



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.ศิริขวัญ ทินรัตน์ ประ.ด. (เภสัชศาสตร์ชีวภาพ), วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ผู้ตรวจ

ดร.พันธุ์วดี วัฒนสิน ประ.ด. (เคมีวิเคราะห์), วท.บ. (เคมี)
ดร.ปิยวรรณ พันธิ ประ.ด. (เคมีวิเคราะห์), วท.บ. (เคมี)
ดร.สุวิชา จันทะ ประ.ด. (เคมี), วท.ม. (เทคนิคการแพทย์), วท.บ. (เทคนิคการแพทย์)

บรรณาธิการ

ดร.พูนทวี แซ่เตีย ประ.ด. (เคมีวิเคราะห์), วท.ม. (เคมีอินทรีย์), วท.บ. (เคมี)

ปีที่พิมพ์ ๒๕๖๓ พิมพ์ครั้งที่ ๑ จำนวน ๕,๐๐๐ เล่ม ISBN : 978-616-07-2029-3

จัดพิมพ์โดย บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

- ❖ ฝ่ายการตลาด, ฝ่ายการเงินและบัญชี, ฝ่ายผลิตและจัดส่ง :
๖๙/๑๐๙ หมู่ ๑ ซ.พระแม่การุณย์ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ๑๑๑๒๐
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๕๕๕๕, ๐ ๒๕๕๕ ๕๕๕๕, ๐ ๒๕๕๖ ๕๕๕๖-๒ โทรสาร ๐ ๒๕๖๑ ๕๕๕๓
- ❖ ฝ่ายวิชาการ :
๘๗/๑๒๒ ถ.เทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๕๕๕๕-๒๐, ๐ ๒๕๕๓ ๕๕๖๕-๕ โทรสาร ๐ ๒๕๕๐ ๒๕๕๓

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ ลิขสิทธิ์เป็นของบริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

คำนำ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **เคมี** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ ได้เรียบเรียงขึ้นตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น ๔ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย **กระบวนการและทักษะทางเคมีเบื้องต้น โครงสร้างอะตอม ตารางธาตุ และพันธะเคมี** นอกจากนี้ ในหนังสือยังมี QR Code (Quick Response Code)  ที่เข้าผ่านระบบ **LINE** หรือแอปพลิเคชันสำหรับอ่าน QR Code เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้อื่นๆ อีกด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **เคมี** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ เล่มนี้ จะอำนวยความสะดวกต่อผู้สอนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพและบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป



ฝ่ายวิชาการ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด



คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

เคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการและทักษะทางเคมีเบื้องต้น แบบจำลองอะตอมของดอลตัน แบบจำลองอะตอมของทอมสัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด แบบจำลองอะตอมของโบร์ แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ สมบัติของธาตุตามหมู่และคาบ สมบัติของธาตุตามหมู่ แนวโน้มสมบัติทางเคมี ธาตุแทรนซิชัน ธาตุกัมมันตรังสี หลากหลายนิยามของพันธะเคมี หลักการเกิดพันธะเคมี พันธะไฮโดรเจน แรงยึดเหนี่ยวพันธะเคมี การศึกษาพันธะเคมี ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิออิส พันธะไอออนิก พันธะโควาเลนต์ และพันธะโลหะ

เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พร้อมทั้งคุณธรรมและจริยธรรม การแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ และตระหนักถึงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความสัมพัทธ์ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม



ผลการเรียนรู้

1. บอก และอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
2. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
3. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง
4. ระบุนิยามวัดปริมาณต่างๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย
5. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม
6. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป
7. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก และระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ

8. ระบุนิยาม คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเพริสเซนเททและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ
9. วิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเพริสเซนเททตามหมู่และตามคาบ
10. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเพริสเซนเทท
11. อธิบายสมบัติ และคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี
12. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
13. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิออิส
14. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก
15. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์
16. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก
17. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก
18. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิออิส
19. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์
20. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ
21. คำนวณค่าความร้อนของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์
22. ระบุนิยามของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์
23. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายชนิดต่างๆ
24. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ
25. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม



สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1



กระบวนการและทักษะทางเคมีเบื้องต้น

กระบวนการและทักษะทางเคมีเบื้องต้น	1
หลักการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	13
หน่วยวัด	24
การจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการ	28
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	40

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2



โครงสร้างอะตอม

โครงสร้างอะตอม	42
แบบจำลองอะตอมของดอลตัน	44
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน	47
แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	54
อนุภาคมูลฐานของอะตอม	57
แบบจำลองอะตอมของโบร์	60
สเปกตรัมของธาตุ	63
แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก	70
การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ	71
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	78



สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3



ตารางธาตุ

ตารางธาตุ	82
สมบัติของธาตุตามหมู่และคาบ	85
สมบัติของธาตุตามหมู่	101
แนวโน้มสมบัติทางเคมี	116
ธาตุทรานซิชัน	120
เลขออกซิเดชัน	134
ธาตุกัมมันตภาพรังสี	137
การจัดการสารกัมมันตภาพรังสี และการใช้ประโยชน์	141
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	146

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4



พันธะเคมี

พันธะเคมี	151
พันธะโควาเลนต์	176
พันธะโลหะ	198
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	201

บรรณานุกรม

206

หน่วยการเรียนรู้ที่

1

กระบวนการและทักษะทางเคมีเบื้องต้น



แนวคิด

ทักษะทางเคมีเกิดจากการฝึกฝนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ โดยผู้ทำการทดลองต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการและข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้สารเคมีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อตนเองและผู้อื่น ตลอดจนสามารถชั่ง ตวง วัด ปริมาณสารเคมีได้อย่างถูกต้องตามหลักสากลและสามารถเขียนรายงานผลการทดลองได้อย่างครบถ้วนและถูกต้อง



สาระการเรียนรู้

1. หลักการและข้อปฏิบัติตนในการทำปฏิบัติการเคมี
2. การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการเคมีและการวัดปริมาณทางเคมี
3. วิธีเขียนแผนการทดลอง การดำเนินการทดลองและการเขียนรายงานผลการทดลอง
4. การใช้หน่วยวัดและเปลี่ยนหน่วยวัดในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย



ผลการเรียนรู้

1. บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความระมัดระวังในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
2. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
3. นำเสนอแผนการทดลอง ดำเนินการทดลองและเขียนรายงานการทดลอง
4. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่างๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย





กระบวนการและทักษะทางเคมีเบื้องต้น

การทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี ล้วนต้องเกี่ยวข้องกับสารเคมีหลายชนิดซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ทดลอง หากสารเคมีสัมผัสผิวหนังร่างกาย หรือมีการสูดดมเข้าไป หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดในขณะดำเนินการทดลอง เนื่องจากการขาดทักษะทดลองจน อุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างการทำการทดลอง ดังนั้น การมีทักษะในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการที่ถูกต้อง จะสามารถลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติการทางเคมีได้



ห้องปฏิบัติการเคมีมาตรฐาน



เมื่ออยู่ในห้องปฏิบัติการเคมีความปลอดภัยด้านใดเป็นสิ่งที่นักเรียนจะนึกถึง



ข้อปฏิบัติในการใช้ห้องปฏิบัติการเคมีเบื้องต้น



ข้อปฏิบัติในการใช้ห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดอันตรายมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

1. ห้าม นำอาหารและเครื่องดื่มเข้ามารับประทานในห้องปฏิบัติการเคมี
2. สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการและติดกระดุมให้เรียบร้อยทุกครั้ง
3. สวมแว่นตานิรภัยทุกครั้งที่ทำกรทดลอง เพื่อช่วยป้องกันและลดอุบัติเหตุจากสารเคมีกระเด็นเข้าตาแว่นตานิรภัย
4. ศึกษารายละเอียดของการทดลอง ก่อนทดลองทุกครั้ง หากมีข้อสงสัยให้สอบถามครูผู้ควบคุมปฏิบัติการ



แว่นตานิรภัย

5. จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองไว้บนโต๊ะปฏิบัติการให้ครบถ้วนก่อนดำเนินการทดลอง
6. ศึกษาตำแหน่งที่เก็บอุปกรณ์ความปลอดภัย ได้แก่ อ่างล้างตาและที่ล้างตัวฉุกเฉิน ดังดับเพลิง ตู้เก็บชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น สัญญาณเตือนภัย ตลอดจน เรียนรู้วิธีการใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัยอย่างถูกต้อง



ที่ล้างตาและล้างตัวฉุกเฉิน

7. ปฏิบัติตามระเบียบของแต่ละห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด

8. **ห้าม** ชิม สารเคมีในห้องปฏิบัติการ แม้ว่า สารเคมีนั้นจะรับประทานได้ เช่น สารละลาย น้ำตาล, น้ำส้มสายชู รวมถึง ห้ามใช้ภาชนะในห้องปฏิบัติการผิดประเภท

9. **ห้าม** สัมผัสสารเคมีโดยตรง ในกรณีที่จำเป็นต้องทดสอบกลิ่นของสารเคมี ให้ใช้มือโบกไอร่เหยจากปากภาชนะของสารเคมีดังกล่าวเพื่อสูดดมกลิ่นเพียงเล็กน้อย



หลักการทดสอบกลิ่นสารเคมีที่ถูกต้อง

10. ใช้สารเคมีด้วยความระมัดระวังโดยเฉพาะกรดและเบสที่เข้มข้น รวมถึง สารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดซ์ สารเคมีไวไฟ หรือสารเคมีที่อาจก่อให้เกิดการระเบิด สำหรับสารเคมีที่มีกลิ่นฉุนหรืออาจมีไอร่เหยที่เป็นพิษให้ทำการทดลองใน ตู้ควัน (fume hood)

11. หากผิวหนังสัมผัสกรดหรือเบสเข้มข้นให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาดในปริมาณมากทันที (**ห้าม** ช็ดถู) หลังจากนั้น ล้างด้วยสารละลาย 1% โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) อีกครั้งหนึ่ง หากสารเคมีกระเด็นเข้าตาต้องรีบล้างด้วยน้ำทันที และแจ้งครูผู้ควบคุมปฏิบัติการให้ทราบ

12. หากเสื้อผ้าที่สวมใส่เกิดติดไฟขึ้นอย่างรวดเร็ว ให้พยายามดับไฟโดยการนอนกลิ้งลงบนพื้น ในกรณีที่เกิดการติดไฟขึ้นไม่มากนักอาจใช้ผ้าขนหนูเปียกคลุมบริเวณเปลวไฟได้ หรืออาจใช้ถังดับเพลิงตามความเหมาะสมของสถานการณ์ ทั้งนี้ควรทราบว่าสารเคมีที่ติดไฟเป็นสารใด

13. ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ รวมถึงการทำความสะอาดอุปกรณ์และโต๊ะทุกครั้งเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติการ



อันตรายที่อาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการและแนวทางป้องกัน



อันตรายจากไฟ

อันตรายที่เกิดขึ้น คือ



- อุปกรณ์ให้ความร้อนกับภาชนะอาจทำให้เกิดประกายไฟในบริเวณที่มีสารไวไฟ เช่น การจุดตะเกียงแอลกอฮอล์
- การลืมนิดภาชนะที่บรรจุสารเคมีไวไฟที่สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงเมื่อสัมผัสอากาศหรือน้ำ ทำให้เสี่ยงต่อการติดไฟหรือระเบิด
- การใช้สายยางที่ชำรุดต่อกับท่อ นำแก๊ส
- การใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วที่อยู่ในสภาพชำรุด ทำให้เกิดการแตกเมื่อได้รับความร้อนในระหว่างดำเนินการทดลอง
- การเทตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไวไฟ (มีจุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย) ลงในรางน้ำและอ่างน้ำอาจติดไฟได้หากบริเวณนั้นมีประกายไฟ



การป้องกัน

- ล้างเครื่องแก้วทันทีที่เลิกใช้ และทำให้แห้งก่อนนำไปทดลอง
- ตรวจสอบเครื่องแก้วว่าอยู่ในสภาพดีก่อนนำไปทดลองทุกครั้ง
- การสวมที่ปิดหลอดแก้วต้องระมัดระวัง อย่ากดแรงและแน่นจนหลอดแตก
- ห้าม ให้ความร้อนแก่เครื่องแก้วในระบบปิด เพราะจะทำให้เกิดแรงดันจนอาจทำให้ภาชนะแตกหรือระเบิด
- การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องแก้ว ควรติดตั้งจากล่างไปบน การยึดเครื่องแก้วด้วยที่ยึด (clamp) ระวังอย่าให้แน่นเกินไปจนทำให้เกิดความเครียด (strain) ตำแหน่งที่ยึดควรจัดให้เหมาะสมเพื่อรับน้ำหนักเครื่องแก้วได้



ข้อควรระวัง

ห้าม เช้าภาชนะที่ผ่านความร้อนสูง เช่น บีกเกอร์ที่เพิ่งใช้ต้มน้ำ ในการทดลอง ลงในอ่างล้างซึ่งมีน้ำในอุณหภูมิห้อง เพราะอาจทำให้เกิดการแตกได้ รวมถึง

ห้าม เติมน้ำร้อนลงในภาชนะที่มีอุณหภูมิเย็นจัด เพราะอาจทำให้เกิดการแตกได้ ควรพักภาชนะเหล่านี้เอาไว้ก่อนเพื่อให้กลับคืนสู่สภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง



อันตรายจากเครื่องแก้ว

อันตรายที่เกิดขึ้น คือ



1. การใช้เครื่องแก้วที่ปนเปื้อนมาดำเนินการทดลอง ซึ่งอาจมีสารอื่นหลงเหลืออยู่ หากใส่สารอีกชนิดลงไปอาจเสี่ยงต่อการเกิดปฏิกิริยารุนแรงขึ้นได้
2. อันตรายจากการถูกแก้วบาด เนื่องจากการใช้แท่งแก้วหรือหลอดแก้วที่ไม่ได้ลบคม การสวมผ้าที่หลอดแก้วแน่นเกินไป จนทำให้ทำให้ปากหลอดแตก
3. อุบัติเหตุจากแก้วแตกเนื่องจากการใช้เครื่องแก้วที่มีรอยร้าว เพราะในบางการทดลองที่ใช้ความร้อนและความดันไอสูง หรือปฏิกิริยาเคมีที่ให้แก่ส อาจทำให้หลอดแก้วแตกร้าวหรือเกิดแรงดันจนหลอดแก้วแตกกระจายได้



การป้องกัน

1. ล้างเครื่องแก้วทันทีที่เลิกใช้ และทำให้แห้งก่อนนำไปทดลอง
2. ตรวจสอบเครื่องแก้วว่าอยู่ในสภาพดีก่อนนำไปทดลองทุกครั้ง
3. การสวมที่ปิดหลอดแก้วต้องระมัดระวัง อย่ากดแรงและแน่นจนหลอดแตก
4. **ห้าม** ให้ความร้อนแก่เครื่องแก้วในระบบปิด เพราะจะทำให้เกิดแรงดันจนอาจทำให้ภาชนะแตกร้าวหรือระเบิด
5. การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องแก้ว ควรติดตั้งจากล่างไปบน การยึดเครื่องแก้วด้วยที่ยึด (clamp) ระวังอย่าให้แน่นเกินไปจนทำให้เกิดความเครียด (strain) ตำแหน่งที่ยึดควรจัดให้เหมาะสมเพื่อให้น้ำหนักเครื่องแก้วได้



ข้อควรระวัง

ห้าม แส่ภาชนะที่ผ่านความร้อนสูง เช่น บีกเกอร์ที่เพิ่งใช้ต้มน้ำ ในการทดลอง ลงในอ่างล้างซึ่งมีน้ำในอุณหภูมิห้อง เพราะอาจทำให้เกิดการแตกร้าวได้ รวมถึง

ห้าม เติมน้ำร้อนลงในภาชนะที่มีอุณหภูมิเย็นจัด เพราะอาจทำให้เกิดการแตกร้าวได้ ควรพักภาชนะเหล่านี้เอาไว้ก่อนเพื่อให้กลับคืนสู่สภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง



อันตรายจากสารเคมี

อันตรายที่เกิดขึ้น คือ



1. การติดไฟหรือระเบิดของวัตถุไวไฟ
 - 1.1 สารเคมีที่เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ เบนซีน เกิดการลุกไหม้ได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนจากเปลวไฟโดยตรง
 - 1.2 สารออกซิไดซ์ที่กระตุ้นให้เกิดการระเบิดรุนแรง เช่น โซเดียมเปอร์ออกไซด์
 - 1.3 สารเคมีที่ระเบิดได้เมื่อได้รับการกระทบกระเทือน หรือมีอุณหภูมิสูง หรือถูกกระตุ้นให้มีความดันสูง เช่น สารประกอบอะเซทิลีน (Acetylenes) สารประกอบไนโตร (Nitrocompounds) สารประกอบอะโซ (Azo compounds), เกลือไดอะโซเนียม (Diazonium salts) เป็นต้น
 - 1.4 สารเคมีที่ระเบิดได้เมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศ เช่น สารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากอีเทอร์ซึ่งทำปฏิกิริยากับอากาศอย่างช้าๆ
 - 1.5 สารเคมีที่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับน้ำ เช่น โลหะโซเดียม (Na) กับน้ำ
 - 1.6 สารเคมีที่ติดไฟเองได้ในอากาศ (pyrophoric) เช่น ฟอสฟอรัสขาว
2. การเกิดแก๊สพิษ

สารเคมีบางประเภทเมื่อผสมได้สัดส่วนกับสารเคมีอื่นแล้วจะเกิดแก๊สพิษที่เป็นอันตราย เช่น เกลือไซยาไนด์กับกรดจะให้แก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ซึ่งเป็นแก๊สพิษ
3. ความเป็นพิษต่อร่างกายและการเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น นิเกิลออกไซด์ (NiO), โซเดียมฟลูออโรอะซิเตต (sodium fluoroacetate), แอซิติลคลอไรด์ (acetyl chloride), ปรอท (Hg), ตะกั่ว (Pb) เป็นต้น
4. การสัมผัสถูกสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน (corrosives)
 - 4.1 กรดแก่ ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อเมือกตาโดยทำให้บริเวณที่สัมผัสไหม้เนื่องจากฤทธิ์กัดกร่อนหรือคุณสมบัติดูดน้ำ เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก (HF), กรดไนตริก (HNO₃), กรดเกลือ (HCl), กรดกำมะถัน (H₂SO₄)
 - 4.2 เบสแก่ ก่อให้เกิดความระคายเคืองดวงตาสูง เช่น โซดาไฟ (NaOH) และไฮดรอกไซด์ (OH⁻) ของโลหะอัลคาไล IA และ IIA



การป้องกัน

1. ศึกษาคุณสมบัติและอันตรายของสารเคมีจากหนังสือคู่มือ หรือฉลากบนขวดทุกครั้ง หากไม่มีข้อมูลของสารเคมีนั้นๆ ควรทำการทดลองขั้นต้นโดยใช้ปริมาณสารน้อยๆ ความเข้มข้นต่ำ เพื่อประเมินลักษณะการคายความร้อน และลักษณะทางกายภาพของปฏิกิริยาก่อน
2. หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีอันตรายเท่าที่จะทำได้ โดยเลือกใช้สารที่มีอันตรายน้อยกว่าทดแทนกันหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้ใช้อย่างระมัดระวังเป็นพิเศษ
3. ใช้สารเคมีอย่างระมัดระวัง หลีกเลี่ยงการสัมผัส หรือสูดดมสารโดยตรง
4. การลดโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุสามารถทำได้ โดยตระหนักถึงปัจจัยต่างๆ ต่อไปนี้
 - การควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาในกรณีที่เป็น
 - ความคมชัดส่วนและความเข้มข้นของสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน
 - ความไม่บริสุทธิ์ของสารอาจเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เช่น การมีสิ่งเจือปนที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือการปนเปื้อนของสารเคมีอื่น
 - ความเร็วในการผสมสารเคมีเข้าด้วยกัน
 - ภาวะของปฏิกิริยา
 - ความดัน เช่น สารเคมีบางชนิดจะระเบิดในความดันที่สูงจึงต้องปรับความดันให้ต่ำ
5. หลีกเลี่ยงการกระแทก หรือทำให้เกิดแรงเสียดทาน เช่น การขัดถูก่อนสารเคมี
6. จัดหาอุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัยที่ได้มาตรฐานในปริมาณที่เพียงพอ
7. จัดเก็บสารเคมีอย่างเป็นระบบ อาทิเช่น
 - 7.1 การจัดเก็บวัตถุไวไฟ
 - กำหนดให้มีบริเวณจัดเก็บวัตถุไวไฟโดยเฉพาะซึ่งห่างจากความร้อนและแหล่งกำเนิดไฟ
 - ไม่เก็บสารเคมีชนิดอื่นปะปนกับสารไวไฟ
 - ไม่เก็บวัตถุไวไฟในภาชนะบรรจุขนาดใหญ่เกินความจำเป็น



7.2 การจัดเก็บสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน

- กำหนดให้มีบริเวณจัดเก็บสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนโดยเฉพาะ และชั้นวางสารเคมี ต้องทำจากวัสดุที่ป้องกันการกัดกร่อนได้แก่ ไม้
- ห้าม เก็บภาชนะบรรจุสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงกว่าระดับสายตา

7.3 การจัดเก็บสารออกซิไดซ์

- ห้าม เก็บสารออกซิไดซ์ในบริเวณที่ใกล้กับสารไวไฟ สารอินทรีย์และสารที่ไหม้ไฟได้
- ห้าม เก็บสารออกซิไดซ์ในภาชนะที่ปิดด้วยจุกคออร์กหรือจุกยาง (ต้องเป็นแก้ว)



ข้อควรระวัง

สารเคมีบางชนิดเป็นสารเคมีที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจทำให้ผู้ใช้เกิดความประมาทจนทำให้เกิดความเสียหายตามมา เช่น โซดาไฟ (NaOH) ในฐานะตัวช่วยแก้ปัญหาส่วนตัว ถ้าผู้ใช้ไม่มีความรู้ความเข้าใจก็อาจได้รับผลกระทบจากปฏิกิริยาความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อโซดาไฟทำปฏิกิริยากับน้ำร้อนได้อีกทั้ง โซดาไฟยังเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย





การปฐมพยาบาล



หากเกิดอุบัติเหตุระหว่างการทำปฏิบัติการ จะต้องแก้ไขสถานการณ์ และปฐมพยาบาลเบื้องต้นได้ทันทีซึ่งต้องมีความรู้ความเข้าใจในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ดังนี้

ตา

หากสารเคมีกระเด็นเข้าตา ให้รีบล้างตาโดยเปิดน้ำผ่านสายยางในอ่างล้างตา เพื่อให้ น้ำพุ่งเป็นเส้นตรงสู่ดวงตา โดยระวังอย่าเปิดน้ำแรงเกินไป เพราะจะเป็นอันตรายต่อดวงตา ควรล้างตาประมาณ 15 นาที และนำส่งโรงพยาบาล



ปาก

ถ้ากินสารเคมีเข้าไปโดยอุบัติเหตุ รีบถ่มออกทันที ล้างปาก แล้วกินน้ำหรือนมปริมาณมากตามลงไป นำส่งสถานพยาบาลที่ใกล้ที่สุด แจ้งรายละเอียดของสารเคมีนั้นต่อแพทย์

บาดแผล

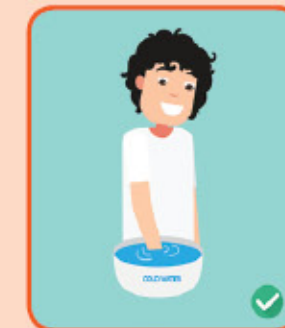
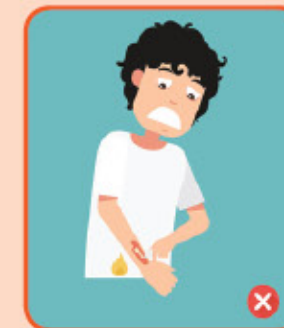
แผลที่ถูกมีดหรือเครื่องแก้วบาด ให้ทำความสะอาดแผลด้วยน้ำสะอาด ชั้บาดแผลให้แห้งและใช้ผ้าพันแผลกดให้แน่นเพื่อห้ามเลือด เมื่อเลือดหยุดไหลแล้วให้ทำความสะอาดแผลด้วยแอลกอฮอล์ ใสยา และปิดพลาสเตอร์ในกรณีที่มีแผลเล็ก แต่ถ้าเป็นแผลใหญ่และลึกให้รีบห้ามเลือด และนำส่งโรงพยาบาลทันที



รอยไหม้

บาดแผลรอยไหม้

- รอยไหม้เล็กน้อยจากเปลวไฟหรือการจับของร้อน ให้แช่บริเวณรอยไหม้ในน้ำ หรือน้ำที่มีน้ำแข็งประมาณ 5 นาที
- ถ้าเป็นส่วนของผิวหนังที่ลงแช่ไม่ได้ ใช้ผ้าชุบน้ำเย็นปิดคลุมแผล
- ถ้าเป็นแผลใหญ่เอาเสื้อผ้าที่ปกคลุมแผลออกก่อน แล้วใช้ผ้าสะอาดปิดแผลบริเวณที่ไหม้ และรอบๆ ไม่ให้ถูกอากาศ จากนั้นรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที



รอยไหม้

รอยไหม้จากสารเคมี

- เบส : ล้างด้วยสารละลายกรดเจือจาง เช่น 2% กรดน้ำส้ม, 25% สารละลายน้ำส้มสายชู หรือ 1% กรดบอริก (Boric)
- กรด : ล้างด้วยสารละลาย 2% โซเดียมไบคาร์บอเนต (2% Sodium bicarbonate)





แบบฝึกหัด 1.1

1. ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการนักเรียนควรแต่งกายอย่างไร เพื่อป้องกันอันตรายจากสารเคมี
2. ถ้าหากนักเรียนทำสารเคมีกระเด็นเข้าตา ควรปฏิบัติตนอย่างไรเป็นสิ่งแรก
3. อุปกรณ์ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ที่ใช้เมื่อเกิดอุบัติเหตุที่เป็นอันตรายมากที่ไม่สามารถจัดการด้วยตัวเองได้ ควรใช้อุปกรณ์ใดและปฏิบัติอย่างไร
4. เมื่อเกิดไฟไหม้จากการทดลอง นักเรียนจะมีวิธีป้องกันอย่างไร และสารเคมีที่ใช้ในเครื่องดับเพลิงสำหรับห้องปฏิบัติการ คือสารเคมีชนิดใด



หลักการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ



อุปกรณ์พื้นฐานและเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีอยู่หลายชนิด เป็นวัสดุจากแก้ว ดังนั้นในการทดลองจะต้องรู้จักวิธีการใช้งานและการทำความสะอาดเบื้องต้น ดังนี้

ตารางที่ 1.1 หลักการใช้งาน วิธีการใช้งาน และการทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
ขวดรูปกรวย (Erlenmeyer Flask) 	ใช้ใส่สารละลาย ตัวอย่างในการไทเทรต สารละลาย	ป้อนสารละลายจากบิวเรตต์หรือปิเปตต์ลงสู่ขวดรูปกรวย	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาด โดยใช้แปรงช่วยขัด ก่อนล้างด้วยน้ำกลั่นและนำไปผึ่งให้แห้ง
บีกเกอร์ (Beaker) 	ใช้เตรียมละลาย และตวงสารเคมี	เลือกใช้ขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณของเหลวที่ต้องการบรรจุ โดยใช้แท่งแก้วช่วยนำของเหลวลงสู่บีกเกอร์	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาด โดยใช้แปรงช่วยขัด ก่อนล้างด้วยน้ำกลั่น และนำไปผึ่งให้แห้ง
ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) 	ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ต้องการวัดปริมาตรที่แน่นอน	1. ละลายสารที่ต้องการเตรียมในปริมาตร 3/4 ของขวด 2. เติมน้ำทำละลายและปรับปริมาตรให้ส่วนโค้งเว้าต่ำสุดตรงกับขีดบอกปริมาตร 3. อ่านปริมาตรในระดับสายตาตามลำดับ	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาด โดยใช้แปรงช่วยขัด ก่อนล้างด้วยน้ำกลั่น และนำไปผึ่งให้แห้ง

อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
กระบอกตวง (Measuring Cylinder)	ใช้ในการวัดปริมาตรของสารละลาย	1. เทสารละลายลงในกระบอกตวงจนส่วนโค้งเว้าต่ำสุดตรงกับขีดบอกปริมาตร 2. อ่านปริมาตรในระดับสายตา	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาด โดยใช้แปรงช่วยขัดก่อนล้างด้วยน้ำกลั่นและนำไปผึ่งให้แห้ง
ปิเปตต์ปริมาตรเดียว (Volumetric pipette)	ใช้วัดปริมาตรสารละลายที่ต้องการอย่างแม่นยำ (ได้ปริมาตรเดียว)	1. บินอากาศออกจากลูกยาง 2. สวมลูกยางที่ปลายด้านบนของปิเปตต์ 3. จุ่มปลายด้านล่างของปิเปตต์ลงในภาชนะที่มีสารละลายอยู่ 4. ดูดของเหลวขึ้นจนเลยขีดบอกปริมาตร 5. ดึงลูกยางออก และใช้นิ้วชี้มือที่กดปิดปลายปิเปตต์เพื่อช่วยปรับปริมาตรให้ถูกต้อง 6. ปล่อยสารลงในภาชนะรองรับ	1. ใส่น้ำยาทำความสะอาดเข้าไป 1/3 ของปิเปตต์ 2. เอียงปิเปตต์จนน้ำยาทำความสะอาดไปทั่วถึงทั้งปิเปตต์พร้อมทั้งหมุนปิเปตต์ไปมา 3. ปล่อยน้ำยาทำความสะอาดปิเปตต์ออกจากปลายปิเปตต์ 4. ล้างด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด และนำไปผึ่งให้แห้ง
ปิเปตต์หลายปริมาตร (Graduated pipette)	ใช้วัดปริมาตรอย่างแม่นยำ ของสารละลายที่ต้องการ (ได้หลายปริมาตร)	1. บินอากาศออกจากลูกยาง 2. สวมลูกยางที่ปลายด้านบนของปิเปตต์ 3. จุ่มปลายด้านล่างของปิเปตต์ลงในภาชนะที่มีสารละลายอยู่ 4. ดูดของเหลวขึ้นจนเลยขีดบอกปริมาตร 5. ดึงลูกยางออก และใช้นิ้วชี้มือที่กดปิดปลายปิเปตต์เพื่อช่วยปรับปริมาตรให้ถูกต้อง 6. ปล่อยสารลงในภาชนะรองรับ	1. ใส่น้ำยาทำความสะอาดเข้าไป 1/3 ของปิเปตต์ 2. เอียงปิเปตต์จนน้ำยาทำความสะอาดไปทั่วถึงทั้งปิเปตต์พร้อมทั้งหมุนปิเปตต์ไปมา 3. ปล่อยน้ำยาทำความสะอาดปิเปตต์ออกจากปลายปิเปตต์ 4. ล้างด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด และนำไปผึ่งให้แห้ง



อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
ลูกยางดูด (Pipette bulb)	ใช้ในการดูดสารเข้าไปในปิเปตต์	ลูกยางแบบธรรมดา 1. บินลูกยางเพื่อไล่อากาศ 2. สวมลูกยางที่ปลายด้านบนของปิเปตต์ และจุ่มปิเปตต์ลงในสารละลาย 3. คลายมือที่บีบลูกยาง เพื่อดูดสารละลาย ลูกยางแบบ 3 ทาง 1. สวมปิเปตต์ตรงตำแหน่งวาล์ว S ของลูกยาง 2. กดตำแหน่งวาล์ว A ไล่อากาศออก พร้อมทั้งบีบลูกยาง 3. จุ่มปิเปตต์ลงในสารละลาย และกดวาล์ว S เพื่อดูดสารละลายลงในภาชนะรองรับ	ระวังอย่าให้สารละลายไหลเข้าสู่ลูกยาง และเก็บลูกยางไว้ในที่อุณหภูมิสูง
แบบธรรมดา			
บิวเรตต์ (Burette)	ใช้บรรจุสารละลายสำหรับการไทเทรต เพื่อหาความเข้มข้น	1. เทสารละลายให้อยู่ในระดับเหนือระดับที่ต้องการเล็กน้อย 2. ปรับปริมาตรให้ได้ระดับ โดยให้ส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของสารละลายตรงกับขีดบอกปริมาตรพอดี 3. ใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และ นิ้วกลางของมือข้างหนึ่งปรับการไหลของสารละลาย	1. ใส่น้ำยาทำความสะอาดเข้าไป 1/3 ของปิเปตต์ 2. เอียงปิเปตต์จนน้ำยาทำความสะอาดไปทั่วถึงทั้งปิเปตต์พร้อมทั้งหมุนปิเปตต์ไปมา 3. ปล่อยน้ำยาทำความสะอาดปิเปตต์ออกจากปลายปิเปตต์ 4. ล้างด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด และนำไปผึ่งให้แห้ง
ขาตั้ง (Stand)	ใช้เป็นฐานเพื่อยึดเครื่องมือแก้ว	นำที่ยึดจับบิวเรตต์มาติดตั้งบนขาตั้งก่อนการไทเทรตสาร	1. อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้ 2. จัดเก็บไว้ในที่ปลอดภัย และหยิบใช้ให้สะดวก

อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
ขวยซ์จับบิวเรตต์ (Burette clamp) 	ใช้ยึดบิวเรตต์เข้ากับขาตั้ง	นำขวยซ์จับมาคล้องเพื่อยึดจับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น บิวเรตต์ก่อนการไทเทรต	1. อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้ 2. จัดเก็บไว้ในที่ปลอดภัย และหยิบใช้ให้สะดวก
กรวยแก้ว (Glass Funnel) 	ใช้แยกสารตกตะกอนออกจากสารละลาย (กรองสาร) หรือเทสาร	กรองสาร ใช้คู่กับกระดาษกรองเพื่อแยกของแข็งออกจากของเหลว เทสาร ใช้เติมสารละลายลงในบิวเรตต์	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดและล้างน้ำกลั่น ตามลำดับ ก่อนนำไปผึ่งให้แห้ง
หลอดหยดสาร (Dropper) 	ใช้ในการหยดสารละลาย	1. บีบจุกยาง พร้อมทั้งจุ่มหลอดลงในสารละลาย 2. ปลดปล่อยจุกยางเพื่อดูดสารละลาย 3. บีบจุกยางเพื่อปล่อยสารไปยังภาชนะรองรับที่ต้องการ	ทำความสะอาดด้วยวิธีดูดน้ำเข้าและบีบออก เช็ดให้แห้ง และผึ่งไว้ในภาชนะที่สะอาดจนแห้ง
ขวยซ์จับอุปกรณ์ (Tongs) 	ใช้ยึดจับอุปกรณ์ต่างๆ หรือด้วยกระเบื้องที่ร้อนๆ	นำปลายที่ยึดจับอุปกรณ์ไปจับอุปกรณ์ หรือด้วยกระเบื้องที่ร้อนด้วยมือที่ถนัด	อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้
เหล็กคีบ (Forcep) 	ใช้คีบโลหะหรือของแข็งชิ้นเล็กๆ	ใช้คีบของแข็งชิ้นเล็กๆที่ร้อน หรือมือไม่สามารถสัมผัสได้	อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้



อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
ตะเกียงเบนเสน (Bunsen burner) 	ใช้เผาหรือให้ความร้อน	1. สวมปลายสายยางข้างหนึ่งกับท่อโลหะที่ยื่นออกมาจากฐานของตะเกียง และปลายอีกข้างหนึ่งของสายยางต่อกับท่อก๊าซเชื้อเพลิง 2. ปิดช่องทางเข้าของอากาศที่ฐานของตะเกียงให้สนิท 3. จุดไฟธูปไว้ที่หัวตะเกียง แล้วเปิดก๊าซเชื้อเพลิงเข้ามาในตะเกียงจะได้เปลวไฟใหญ่ลิเลือง 4. ค่อยๆ ปิดช่องทางเข้าของอากาศที่ฐานของตะเกียงแล้วปรับให้ได้เปลวไฟไม่ลิเลิง (เปลวไฟที่ให้ความร้อนที่สุด)	1. หลังจากใช้ตะเกียงเบนเสนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ดับตะเกียงด้วยการลดปริมาณของก๊าซที่เข้ามาในตะเกียงให้น้อยลง 3. ปรับวาล์วก๊าซจนเปลวไฟที่หัวตะเกียงเลือนมาเกิดที่ฐานตะเกียง 4. ทำการปิดก๊อกก๊าซทันทีที่ปิดวาล์วก๊าซให้เรียบร้อยแล้ว
ที่กันและตะแกรง (Windshield) 	ใช้เป็นที่ตั้งสำหรับวางอุปกรณ์เพื่อเผาหรือต้มด้วยตะเกียงตะเกียงแอลกอฮอล์	ตั้งบีกเกอร์หรือขวดรูปชมพู่ เพื่อดมสารละลายที่บรรจุอยู่ โดยมีตะแกรงรองรับ	1. อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้ 2. จัดเก็บไว้ในที่ปลอดภัย และหยิบใช้ให้สะดวก
ขวดฉีดน้ำกลั่น (Wash bottle) 	ใช้ใส่น้ำกลั่นเพื่อใช้สำหรับการทดลอง	ใช้ใส่น้ำกลั่นเพื่อใช้ในการทดลองและเตรียมสารละลาย	ล้างด้วยน้ำกลั่นก่อนนำไปผึ่งให้แห้ง

อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
โถดูดความชื้น (Vacuum Desiccators)	ใช้ดูดความชื้นออกจากสารเคมี	1. ทาวาสลินบริเวณที่ฝาสัมผัสกับโถ 2. เปิดฝาโถโดยเลื่อนออกซ้าย 3. นำสารที่ต้องการดูดความชื้นวางลงบนกระเบื้องเคลือบ แล้วเลื่อนปิดฝาโถ 4. หากเลื่อนปิดฝาได้ ทำคล้ายจุกด้านบนออก เพื่อปรับความดันก่อน	นำสารดูดความชื้นมาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใหม่อีกครั้งเมื่อสารดูดความชื้นเปลี่ยนสีไปจากเดิม อบอุ่นได้สีกลับมาเหมือนเดิม และค่อยเทกลับเข้าโถใหม่อีกครั้ง โดยใช้กระดาษช่วยเท
หลอดทดลองชนิดมีฝาปิด (Culture tube)	ใช้ในการทดลองที่ต้องการป้องกันไอระเหยของสาร	1. เทสารลงในหลอดทดลอง โดยใช้มือหนึ่งจับที่ตัวหลอด ช่วงปลาย 2. หากใส่สารมากกว่า 2 ชนิด ให้ทำการเขย่าหลอดด้วยฝ่ามืออีกข้างเบาๆ หลังปิดฝา	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดโดยใช้แปรงช่วยขัด ก่อนล้างด้วยน้ำกลั่นและนำไปผึ่งให้แห้ง
ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)	ใช้จับหลอดทดลอง	ใช้จับหลอดทดลองที่บรรจุของเหลวเต็ม	อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้
ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	ใช้วางหลอดทดลอง	ใช้ตั้งหลอดทดลองต่างๆ	อย่าเก็บไว้ในที่ชื้น และทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำทุกครั้งหลังการใช้



อุปกรณ์ / เครื่อง	หลักการใช้งาน	วิธีการใช้งาน	การทำความสะอาด
ถ้วยระเหย (Evaporating dish)	ใช้เป็นภาชนะในการระเหยสารหรือทดสอบการไวไฟ	ใช้ระเหยของเหลวจนแห้งและเผา ณ อุณหภูมิที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดและล้างน้ำกลั่น ตามลำดับ ก่อนนำไปผึ่งให้แห้ง
แท่งแก้วคนสาร (Glass rod)	ใช้ในการคนสาร	ใช้ผสมสารละลายในบีกเกอร์หรือขวดรูปชมพู่	ล้างด้วยน้ำยาซักล้าง และล้างน้ำกลั่น ตามลำดับ ก่อนนำไปผึ่งให้แห้ง
กระจกนาฬิกา (Watch glass)	ใช้ปิดปากบีกเกอร์หรือใช้วางกระดานลิตมัส	1. ใช้ปิดบีกเกอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อป้องกันสารอื่นๆ ตกลงในสารละลาย 2. ใช้วางกระดานลิตมัส ในขณะที่ทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย	ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดและล้างน้ำกลั่นตามลำดับ ก่อนนำไปผึ่งให้แห้ง



อุปกรณ์วัดมวล

เครื่องชั่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดมวลทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว และถือว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ทุกห้องปฏิบัติการมีใช้งาน ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานเครื่องชั่งอย่างถูกต้องตรงตามคู่มือเครื่องชั่งที่ระบุไว้ โดยความน่าเชื่อถือของค่าการวัดมวลที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องชั่งและวิธีการใช้เครื่องชั่ง หากแบ่งตามการใช้งานจะสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

เครื่องชั่งแบบกล (Mechanical balance) หรือแบบเครื่องชั่งสามคาน

เครื่องชั่งชนิดนี้มีแขนข้างขวายอยู่ 3 แขน แขนทั้ง 3 นี้ติดกับเข็มชี้ขึ้นเดียวกัน ในแต่ละแขนมีขีดบอกน้ำหนักไว้ เช่น 0-1.0 กรัม 0-10 กรัม และ 0-100 กรัม และยังมีตุ้มน้ำหนักสำหรับเลื่อนไปมาได้อีกด้วย

เครื่องชั่งแบบไฟฟ้า (Electric balance)

เครื่องชั่งที่แสดงผลเป็นตัวเลข มีความละเอียดทั้งแบบ 2 หรือ 4 ตำแหน่ง มีความแม่นยำสูงและง่ายต่อการใช้งาน สามารถบอกค่าความละเอียดได้ถึง 0.0001 กรัม ผู้ใช้งานควรมีความระมัดระวังในการใช้งาน และรู้วิธีการดูแลรักษาที่ถูกต้อง โดยไม่ควรชั่งสิ่งของที่มีน้ำหนักเกินขีดความสามารถของเครื่องชั่ง เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหาย และต้องทำความสะอาดเครื่องชั่ง โดยใช้ผ้าที่แห้งและสะอาดเช็ดสิ่งสกปรกบริเวณเครื่องชั่งออกทุกครั้งหลังใช้งาน



เครื่องชั่งแบบไฟฟ้า



เลขนัยสำคัญ (Significant Figures)

เลขนัยสำคัญ หมายถึง ค่าตัวเลขและความหมายเชิงปริมาณที่วัด หรือคำนวณได้ในทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไป ค่าเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นค่าที่ไม่แน่นอน

แนวปฏิบัติในการใช้เลขนัยสำคัญ

1. ตัวเลขที่ไม่ใช่ 0 เป็น เลขนัยสำคัญ
เช่น 315 cm มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว, 1.864 kg มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว เป็นต้น
2. เลข 0 ที่อยู่ระหว่างตัวเลข 2 ตัวที่ไม่ใช่ศูนย์ เป็น เลขนัยสำคัญ
เช่น 905 m มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว, 60.206 kg มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว เป็นต้น
3. เลข 0 ที่อยู่ทางซ้ายของเลขที่ไม่ใช่ 0 ตัวแรก ไม่เป็น เลขนัยสำคัญ เหตุที่ใส่ไว้ก็เพื่อแสดงทศนิยม
เช่น 0.02 l มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว, 0.0000523 g มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว เป็นต้น
4. จำนวนที่มีค่ามากกว่า 1 เลขศูนย์ที่อยู่ทางขวาของจุดทศนิยมจะ เป็น เลขนัยสำคัญ
เช่น 2.0 mg มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว, 40.062 cm³ มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว และ 3.040 L มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
5. จำนวนที่มีค่าน้อยกว่า 1 เฉพาะเลขศูนย์ตัวสุดท้ายและเลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างเลขที่ไม่เป็นศูนย์เท่านั้นที่นับเป็นเลขนัยสำคัญ
เช่น 0.040 kg มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว (เพราะข้อ 3 และ 4)
0.6004 L มี 4 ตัว (เพราะข้อ 2 และ 3)
0.00780 min มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (เพราะข้อ 3 และ 4)
6. จำนวนที่ไม่มีจุดทศนิยม เลขศูนย์ตัวท้าย (ที่อยู่หลังเลขที่ไม่ใช่ศูนย์) อาจเป็นเลขนัยสำคัญหรือไม่เป็นก็ได้
เช่น 200 cm อาจมีเลขนัยสำคัญตัวเดียวคือ 2, สองตัว คือเลข 20 หรือ 3 ตัว คือ เลข 200 ก็ได้เราจะไม่ทราบแน่นอนจนกว่าจะมีข้อมูลที่มีมากกว่านี้ ในปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แก้ปัญหาโดยเขียนเลข 200 เป็น 2×10^2 จะทำให้มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว หรือ 2.0×10^2 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว หรือ 2.00×10^2 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

การปัดตัวเลข (Rounding the results)

ใช้ในการทดลองที่ระบุจำนวนเลขน้อยสำคัญ เช่น ให้บันทึกผลการทดลองเป็นเลขน้อยสำคัญ 2 ตัว หลักการปัดตัวเลขพิจารณาจากตัวเลขที่อยู่ถัดจากตำแหน่งที่ต้องการดังนี้

1. ถ้าตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่าน้อยกว่า 5 ให้ปัดตัวเลขที่อยู่ถัดไปทิ้ง (เศษปัดทิ้ง)

เช่น ต้องการให้มีเลขน้อยสำคัญ 2 ตัว จาก 6.73 ปัดเป็น 6.7

2. ถ้าตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่ามากกว่า 5 ให้เพิ่มค่าของตัวเลขตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการอีก 1 (ปัดขึ้น)

เช่น ต้องการให้มีเลขน้อยสำคัญ 3 ตัว จาก 5.727 ปัดเป็น 5.73

3. ถ้าตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 5 และมีตัวเลขอื่นที่ไม่ใช่ศูนย์ต่อจากเลข 5 ให้เพิ่มค่าของตัวเลขตำแหน่งสุดท้ายอีก 1 (ปัดขึ้น)

เช่น ต้องการให้มีเลขน้อยสำคัญ 3 ตัว จาก 83.55 หรือ 83.550 ปัดเป็น 83.6

4. ถ้าตัวเลขที่ตามหลังเลขน้อยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลข 5 และมีตัวเลขตามหลังเลข 5 ไม่ว่าจะเป็นเลขใด ๆ ก็ตาม ยกเว้น เลข 0 ให้ตัดเลข 5 ทิ้งและปัดเพิ่มเลขน้อยสำคัญตัวสุดท้ายอีก 1

เช่น ต้องการให้มีเลขน้อยสำคัญ 3 ตัว จาก 6.3452 หรือ 6.3454 ปัดเป็น 6.30

การเขียนเลขน้อยสำคัญเกี่ยวกับการคำนวณ

การบวกและการลบ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีจำนวนตัวเลขที่อยู่หลังจุดทศนิยมเท่ากับข้อมูลที่มีจำนวนตัว เลขที่อยู่หลังจุดทศนิยมน้อยที่สุด

เช่น $233.453 + 0.93 + 52.8516 = 287.2346$ บันทึกเป็น 287.23

การคูณและการหาร ผลลัพธ์ที่ได้จะมีจำนวนเลขน้อยสำคัญเท่ากับข้อมูลที่มีเลขน้อยสำคัญน้อยที่สุด

ตัวอย่าง : $24 \times 3.45 \div 100 = 0.828$ บันทึกเป็น 0.83



แบบฝึกหัด 1.2

1. การถ่ายเทของเหลวที่มีปริมาตรแน่นอนจะต้องใช้เครื่องมือชนิดใด ในการถ่ายเทของเหลวที่ถูกรวบรวม
2. จงอธิบายการใช้อุปกรณ์ ขั้นตอนการใช้อุปกรณ์ที่มีปิเปตต์เดียวและหลายปริมาตร
3. จงอธิบายขั้นตอนการใช้อุปกรณ์บิวเรตต์
4. จงคำนวณ 23.04×10^5 เป็นเลขน้อยสำคัญใด
5. 6.78×54.02 มีผลลัพธ์เท่าใด
6. ชั่งน้ำหนักได้ 54.78, 72.75 และ 37.89 ได้มวลเฉลี่ยของน้ำหนักเท่าใด





หน่วยวัด

การระบุหน่วยของการวัดปริมาณต่างๆ ในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นความยาวมวลอุณหภูมิอาจแตกต่างกันแต่ละประเทศ และในบางกรณีนำไปสู่ความเข้าใจผิดที่ทำให้เกิดความเสียหาย ดังนั้นเพื่อให้การสื่อสารข้อมูลของการวัดเป็นการเข้าใจตรงกันมากขึ้นจึงมีการตกลงร่วมกันให้มีหน่วยมาตรฐานสากลขึ้น

หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units) เป็นหน่วยการวัดพื้นฐานของหน่วยวัดอื่นๆ ทั้งหมดซึ่งสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ (Traceability) หน่วยพื้นฐานทั้ง 7 หน่วย ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units)

เชิงปริมาณ (Quantity)	หน่วยพื้นฐาน	สัญลักษณ์ (Symbol)
ความยาว (Length)	เมตร (Meter)	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม (Kilogram)	kg
เวลา (Time)	วินาที (Second)	s
กระแสไฟฟ้า (Electric current)	แอมแปร์ (Ampere)	A
อุณหภูมิ (Temperature)	เคลวิน (Kelvin)	K
ปริมาณสาร (Amount of substance)	โมล (Mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous intensity)	แคนเดลา (Candela)	cd



ตัวอย่าง จงคำนวณสาร Aหนัก 0.56 กรัม คิดเป็นกิโลกรัม มิลลิกรัม และไมโครกรัม

วิธีทำ 1 กิโลกรัม = 103 กรัม
 = 106 มิลลิกรัม
 = 109 ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น 0.56 กรัม = $\frac{0.56}{103}$ = 0.00056 = 5.6×10^{-4} กิโลกรัม
 = $\frac{0.56}{106}$ = 560000 = 5.6×10^6 มิลลิกรัม
 = $\frac{0.56}{109}$ = 560000000 = 5.6×10^8 ไมโครกรัม



ตารางที่ 1.3 หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units)

คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ค่าของจำนวน	สัญลักษณ์ยกกำลัง
atto	a	0.000 000 000 000 000 001	10^{-18}
femto	f	0.000 000 000 000 001	10^{-15}
pico	p	0.000 000 000 001	10^{-12}
nano	n	0.000 000 001	10^{-9}
micro	μ	0.000 001	10^{-6}
milli	m	0.001	10^{-3}
centi	c	0.01	10^{-2}
kilo	k	1000	10^3
mega	M	1 000 000	10^6
giga	G	1 000 000 000	10^9
tera	T	1 000 000 000 000	10^{12}



3.2 แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย (conversion factors) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นไปตามที่ต้องการ มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้



โดยแฟกเตอร์จะพิจารณาจากมาตราในหน่วยวัดโดยเทียบอัตราส่วนกัน เช่น 1 เมตร = 100 เซนติเมตร ดังนั้นเมื่อเขียนในรูปแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยจะเป็น

$$\frac{1 \text{ เมตร}}{100 \text{ เซนติเมตร}} \quad \text{และ} \quad \frac{100 \text{ เซนติเมตร}}{1 \text{ เมตร}}$$

(แปลงหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่) (แปลงหน่วยใหญ่ไปหน่วยเล็ก)

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนหน่วย 13.7 มิลลิเมตร ให้เป็น เมตร โดยใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

วิธีทำ สังเกตว่าเป็นการแปลงหน่วยเล็กไปเป็นหน่วยใหญ่ ดังนั้น

แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยของ 1 เมตร = 1000 มม คือ

$$\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ มม}} \quad \text{and} \quad \frac{1000 \text{ มม}}{1 \text{ m}}$$

เพราะฉะนั้น

$$13.7 \text{ มม} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ มม}} \times 0.0137 \text{ m}$$



หมายเหตุ

การใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยเป็นเพียงวิธีการหนึ่งในการหาคำหนดเท่านั้น ยังมีอีกหลายวิธีให้เลือกใช้ซึ่งมารายละเอียดแตกต่างกันเล็กน้อย เช่น วิธีเทียบหน่วย



ความปลอดภัยและสัญลักษณ์อันตรายจากสารเคมี

1. ความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

- การแบ่งพื้นที่ที่เหมาะสม สะดวกในการปฏิบัติงาน
- สะอาด เป็นระเบียบ เรียบร้อย
- ประตูเข้า-ออกควรมีอย่างน้อย 2 ประตู
- พื้นห้อง / พื้นโต๊ะใช้วัสดุที่ทำความสะอาดง่าย ทนสารเคมี
- มีระบบการส่องสว่าง ความสว่างไม่น้อยกว่า 50 foot-candle
- มีระบบแจ้งเตือนภัย (ตรวจสอบปี 1 ครั้ง)
- มีระบบไฟฟ้าที่อยู่ในสภาพดีมีการต่อสายดินกันไฟฟ้าลัดวงจร
- มีระบบตัดไฟ / ตัดแก๊สอัตโนมัติ เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
- มีระบบสายล่อฟ้า



2. สัญลักษณ์อันตรายจากสารเคมี

Physical Hazards



วัตถุระเบิด



สารไวไฟ



สารออกซิไดซ์



ก๊าซระคายเคืองต่อความดัน



สารที่กัดกร่อน

Health Hazards



สารอันตรายถึงชีวิต



สารกัดกร่อน



ระวัง



สารอันตรายต่อสุขภาพ



สารอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

สัญลักษณ์แสดงอันตราย ตามแนวทาง GHS
(Globally Harmonized System of Classification Labeling of Chemicals)

การแยกประเภทและสัญลักษณ์ความเป็นอันตรายด้านกายภาพของสารเคมี

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบาย
วัตถุระเบิด (Explosives)	• สารในรูปของแข็งหรือของเหลว เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดแก๊สที่อุณหภูมิและความดันสูงจนทำให้เกิดความเสียหายให้กับสิ่งโดยรอบ • สารดอกไม้เพลิง (Pyrotechnic substance)
แก๊สไวไฟ (Flammable gases)	• แก๊สที่มีความไวไฟกับอากาศที่อุณหภูมิ 20°C ที่ความดันบรรยากาศ 101.3 kPa
สารละอองลอยไวไฟ (Flammable aerosols)	• สารละอองลอยที่มีคุณสมบัติไวไฟ หรือมีส่วนประกอบของสารไวไฟ
แก๊สออกซิไดซ์ (Oxidizing gases)	• แก๊สที่ให้ออกซิเจนได้ ซึ่งเป็นแก๊สที่เป็นสาเหตุของการเกิดการเผาไหม้มากกว่าสารอื่น
แก๊สภายใต้ความดัน (Gases under pressure)	• แก๊สที่มีความดันไม่ต่ำกว่า 200 kPa ที่ถูกอัดไว้ในภาชนะบรรจุ ในรูปของ แก๊สอัด แก๊สเหลว แก๊สในสารละลาย และแก๊สเหลวในอุณหภูมิต่ำ