยดที่แห้งและสะอาดเบา ๆ เพื่อไล่อากาศออกเพียงเล็กน้อย จุ่มปลายหลอดหยดลงในของเหลว

2. คลายนิ้วที่บีบจุกยางออก แล้วดูดของเหลวจะเข้าไปในหลอดปริมาตรใกล้เคียงกับที่ต้องการ ระวังไม่ให้ของเหลวขึ้นไปถึงจุกยาง ไม่หงายหลอดหยดขณะที่มีสารอยู่ในหลอดหยด

3. ค่อย ๆ บีบจุกยางเพื่อให้ของเหลวหยดทีละหยดอย่างสม่ำเสมอ อย่าให้ปลายของหลอดหยดแตะกับขอบภาชนะ และอย่าให้สูงกว่าปากภาชนะมากเกินไป

4. เมื่อใช้แล้วถอดจุกยางออกล้างให้สะอาดทั้งหลอดหยดและจุกยาง วางไว้ให้แห้งก่อนใช้ครั้งต่อไป ไม่ใช้หลอดหยดกับสารต่างชนิดกัน โดยไม่ได้ทำความสะอาดก่อน

จากวิธีการใช้หลอดหยดข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้หลอดหยด หมายถึง ความสามารถในการใช้หลอดหยดได้อย่างถูกวิธี คือ ต้องดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ และต้องค่อย ๆ บีบจุกยาง เพื่อให้ของเหลวหยดทีละหยดอย่างสม่ำเสมอ เมื่อใช้หลอดหยดแล้วต้องล้างหลอดหยดให้สะอาดทันที ทำให้แห้ง และเมื่อจะใช้หลอดหยดดูดสารละลายหลาย ๆ ชนิดต้องล้างให้สะอาดทุกครั้ง

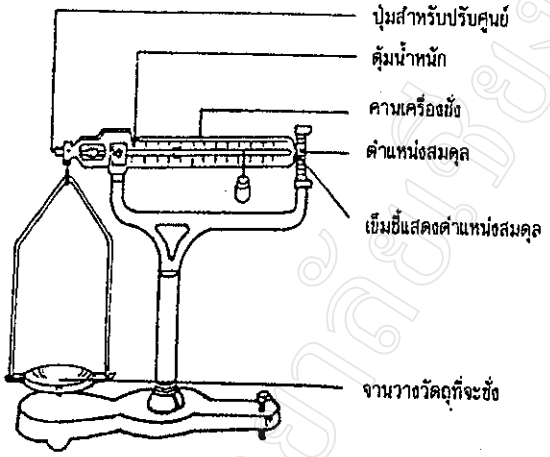
ทักษะ 7 การใช้เครื่องชั่งสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 154-157) ได้กล่าวถึงการใช้เครื่องชั่งสาร สรุปได้ดังนี้

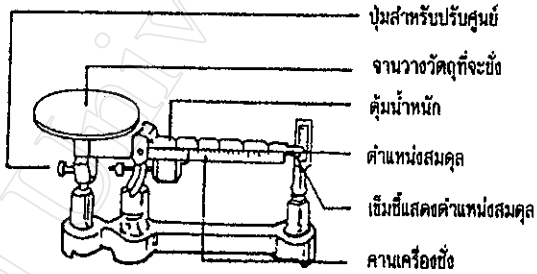
เครื่องชั่งสารที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีหลายชนิด แต่ละชนิดสามารถชั่งมวลสารได้มากน้อยและละเอียดต่างกัน การชั่งสารไม่ควรชั่งเกินขีดจำกัดของแต่ละเครื่องเพราะจะทำให้ชำรุด การชั่งสารและการเก็บรักษาเครื่องชั่งสารอย่างถูกวิธี จะทำให้เครื่องชั่งสารมีอายุการใช้งานได้นานและมีความคลาดเคลื่อนน้อย การวางเครื่องชั่งสาร ควรวางไว้เฉพาะที่แข็งแรง มีพื้นที่ราบเรียบและไม่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อย เพราะการเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ อาจทำให้เครื่องชั่งสารชำรุดและทำให้การชั่งสารคลาดเคลื่อนได้

เครื่องชั่งสารที่ใช้ในการทดลองในระดับมัธยมศึกษา แบ่งออกเป็นดังนี้

1. เครื่องชั่งสารชนิดจานเดียว เครื่องชั่งสารนี้มีจานวางสารเพียงด้านเดียว อาจเป็นแบบที่มีจานวางอยู่ในสาแหรกซึ่งห้อยจากคาน ได้แก่ เครื่อง Ohaus Cent-O-Gram ซึ่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม หรือเป็นแบบที่มีจานวางอยู่บนคานด้านซ้ายมือ ได้แก่เครื่อง Ohaus Triple Beam ซึ่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม



เครื่อง Ohaus Cent-O-Gram



เครื่อง Ohaus Triple Beam

การใช้เครื่องชั่งสารชนิดจานเดียวควรปฏิบัติดังนี้

1.1 ในการชั่งมวลของสาร ต้องวางเครื่องชั่งสารบนพื้นที่ราบเรียบ และมั่นคง ไม่มีการสั่นสะเทือน ผู้ชั่งต้องอยู่ข้างหน้าตรงกึ่งกลางของเครื่องชั่งสาร

1.2 วัตถุที่จะชั่งจะต้องไม่ร้อนและเปียกชื้น ถ้าหากเป็นสารเคมีต้องบรรจุในขวดชั่งสาร บีกเกอร์ กระจกนาฬิกา หรือกระดาษเคลือบไขสำหรับชั่งสาร โดยเลือกขนาดให้เหมาะสม ไม่ชั่งสารเคมีบนจานโดยตรง เพราะจะทำให้จานเปรอะเปื้อนและสารบางชนิดอาจทำปฏิกิริยากับวัสดุที่ใช้ทำจานชั่งทำให้ผุกร่อน ซึ่งส่งผลให้เครื่องชั่งสารคลาดเคลื่อนหรือชำรุดเสียหายได้

1.3 ก่อนชั่ง

- พิจารณาส่วนประกอบและรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องชั่งว่ามีจำนวนคานเท่าใด แต่ละคานใช้แทนมวลกี่กรัม ชั่งได้ละเอียดสูงสุดกี่กรัม

- ให้ตุ้มน้ำหนักทุกอันบนคานอยู่ที่ขีด 0 กรัม ดูสมดุลของคานโดยสังเกตจากปลายเข็มที่ปลายคานทางขวามือว่าชี้ที่ตำแหน่งสมดุลหรือไม่ ในกรณีที่คานยังไม่สมดุล ทั้ง ๆ ที่ตุ้มน้ำหนักทุกอันบนคานอยู่ที่ขีด 0 กรัมแล้ว จะต้องหมุนปุ่มสำหรับปรับมวลที่อยู่ทางด้านซ้ายสุดของคานจนกระทั่งเครื่องชั่งสารชี้ตำแหน่งสมดุล

- ก่อนชั่งสารหรือวางภาชนะที่จะชั่งลงบนจานชั่ง จะต้องพักจานชั่งกับพื้นและวางภาชนะที่ทราบมวลแน่นอน หรือสารที่จะชั่งตรงบริเวณกึ่งกลางคาน

1.4 ขณะชั่ง

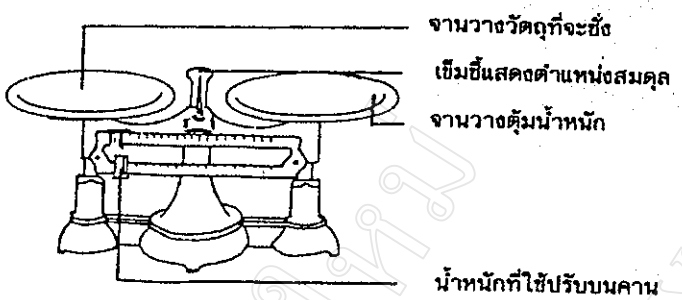
- ไม่ควรแตะจานชั่งในขณะที่คานกำลังแกว่ง
- เลื่อนตุ้มน้ำหนักบนคาน แล้วสังเกตว่าเข็มชี้ที่ตำแหน่งสมดุลหรือไม่
- ถ้าเข็มชี้แสดงตำแหน่งสมดุลอยู่เหนือตำแหน่งสมดุล แสดงว่าตุ้มน้ำหนักที่เลื่อนไปมีมวลน้อยกว่าสารเคมีหรือวัตถุที่ต้องการชั่ง แต่ถ้าอยู่ต่ำกว่าตำแหน่งสมดุล แสดงว่ามวลของตุ้มน้ำหนักที่เลื่อนไปมีมวลมากกว่าสารเคมีหรือวัตถุที่ต้องการชั่ง ในการชั่งหามวลสารจะต้องปรับเครื่องชั่งสารให้สมดุลก่อน โดยการเลื่อนตุ้มน้ำหนักบนคาน จนเข็มชี้ที่ตำแหน่งสมดุล จากผลรวมของมวล ณ ตำแหน่งที่ตุ้มน้ำหนักแขวนอยู่บนคานแต่ละอันจะเป็นมวลของสารหรือวัตถุที่ต้องการชั่ง

1.5 หลังการชั่ง

เมื่อชั่งสารเสร็จและบันทึกข้อมูลของสารเรียบร้อยแล้ว ต้องเลื่อนตุ้มน้ำหนักกลับไปที่ตำแหน่ง 0 กรัมตามเดิม

- พักจานวางวัตถุที่จะชั่งลงกับพื้นและนำสารเคมีหรือภาชนะที่ชั่งออกจากจานวางวัตถุที่จะชั่งให้หมด ถ้าเป็นเครื่องชั่งสารที่มีจานวางวัตถุที่จะชั่งเป็นชนิดแขวน ให้ยกสาแหรกออกจากที่แขวนวางไว้บนแป้นรองจานที่อยู่ด้านล่าง เพื่อไม่ให้สาแหรกแกว่งไปมาจะเป็นผลเสียต่อคมมีด ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่รองรับคานอยู่
- ทำความสะอาดเครื่องชั่งสาร

2. เครื่องชั่งสารชนิดสองจาน เป็นเครื่องชั่งสารที่มีจานวางวัตถุที่จะชั่งอยู่ทั้ง 2 ด้านของเครื่องชั่งสาร โดยวางอยู่ด้านบนของคาน จานวางวัตถุที่จะชั่งด้านซ้ายใช้สำหรับวางวัตถุที่จะชั่ง ส่วนด้านขวาสำหรับวางตุ้มน้ำหนัก สิ่งที่จะวางบนจานทั้งสองข้าง ควรวางตรงบริเวณกึ่งกลางของจานเสมอ เครื่องชั่งสารแบบนี้วัดได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม มีวิธีใช้คล้ายคลึงกับชนิดจานเดียว แต่ต่างกันตรงที่มีจานสำหรับวางลูกตุ้มน้ำหนัก และเข็มชี้แสดงตำแหน่งสมดุลชี้ที่ขีดศูนย์เพื่อแสดงว่าคานสมดุล และปุ่มหมุนสำหรับปรับสมดุลจะอยู่ตรงกลางของเครื่องชั่งสาร ตุ้มน้ำหนักจะเป็นชุด มีหลายขนาดรวมอยู่ในกล่องเดียวกัน ต้องใช้คีมคีบตุ้มน้ำหนักเหล่านี้ทุกครั้ง ไม่ใช้มือหยิบ เพราะจะทำให้เกิดสนิมหรือมวลผิดไป มวลของวัตถุที่ชั่งอ่านได้จากผลรวมของลูกตุ้มน้ำหนักบนจานทางขวามือกับน้ำหนักที่ปรับบนคาน เมื่อใช้เครื่องชั่งสารเสร็จต้องให้กดปุ่มหมุนลงยกตุ้มน้ำหนักออกเก็บใส่กล่องและนำวัตถุที่ชั่งออก เลื่อนตุ้มน้ำหนักที่สำหรับใช้เพิ่มบนคานไปไว้ที่ตำแหน่ง 0 กรัม ทำความสะอาดเครื่องชั่งสาร



เครื่องชั่งสารชนิดสองจาน

จากวิธีการใช้เครื่องชั่งสารข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้เครื่องชั่งสาร หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องชั่งสารประเภท เครื่องชั่งสารแบบจานเดียว และเครื่องชั่งสารแบบสองจานได้อย่างถูกวิธี คือ ต้องปรับศูนย์ก่อนการใช้ ขณะชั่งมวลสารหรือวัตถุ ค่อย ๆ เลื่อนตุ้มน้ำหนักจนคานสมดุลและสามารถอ่านค่ามวลสารหรือวัตถุได้ถูกต้อง

ทักษะ 8 การใช้กระบอกตวง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529, หน้า 142) ได้กล่าวถึงการใช้กระบอกตวง สรุปได้ดังนี้

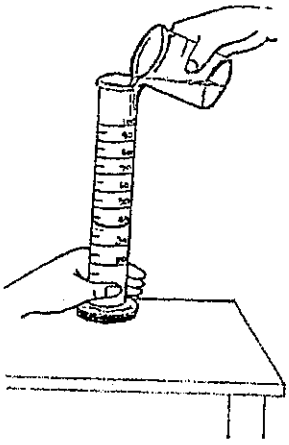
กระบอกตวงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาตรของเหลวที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก กระบอกตวงมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5 มิลลิลิตรจนถึง 2 ลิตร กระบอกตวงที่มีขนาดเล็กจะมีขีดวัดปริมาตรที่ละเอียดกว่าขนาดใหญ่ การใช้กระบอกตวงต้องคำนึงถึงขนาดของกระบอกตวงและปริมาตรของของเหลวที่จะวัด

- การถ่ายเทสารลงในกระบอกตวง วางกระบอกตวงบนพื้นที่มีผิวเรียบ แล้วใช้มือจับฐานกระบอกตวง มืออีกข้างหนึ่งให้จับบีกเกอร์โดยปากบีกเกอร์แตะกับกระบอกตวง ค่อย ๆ รินสารจนถึงขีดปริมาตรที่ต้องการ ไม่ถ่ายเทสารกลับไป - มา ระหว่างกระบอกตวงกับบีกเกอร์

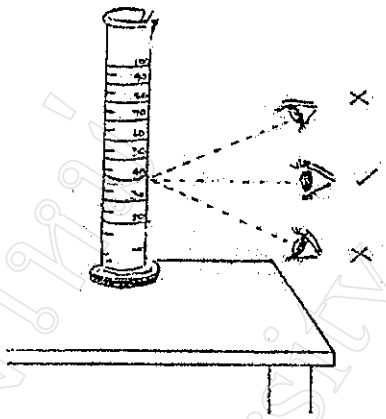
- การถ่ายเทสารจากกระบอกตวงลงสู่บีกเกอร์ โดยใช้มือจับกระบอกตวงและบีกเกอร์เอียงกระบอกตวงให้แตะกับปากของบีกเกอร์ แล้วค่อย ๆ เทของเหลวลงสู่บีกเกอร์ทางด้านปากจีบของกระบอกตวง

- การอ่านปริมาตร โดยวางกระบอกตวงไว้บนพื้นที่มีผิวเรียบแล้วอ่านปริมาตร โดยให้ขีดบอกปริมาตรและส่วนโค้งต่ำสุดของของเหลวอยู่ในระดับสายตา

- การทำความสะอาดและเก็บรักษา เมื่อใช้เสร็จควรล้างให้สะอาดและเก็บตั้งไว้ในตู้เฉพาะ แต่ถ้ากระบอกตวงมีขนาดสูงมากควรวางนอนกับพื้นตู้เพื่อกันการล้มแตก



การถ่ายเทสารลงกระบอกตวง



การอ่านปริมาตร

จากวิธีการใช้กระบอกตวงข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้กระบอกตวง หมายถึง ความสามารถในการหาปริมาตรของของเหลวโดยใช้กระบอกตวงได้อย่างถูกวิธี คือ วางกระบอกตวงบนพื้นที่มีผิวเรียบ ใช้มือจับฐานของกระบอกตวงไว้ ค่อย ๆ รินสารจนถึงขีดปริมาตรที่ต้องการ ไม่ถ่ายเทสารกลับไป-มาระหว่างกระบอกตวงกับบีกเกอร์ การอ่านปริมาตรโดยให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกับส่วนโค้งด้านล่างสุดของของเหลว

ทักษะ 9 การใช้สารที่เป็นกรดและเบส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529 , หน้า 140) ได้กล่าวถึงการใช้สารที่เป็นกรดและเบสสรุปได้ว่า

ในการใช้สารที่เป็นกรดและเบสต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง การรินสารที่เป็นกรดหรือเบสใส่ในภาชนะควรใช้ภาชนะที่แห้ง ขณะรินสารควรหันภาชนะที่ใส่กรดหรือเบสที่มีป้ายฉลากขึ้นด้านบน ไม่รินน้ำลงในกรด ถ้ากรดหกรดร่างกายต้องรีบล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที ถ้ากรดหกรดพื้นให้โรยด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ถ้าเบสหกรดให้ล้างด้วยกรดแอซีติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ

นอกจากนี้ วารีรัตน์ แก้วอุไร (2538, หน้า 115) ได้กล่าวถึงการใช้สารที่เป็นกรดและเบส สรุปได้ ดังนี้

ในการทดลองมีการใช้สารเคมีที่ทั้งมีสมบัติเป็นกรดและมีสมบัติเป็นเบส ซึ่งสารเคมีดังกล่าว สามารถกัดผิวหนังหรือทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อร่างกาย เมื่อสัมผัสทำให้เป็นรอยไหม้หรือเกิดอาการคันที่ผิวหนัง การใช้กรดและเบสต้องทำด้วยความระมัดระวัง ดังนี้

การใช้และการเก็บสารที่เป็นกรด

1. ในการผสมกรดเข้มข้นกับน้ำ ให้ค่อย ๆ รินกรดลงในน้ำ อุณหภูมิของสารผสมจะไม่สูงขึ้นทันที เป็นการป้องกันอันตราย

2. เก็บสารที่เป็นกรด โดยให้วางขวดที่มีขนาดใหญ่ไว้ที่ชั้นเตี้ย ๆ หรือ ต่ำ ๆ หรือในตู้เก็บกรด สารที่เป็นกรดควรแยกให้ห่างจากโลหะที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา เช่น โลหะโพแทสเซียม โลหะโซเดียม และโลหะแมกนีเซียม เป็นต้น

3. แยกกรดจากสารเคมีที่ผสมกันแล้วทำให้เกิดก๊าซพิษหรือก๊าซที่ติดไฟได้ เช่น โซเดียมไซยาไนด์ เหล็กซัลไฟด์

4. เมื่อได้รับอันตรายจากสารที่เป็นกรดต้องรีบล้างด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และหากสารที่เป็นกรดเข้าตา ต้องล้างตาด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เจือจาง

5. หากกรดหกรดพื้น ให้ล้างด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต แล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ ซ้ำอีกครั้ง

การใช้และเก็บรักษาสารที่เป็นเบส

1. ใช้สารที่เป็นเบสเข้มข้นด้วยความระมัดระวัง โดยไม่ให้สัมผัสกับผิวหนังโดยตรง

2. แยกเก็บสารที่เป็นเบสออกจากกรดและสารอื่น ๆ โดยการเก็บในภาชนะที่มิดชิด เก็บไว้ในที่เย็นและแห้ง ห่างจากเชื้อเพลิงและวัสดุที่ติดไฟง่าย

3. หากสารที่เป็นเบสเข้าตา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะต้องรีบล้างตาด้วยสารละลายกรดบอริกที่เจือจาง

4. เมื่อเบสหกรดพื้นให้ล้างด้วยกรดแอซีติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ อีกครั้งหนึ่ง

จากวิธีการใช้สารที่เป็นกรดและเบสข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้สารที่เป็นกรดและเบส หมายถึง ความสามารถในการใช้สารเคมีที่เป็นกรดและเบสได้อย่างปลอดภัย คือ ภาชนะที่ใช้ใส่กรดหรือเบสต้องสะอาดและแห้ง ขณะรินสารถือภาชนะที่ใส่กรดและเบสโดยให้ป้ายฉลากชื่อกรดและเบสขึ้นด้านบน ไม่รินน้ำลงในกรดต้องเทกรดลงในน้ำอย่างช้า ๆ ถ้ากรดหกรดร่างกายต้องรีบล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที ถ้ากรดหกรดพื้นให้โรยด้วยดัลเซียมคาร์บอเนต ถ้าเบสหกรดให้ล้างด้วยกรดแอซีติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ อีกครั้งหนึ่ง เมื่อใช้กรดและเบสเสร็จต้องทำให้เจือจางแล้วจึงเททิ้งในท่อระบายน้ำ

ทักษะ 10 การใช้กระดาษลิตมัส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529 , หน้า 140) ได้กล่าวถึงการใช้กระดาษลิตมัส สรุปได้ดังนี้

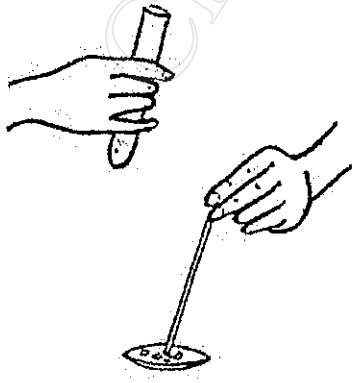
ในการใช้กระดาษลิตมัสทดสอบสารให้ใช้มือที่สะอาดและแห้งหยิบกระดาษลิตมัสทีละแผ่นอังที่ปลายหลอดทดลองโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอดทดลองหากทดสอบกับไอของสาร ถ้าทดสอบกับสารที่เป็นของเหลวให้วางกระดาษลิตมัสบนถ้วยกระเบื้อง หรือกระจกนาฬิกา แล้วใช้แท่งแก้วคนสารจุ่มสารที่ต้องการทดสอบมาแตะกระดาษลิตมัส

นอกจากนี้ วารีรัตน์ แก้วอุไร (2538, หน้า 108) ได้กล่าวถึงการใช้กระดาษลิตมัส สรุปได้ดังนี้

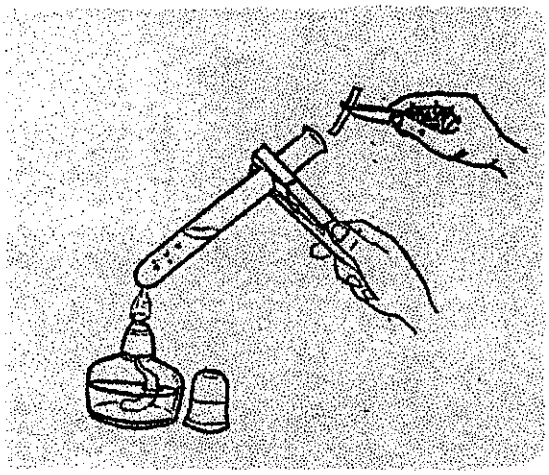
กระดาษลิตมัสมีไว้สำหรับทดสอบความเป็นกรด-เบสของสาร ถ้ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดงแสดงว่าสารนั้นเป็นกรด ถ้าเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินแสดงว่าสารนั้นเป็นเบส หากไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้ง 2 สี แสดงว่าสารนั้นเป็นกลาง การทดสอบความเป็นกรด-เบสโดยกระดาษลิตมัสสามารถทดสอบกับสารที่เป็นของเหลว และทดสอบกับไอของสารซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

- การทดสอบกับสารที่เป็นของเหลว เมื่อตัดกระดาษลิตมัสทั้ง 2 สี ให้มีขนาดเหมาะสมกับที่จะใช้แล้วใช้มือที่แห้งหรือคีมคีบ หยิบกระดาษลิตมัสวางลงบน ถ้วยกระเบื้อง กระจกนาฬิกา แล้ว ใช้แท่งแก้วคนสารแตะสารที่ต้องการทดสอบแล้วนำมาแตะกระดาษลิตมัส

- การทดสอบกับไอของสาร เมื่อตัดกระดาษลิตมัสทั้ง 2 สี ให้มีขนาดเหมาะสมกับที่จะใช้แล้วทำกระดาษลิตมัสให้ชื้นก่อนนำมาทดสอบ นำสารที่ต้องการทดสอบมาให้ความร้อนจนเกิดไอใช้มือที่แห้ง หรือคีมคีบกระดาษลิตมัสมาอังปากหลอดทดลอง และสังเกตการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส



การทดสอบกับสารละลาย



การทดสอบกับไอของสาร

จากวิธีการใช้กระดาษลิตมัสข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้กระดาษลิตมัส หมายถึง ความสามารถในการใช้กระดาษลิตมัสได้อย่างถูกวิธี โดยมือที่หยิบกระดาษลิตมัสต้องสะอาด ปราศจากกรดและเบส ถ้าทดสอบกับสารในสถานะก๊าซ หยิบกระดาษลิตมัสทีละแผ่นอังที่ปลายหลอดทดลองโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอดทดลองและกระดาษลิตมัสต้องชื้น ถ้าทดสอบของเหลว ต้องวางกระดาษลิตมัสบนถ้วยกระเบื้องหรือกระจกนาฬิกาแล้วใช้แท่งแก้วคนสารที่สะอาดแตะของเหลวมาแตะกระดาษลิตมัส

ทักษะ 11 การใช้และเก็บรักษาแม่เหล็ก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522, หน้า 141) ได้กล่าวถึง การใช้และการเก็บรักษาแม่เหล็ก สรุปได้ดังนี้

- การใช้รักษาแม่เหล็ก ไม่ใช้แม่เหล็กดูดสารที่มีความร้อนสูง เมื่อใช้แม่เหล็กเสร็จ ควรเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าแห้ง ไม่ให้มีความชื้นเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

- การเก็บแม่เหล็กควรเก็บไว้ในกล่องเฉพาะที่มิดชิด โดยเก็บแยกจากอุปกรณ์ชนิดอื่น วิธีเก็บแม่เหล็กโดยไม่ให้เสื่อมคุณภาพกระทำได้โดยใช้แม่เหล็ก 2 แท่งวางให้ขั้วต่างชนิดกัน ประกบกันไว้

จากวิธีการใช้และรักษาแม่เหล็กข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้และเก็บรักษาแม่เหล็ก หมายถึง ความสามารถในการใช้และเก็บรักษาแม่เหล็กไม่ให้เสื่อมคุณภาพ โดยไม่ใช้แม่เหล็ก ดูดสารที่มีความร้อน และเก็บรักษาแม่เหล็กด้วยวิธีการวางให้ขั้วต่างชนิดกันประกบกันไว้

ทักษะ 12 การต้มสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529, หน้า 169) ได้กล่าวถึง การต้มสาร สรุปได้ดังนี้

การต้มสารแบ่งตามสมบัติของของเหลว ดังนี้

1. ของเหลวชนิดไวไฟซึ่งมีจุดเดือดต่ำ ภาชนะที่ใช้บรรจุควรเป็นภาชนะที่ปากแคบ และทรงสูง เช่น หลอดทดลองหรือขวดรูปกรวย ไม่ควรใช้บีกเกอร์ ขณะให้ความร้อนไม่ควรใช้ เปลวไฟที่ให้ความร้อนสูงโดยตรง วิธีที่ถูกต้อง คือ ให้อุ่นในภาชนะที่ใส่น้ำและต้มให้เดือดด้วยไฟ อ่อน ๆ และควรระวังไม่ให้ของเหลวที่ไวไฟนั้นเดือดล้น หรือกระเด็นหกออกมาโดนเปลวไฟ เพราะอาจติดไฟและเป็นอันตรายได้ การให้ความร้อนแก่สารไวไฟควรทำในที่โล่งหรืออากาศ ถ่ายเทสะดวก เพราะในที่ที่อากาศไม่ถ่ายเท เมื่อของเหลวได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอสะสมอยู่ บริเวณนั้น ถ้ามีมาก ๆ อาจติดไฟหรือระเบิดได้

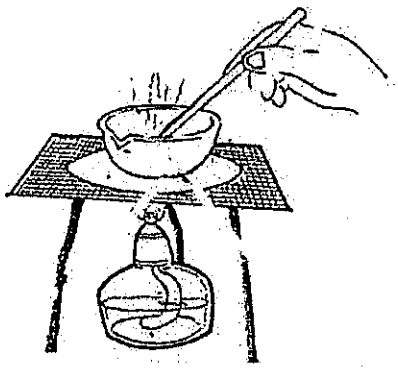
2. ของเหลวชนิดไม่ไวไฟ สามารถใช้ภาชนะบรรจุได้หลายชนิดตามจุดประสงค์และปริมาณของสาร เช่น ถ้วยกระเบื้อง หลอดทดลอง ขวดรูปกรวย หรือบีกเกอร์ เป็นต้น การให้ความร้อนแก่ของเหลวในถ้วยกระเบื้อง และหลอดทดลอง ค่อนข้างเป็นอันตรายกว่าในขวดรูปกรวยหรือบีกเกอร์จึงต้องระมัดระวังและปฏิบัติดังนี้

- การต้มสารในหลอดทดลอง โดยบรรจุสารประมาณ 1/3 ของหลอดทดลอง ใช้ที่จับหลอดทดลอง จับให้ต่ำจากปากหลอดทดลองประมาณ 1/3 ของหลอดทดลอง เอียงหลอดทดลองเล็กน้อย ไม่หันปากหลอดทดลองเข้าหาผู้ทดลองหรือผู้อื่น และไม่ก้มลงมองดูสารภายในหลอดทดลองโดยเด็ดขาด ใช้ไฟขนาดกลาง ส่ายหลอดทดลองไป-มาเบา ๆ เพื่อให้หลอดทดลองได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นทีละน้อย

- การต้มสารในถ้วยกระเบื้อง ไม่ควรใส่สารในถ้วยกระเบื้องมากเกินไป ควรคนสารตลอดเวลา เพื่อป้องกันการเดือดกระเด็น ใช้เปลวไฟอ่อน ๆ เมื่อไม่ต้องการความร้อนหรือพบว่าอุณหภูมิสูงเกินจนทำให้สารเดือดอย่างรุนแรงให้ดับตะเกียงแอลกอฮอล์ หรือเลื่อนตะเกียงแอลกอฮอล์ออกทุกครั้ง

- การต้มสารในการกลั่น มีขั้นตอนดังนี้ เติมเศษกระเบื้องเล็กน้อยลงในหลอดทดลองที่บรรจุสารเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเดือดอย่างรุนแรง ใส่ปลายสายยางของท่อนำก๊าซให้ถึงก้นของหลอดทดลองที่รองรับที่แช่อยู่ในน้ำแข็งเพื่อทำให้ไอที่ผ่านออกมากลั่นตัวเป็นของเหลว ในการอ่านอุณหภูมิไอของสาร กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ต้องอยู่เหนือระดับของเหลวในหลอดทดลอง เมื่อทำการกลั่นเสร็จ ต้องถอดสายยางของท่อนำก๊าซออกจากหลอดทดลองที่แช่อยู่ในน้ำแข็งก่อนที่จะดับตะเกียงแอลกอฮอล์

การต้มสารในหลอดทดลอง



การต้มสารในถ้วยกระเบื้อง

จากการวิธีการต้มสารข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการต้มสาร หมายถึง ความสามารถในการต้มสารในหลอดทดลอง หรือในบีกเกอร์อย่างได้ถูกวิธี คือ ก่อนต้มสารต้องเช็ดก้นภาชนะให้แห้ง เมื่อต้มสารในหลอดทดลองที่จับอยู่กับขาตั้งหลอดทดลอง ต้องใส่เศษกระเบื้องในหลอดทดลองก่อนต้ม ถ้าต้มสารในหลอดทดลองที่จับด้วยไม้หนีบขณะต้มต้องส่ายหลอดทดลองไป-มา ช้า ๆ และให้หันปากหลอดทดลองไปทางที่ไม่มีคนอยู่ และถ้าต้มในบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องใช้แท่งแก้วคนสารคนอยู่เสมอเพื่อป้องกันการเดือดกระเด็น

ทักษะ 13 การใช้แท่งแก้วคนสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 169) ได้กล่าวถึงการใช้แท่งแก้วคนสาร สรุปได้ดังนี้

การคนสารโดยการใช้แท่งแก้วคนสารทำได้โดยต้องระมัดระวังไม่ให้แท่งแก้วคนสารกระทบกับด้านข้างและก้นของภาชนะ เมื่อใช้แท่งแก้วคนสารเสร็จต้องล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่ และไม่ใช้แท่งแก้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ทำความสะอาดก่อน

นอกจากนี้ คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525,หน้า 165) ได้กล่าวถึงการใช้แท่งแก้วคนสาร สรุปได้ดังนี้

การใช้แท่งแก้วคนสารทำได้โดยใช้มือจับส่วนปลายด้านบนสุดของแท่งแก้วคนสารโดยคนสารวนไปในทางเดียวกันให้ทั่วถึงส่วนล่างของภาชนะ ระวังไม่ให้แท่งแก้วคนสารกระทบกับด้านข้างและก้นของภาชนะ เมื่อใช้แล้วทุกครั้งจะต้องล้างแท่งแก้วคนสารให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่ และไม่ใช้แท่งแก้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ทำความสะอาดก่อน

จากวิธีการใช้แท่งแก้วคนสารข้างต้น สรุปได้ว่าทักษะการใช้แท่งแก้วคนสาร หมายถึงความสามารถในการใช้แท่งแก้วคนสารและเก็บรักษาได้อย่างถูกวิธี คือ การใช้แท่งแก้วคนสารต้องคนสารวนไปทางเดียวกัน และระวังไม่ให้แท่งแก้วคนสารกระทบกับด้านข้างและก้นของภาชนะ เมื่อใช้แล้วล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่ และไม่ใช้แท่งแก้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ทำความสะอาดก่อน

ทักษะ 14 การเขย่าหลอดทดลอง

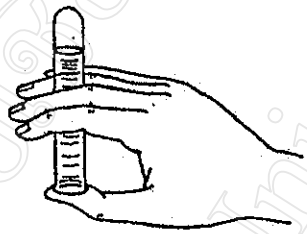
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 169) ได้กล่าวถึงการเขย่าหลอดทดลอง สรุปได้ดังนี้

การเขย่าหลอดทดลองโดยใช้มือจับหลอดทดลองแล้วเขย่าให้ส่วนล่างของหลอดทดลองกระทบกับฝ่ามือเบา ๆ

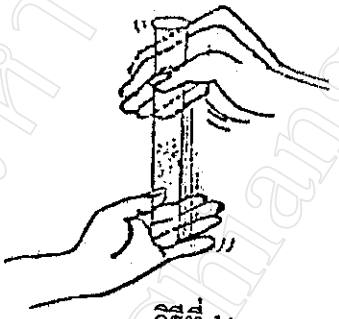
นอกจากนี้ คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 165-166) ได้กล่าวถึงการเขย่าหลอดทดลอง สรุปได้ดังนี้

การเขย่าหลอดทดลองเป็นการผสมสารในหลอดทดลอง โดยไม่ควรใส่สารเกินครึ่งหนึ่งของหลอดทดลอง ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธี ดังนี้

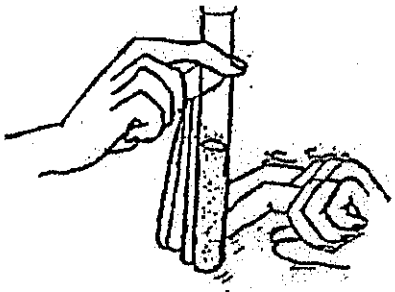
1. ในการทดลองใช้สารที่ไม่มีอันตราย อาจทำได้โดยการใช้หัวแม่มืออุดปากหลอดทดลองหรือใช้จุกไม้คอร์กปิดก็ได้แล้วคว่ำลงและหงายขึ้น ดังภาพ



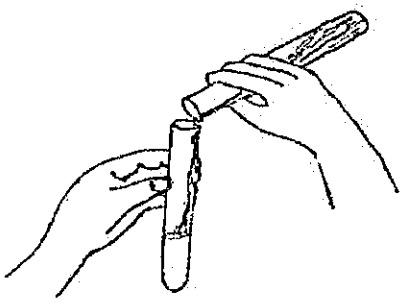
2. ในกรณีที่เป็นสารละลายที่มีสมบัติกัดกร่อนหรือเป็นอันตรายควรใช้วิธีดังต่อไปนี้
   - วิธีที่ 1 สะบัดหลอดทดลองเบา ๆ ให้ก้นหลอดทดลองกระทบกับฝ่ามืออีกข้างหนึ่ง
   - วิธีที่ 2 ใช้นิ้วชี้ของมืออีกข้างหนึ่งเคาะก้นหลอดทดลองแรง ๆ
   - วิธีที่ 3 ถ่ายเทสารกลับไป - มา หลาย ๆ ครั้งจนสารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน



วิธีที่ 1



วิธีที่ 2



วิธีที่ 3

จากวิธีการเขย่าหลอดทดลองข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการเขย่าหลอดทดลอง หมายถึง ความสามารถในการเขย่าหลอดทดลองได้อย่างถูกวิธี คือ ใช้มือจับหลอดทดลอง และเขย่าโดยให้ส่วนล่างของหลอดทดลองกระทบกับฝ่ามือของอีกข้างหนึ่งเบา ๆ

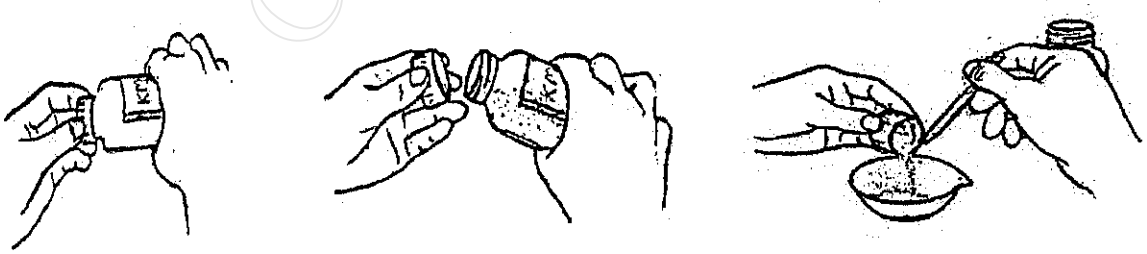
ทักษะ 15 การถ่ายเทสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 164-169) ได้กล่าวถึงการถ่ายเทสาร สรุปได้ดังนี้

ในการทดลองทางเคมีต้องมีการถ่ายเทสารเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง สารเคมีที่ใช้ในห้องทดลองมีทั้ง 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ในการทดลองส่วนใหญ่ในระดับมัธยมศึกษาเป็นสารที่มีสถานะเป็นของแข็งและของเหลว โดยปกติสารที่เป็นของแข็งมักบรรจุอยู่ในขวดหรือภาชนะปากกว้าง ส่วนสารที่เป็นของเหลวมักบรรจุในขวดหรือภาชนะปากแคบ การถ่ายเทสารจากภาชนะบรรจุเพื่อนำไปใช้ในการทดลองควรปฏิบัติด้วยความระมัดระวังและถูกวิธี เพื่อป้องกันมิให้สารเคมีมีมลทินและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และก่อนนำสารไปใช้ทุกครั้งต้องอ่านชื่อสารบนขวดให้แน่ใจว่าเป็นสารชนิดที่ต้องการ การถ่ายเทสารที่มีสถานะต่าง ๆ กันมีวิธีปฏิบัติ ดังนี้

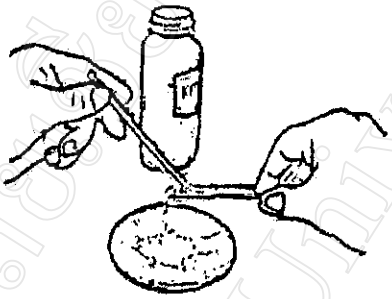
1. การถ่ายเทสารที่เป็นของแข็ง

- วิธีที่ 1 เอียงขวดใส่สาร แล้วหมุนกลับไปกลับมาให้สารในขวดเข้าไปอยู่ในจุกหรือฝาขวด ถ้าสารในขวดเกาะเป็นก้อนแข็ง อาจต้องเขย่าหรือเคาะขวดเล็กน้อยเพื่อให้สารหลุดออกจากกัน (ถ้าจำเป็นอาจเปิดขวดแล้วใช้ช้อนที่สะอาดขูดหรือบดให้เป็นผงร่วน) เปิดจุกขวดออกพร้อมกับตั้งขวดขึ้น โดยให้สารส่วนหนึ่งค้างอยู่ในจุกขวด วางขวดลงบนโต๊ะ และเอียงจุกขวดที่มีสารติดค้างอยู่ลงในภาชนะที่จะใส่สาร ใช้นิ้วมือหรือดินสอเคาะจุกขวดเบา ๆ หรือใช้แท่งแก้วคนสารค่อย ๆ เขี่ยเพื่อให้สารหลุดออกจากจุกหรือฝาขวดตามปริมาณที่ต้องการ ดังภาพ



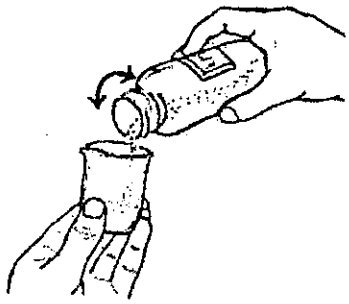
การถ่ายเทสารที่เป็นของแข็งด้วยฝาขวด

- วิธีที่ 2 ค่อย ๆ เปิดจุกขวด หงายจุกวางไว้บนโต๊ะ ใช้ช้อนตักสารที่แห้งและสะอาดตักสารออกจากขวด ใช้นิ้วมือหรือก้านดินสอเคาะก้านช้อนเบา ๆ หรือใช้แท่งแก้วคนสารค่อย ๆ เขี่ยสารจากช้อนตักสารตามปริมาณที่ต้องการ ถ้าเป็นช้อนตักสารที่มีเบอร์สำหรับตวงสารปริมาณต่าง ๆ กัน ให้ตักสารก่อนแล้วจึงใช้ด้ามช้อนตักสารอีกด้านหนึ่งปาดผิวหน้าให้เรียบโดยไม่ต้องกดให้แน่นก่อนจะได้สาร 1 ช้อนในปริมาณตามเบอร์นั้น ๆ ดังภาพ



การถ่ายเทสารที่เป็นของแข็งจากขวดด้วยช้อนตักสาร

- วิธีที่ 3 เคาะก้นขวดกับโต๊ะเบา ๆ พร้อมกับหมุนขวดไปมาเพื่อให้สารที่เกาะกันเป็นก้อนภายในขวด หลุดออกจากกัน เปิดจุกขวดออกวางหงายบนโต๊ะ เอียงขวดพร้อมกับหมุนไปมาเพื่อให้สารออกจากขวดทีละน้อยจนได้ปริมาณตามต้องการ ดังภาพ



การถ่ายเทสารที่เป็นของแข็งจากขวดโดยตรง

2. การถ่ายเทสารที่เป็นของเหลว

2.1 การถ่ายเทจากขวด ขวดใส่สารเคมีที่เป็นของเหลวจะมีทั้งชนิดที่มีฝาเกลียวและชนิดปิดด้วยจุก การเปิดเกลียวหรือจุกและการถ่ายเทสารจากขวดลงสู่ภาชนะมีวิธีดังนี้

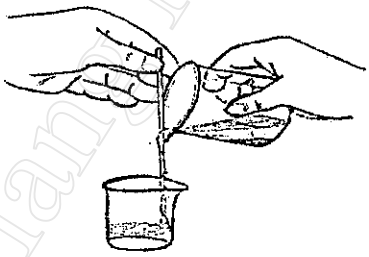
- การถ่ายเทสารจากขวดชนิดที่ปิดด้วยจุก โดยเอียงขวดและหมุนให้ของเหลวซึมเปียกรอบจุกขวดบริเวณที่สัมผัสกับปากขวดเพื่อให้เปิดจุกขวดได้ง่าย ค่อย ๆ หมุนจุกไปรอบ ๆ จนแน่ใจว่าไม่ติดแน่นกับปากขวด เผยอจุกขวดขึ้นแล้วปิดไว้ตามเดิม หงายมือขึ้นและใช้นิ้วกลางและนิ้วนางคีบจุกขวดยกขึ้นมาแล้วใช้มือที่คีบที่จุกจับขวดสาร โดยให้ป้ายชื่ออยู่ในตำแหน่งที่อ่านได้ตลอดเวลา อีกมือหนึ่งจับภาชนะรองรับของเหลว ยกขวดขึ้นและเอียงจนของเหลวไหลลงภาชนะได้ตามต้องการ ในกรณีที่ฝาขวดแบนอาจจะเปิดฝาและวางหงายลงบนโต๊ะก่อนรินสารก็ได้

- การถ่ายเทสารจากขวดชนิดฝาเกลียว หมุนฝาเพื่อคลายเกลียว จนหลุดออกจากปากขวด วางฝาหงายกับพื้นโต๊ะและเทหรือรินสารด้วยความระมัดระวัง

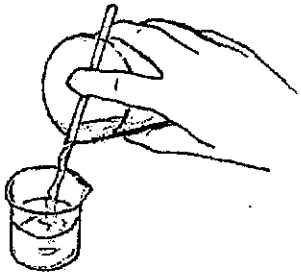
2.2 การถ่ายเทจากบีกเกอร์ กระทำได้ 2 วิธี

วิธีที่ 1 การใช้แท่งแก้วคนสารในการช่วยในการถ่ายเทสาร

- การใช้มือทั้ง 2 ข้าง โดยจับแท่งแก้วคนสารแตะกับปากบีกเกอร์ เอียงบีกเกอร์ให้ของเหลวไหลตามแท่งแก้วคนสารลงสู่ภาชนะที่รองรับ ดังภาพ

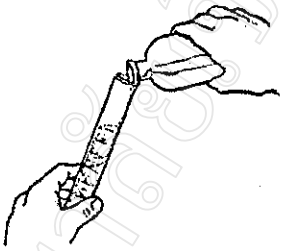


- การใช้มือเดียว โดยวางพาดแท่งแก้วคนสารบนปากบีกเกอร์ ใช้มือจับบีกเกอร์พร้อมกับใช้นิ้วกดแท่งแก้วคนสารเบา ๆ ไม่ให้หลุดตก เอียงให้ของเหลวไหลตามแท่งแก้วคนสารลงสู่ภาชนะรองรับ ดังภาพ

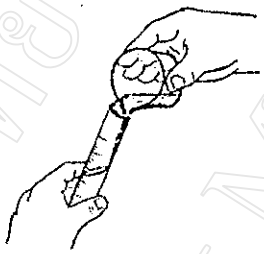


วิธีที่ 2 การถ่ายเทสารโดยไม่ใช้แท่งแก้วคนสารในการถ่ายเทสาร กระทำได้โดยพาดปากภาชนะที่บรรจุสารบนปากภาชนะที่ต้องการถ่ายสารแล้วค่อย ๆ รินสารอย่างระมัดระวัง ดังภาพ

ถ่ายเทสารจากขวดสู่บีกเกอร์



ถ่ายเทสารจากขวดสู่กระบอกตวง



ถ่ายเทสารจากบีกเกอร์สู่กระบอกตวง

2.3 การถ่ายของเหลวจากกระบอกตวง เมื่อตวงสารให้มีปริมาตรตามต้องการแล้ว การถ่ายเทสารจากกระบอกตวงลงสู่ภาชนะทำโดยเอียงกระบอกตวงให้แตะกับปากภาชนะที่รองรับ เช่น บีกเกอร์ แล้วเทของเหลวอย่างช้า ๆ ลงไปจนของเหลวหมด

จากวิธีการถ่ายเทสารข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการถ่ายเทสาร หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทสารที่เป็นของแข็งและของเหลวได้อย่างถูกวิธี คือ ถ้าสารเป็นของแข็งใช้วิธีเอียงขวดให้มีสารส่วนหนึ่งอยู่ในฝาขวด ค่อย ๆ เปิดฝาขวดอย่าให้สารหก แล้วใช้แท่งแก้วคนสารเขี่ยสารจากฝาขวดลงสู่ภาชนะรองรับ หรือเอียงขวดแล้วเปิดฝาขวด ค่อย ๆ หมุนขวดไป-มาจนสารร่วงลงสู่ภาชนะ ถ้าสารเป็นของเหลวใช้วิธีรินสารผ่านแท่งแก้วคนสารลงสู่ภาชนะ โดยให้ปลายแท่งแก้วคนสารสัมผัสชิดขอบภาชนะที่รองรับ

ทักษะ 16 การจับเวลา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522 , หน้า 142) ได้กล่าวถึงการจับเวลา สรุปได้ดังนี้

ใช้นาฬิกาจับเวลาได้คล่องแคล่ว อ่านเวลาได้ถูกต้อง รวดเร็ว รวมถึงมีการให้สัญญาณระหว่างบุคคลที่สังเกตปรากฏการณ์กับบุคคลผู้จับเวลา โดยเมื่อจะจับเวลาควรเริ่มที่เข็มวินาทีอยู่ที่เลข 12 ก่อน เริ่มจับเวลาทันทีเมื่อได้รับสัญญาณ โดยผู้สังเกตให้สัญญาณมือหรือการบอก ผู้จับเวลาหยุดเวลาทันทีเมื่อครบกำหนด เมื่อใช้อุปกรณ์ในการจับเวลาเสร็จเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

จากวิธีการจับเวลาข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการจับเวลา หมายถึง ความสามารถในการใช้นาฬิกาจับเวลาได้อย่างคล่องแคล่ว อ่านเวลาได้ถูกต้อง รวดเร็ว รวมถึงความสามารถในการให้สัญญาณระหว่างบุคคลที่สังเกตปรากฏการณ์กับบุคคลผู้จับเวลา

ทักษะ 17 การใช้อุปกรณ์วัดความยาว - ความสูง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 163) ได้กล่าวถึงการใช้อุปกรณ์วัดความยาว - ความสูง สรุปได้ดังนี้

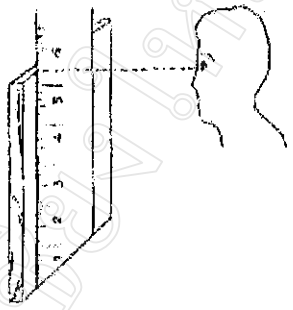
การใช้อุปกรณ์วัดความยาวและความสูงได้ถูกวิธีและอ่านมาตราส่วนได้ถูกต้อง ทำได้โดยให้สายตาตั้งฉากกับขีดบอกความยาวหรือความสูงนั้น

นอกจากนี้ คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 137) ได้กล่าวถึงการใช้อุปกรณ์วัดความยาว-ความสูง สรุปได้ดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดนั้นมีหลายชนิด เช่น ไม้บรรทัด ไม้เมตร ตลับเมตร สายวัด เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์การวัดมีความละเอียดแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์การวัดชนิดใดขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้วัดว่าต้องการวัดสิ่งใดและต้องการค่าความละเอียดของการวัดมากน้อยเพียงไร ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้ การวัดและการอ่านค่าโดยใช้ไม้บรรทัด โดยที่การใช้อุปกรณ์ในการวัดความยาว ความกว้าง และความสูงของวัตถุและวิธีการอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องของอุปกรณ์การวัดชนิดอื่น ๆ จะมีหลักการเดียวกัน ซึ่งทำได้โดย

- การใช้อุปกรณ์การวัด (การใช้ไม้บรรทัด) ไม้บรรทัดที่ใช้วัดความยาว - ความสูงนั้นมีการออกแบบให้มีสเกลแบบต่าง ๆ อยู่บนไม้บรรทัดอันเดียว แต่ละสเกลสามารถอ่านค่าละเอียดได้แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้จะต้องเลือกและดูว่าใช้สเกลใดวัด เพื่อที่จะได้บันทึกมาตราส่วนได้ถูกต้อง และค่าที่วัดได้จะละเอียดเพียงใดขึ้นกับสเกลบนไม้บรรทัดที่ใช้วัด

- การวัดและการอ่านค่า ในการวัดด้วยไม้บรรทัดจะต้องจรดปลายสเกลให้ตรงและตั้งฉากกับขอบของวัตถุที่จะทำการวัด และอ่านค่าปลายขอบอีกข้างหนึ่งของวัตถุจากสเกลบนไม้บรรทัด โดยสายตาต้องอยู่ตั้งฉากกับขีดบอกความยาวหรือส่วนสูงนั้น ดังภาพ



- การรายงานผลการวัด การรายงานผลและการบันทึกผลการวัดนั้นจะต้องบอกหรือแสดงเลขนัยสำคัญด้วยและต้องมีการระบุหน่วยของมาตราวัดให้ถูกต้อง เช่น การรายงานผลการวัดเป็น 7.30 เซนติเมตร กับ 7.0 เซนติเมตร การรายงานผลมีเลขนัยสำคัญแตกต่างกันแสดงถึงความละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้วัดแตกต่างกัน

จากวิธีการใช้อุปกรณ์วัดความยาว-ความสูงข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้อุปกรณ์วัดความยาว - ความสูง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้อุปกรณ์วัดความยาว - ความสูง ได้อย่างถูกวิธี คือ ความสามารถในการเลือกอุปกรณ์ในการวัดให้เหมาะสมกับวัสดุที่ต้องการวัด การอ่านค่าที่วัดโดยสายตาตั้งฉากกับขีดบอกความยาวหรือความสูงนั้น อ่านค่าที่วัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสามารถระบุหน่วยที่วัดได้ถูกต้องตามหลักสากล

ทักษะ 18 การใช้เครื่องมือแยกสารให้บริสุทธิ์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 169-173) ได้กล่าวถึงการแยกสารให้บริสุทธิ์ สรุปได้ดังนี้

การแยกสารและทำให้สารบริสุทธิ์ ทำได้หลายวิธี ทั้งนี้โดยอาศัยสมบัติของสารแต่ละชนิดช่วยในการพิจารณาว่าวิธีใดเหมาะสมที่สุด

การกรอง

เป็นวิธีการแยกของแข็งที่ไม่ละลายออกจากของเหลว โดยที่ของแข็งนั้นอาจเป็นผลึกตะกอน หรือมลทิน โดยให้สารละลายผ่านกระดาษกรองลงสู่ภาชนะรองรับ ส่วนของแข็งจะตกค้างอยู่บนกระดาษกรอง อุปกรณ์การกรองประกอบด้วย กรวยกรอง กระดาษกรองและภาชนะที่รองรับ การกรองจะได้ผลดีและรวดเร็วนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึงถึง เช่น การเลือกใช้กระดาษกรอง ความยาวของกรวยกรอง และการจัดภาชนะที่รองรับสิ่งกรอง กระดาษกรอง

มีหลายชนิด การเลือกใช้กระดาษกรองชนิดใดขึ้นกับขนาดของตะกอนที่กรองว่ามีขนาดละเอียดมากน้อยเพียงใด สำหรับความยาวของกรวยกรอง กรวยกรองก้านยาวจะกรองได้เร็วกว่ากรวยกรองก้านสั้น

การกรองสารที่ถูกวิธี

- ควรจะปล่อยทิ้งให้ตะกอนนอนก้นภาชนะ แล้วค่อย ๆ รินเฉพาะตัวทำละลายไปก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนไปอุดรูกระดาษกรอง ซึ่งทำให้การกรองเป็นไปได้ช้า

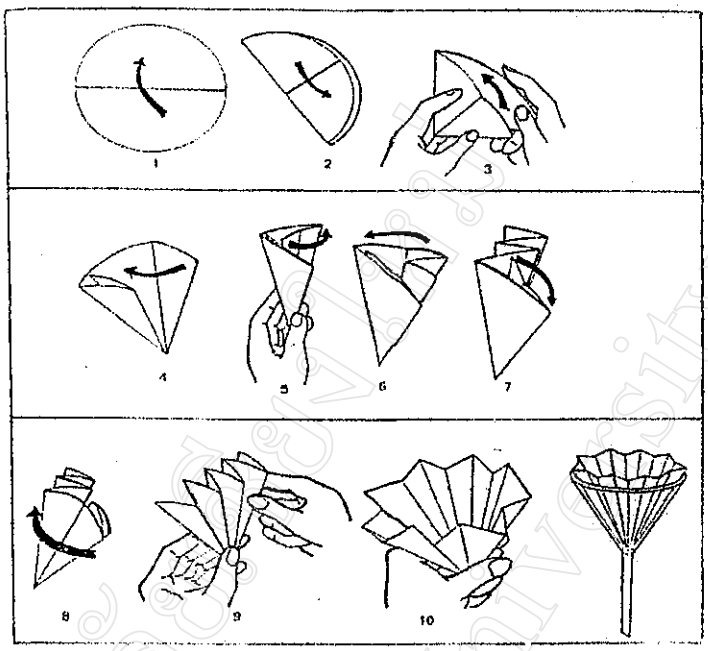
- การใส่กระดาษกรองลงในกรวยกรอง ขอบกระดาษกรองควรต่ำกว่าขอบริมกรวยกรองประมาณ 0.5 - 1 เซนติเมตร ใช้น้ำชะกระดาษกรองให้เปียกทั่วแล้วใช้มือกดให้กระดาษกรองแนบกับกรวยกรอง

- เวลาเทสารละลายลงในกรวยกรอง ควรใช้แท่งแก้วคนสารช่วยเพื่อไม่ให้สารหกเลอะเทอะ ในการเทสารละลายต้องเทให้ระดับของสารละลายต่ำกว่าขอบของกระดาษกรองประมาณ 1 เซนติเมตร

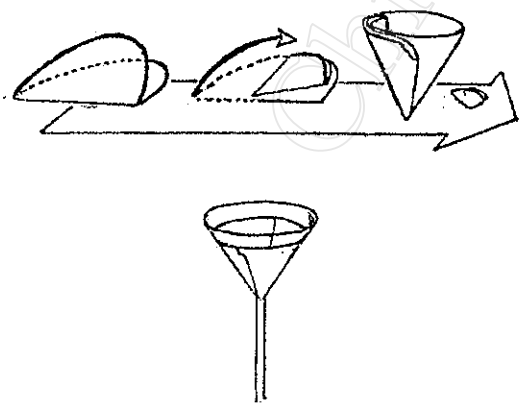
- การวางกรวยกรองควรให้ก้านกรวยกรองอยู่แนบกับด้านข้างของภาชนะรองรับ และปลายของกรวยกรองไม่จุ่มในของเหลว จะทำให้การกรองได้เร็วขึ้น

การกรองสารที่มีอุณหภูมิสูง และการกรองสารโดยทั่วไปหรือการกรองสารขณะเย็นมีวิธีการดังนี้

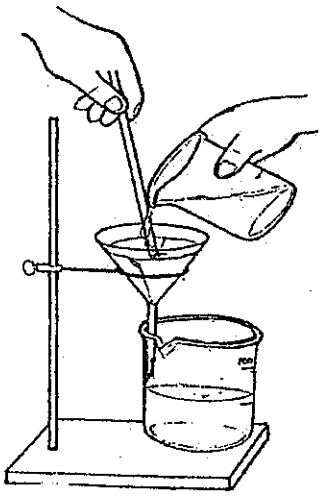
1. การกรองสารขณะร้อน เป็นการกรองสารที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อแยกสารละลายที่ต้องการออกจากตัวถูกละลายชนิดอื่น ซึ่งไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดนั้นในขณะที่มีอุณหภูมิสูง ต้องกระทำด้วยความรวดเร็วและใช้เวลาน้อย ในการกรองสารละลายที่ร้อนนิยมใช้กรวยกรองที่มีก้านสั้น ซึ่งจะทำให้การกรองรวดเร็วขึ้น การพับกระดาษกรองแบบนี้ต้องพับกระดาษกรองเป็นแบบลูกฟูกเพราะจะทำให้ได้เนื้อที่ในการกรองมาก ทำให้สารละลายไหลได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งมีวิธีการพับกระดาษ โดยนำกระดาษกรองมาพับครึ่ง และพับอีกครั้งเป็น 1/4 พับอีกครั้งหนึ่งให้ได้ 1/8 และพับอีกครั้งให้ได้ 1/16 ของวงกลม ทำให้กระดาษกรองคลี่ออกให้เป็น 1/2 แล้วทำการพับตามรอยโดยพับสลับไป - มา เมื่อคลี่ออกจะได้กระดาษกรองเป็นร่องแบบลูกฟูก ดังภาพ



2. การกรองขณะเย็นหรือการกรองสารโดยทั่วไป นิยมพับกระดาษกรองเป็นรูปทรงกรวย การพับกระดาษกรองโดยนำกระดาษกรองมาพับครึ่งแล้วทำการพับครึ่งอีกครั้งหนึ่ง จะได้รูป 1/4 ของวงกลม โดยให้ริมที่พับเลื่อมกันเล็กน้อย ฉีกมุมด้านนอกออกไปเล็กน้อยเพื่อเวลาวางกระดาษลงในกรวยกรองจะได้แนบสนิทกับขอบของกรวยกรอง คลี่กระดาษกรองออกเป็นรูปกรวย วางลงในกรวยกรองแล้วใช้น้ำฉีดทำให้กระดาษกรองเปียกให้ทั่ว จากนั้นใช้มือกดขอบกระดาษกรองแนบกับกรวยกรองให้ตลอด ในการรินสารให้รินสารละลายผ่านแท่งแก้วคนสารโดยให้ปลายแท่งแก้วคนสารเกือบแตะกับกระดาษกรองด้านที่หนา 3 ชั้น เพื่อป้องกันของเหลวเปรอะออกมานอกบีกเกอร์ อย่าให้ปลายแท่งแก้วคนสารแตะกับกระดาษกรอง ดังภาพ



การพับกระดาษกรอง



การรินสาร

การตกผลึก

การตกผลึก เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้แยกสารหลายชนิดที่ผสมกันอยู่ออกจากกัน และถ้าการตกผลึกหลาย ๆ ครั้ง ต่อเนื่องกันจะได้สารที่มีความบริสุทธิ์สูง จึงอาจใช้เป็นวิธีการทำให้สารบริสุทธิ์ได้วิธีหนึ่ง ในการตกผลึกเร็วเกินไปจะทำให้ผลึกมีขนาดเล็กและอาจอยู่ในรูปของตะกอนได้

วิธีการตกผลึกที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ การตกผลึกในสารละลายด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยถือหลักการที่ว่าผลึกที่ตกออกมาได้ต้องมีสิ่งเจือปนติดออกมาแล้วไม่เกินร้อยละ 5 โดยมวล

ตัวทำละลายที่ใช้ในการตกผลึกควรมีสมบัติต่อไปนี้

- ละลายสารที่ต้องการตกผลึกได้ดีขณะที่ร้อน แต่ละลายได้น้อยหรือไม่ละลายในขณะที่เย็น ไม่ละลายหรือละลายสิ่งเจือปนได้น้อยมากทั้งในขณะที่ร้อนและเย็น
- จุดเดือดของตัวทำละลายไม่สูงมาก ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการทำผลึกให้แห้ง
- ต้องมีจุดเดือดต่ำกว่าจุดเดือดของสารที่ต้องการตกผลึก
- ถ้ามีตัวทำละลายที่เหมาะสมหลายชนิด ต้องพิจารณาสมบัติอื่น ๆ เช่น ไม่ติดไฟหรือติดไฟยาก มีราคาถูก มีพิษน้อย เป็นต้น

เมื่อเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้ว จึงนำสารที่ต้องการตกผลึก ซึ่งบดละเอียดและมีปริมาณตามต้องการ ใส่ลงในภาชนะที่มีตัวทำละลายอยู่เล็กน้อย อุ่นสารให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นช้า ๆ พร้อมกับเติมตัวทำละลายลงไปในปริมาณซึ่งจะทำให้สารละลายที่ได้เป็นสารละลายที่อิ่มตัว อุ่นสารละลายที่ได้เป็นสารละลายที่อิ่มตัว อุ่นสารละลายต่อไปจนอุณหภูมิใกล้เคียงกับจุดเดือดของสารละลาย เพื่อให้ผลึกที่บดละเอียดละลายหมด กรองในขณะที่สารละลายยังร้อน

สารละลายที่ได้จากการกรองขณะที่ร้อน ควรปล่อยให้เย็นลงช้า ๆ และไม่ให้ถูกกระทบกระเทือนหรือเคลื่อนไหว เพื่อจะทำให้ได้รูปผลึกสวยงาม แต่ถ้าทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจะได้ผลึกขนาดเล็กที่มีผลึกไม่สวยงาม ถ้าสารละลายเย็นลงแล้วยังไม่ตกผลึก อาจเป็นเพราะสารละลายนั้นเป็นสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด ซึ่งจะทำให้ตกผลึกได้โดยการขูดผิวภาชนะด้านในด้วยแท่งแก้วคนสาร หรือเติมผลึกขนาดเล็กของสารชนิดเดียวกันลงไป หรือโดยการผูกผลึกแช่ไว้ในนิ่ง ๆ ในสารละลายนั้น เพื่อเลี้ยงผลึกให้มีขนาดเพิ่มขึ้น ผลึกที่ตกครั้งแรกอาจไม่บริสุทธิ์เพียงพอจึงควรตกผลึกใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้สารมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น

การกลั่น

การกลั่นเป็นกระบวนการแยกสารละลายหรือของผสมที่เป็นของเหลว โดยทำให้ของเหลวนั้นกลายเป็นไอ แล้วทำให้ไอนั้นควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง ซึ่งการกลั่นเป็นวิธีที่ทำให้ของเหลวบริสุทธิ์ได้ เทคนิคการกลั่นมีหลายวิธี ดังนั้นควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสมบัติของสารละลายหรือสารที่แยกออกมา

การกลั่นอย่างง่าย เป็นการแยกของเหลวที่ต้องการออกจากสารละลาย ซึ่งมีตัวถูกละลายเป็นของแข็งหรือของเหลวที่มีจุดเดือดสูงมากละลายอยู่ มีวิธีการดังนี้

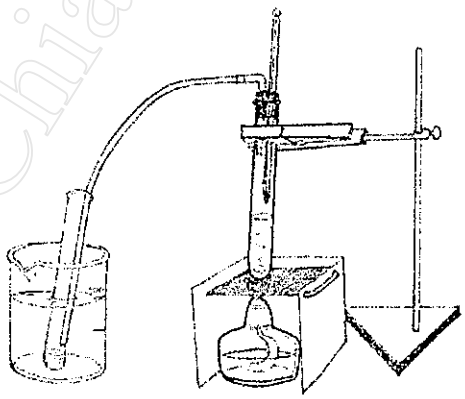
- การกลั่นในหลอดทดลอง ควรใส่ของเหลวประมาณ 1/3 ของหลอด เพื่อมิให้ของเหลวเดือดล้นขึ้นไปบนหลอดนำก๊าซ ถ้าเป็นขวดรูปกรวยหรือก้นกลมไม่ควรใส่สารเกินครึ่งขวดและปิดขวดกลั่นให้เรียบร้อย

- การกลั่นทุกครั้งต้องใส่เศษกระเบื้อง เพื่อป้องกันมิให้ของเหลวในภาชนะเดือดรุนแรง

- การจัดตำแหน่งของกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ควรอยู่เหนือสารละลาย โดยไม่สูงหรือต่ำเกินไป

- นำภาชนะที่เหมาะสมเช่น บีกเกอร์หรือขวดรูปกรวยมาคอยรับของเหลวที่จะกลั่นออกมา

- การให้ความร้อนแก่สารที่จะกลั่น ควรเพิ่มความร้อนทีละน้อย เพื่อป้องกันมิให้ของเหลวเดือดเร็วเกินไป



จากวิธีการใช้เครื่องมือแยกสารให้บริสุทธิ์ข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะการใช้เครื่องมือแยกสารให้บริสุทธิ์ หมายถึง ความสามารถในการแยกสารด้วยวิธีการกรองและการกลั่นได้อย่างถูกวิธี คือ ในการกรองต้องพับกระดาษกรองและใส่กระดาษกรองลงในกรวยกรองได้อย่างถูกต้อง การจัดวางกรวยกรองให้ก้านกรวยกรองแตะกับด้านข้างของภาชนะแล้วจึงเทสารผ่านแท่งแก้วคนสารโดยให้ปลายแท่งแก้วคนสารแตะกับกระดาษกรองด้านที่หนา 3 ชั้น สำหรับการกลั่นต้องใส่สารลงในหลอดทดลองไม่เกิน 1/3 ของหลอดทดลอง เติมเศษกระเบื้องเล็กน้อยแล้วเสียบเทอร์มอมิเตอร์ในหลอดทดลองโดยให้กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์อยู่เหนือของเหลวในหลอดทดลอง ใส่หลอดนำก๊าซให้ถึงก้นหลอดทดลองที่รองรับไอของเหลวที่กลั่นได้ เมื่อทำการกลั่นเสร็จถอดหลอดนำก๊าซออกจากหลอดทดลองก่อนที่จะดับตะเกียงแอลกอฮอล์

ทักษะ 19 การใช้โครมาโทกราฟี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2529, หน้า 170) ได้กล่าวถึงการใช้โครมาโทกราฟี สรุปได้ดังนี้

โครมาโทกราฟีเป็นการแยกสารผสมที่อาศัยความแตกต่างของการละลายของสารในตัวทำละลาย และการถูกดูดซับบนตัวดูดซับขององค์ประกอบแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังเป็นเทคนิคที่ใช้ระบุชนิดขององค์ประกอบแต่ละชนิดในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และสามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ด้วย วิธีโครมาโทกราฟีทำได้โดย จุดสารผสมที่ต้องการแยกลงบนกระดาษใกล้กับปลายด้านหนึ่งของกระดาษโครมาโทกราฟีปล่อยให้แห้ง จุ่มกระดาษโครมาโทกราฟีที่จุดสารผสมลงในภาชนะบรรจุตัวทำละลาย โดยให้จุดหยดสารผสมที่ต้องการแยกอยู่เหนือระดับตัวทำละลาย

นอกจากนี้ วารีรัตน์ แก้วอุไร (2538, หน้า 108-110) ได้กล่าวถึงการใช้โครมาโทกราฟี สรุปได้ดังนี้

การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี เป็นการแยกสารโดยอาศัยหลักการที่ว่า สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายและความสามารถในการถูกดูดซับบนตัวดูดซับได้แตกต่างกัน จึงสามารถแยกสารออกจากกันได้ โครมาโทกราฟีมีส่วนที่สำคัญคือ

1. สารที่ต้องการแยก
2. สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย
3. ตัวดูดซับ

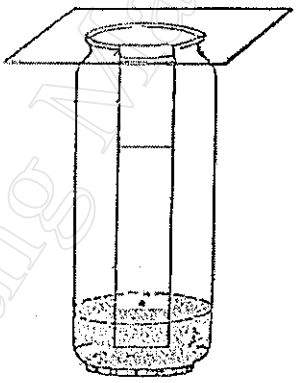
ขั้นตอนในการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีมีขั้นตอน ดังนี้

- การเตรียมสารที่ใช้เป็นตัวทำละลาย โดยใส่ลงในขวดให้สารสูงประมาณ 1 เซนติเมตร ปิดฝาขวด เขย่าสารในขวด ทำให้ในขวดอิ่มไปด้วยไอของตัวทำละลาย

- การทำกระดาษโครมาโทกราฟี ตัดกระดาษกรองให้เป็นกระดาษโครมาโทกราฟีให้ยาวกว่าความสูงของขวดเล็กน้อย และกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร กำหนดระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ด้วยดินสอ กำหนดจุดหยดสารกลางกระดาษให้สูงจากปลายด้านล่าง 1.5 เซนติเมตร ใช้ปากกาคอแร้ง หรือหลอดคะปิลารีหยดสารให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 0.25 เซนติเมตร

- การทำโครมาโทกราฟี โดยจุ่มกระดาษโครมาโทกราฟีลงในขวดตัวทำละลายโดยให้จุดที่หยดสารสูงกว่าตัวทำละลาย 0.5 เซนติเมตร ปิดปากขวดด้วยกระจกหรือฝาขวดทันที่เพื่อให้ภายในขวดเป็นระบบปิด ซึ่งจะทำให้สารได้เคลื่อนที่ได้ดี

- ข้อควรระวังในการทำโครมาโทกราฟี ในขณะการทำการทดลองไม่ควรขยับหรือเคลื่อนย้ายขวดโดดเด็ดขาด เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนที่ถึงระยะที่กำหนดต้องหยุดการทดลอง โดยนำกระดาษออกจากขวดทันที



การจุ่มกระดาษโครมาโทกราฟีลงในขวด

จากวิธีการใช้โครมาโทกราฟีข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการใช้โครมาโทกราฟี หมายถึงความสามารถในการแยกองค์ประกอบของสารโดยใช้โครมาโทกราฟีได้อย่างถูกต้อง คือ ต้องเตรียมสารที่ใช้เป็นตัวทำละลายลงในภาชนะให้พร้อมก่อนการจุดสารลงบนกระดาษโครมาโทกราฟีที่มีการกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ของสารเรียบร้อยแล้วด้วยดินสอ และขนาดของจุดสารต้องเล็กแต่มีสีเข้ม การจุ่มกระดาษโครมาโทกราฟีลงในภาชนะโดยให้จุดหยดสารอยู่เหนือตัวทำละลาย แล้วปิดฝาภาชนะเพื่อให้เป็นระบบปิด

ทักษะ 20 การดมกลิ่นสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 164) ได้กล่าวถึงวิธีการดมกลิ่นสาร สรุปได้ดังนี้

สารเคมีหลายชนิดมีกลิ่นเฉพาะตัว การดมกลิ่นสารอาจจะช่วยบอกชนิดของสารบางชนิดได้ เนื่องจากไอและกลิ่นของสารเคมีบางชนิดมีอันตราย ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการดมกลิ่นสาร ในการดมกลิ่นสารมีวิธีการปฏิบัติและข้อควรระวัง ดังนี้

1. อย่าสูดดมกลิ่นของสาร ไอ หรือควันโดยตรง

2. ใช้มือข้างหนึ่งถือภาชนะ โดยให้ปากภาชนะอยู่ระดับต่ำกว่าจมูกและอยู่ห่างจากจมูกพอสมควร ใช้มืออีกข้างหนึ่งโบกไอของสารผ่านเข้าจมูกช้า ๆ ดังภาพ

จากวิธีการดมกลิ่นสารข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการดมกลิ่นสาร หมายถึง ความสามารถในการดมกลิ่นสารเคมีได้อย่างถูกต้องปลอดภัย โดยไม่สูดดมกลิ่น ไอ หรือควันของสารโดยตรง วิธีดมกลิ่นสารโดยใช้มือข้างหนึ่งโบกให้ไอของสารผ่านเข้าจมูกช้า ๆ และให้ปากภาชนะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจมูก

ทักษะ 21 การทำเครื่องหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522, หน้า 141) ได้กล่าวถึงการทำเครื่องหมาย สรุปได้ดังนี้

การทำการทดลองที่ต้องใช้การสังเกตสารหลาย ๆ ชนิดในเวลาเดียวกัน ดังนั้นการทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ช่วยให้ผู้ทดลองสามารถทดลองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ มากกว่าการจดจำว่าหลอดทดลองใดใส่สารชนิดใด ในการทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองสามารถกระทำได้หลายวิธี ตามความสะดวกและเหมาะสม เช่น ใช้ดินสอเขียนแก้วเขียนลงบนหลอดทดลองหรือบีกเกอร์ โดย

- อาจเขียนเป็นชื่อสาร
- เขียนเป็นหมายเลข 1, 2, 3
- หรืออาจเขียนเป็นสัญลักษณ์

ข้อควรปฏิบัติในการทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองหรือภาชนะบรรจุสาร

1. ทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองให้ครบก่อนนำหลอดทดลองไปใส่สาร

2. หากใช้สัญลักษณ์หรือตัวเลขแทนชื่อสาร ควรบันทึกว่าเครื่องหมายสัญลักษณ์หรือตัวเลขใดแสดงถึงสารชนิดใด

จากวิธีการทำเครื่องหมายข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการทำเครื่องหมาย หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลอง เมื่อต้องการใช้อุปกรณ์ชนิดเดียวกันหลาย ๆ ชิ้น สำหรับการทดลองในเรื่องและเวลาเดียวกัน โดยทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลองให้ครบทุกชิ้นก่อนนำไปใส่สาร ซึ่งอาจเขียนเป็นชื่อสารหรือใช้สัญลักษณ์หรือตัวเลขแทนชื่อสาร และต้องบันทึกไว้ว่าสัญลักษณ์หรือตัวเลขใดแสดงถึงสารชนิดใด

ทักษะ 22 การทำความสะอาดและรักษาเครื่องแก้ว

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 174) ได้กล่าวถึงการทำความสะอาดและรักษาเครื่องแก้ว สรุปได้ดังนี้

เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองมีความจำเป็นต้องล้างให้สะอาด มิฉะนั้นอาจทำให้ผลการทดลองผิดพลาดได้ การสังเกตว่าเครื่องแก้วนั้นล้างสะอาดหรือไม่ ทำได้โดยจุ่มเครื่องแก้วลงในน้ำหรือราดด้วยน้ำ ถ้าเครื่องแก้วไม่มีหยดน้ำเกาะติดผนังเครื่องแก้ว แต่แผ่เป็นแผ่นฟิล์มทั่วไปทั้งหมดผนังของเครื่องแก้ว แสดงว่าเครื่องแก้วนั้นสะอาดแล้ว

สารที่นิยมใช้ในการทำความสะอาดเครื่องแก้วให้สะอาดได้แก่

1. น้ำสบู่ หรือสารซักล้าง

2. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ในแอลกอฮอล์ เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอลจนสารละลายอิ่มตัวแล้วใส่ขวดสีชาเก็บไว้

วิธีล้างเครื่องแก้ว ควรปฏิบัติ ดังนี้

- ขั้นแรก ควรใช้สบู่หรือสารซักล้างและน้ำล้างเครื่องแก้ว แล้วล้างสบู่หรือสารซักล้างออกให้หมดด้วยน้ำประปาหรือน้ำสะอาด

- ขั้นที่ 2 เมื่อไม่สามารถใช้สบู่หรือสารซักล้างล้างสิ่งสกปรกออกได้ ให้ใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์ซึ่งมีความสามารถในการละลายคราบไขมันและสารอินทรีย์ได้ดี หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด เนื่องจากสารละลายนี้สามารถทำให้แก้วสึกกร่อนได้ถ้าแช่แก้วทิ้งไว้ในสารละลายนาน ๆ

- เครื่องแก้วที่ล้างสะอาดแล้ว ให้คว่ำบนผ้าหรือชั้นวางเครื่องแก้ว เพื่อทิ้งไว้ให้แห้ง ห้ามใช้กระดาษชำระหรือผ้าเช็ด

จากวิธีการทำความสะอาดและรักษาเครื่องแก้วข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะการทำความสะอาดและรักษาเครื่องแก้ว หมายถึง ความสามารถในการทำความสะอาดและเก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองที่เป็นเครื่องแก้วเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว และเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

ดังนั้นจากการศึกษาความหมายของทักษะภาคปฏิบัติและทักษะภาคปฏิบัติที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยได้สรุปให้คำนิยามทักษะภาคปฏิบัติทั้ง 22 ทักษะสำหรับการวิจัยครั้งนี้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง ทักษะในด้านการปฏิบัติการทดลองรวมไปถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองอย่างถูกวิธี การระมัดระวังและการรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองตลอดจนการรักษาความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่นจำนวน 22 ทักษะตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดไว้และนักเรียนใช้ในการทดลอง เรื่อง สารรอบตัว ในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ว 101 ได้แก่

1. ทักษะการใช้เทอร์มอมิเตอร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้และการอ่านเทอร์มอมิเตอร์ได้อย่างถูกวิธี คือ กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัดและไม่สัมผัสกับด้านข้างของภาชนะ ขณะอ่านอุณหภูมิสายตาต้องอยู่ในระดับเดียวกับของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์และเมื่อใช้เสร็จแล้วทำความสะอาดเช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่

2. ทักษะการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ได้อย่างถูกวิธี คือ ก่อนการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ต้องตรวจสภาพก่อนทุกครั้ง ไม่จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ก่อนที่จะเตรียมสารให้พร้อม ปรับไส้ตะเกียงแอลกอฮอล์ให้สูงพอเหมาะเตรียมกระป๋องทรายสำหรับทิ้งก้านไม้ขีดไฟที่จุดแล้ว เมื่อเลิกใช้ต้องดับตะเกียงแอลกอฮอล์ทันทีโดยใช้ฝาครอบ

3. ทักษะการใช้ช้อนตักสาร หมายถึง ความสามารถในการใช้ช้อนตักสารวัดปริมาณสารที่เป็นของแข็งให้ได้ปริมาณถูกต้องและถูกวิธี คือ การตักสารแต่ละครั้งต้องปาดช้อนเพียงครั้งเดียวแล้วใช้ด้ามช้อนตักสารอีกอันหนึ่งปาดสารโดยไม่กดสารในช้อนก่อนปาด เมื่อใช้ช้อนตักสารแล้วทำความสะอาดช้อนตักสารและทำให้แห้งก่อนนำไปตักสารชนิดอื่น และไม่ใช้ช้อนตักสารที่ทำด้วยพลาสติกตักสารในขณะที่ยังร้อน

4. ทักษะการใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลอง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ไม้หนีบหรือที่จับหลอดทดลองได้อย่างถูกวิธี คือ การใช้ไม้หนีบจับหลอดทดลองให้จับที่ระยะประมาณ 1/3 จากปากหลอดทดลอง เมื่อใช้ไม้หนีบจับบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องหนีบให้ลึก ขณะถือไม่ออกแรงกดไม้หนีบ ถ้าใช้กับขาตั้งเพื่อจับเทอร์มอมิเตอร์ต้องใช้เศษผ้าหรือกระดาษชำระหุ้มเทอร์มอมิเตอร์ให้แน่นก่อน

5. ทักษะการใช้หลอดฉีดยา หมายถึง ความสามารถในการใช้หลอดฉีดยาวัดปริมาตรของเหลวได้อย่างถูกวิธีโดยจุ่มปลายหลอดฉีดยาลงในของเหลวแล้วจึงกดก้านสูบลงเพื่อไล่ฟองอากาศเมื่อดึงก้านสูบขึ้นเพื่อดูดของเหลวขึ้นมาตามความต้องการ อ่านปริมาตรโดยให้สายตาอยู่ในระดับพอดีกับขีดบอกปริมาตรบนหลอดฉีดยา ในขณะที่ดึงก้านสูบขึ้นถ้ามีฟองอากาศต้องกดลงใหม่เพื่อไล่ฟองอากาศ เมื่อใช้หลอดฉีดยาเสร็จ ต้องล้างให้สะอาดและทำให้แห้ง ถ้าจะใช้ดูดสารต่างชนิดกัน ต้องทำความสะอาดก่อนทุกครั้ง

6. ทักษะการใช้หลอดหยด หมายถึง ความสามารถในการใช้หลอดหยดได้อย่างถูกวิธี คือ ต้องดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ และต้องค่อย ๆ บีบจุกยาง เพื่อให้ของเหลวหยดทีละหยดอย่างสม่ำเสมอ เมื่อใช้หลอดหยดแล้วต้องล้างหลอดหยดให้สะอาดทันทีทำให้แห้ง และเมื่อจะใช้หลอดหยดดูดสารละลายหลาย ๆ ชนิดต้องล้างให้สะอาดทุกครั้ง

7. ทักษะการใช้เครื่องชั่งสาร หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องชั่งสารประเภทเครื่องชั่งสารแบบจานเดียว และเครื่องชั่งสารแบบสองจานได้อย่างถูกวิธี คือ ต้องปรับศูนย์ก่อนการใช้ ขณะชั่งมวลสารหรือวัตถุค่อย ๆ เลื่อนตุ้มน้ำหนักจนคานสมดุลและสามารถอ่านค่ามวลสารหรือวัตถุได้ถูกต้อง

8. ทักษะการใช้กระบอกตวง หมายถึง ความสามารถในการหาปริมาตรของของเหลวโดยใช้กระบอกตวงได้อย่างถูกวิธี คือ วางกระบอกตวงบนพื้นที่มีผิวเรียบ ใช้มือจับฐานของกระบอกตวงไว้ ค่อย ๆ รินสารจนถึงขีดปริมาตรที่ต้องการ ไม่ถ่ายเทสารกลับไป-มาระหว่างกระบอกตวงกับบีกเกอร์ การอ่านปริมาตรโดยให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกับส่วนโค้งด้านล่างสุดของของเหลว

9. ทักษะการใช้สารที่เป็นกรดและเบส หมายถึง ความสามารถในการใช้สารเคมีที่เป็นกรดและเบสได้อย่างปลอดภัย คือ ภาชนะที่ใช้ใส่กรดและเบสต้องสะอาดและแห้ง ขณะรินสารถือภาชนะที่ใส่กรดและเบสโดยให้ป้ายฉลากชื่อกรดและเบสขึ้นด้านบน ไม่รินน้ำลงในกรดต้องเทกรดลงในน้ำอย่างช้า ๆ ถ้ากรดหกรดร่างกายต้องรีบล้างด้วยน้ำมาก ๆ ทันที ถ้ากรดหกรดพื้นให้โรยด้วยคัลเซียมคาร์บอเนต ถ้าเบสหกรดให้ล้างด้วยกรดแอซีติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ อีกครั้งหนึ่ง เมื่อใช้กรดและเบสเสร็จ ต้องทำให้เจือจางแล้วจึงเททิ้งในท่อระบายน้ำ

10. ทักษะการใช้กระดาษลิตมัส หมายถึง ความสามารถในการใช้กระดาษลิตมัสได้อย่างถูกวิธี โดยมือที่หยิบกระดาษลิตมัสต้องสะอาดปราศจากกรดและเบส ถ้าทดสอบสารในสถานะก๊าซ หยิบกระดาษลิตมัสทีละแผ่นอังที่ปลายหลอดทดลองโดยไม่ให้สัมผัสกับหลอดทดลองและกระดาษลิตมัสต้องชื้น ถ้าทดสอบของเหลวให้วางกระดาษลิตมัสบนถ้วยกระเบื้องหรือกระจกนาฬิกาแล้วใช้แท่งแก้วคนสารที่สะอาดแตะของเหลวมาแตะกระดาษลิตมัส

11. ทักษะการใช้และเก็บรักษาแม่เหล็ก หมายถึง ความสามารถในการใช้และเก็บรักษาแม่เหล็กไม่ให้เสื่อมคุณภาพ โดยไม่ใช้แม่เหล็กดูดสารที่มีความร้อน และเก็บรักษาแม่เหล็กด้วยวิธีการวางให้ขั้วต่างชนิดกันประกบกันไว้

12. ทักษะการต้มสาร หมายถึง ความสามารถในการต้มสารในหลอดทดลอง หรือในบีกเกอร์ได้อย่างถูกวิธี คือ ก่อนต้มสารต้องเช็ดก้นภาชนะให้แห้ง เมื่อต้มสารในหลอดทดลองที่จับอยู่กับขาตั้งหลอดทดลองต้องใส่เศษกระเบื้องในหลอดก่อนต้ม ถ้าต้มสารในหลอดทดลองที่จับด้วยไม้หนีบ ขณะต้มต้องส่ายหลอดทดลองไปมาช้า ๆ และให้หันปากหลอดทดลองไปทางที่ไม่มีคนอยู่และถ้าต้มสารในบีกเกอร์หรือถ้วยกระเบื้องต้องใช้แท่งแก้วคนสารคนอยู่เสมอเพื่อป้องกันการเดือดกระเด็น

13. ทักษะการใช้แท่งแก้วคนสาร หมายถึง ความสามารถในการใช้แท่งแก้วคนสารและเก็บรักษาได้อย่างถูกวิธี คือ การใช้แท่งแก้วคนสาร ต้องคนสารวนไปทางเดียวกัน และระวังไม่ให้แท่งแก้วคนสารกระทบกับด้านข้างและก้นของภาชนะ เมื่อใช้แล้วล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บเข้าที่และไม่ใช้แท่งแก้วคนสารต่างชนิดกันโดยไม่ทำความสะอาดก่อน

14. ทักษะการเขย่าหลอดทดลอง หมายถึง ความสามารถในการเขย่าหลอดทดลองได้อย่างถูกวิธี คือใช้มือจับหลอดทดลอง และเขย่าโดยให้ส่วนล่างของหลอดทดลองกระทบกับฝ่ามือของอีกข้างหนึ่งเบา ๆ

15. ทักษะการถ่ายเทสาร หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทสารที่เป็นของแข็งและของเหลวได้อย่างถูกวิธี คือ ถ้าสารเป็นของแข็งใช้วิธีเอียงขวดให้มีสารส่วนหนึ่งอยู่ในฝาขวดค่อย ๆ เปิดฝาขวดอย่าให้สารหก แล้วใช้แท่งแก้วคนสารเขี่ยสารจากฝาขวดลงสู่ภาชนะรองรับหรือเอียงขวดแล้วเปิดฝาขวด ค่อย ๆ หมุนขวดไป-มาจนสารร่วงลงสู่ภาชนะ ถ้าสารเป็นของเหลวใช้วิธีรินสารผ่านแท่งแก้วคนสารลงสู่ภาชนะ โดยให้ปลายแท่งแก้วคนสารสัมผัสชิดขอบภาชนะที่รองรับ

16. ทักษะการจับเวลา หมายถึง ความสามารถในการใช้นาฬิกาจับเวลาได้อย่างคล่องแคล่ว อ่านเวลาได้ถูกต้อง รวดเร็ว รวมถึงความสามารถในการให้สัญญาณระหว่างบุคคลที่สังเกตปรากฏการณ์กับบุคคลผู้จับเวลา

17. ทักษะการใช้อุปกรณ์วัดความยาว - ความสูง หมายถึง ความสามารถที่จะใช้อุปกรณ์วัดความยาว - ความสูง ได้อย่างถูกวิธี คือ ความสามารถในการเลือกอุปกรณ์ในการวัดให้เหมาะสมกับวัสดุที่ต้องการวัด การอ่านค่าที่วัดโดยสายตาตั้งฉากกับขีดบอกความยาวหรือความสูงนั้น อ่านค่าที่วัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสามารถระบุหน่วยที่วัดได้ถูกต้องตามหลักสากล

18. ทักษะการใช้เครื่องมือแยกสารให้บริสุทธิ์ หมายถึง ความสามารถในการแยกสารด้วยวิธีการกรองและการกลั่นได้อย่างถูกวิธี คือ ในการกรองต้องพับกระดาษกรองและใส่กระดาษกรองลงในกรวยกรองได้อย่างถูกต้อง การจัดวางกรวยกรองให้ก้านกรวยกรองแตะกับด้านข้างของภาชนะแล้วจึงเทสารผ่านแท่งแก้วคนสาร โดยให้ปลายแท่งแก้วคนสารแตะกับกระดาษกรองด้านที่หนา 3 ชั้น สำหรับการกลั่นต้องใส่สารลงในหลอดทดลองไม่เกิน 1/3 ของหลอดทดลอง เติมเศษกระเบื้องเล็กน้อยแล้วเสียบเทอร์มอมิเตอร์ในหลอดทดลองโดยให้กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์อยู่เหนือของเหลวในหลอดทดลอง ใส่หลอดนำก๊าซให้ถึงก้นหลอดทดลองที่รองรับไอของเหลวที่กลั่นได้ เมื่อทำการกลั่นเสร็จถอดหลอดนำก๊าซออกจากหลอดทดลองก่อนที่จะดับตะเกียงแอลกอฮอล์

19. ทักษะการใช้โครมาโทกราฟี หมายถึง ความสามารถในการแยกสารโดยใช้โครมาโทกราฟีได้อย่างถูกต้อง คือ ต้องเตรียมสารที่ใช้เป็นตัวทำละลายลงในภาชนะให้พร้อมก่อนการจุดสารลงบนกระดาษโครมาโทกราฟีที่มีการกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ของสารเรียบร้อยแล้วด้วยดินสอและขนาดของจุดสารต้องเล็กแต่มีสีเข้ม การจุ่มกระดาษโครมาโทกราฟีลงในภาชนะโดยให้จุดหยดสารอยู่เหนือตัวทำละลาย แล้วปิดฝาภาชนะเพื่อให้เป็นระบบปิด

20. ทักษะการดมกลิ่นสาร หมายถึง ความสามารถในการดมกลิ่นสารเคมีได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยไม่สูดดมกลิ่น ไอ หรือควันของสารโดยตรง วิธีการดมกลิ่นสารโดยใช้มือข้างหนึ่งโบกให้ไอของสารผ่านเข้าจมูกช้า ๆ และให้ปากภาชนะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจมูก

21. ทักษะการทำเครื่องหมาย หมายถึง ความสามารถที่จะรู้จักทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลอง เมื่อต้องการใช้อุปกรณ์ชนิดเดียวกันหลาย ๆ ชิ้น สำหรับการทดลองในเรื่องและเวลาเดียวกัน โดยทำเครื่องหมายบนหลอดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลองให้ครบทุกชิ้นก่อนนำไปใส่สาร ซึ่งอาจเขียนเป็นชื่อสาร หรือใช้สัญลักษณ์หรือตัวเลขแทนชื่อสาร และต้องบันทึกไว้สัญลักษณ์หรือตัวเลขใดแสดงถึงสารชนิดใด

22. ทักษะการทำความสะอาดและรักษาเครื่องแก้ว หมายถึง ความสามารถในการทำความสะอาดและเก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองที่เป็นเครื่องแก้วเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วและเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

การวัดผลและการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ

การวัดผลทักษะภาคปฏิบัติ

ทักษะภาคปฏิบัติเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในการวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์นั้น จึงไม่ควรประเมินผลพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดเท่านั้น แต่ควรมีการวัดและประเมินผลพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติด้วย จึงมีผู้ให้ความหมายและหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติไว้สรุปได้ดังนี้

ไพศาล หวังพานิช (2526, หน้า 89) ได้อธิบายเกี่ยวกับการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติหรือความสามารถในการปฏิบัติของนักเรียนสรุปได้ว่า เป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมตรงออกมาด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็นความสามารถในการผสมผสานหลักการวิธีการต่าง ๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมาให้ปรากฏออกมาเป็นทักษะของนักเรียน

นิโลบล นิ่มกิ่งรัตน์ (2531, หน้า 1) ได้อธิบายเกี่ยวกับการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติสรุปได้ว่า เป็นการวัดความสามารถของบุคคลในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง อาจเริ่มต้นวัดตั้งแต่ขั้นเตรียม ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นผลงาน ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการวัดผลแต่ละครั้ง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2534, หน้า 311 -315) กล่าวเกี่ยวกับการวัดผลพฤติกรรมด้านปฏิบัติสรุปได้ดังนี้ การวัดผลพฤติกรรมด้านปฏิบัติ คือ การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติ การตรวจจากรายงานผลการปฏิบัติ และการสอบภาคปฏิบัติ

1. การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติ ควรสังเกตพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ทักษะปฏิบัติการ เป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในด้านเทคนิคการทดลอง การดำเนินการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความมีระเบียบในการทดลอง

- ด้านเทคนิคการทดลอง หมายถึง นักเรียนสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ได้ถูกต้อง มีความปลอดภัย

- ด้านการดำเนินการทดลอง หมายถึง นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองในแต่ละขั้นถูกต้องตามวิธีการ

- ความคล่องแคล่ว หมายถึง นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการทดลองด้วยความว่องไว มีความมั่นใจในการปฏิบัติงาน

- ความเป็นระเบียบ หมายถึง นักเรียนทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อย การติดตั้งเครื่องมือเรียบร้อย เก็บอุปกรณ์เครื่องมือเข้าที่เรียบร้อย โต๊ะปฏิบัติการสะอาดเรียบร้อย

1.2 การสังเกตผลการทดลอง เป็นการสังเกตรวมทั้งการใช้วัสดุ อุปกรณ์การทดลอง เครื่องมือต่าง ๆ และผลการทดลองขณะที่นักเรียนเก็บข้อมูลและบันทึกผลการทดลอง

1.3 การแก้ปัญหา เป็นการประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาในภาคปฏิบัติ การแก้ไขหรือปรับปรุงวิธีการหรือปัญหาต่าง ๆ ที่พบได้เหมาะสม

2. การตรวจรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง เป็นการวัดพฤติกรรมด้านปฏิบัติการอีกทางหนึ่ง อาจทำได้โดยการตรวจจากรายงานผลการทดลอง ซึ่งรายงานผลปฏิบัติการนั้นสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้ปฏิบัติการหลายด้าน เช่น การสังเกตและการจดบันทึกผลการทดลอง การใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมาย การจัดกระทำและการนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายข้อมูลและการสรุปความถูกต้องของผลการทดลอง เป็นต้น

3. การสอบภาคปฏิบัติ การวัดผลทักษะภาคปฏิบัติอีกแบบหนึ่งอาจใช้วิธีการจัดให้มีการสอบภาคปฏิบัติ ในการสอบภาคปฏิบัติครูอาจเลือกกิจกรรมและการทดลองที่นักเรียนไม่เคยทำการทดลองมาก่อน เพื่อเน้นการแก้ปัญหา ทดสอบว่านักเรียนจะสามารถออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และได้ผลการทดลองถูกต้องเพียงไร

จากความหมายของการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลทักษะภาคปฏิบัติเป็นการวัดความสามารถของบุคคลที่แสดงออกมาเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ ซึ่งสามารถวัดได้ในขณะที่กำลังปฏิบัติการทดลอง หรือหลังการปฏิบัติการทดลอง สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดความสามารถของนักเรียนที่เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาในขณะปฏิบัติการทดลอง

การประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2520, หน้า 33) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติสรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จะมีทักษะภาคปฏิบัติสอดแทรกอยู่ทุกอิริยาบท ดังนั้นการประเมินผลจะสะท้อนให้เห็นว่าสิ่งที่เรียนและผลการเรียนรู้อันได้แก่ ความรู้ วิธีการ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และทักษะภาคปฏิบัติบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรหรือไม่ หรือมีทักษะภาคปฏิบัติใดบ้างที่นักเรียนยังขาดไป

นอกจากนี้ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ดังนี้

Jeffrey (1967, pp.186 -194) ได้เสนอสิ่งที่ต้องประเมินในการเรียนการสอนด้วยการปฏิบัติการทดลองไว้อย่างหนึ่ง คือ ความสามารถในการใช้เครื่องมือ

ประวิตร ชูศิลป์ (2524, หน้า 15) กล่าวถึง การประเมินผลด้านการปฏิบัติสรุปได้ว่าเป็นการประเมินทักษะ (Skills) ในการปฏิบัติและการดำเนินการต่าง ๆ มีทักษะที่สำคัญที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 อย่าง คือ

ทักษะทางสมอง หรือความสามารถทางสมอง เช่น ทักษะในการคิด ทักษะในการคำนวณ ทักษะในการแปลความหมาย

ทักษะในการทำ หรือการปฏิบัติ เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสทั้งหมด เช่น ทักษะการหยิบจับ และทักษะในการใช้เครื่องมือการทดลอง ทักษะในการสังเกต ทักษะในการจดบันทึกข้อมูล ทักษะในการเขียนกราฟ หรือทักษะในการจัดกระทำข้อมูล

จากที่เอกสารข้างต้นพอสรุปได้ว่า การประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติมีการประเมินได้หลายด้าน เช่น ทักษะการปฏิบัติการทดลอง ทักษะการใช้เครื่องมือ ทักษะในการสังเกต และทักษะในการจัดกระทำข้อมูล เป็นต้น แต่สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้ประเมินทักษะภาคปฏิบัติ คือ ทักษะในด้านการปฏิบัติการทดลอง รวมไปถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกวิธี การระมัดระวังรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนการรักษาความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

วิธีการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ

สำหรับวิธีการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติได้มีนักการศึกษาได้กล่าวไว้ดังนี้

ประวิตร ชูศิลป์ (2524, หน้า 16) ได้กล่าวถึง วิธีการประเมินผลด้านทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า การประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติกระทำได้โดยการใช้แบบทดสอบ หรือการสอบข้อเขียนเพียงอย่างเดียวไม่ได้ เพราะมีทักษะหลายอย่างที่ไม่สามารถวัดผลได้โดยวิธีเขียนตอบ เช่น ทักษะในการหยิบจับและใช้เครื่องมือ จึงต้องประเมินผลโดยการสังเกตจากการกระทำจริงรวมด้วย

Ganiel และ Hoftein (1982, pp.581-583) ได้กล่าวเกี่ยวกับการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า มีการประเมินผลแตกต่างกันหลายลักษณะที่นิยมใช้ก็คือ การเขียนรายงานการทดลองหรือการสอบข้อเขียน และทักษะภาคปฏิบัติยังมีการประเมินโดยวิธีการสังเกตระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองแล้วครูบันทึกให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และได้กำหนดสิ่งที่จะประเมินผลในการปฏิบัติการทดลองไว้ 5 ประการ ดังนี้

1. การติดตั้งเครื่องมือและทักษะภาคปฏิบัติในการทดลอง
2. การสังเกตและการวัด
3. การจัดลำดับและการดำเนินการทดลอง
4. การจัดกระทำข้อมูล
5. การสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

Lunetta และคณะ (1981, pp.24-25) ได้เสนอวิธีการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ 4 วิธี ดังนี้

1. การเขียนรายงานการทดลอง
2. การทดสอบข้อเขียน
3. การสอบภาคปฏิบัติ
4. การประเมินด้วยการสังเกตในขณะปฏิบัติการทดลอง

จากเอกสารเกี่ยวกับวิธีการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติสามารถกระทำได้โดย การสอบข้อเขียนโดยใช้แบบทดสอบ การสอบภาคปฏิบัติและการสังเกต ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนโดยวิธีการสอบข้อเขียนและการสังเกตพฤติกรรมในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลองควบคู่กัน

เครื่องมือในการวัดผลภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงเครื่องมือวัดผลภาคปฏิบัติ สรุปได้ดังนี้

นิโลบล นิ่มกิ่งรัตน์ (ม.ป.ป., หน้า 1-2) ได้แบ่งเครื่องมือวัดผลทักษะภาคปฏิบัติไว้ 4 แบบ สรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความรู้ความคิดในภาคทฤษฎี เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความคิดภาคทฤษฎีเกี่ยวกับการปฏิบัติเรื่องนั้น ๆ โดยคำถามส่วนใหญ่มักเป็นคำถามเกี่ยวกับการใช้ความรู้ ความคิดที่เป็นผลจากการเรียนรู้ที่ผ่านมา

2. แบบสังเกตวัดความสามารถในการปฏิบัติ เป็นแบบสังเกตที่ใช้วัดความสามารถของบุคคลในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง อาจจะเริ่มวัดตั้งแต่ขั้นเตรียม ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นผลงาน

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจหรือการแก้ปัญหาในการปฏิบัติ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความเข้าใจในการปฏิบัติงาน ตลอดจนการแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ที่ทำแบบทดสอบนี้จะต้องเคยผ่านการปฏิบัติงานนั้น ๆ มาจนเห็นกระบวนการชัดเจน ตลอดจนมองเห็นภาพพจน์ในการทำงานของเครื่องใช้นั้น ๆ ว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไร มีขั้นตอนอย่างไร ในการสอบวัดด้านนี้ถ้าจะให้ได้ผลดีน่าจะนำของจริงหรือรูปภาพที่คล้ายของจริงมาให้ผู้ถูกวัดดู และถามคำถามโดยลักษณะของคำถามอาจเน้นในเรื่องการรู้จัก ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือนั้น ๆ หรือการแก้ปัญหาในเรื่องนั้น ๆ

4. แบบสังเกตวัดนิสัยในการปฏิบัติงาน เป็นแบบสังเกตที่ใช้วัดพฤติกรรมที่ นอกจากความรู้ ความคิด ความเข้าใจ การแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน และความสามารถในการปฏิบัติงานของนักเรียน ได้แก่ คุณธรรมในการปฏิบัติงาน เช่น ความตั้งใจในการทำงาน ความรับผิดชอบ ความร่วมมือ ความสนใจ วินัยในตนเอง

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 648 - 649) ได้กล่าวถึง เครื่องมือในการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า เครื่องมือในการวัดทักษะภาคปฏิบัติสำหรับวิทยาศาสตร์มี 2 อย่าง ได้แก่ ข้อสอบให้ปฏิบัติการ คือ ให้นักเรียนทำการปฏิบัติการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลาย ๆ อย่าง เช่น

- ให้ทำการทดลองเรื่องใด เรื่องหนึ่ง
- ให้สาธิตการติดตั้งเครื่องมือให้ดู
- ให้สาธิตการใช้เครื่องมือให้ดู
- ให้สาธิตการประกอบเครื่องมือหรือวงจรให้ดู
- ให้สาธิตการตอนกิ่งไม้ หรืออย่างอื่นให้ดู
- ให้ทดสอบสารเคมี
- ให้หาจุดบกพร่องของระบบอันหนึ่ง เช่น ระบบไฟฟ้า เป็นต้น

แบบสังเกตระหว่างปฏิบัติ แบบสังเกตนี้ช่วยให้ครูทราบว่าขณะที่นักเรียนทำการปฏิบัติการทดลอง เช่น การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การวัด นักเรียนมีทักษะภาคปฏิบัติมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะรู้ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติของนักเรียนแต่ละคน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2520, หน้า 62) ได้กล่าวถึงเครื่องมือและการสร้างเครื่องมือในการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า

เครื่องมือที่ใช้ในวัดผลทักษะภาคปฏิบัติ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบประเภทต่าง ๆ ที่ถามในเรื่อง การเลือกใช้เครื่องมือ การใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง หรือเป็นการกำหนดสถานการณ์การทดลอง กำหนดเครื่องมือต่าง ๆ ให้แล้วให้นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือเหล่านั้น ถ้าเลือกถูกแสดงว่านักเรียนมีทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือ หรือเป็นแบบทดสอบที่ถามถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

2. แบบสังเกตพฤติกรรมโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่าและแบบสำรวจรายการ ซึ่งใช้ในการสังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลอง แนวทางในการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมมีดังนี้

1. พิจารณาเนื้อหาว่าในแต่ละการทดลองมีทักษะอะไรบ้าง

2. จัดทำตารางซึ่งประกอบด้วยทักษะต่าง ๆ ในแต่ละการทดลอง รวมทั้งรายชื่อนักเรียนที่ต้องการประเมินผล ตารางสังเกตพฤติกรรมควรประกอบด้วย ชื่อการทดลอง และทักษะต่าง ๆ ที่ต้องการวัด

3. ประเมินผลโดยการสังเกตความสามารถในการปฏิบัติของนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524, หน้า 44-47) ได้เสนอตารางบันทึกผลของการสังเกตพฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติ ไว้ดังนี้

ตารางสังเกตพฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติการทดลองเรื่อง.....
ชั้น.....ภาคเรียนที่.....ปีการศึกษา.....

ทักษะ / ชื่อนักเรียน	การใช้เทอร์มอมิเตอร์	การใช้เครื่องชั่งสาร	การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์	อื่น ๆ
1.....				
2.....				
3.....				
.....				

จากตารางกำหนดรายการที่ต้องปฏิบัติดังนี้

1. เขียนรายชื่อนักเรียนที่ต้องการจะวัดทักษะ ควรทำได้ครั้งละประมาณ 16 คน เพราะอยู่ในขอบเขตที่ครูจะสังเกตได้ ส่วนนักเรียนที่เหลือให้ประเมินผลในการทดลองครั้งต่อไป อย่างไรก็ตามครูควรประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนให้ครบทุกคน

2. เขียนทักษะภาคปฏิบัติที่ต้องการประเมินผลสำหรับการทดลองนั้นลงในช่องทักษะ

3. ประเมินผลโดยการสังเกตในขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองแล้วทำเครื่องหมาย √ สำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติถูกต้อง และ × สำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติไม่ถูกต้อง และควรได้รับการแก้ไขในทักษะภาคปฏิบัตินั้น

เมื่อประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนในแต่ละครั้งแล้ว ให้นำผลการประเมินมาพิจารณาเพื่อประโยชน์ 2 ประการ คือ

1. เปรียบเทียบว่านักเรียนคนใดควรปรับปรุงแก้ไขทักษะภาคปฏิบัติอะไรบ้าง เพื่อครูจะได้วางแผนให้คำแนะนำเมื่อมีการสอนในคาบต่อไป

2. ครูจะพบว่า นักเรียนคนใดทำการทดลองน้อยครั้ง หรือไม่เคยทำการทดลองเลย ซึ่งจะได้แก้ไขได้ทันที โดยการกำหนดให้นักเรียนแลกเปลี่ยนหน้าที่กับสมาชิกในกลุ่มที่ทำการทดลองร่วมกัน

จากที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลทักษะภาคปฏิบัติมีหลายชนิด อาจใช้เป็นแบบทดสอบวัดความรู้ความคิด แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติ แบบทดสอบวัดการแก้ปัญหา หรือแบบสังเกตพฤติกรรม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติ เป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก และแบบสังเกตพฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติแบบสำรวจรายการ

ความหมายของความรู้ความเข้าใจ

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายหรือคำจำกัดความของความรู้ความเข้าใจไว้ดังนี้

Bloom (1971) ได้ให้ความหมายของความรู้ความเข้าใจ พอสรุปได้ว่า หมายถึง ความสามารถในการจำได้ หรือการระลึกได้ในความรู้ เหตุการณ์ หรือประสบการณ์ที่ประสบ และความสามารถในการแปลความหมาย ตีความ ขยายความ สรุปอ้างอิงนำไปสื่อความหมาย โดยการอธิบาย บรรยายในความรู้ เรื่องราวและเหตุการณ์ต่าง ๆ

Klopfer (1971) ได้ให้ความหมาย ความรู้ความเข้าใจ สรุปได้ว่า หมายถึง การระบุความรู้เกี่ยวกับความจริง ศัพท์และนิยาม ความคิดรวบยอด ข้อตกลง เทคนิค หลักการ กฎ ทฤษฎีต่าง ๆ และความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ หรือแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, หน้า 297) ได้ให้ความหมายความรู้ความเข้าใจว่า “ความรู้ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถระลึกถึงสิ่งที่เคยอ่าน หรือเคยเรียนมาอย่างตรงไปตรงมา และสามารถระบุ หรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏในรูปแบบใหม่หรือแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง”

จากความหมายของความรู้ความเข้าใจดังกล่าว พอสรุปได้ว่า ความรู้ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในด้านความสามารถในการจดจำความรู้และประสบการณ์แล้วสามารถอธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด คำศัพท์ แนวคิด กระบวนการ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบต่าง ๆ โดยการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติ การวัดผลและการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง ทักษะในด้านการปฏิบัติการทดลอง รวมไปถึง การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกวิธี การระมัดระวังและการรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์

การทดลอง ตลอดจนการรักษาความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น ซึ่งพบว่าเครื่องมือที่สามารถใช้วัดผลทักษะภาคปฏิบัติทางหนึ่ง ได้แก่ การใช้แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ และสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 22 ทักษะ จึงได้นิยามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติ 22 ทักษะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในด้านการปฏิบัติการทดลอง ทักษะการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองอย่างถูกวิธี การระมัดระวังและการรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนการรักษาความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Good (1973, p.7) กล่าวไว้สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การบรรลุถึงความรู้ หรือการพัฒนาในการเรียนซึ่งโดยปกติจะพิจารณาจากคะแนนที่กำหนดให้ หรือคะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้ หรือทั้ง 2 อย่าง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2521, หน้า 13) ได้บัญญัติศัพท์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ในหนังสือประมวลศัพท์ทางการศึกษาไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือมิฉะนั้นก็ต้องอาศัยความรอบรู้ในวิชาใดได้โดยเฉพาะ

สุธรรม์ จันทน์หอม (2519, หน้า 99) กล่าวว่า "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลของการเรียนการสอน ได้แก่ ความรู้ ทักษะ และความสามารถในด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้จากการอบรมสั่งสอนของครู รวมเรียกว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน"

วรรณวดี ม้าลำพอง (2520, หน้า 109) ได้กล่าวว่า "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ที่ได้รับจากการสอนหรือ ทักษะที่ได้พัฒนาขึ้นมาตามลำดับขั้นในวิชาต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วในสถานศึกษา"

ไพศาล หวังพานิช (2526, หน้า 89) กล่าวไว้สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์ที่เกิดจากการฝึกฝนอบรมหรือจากการสอน

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความรู้ ทักษะและความสามารถที่บุคคลนั้นได้รับหลังจากการฝึกอบรม สั่งสอน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้สรุปได้ดังนี้

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 641) กล่าวถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ พอสรุปได้ว่า เป็นการวัดความรู้ความสามารถด้านความรู้ และความคิดในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการวัดอยู่ทั้งหมด 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 8) ได้กล่าวถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ยึดแนวทางของ Klopfer ในการประเมินผลการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิด แบ่งได้ 4 ด้าน คือ

1. ความรู้ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 182-185) ได้กล่าวถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คือ การวัดและการประเมินผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จากพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ตามแนวความคิดของ เบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S. Bloom) ว่ามี 5 อย่างคือ

1. ความรู้ความเข้าใจ
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
4. เจตคติ และความสนใจ
5. ทักษะปฏิบัติการ

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านความสามารถในการจดจำ การอธิบาย และให้เหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิด กระบวนการ หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมหลายประการ

2. พฤติกรรมด้านสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านความสามารถในการสังเกต การวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ตลอดจนการสร้าง การทดสอบและการแก้ไขแบบจำลองทฤษฎี

3. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านความสามารถที่จะใช้ความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในชีวิตประจำวัน

4. พฤติกรรมด้านเจตคติและความสนใจ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทางด้านความรู้สึกและอารมณ์ ซึ่งมีขอบเขตกว้างขวาง รวมถึงความสนใจและเจตคติ

5. พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านความสามารถที่จะใช้มือปฏิบัติการ

พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 อย่าง ดังกล่าวข้างต้น จะช่วยให้ครูใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการสอน และการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน แต่โดยทั่วไปในการประเมินผลจะใช้การทดสอบข้อเขียนเป็นหลักซึ่งจะทำให้วัดได้เฉพาะพฤติกรรมด้านความรู้ ความเข้าใจ ด้านการสืบเสาะหาความรู้ กับด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เท่านั้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอจะสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดพฤติกรรมในด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยวัดความสามารถ 4 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
4. ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

แบบฝึก

ความหมายของแบบฝึก

การฝึกเป็นกิจกรรมที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับการเรียนการสอน ชาญชัย ภวิตรังสิมา และ เชิดวิทย์ ฤทธิ์ประศาสตร์ (2523, หน้า 144) ได้ให้ความหมายของแบบฝึกสรุปได้ว่า เป็นการจัดสภาพการณ์ เพื่อให้ผู้ฝึกเปลี่ยนพฤติกรรมจนสามารถปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการสร้างแบบฝึกต้องคำนึงถึงหลักการทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับแบบฝึก ลักษณะแบบฝึกที่ดี ประโยชน์ของแบบฝึก และหลักการนำไปใช้

หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวกับแบบฝึก

Thorndike (1920, pp.95-97) ได้กล่าวถึงจิตวิทยาเกี่ยวกับกฎการเรียนรู้ คือกฎของการฝึก (Law of Exercise) สรุปได้ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อมีการฝึกฝนหรือกระทำซ้ำ ๆ จะทำให้สามารถกระทำสิ่งนั้นได้ดี และมีความคล่องตัวและสามารถทำได้ดี ในทางตรงกันข้ามสิ่งใดก็ตามที่ไม่ได้รับการฝึกทอดทิ้งไปนานแล้วย่อมทำได้ไม่ดี

สุจริต เพียรชอบ และสายใจ อินทรัมพรรย์ (2523, หน้า 52 - 56) ได้กล่าวสรุปไว้ว่า การสร้างแบบฝึกต้องยึดหลักการเรียนรู้ทางจิตวิทยา

1. ความแตกต่างระหว่างบุคคลควรคำนึงถึงว่านักเรียนแต่ละคนมี ความรู้ ความถนัด ความสามารถและความสนใจแตกต่างกัน ฉะนั้นในการสร้างแบบฝึกจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสม คือ ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป และควรมีแบบฝึกหลาย ๆ แบบ

2. การจูงใจผู้เรียน โดยการจัดแบบฝึกจากง่ายไปหายากเพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน ซึ่งทำให้เกิดผลสำเร็จในการฝึกและช่วยยั่วยุให้อยากฝึกต่อไป

3. ใช้แบบฝึกสั้น ๆ เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่าย

Haress (1964, pp.93 -94) กล่าวถึงลักษณะของแบบฝึก สรุปได้ว่า จะต้องใช้ภาษาที่เหมาะสมกับนักเรียนและสร้างโดยใช้หลักจิตวิทยาในการแก้ปัญหาและตอบสนองดังนี้

1. ใช้แบบฝึกหลาย ๆ ชนิด เพื่อเร้าให้นักเรียนเกิดความสนใจ

2. แบบฝึกที่สร้างขึ้นนี้ต้องให้นักเรียนสามารถพิจารณาได้ว่าแบบฝึกต้องการให้นักเรียนทำอะไร

3. ต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าจะให้นักเรียนตอบแบบฝึกแต่ละชนิดแต่ละรูปแบบด้วยวิธีการตอบอย่างไร

4. ต้องมีการให้นักเรียนได้ตอบสนองต่อสิ่งเร้าด้วยการแสดงความสามารถและความเข้าใจในแบบฝึก

5. ให้นักเรียนได้มีโอกาสนำสิ่งที่เรียนรู้จากการเรียนมาตอบในแบบฝึกให้ตรงเป้าหมายที่สุด

จากหลักจิตวิทยาในการสร้างแบบฝึกที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การสร้างแบบฝึกต้องคำนึงถึงหลักจิตวิทยา เช่น จิตวิทยาการเรียนรู้ จิตวิทยาการสนองตอบ โดยมีแบบฝึกหลากหลายรูปแบบ เพื่อดึงดูดความสนใจ มีความเหมาะสมคือไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป รวมทั้งต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบสนองสิ่งเร้าด้วยการแสดงความสามารถภายหลังการใช้แบบฝึก ดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำหลักจิตวิทยาต่าง ๆ ข้างต้นมาพิจารณาประกอบในการออกแบบและสร้างแบบฝึกทักษะภาคปฏิบัติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ลักษณะแบบฝึกที่ดี

ในการสร้างแบบฝึกสำหรับเด็กมีองค์ประกอบหลายประการ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแบบฝึกที่ดีไว้ดังนี้

นิตยา ฤทธิโยธี (2520, หน้า 1) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบฝึกที่ดี สรุปได้ว่าจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ต้องสอดคล้องกับหลักจิตวิทยาและพัฒนาการของเด็ก มีความเหมาะสมกับระดับวัยและความสามารถของนักเรียน

2. ต้องมีการชี้แจงสั้น ๆ ที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจง่าย โดยใช้ภาษาที่ง่าย ๆ คำสั่งหรือคำชี้แจงต้องกระทัดรัดเข้าใจได้ง่าย

3. ต้องมีความน่าสนใจและท้าทายความสามารถของนักเรียน

4. การกำหนดเวลาในการใช้แบบฝึกต้องเหมาะสม คือไม่ใช้เวลานานหรือเร็วจนเกินไป

5. กิจกรรมในแบบฝึกต้องเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะที่ได้ฝึกอย่างแท้จริง

6. การให้ความรู้และเนื้อหาที่ปรากฏในแบบฝึกต้องถูกต้องชัดเจน ไม่มีข้อผิดพลาด

River (1968, pp.97-105) กล่าวถึง ลักษณะของแบบฝึกที่ดี สรุปได้ดังนี้

1. ในแบบฝึกจะต้องมีการฝึกนักเรียนมากพอสมควร

2. ประโยคที่ใช้สื่อความหมายในแต่ละแบบฝึก ควรใช้แบบประโยคเพียงหนึ่งแบบเท่านั้น

3. ประโยคและคำศัพท์ที่ใช้สื่อความหมายในแบบฝึกต้องเป็นประโยคหรือคำศัพท์ที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย

4. แบบฝึกควรให้นักเรียนได้ฝึกการใช้ความคิดด้วย

5. แบบฝึกควรมีหลาย ๆ แบบเพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย

6. แบบฝึกควรฝึกให้นักเรียนสามารถนำสิ่งที่เรียนไปในชีวิตประจำวันได้

จากการศึกษาลักษณะของแบบฝึกที่ดี สรุปได้ว่า แบบฝึกที่ดีควรมีการสร้างที่คำนึงถึงหลักการทางจิตวิทยา มีความเหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน การใช้คำศัพท์ และสำนวนภาษาในแบบฝึกควรเป็นภาษาที่เข้าใจง่าย กะทัดรัด และเป็นในรูปแบบเดียวกันในแต่ละแบบฝึก และกิจกรรมในแบบฝึกควรมีหลากหลายรูปแบบ ตลอดจนมีความน่าสนใจและท้าท้ายความสามารถของนักเรียน

ส่วนประกอบของแบบฝึก

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2531, หน้า174) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของแบบฝึกไว้ในเอกสารแนวทางการจัดทำผลงานทางวิชาการสำหรับข้าราชการครูว่า แบบฝึกประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. บัตรแสดงคำชี้แจงในการทำกิจกรรม

2. แบบทดสอบที่จะใช้ในแบบฝึก เช่น แบบทดสอบเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่อง แบบทดสอบความก้าวหน้าเฉพาะเรื่อง แบบทดสอบที่สอดคล้องกับเนื้อหาหรือทักษะที่ฝึก

3. บัตรฝึกหัด หรือบัตรกิจกรรม เพื่อใช้พัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่ต้องการฝึก

4. บัตรอ้างอิง หรือบัตรที่ให้ความรู้ เพื่อใช้อธิบายหรือเป็นแนวทางในการตอบคำถามในแต่ละเรื่อง

5. แบบบันทึกความก้าวหน้า

กรมวิชาการ กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2535, หน้า 44) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของแบบฝึกสรุปได้ว่า ประกอบด้วย

1. คู่มือครู ซึ่งมีรายละเอียดของ ชุดประเมินพฤติกรรม เนื้อหา สื่อการสอนที่ใช้ในกิจกรรม วิธีการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

2. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

3. บัตรต่าง ๆ ที่ใช้ในกิจกรรม เช่น บัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรคำถาม บัตรเฉลย

4. สื่อการสอนที่เหมาะสมที่ใช้ในกิจกรรมการเรียน

จากข้างต้นสรุปได้ว่าแบบฝึกนั้นประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นคำชี้แจง เป็นส่วนที่บอกให้นักเรียนทราบว่า นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมอะไรบ้างและทำอย่างไร ซึ่งได้แก่ บัตรคำสั่ง ส่วนที่เป็นเนื้อหาและการฝึก เป็นส่วนที่ให้ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่ต้องการฝึก ซึ่งได้แก่ ใบความรู้ บัตรอ้างอิง หรือเอกสารต่าง ๆ ที่ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหา ส่วนที่เป็นสถานการณ์ให้นำทักษะที่ได้รับการฝึกไปใช้ เป็นส่วนที่มีการกำหนดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำทักษะที่ได้ศึกษามาฝึกใช้ เช่น การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ บัตรแบบฝึกหัด บัตรกิจกรรม และส่วนที่เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นส่วนที่ตรวจสอบหรือประเมินผลในสิ่งที่นักเรียนได้ศึกษาและฝึก อาจอยู่ในรูป แบบทดสอบ แบบฝึกหัด หรือ แบบสังเกตพฤติกรรม

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้แบบฝึกทักษะภาคปฏิบัติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจึงประกอบไปด้วย บัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม ใบความรู้ ชุดอุปกรณ์ แบบสังเกตทักษะภาคปฏิบัติ แบบฝึกหัดก่อนเรียนและหลังเรียน ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนิยาม แบบฝึกทักษะภาคปฏิบัติว่า หมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ ซึ่งประกอบไปด้วย บัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม ใบความรู้ ชุดอุปกรณ์ แบบสังเกตทักษะภาคปฏิบัติ แบบฝึกหัดก่อนเรียนและหลังเรียน

หลักในการสร้างและขั้นตอนในการสร้างแบบฝึก

เกี่ยวกับการสร้างแบบฝึก ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงหลักในการสร้างและขั้นตอนในการสร้างแบบฝึก เพื่อให้ได้แบบฝึกที่ดีและสามารถนำไปใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ สรุปได้ดังนี้

หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา (2529, หน้า 149-151) ได้เสนอหลักในการสร้างแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองพอสรุปได้ดังนี้

1. หลักในการสร้างบทเรียนประกอบด้วย
   1.1 ศึกษาจุดประสงค์ของการเรียนรู้แล้วจัดเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์นั้น
   1.2 จัดเนื้อหาให้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของเด็ก
2. หลักการในการสร้างแบบฝึกประกอบด้วย
   2.1 ให้มีคำชี้แจงง่าย ๆ และสั้น เพื่อให้เด็กเข้าใจง่าย
   2.2 เรียงลำดับขั้นตอนของแบบฝึกจากง่ายไปหายาก เพื่อให้เด็กมีกำลังใจทำ
   2.3 จัดทำแบบฝึกหัดให้น่าสนใจ และท้าทายให้แสดงความสามารถ
   2.4 ครูต้องพิจารณาแบบฝึกด้วยความละเอียด อย่าให้มีข้อผิดพลาด
   2.5 ควรมีแบบฝึกหัดให้มีจำนวนมาก เพื่อให้นักเรียนได้เลือกทำตามความสามารถ

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2531, หน้า 174) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบฝึกไว้ในเอกสารแนวทางการจัดทำผลงานทางวิชาการสำหรับข้าราชการครูสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษาปัญหาและความต้องการว่าต้องการฝึกทักษะใด

2. วิเคราะห์เนื้อหาหรือทักษะที่เป็นปัญหา หรือทักษะย่อย ๆ เพื่อใช้ในสร้างแบบฝึก แบบทดสอบ บัตรแบบฝึกหัด และออกแบบกิจกรรม

3. พิจารณาวัตถุประสงค์ รูปแบบ และขั้นตอนการใช้ชุดแบบฝึกหัด เพื่อนำไปสร้างแบบฝึก ดังนี้

3.1 จะนำแบบฝึกไปใช้อย่างไรในการเรียนการสอน

3.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของแบบฝึก

4. สร้างแบบฝึกให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่วางไว้

5. นำแบบฝึกที่สร้างไปทดลองใช้ เพื่อหาข้อบกพร่อง

6. นำมาปรับปรุงแก้ไข

7. รวบรวมเป็นชุดแบบฝึก เพื่อนำไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอน

Butts (1974, p.85) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบฝึกทางด้านวิทยาศาสตร์ไว้สรุปได้ดังนี้

1. ก่อนจะสร้างแบบฝึกจะต้องกำหนดโครงร่างคร่าว ๆ ก่อนว่าแบบฝึกมีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องอะไรและมีวัตถุประสงค์อย่างไร

2. ศึกษางานด้านวิทยาศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องที่จะนำมาสร้างแบบฝึก

3. เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการฝึก

4. แจกแจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ออกเป็นกิจกรรมย่อย โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียน

5. กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในกิจกรรมแต่ละตอนให้เหมาะสมกับแบบฝึก

6. กำหนดเวลาที่จะใช้ในการฝึกในแต่ละกิจกรรมให้เหมาะสม

7. สร้างแบบฝึกตามโครงสร้างที่กำหนดไว้ และในแบบฝึกต้องจัดให้มีการประเมินผลทั้งก่อนและ/หรือหลังเรียน เพื่อดูพัฒนาการของนักเรียนหลังการใช้แบบฝึก

จากข้างต้นพอสรุปได้ว่า การสร้างแบบฝึกนอกจากหลักจิตวิทยาสิ่งที่ต้องคำนึงในการสร้างแบบฝึก เพื่อให้ได้แบบฝึกที่ดีและสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์นั้น ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์ การศึกษาเนื้อหาที่เหมาะสม การวางโครงสร้างและการกำหนดรูปแบบของแบบฝึกให้เหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียน การกำหนดกิจกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหา การกำหนดอุปกรณ์และเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ตลอดจนการประเมินผล และขั้นตอนในการสร้างแบบฝึกมีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาเนื้อหาในบทเรียนและกำหนดวัตถุประสงค์ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา และทักษะที่ต้องการฝึก

2. ออกแบบกิจกรรม ส่วนประกอบต่าง ๆ ของแบบฝึก และการนำแบบฝึกไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน

3. สร้างแบบฝึกตามรูปแบบที่กำหนดไว้

4. นำแบบฝึกที่สร้างไปทดลองใช้ เพื่อหาข้อบกพร่อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบฝึกที่เสร็จสมบูรณ์ไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอน

ประโยชน์ของแบบฝึก

แบบฝึกมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิชาที่เกี่ยวกับทักษะมาก ดังที่ Petty (1968, pp.469 - 476) ได้กล่าวไว้ สรุปได้ดังนี้

1. เป็นส่วนเพิ่มเติมหรือเสริมเนื้อหาด้านทักษะในหนังสือเรียน และเป็นอุปกรณ์การสอนที่ช่วยลดภาระของครูได้มาก เพราะแบบฝึกเป็นสิ่งที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบ

2. ช่วยในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล การให้เด็กได้ทำแบบฝึกที่เหมาะสมกับความสามารถของเขาจะช่วยให้เขาประสบความสำเร็จในการเรียนและเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนมากขึ้น

3. การที่นักเรียนได้ทำแบบฝึกจะช่วยให้ครูมองเห็นจุดเด่นหรือปัญหาต่าง ๆ ของนักเรียนได้ชัดเจน ช่วยให้ครูดำเนินการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนได้ทันที

4. แบบฝึกที่จัดขึ้นนอกเหนือจากที่อยู่ในหนังสือเรียน จะช่วยให้นักเรียนฝึกทักษะต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2535, หน้า 39) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแบบฝึก สรุปได้ว่า แบบฝึกช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง สามารถพัฒนาความสามารถของตนเอง ทำให้การเรียนการสอนไม่น่าเบื่อ ลดภาระในการสอนของครู เนื่องจากนักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง และการเรียนการสอนที่ใช้แบบฝึกยังส่งเสริมความรับผิดชอบของนักเรียนอีกด้วย

จากประโยชน์ของแบบฝึกที่มีต่อการเรียนการสอนข้างต้น พอสรุปได้ว่าแบบฝึกจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของครู เป็นส่วนเพิ่มหรือเสริมทักษะในบทเรียนทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนมากขึ้นและได้รับการฝึกฝนทักษะต่าง ๆ อย่างเต็มที่ ตลอดจนส่งเสริมความรับผิดชอบของนักเรียน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำแบบฝึกมาใช้ในการประกอบการสอนในงานวิจัยในครั้งนี้ในรูปแบบของแบบฝึกทักษะภาคปฏิบัติที่ช่วยฝึกทักษะภาคปฏิบัติให้กับนักเรียน

หลักการนำแบบฝึกมาใช้ในการเรียนการสอน

พรรณี ชูทัย (2522, หน้า 192-195) ได้กล่าวถึงการนำแบบฝึกมาใช้ในการเรียนการสอนสรุปได้ดังนี้

1. ในการนำแบบฝึกมาใช้ต้องมีการสาธิตและการอธิบายแนะนำ โดยเริ่มแรกควรบอกให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของการฝึก วิธีการใช้แบบฝึก และแนะนำส่วนประกอบของแบบฝึก รวมทั้งกล่าวถึงทักษะที่ต้องการฝึก เพื่อเป็นการเร้าให้นักเรียนเกิดความสนใจ

2. ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทันที หลังจากสาธิตหรือการศึกษาของนักเรียน และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ต้องให้นักเรียนได้กระทำการฝึกซ้ำ ๆ และควรมีการเสริมแรงให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนมีกำลังใจในการฝึก

3. ในขณะที่นักเรียนใช้แบบฝึก ครูควรให้คำแนะนำ และคอยช่วยเหลือในการฝึกทักษะของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้และทักษะที่ถูกต้อง

กรมวิชาการ กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2535, หน้า 45) ได้กล่าวถึงการใช้แบบฝึกในการเรียนสรุปได้ว่า ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่กิจกรรม
3. ปฏิบัติกิจกรรมการฝึก
4. สรุปการสอน
5. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

จากหลักการในการนำแบบฝึกมาใช้ในการเรียนการสอนข้างต้น สรุปได้ว่า ก่อนการฝึกควรมีการแนะนำและอธิบายการใช้แบบฝึกและขั้นตอนในการฝึก เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการใช้แบบฝึก ให้นักเรียนได้ฝึกทันทีที่หลังจากการศึกษาและสาธิต ในขณะที่มีการฝึกครูควรดูแลและคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะที่ถูกต้อง ตลอดจนคอยเสริมแรงเพื่อให้นักเรียนมีกำลังใจในการฝึก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนในการสอนในคาบที่มีการใช้แบบฝึกไว้ 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม
2. ขั้นดำเนินกิจกรรม ประกอบด้วย
   2.1 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
   2.2 ปฏิบัติกิจกรรม
   2.3 ทำแบบทดสอบหลังเรียน
3. ขั้นสรุป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Beasley (1979) ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมีโดยวิธีการปฏิบัติจริงและวิธีการคิดต่อการทำปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน โดยศึกษา

1. ผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว
2. ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว
3. ผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองและการคิดร่วมกัน

โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม และกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม การประเมินผลการปฏิบัติการทดลองใช้เกณฑ์ในการประเมิน 2 เกณฑ์ คือ ความถูกต้องแม่นยำ และความคงที่แน่นอน โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง ทำการสังเกต 3 สัปดาห์แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่ได้รับการฝึกแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าการได้รับการฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ

Okebukola (1985) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาระดับ 11 จำนวน 600 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันทางบวก

ชาญชัย กิจสวัสดิ์ (2529) ได้ศึกษา ผลการฝึกทักษะการตั้งสมมติฐานในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะการตั้งสมมติฐาน โดยใช้อุปกรณ์การทดลองวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกทักษะการตั้งสมมติฐานโดยใช้การอภิปรายตามคู่มือครู

ราเมศ เลียบตระกูล (2530) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดชัยนาถ ที่มีพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน โดยพิจารณาเชาว์ปัญญาเป็นองค์ประกอบร่วม ผลปรากฏว่า นักเรียนมีพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกับนักเรียนที่มีพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติ กล่อมเกลี้ยง (2532) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยมีการใช้สถานการณ์ฝึกการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน กับไม่มีการใช้สถานการณ์ฝึกการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน ผลการศึกษา พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สถานการณ์ฝึกการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานกับ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยไม่มีการใช้สถานการณ์ฝึกการกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันแต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

สุมาลี ดำรงไชย (2537) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คงศักดิ์ วัฒนะโชติ (2535) ได้ทำวิจัยเรื่อง "ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจกับทักษะภาคปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น" โดยการสุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535 โรงเรียนเถินวิทยา จำนวน 100 คน ขนาดของกลุ่มมีความเชื่อมั่น 95% โดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตวัดทักษะภาคปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ ได้คะแนนคิดเป็นร้อยละ 62.18

2. นักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับถูกต้องมาก ได้คะแนนคิดเป็นร้อยละ 73.8

3. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับทักษะภาคปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

พีระ ศรีวิชัย (2541) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ และความรู้อยากเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยสุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2541 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดเชียงใหม่จากโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 605 คน ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในด้านความอยากรู้อยากเห็น ผลวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะการใช้เครื่องมือในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในด้านความอยากรู้อยากเห็นโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะการใช้เครื่องมือในการทดลองวิทยาศาสตร์ ไม่มีความสัมพันธ์กับความอยากรู้อยากเห็น

แก้วใจ พัวกนกหิรัญ (2541) ได้ทำการศึกษา ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองเคมีและความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2540 จำนวน 435 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มตามสัดส่วนของจำนวนห้องเรียนที่เรียน โปรแกรมวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองเคมีโดยรวมทุกด้าน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองและการบันทึกผลการทดลองอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด โดยมีระดับคะแนนระหว่าง 51.28 - 54.30

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลองเคมีโดยรวมทุกด้าน คือ ด้านการใช้สารเคมี การใช้อุปกรณ์การทดลอง และเทคนิคในการดำเนินการทดลองอย่างปลอดภัยอยู่ในระดับ ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด โดยมีระดับคะแนนระหว่างร้อยละ 56.93 - 59.57

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองเคมีสัมพันธ์กับมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติการทดลองเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศรีสุวรรณ เดชอุดม (2528) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "ทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร" โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2526 ซึ่งกำลังเรียนแบบเรียนวิทยาศาสตร์ เล่ม 2 บทที่ 4 และบทที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 262 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบสังเกตพฤติกรรม ด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ มีความเชื่อมั่นสูง จึงเป็นเครื่องมือที่นำไปใช้ได้

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง คือ อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา ห้อง 1/4, 1/6 และ 1/7 มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ คือ อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา มีพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือ ทักษะการจับเวลา ส่วนทักษะอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์ขั้นต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่คาดหวัง คือ อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง

5. การสอนแบบสาธิตทักษะการใช้เครื่องมือก่อนการทดลองทุกครั้งกับการสอนแบบการทดลองจะทำให้ผลของคะแนนทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

มาโนช วาทะพุกกะณะ (2523) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2522 จำนวน 268 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติ ผลวิจัยพบว่า

1. พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติที่มีผลการประเมินแตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ การใช้หลอดฉีดยา การใช้หลอดหยด การเตรียมสารละลายกรด การใช้สารละลายกรด การใช้กระดาษทดสอบกรดและเบส การเก็บรักษาแม่เหล็ก การทำเครื่องหมาย การรินสาร การจับเวลา การใช้หลอดไฟฟ้าพร้อมขั้ว ส่วนพฤติกรรมด้าน

ทักษะภาคปฏิบัติที่มีผลการประเมินสูงกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ การใช้ช้อนตักสาร การใช้ไม้หนีบ การใช้แว่นขยาย การวัดความยาว - ความสูง การเขย่าหลอดทดลอง การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า การทำความสะอาดและเก็บรักษาเครื่องมือ

2. พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติที่มีผลการประเมินไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ การใช้กรด การต้มสาร การใช้เทอร์มอมิเตอร์ การคนสาร การใช้เครื่องชั่งสาร

3. ค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัตินักเรียนเพศชายและเพศหญิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

รุ่งชีวา สุขดี (2531) ได้ศึกษาผลการฝึกการออกแบบการทดลองวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอน โดยมีการฝึกการออกแบบการทดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยไม่มีการฝึกการออกแบบการทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นงนุช มาบุตร (2532) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบฝึกการคิดอย่างมีเหตุผลกับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกการคิดอย่างมีเหตุผลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001