

คู่มือเรียนรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



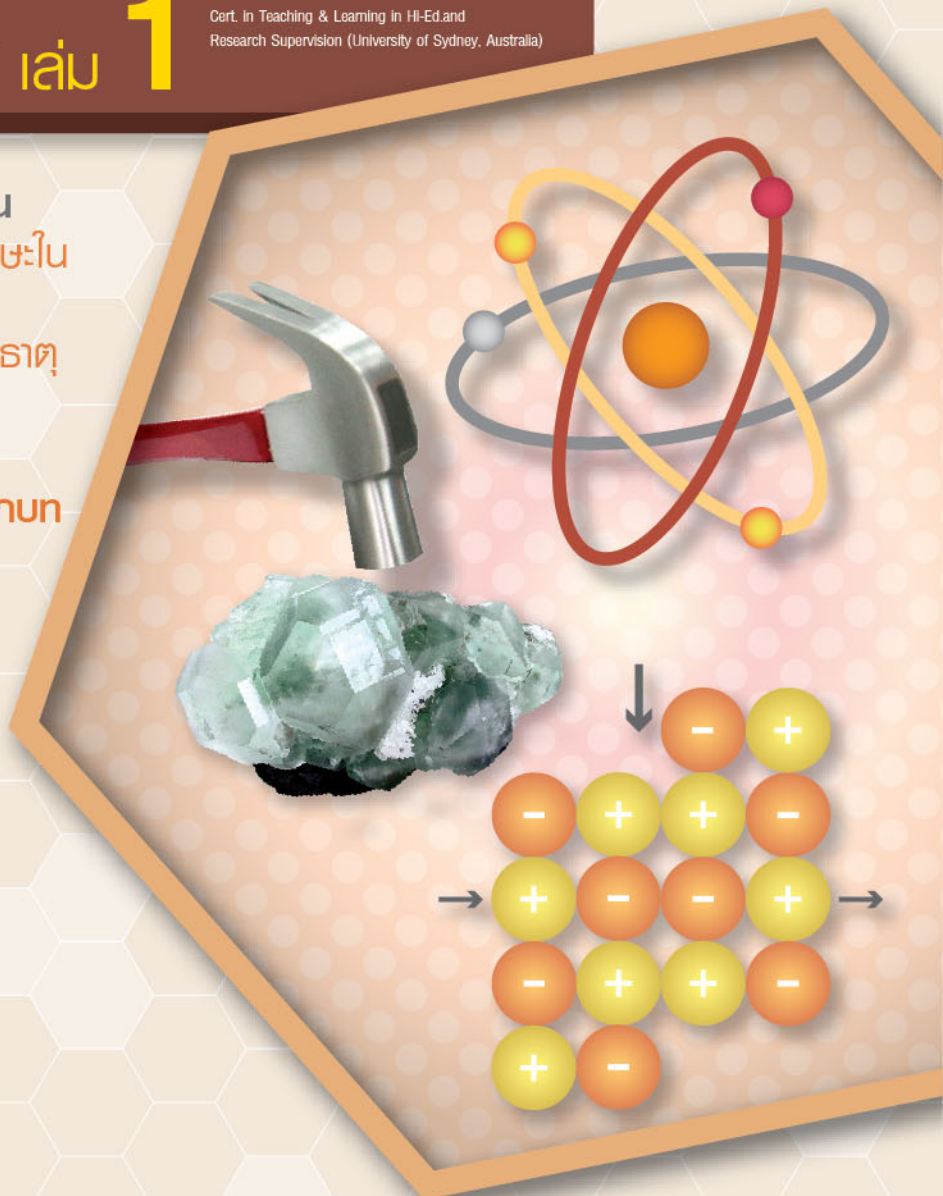
เคมี

ม.4 เล่ม 1

โดย
สำราญ พงษ์สุนทร
กศ.บ. เกียรตินิยมอันดับ 1 (เคมี)
กศ.บ. (เคมี)
Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed. and
Research Supervision (University of Sydney, Australia)

- เนื้อหาละเอียดครบถ้วน
 - ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี
 - อะตอมและสมบัติของธาตุ
 - พันธะเคมี
- ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ปี 2520-ปัจจุบัน ครบทุกบท

**ล่าสุด
เพิ่ม** **แนวข้อสอบ
A-Level**
พร้อมเฉลยครบถ้วน



หนังสือเล่มนี้พิมพ์จากกระดาษดีนบีเอ
กระดาษจากก้นนา ช่วยแก้ปัญหาโลกร้อน



☎ 02 279 6222

🌐 www.porsor.com

📘 @pspattana

💬 @porsor

🐦 @porsor_th

📷 @porsor_th

คู่มือ  รายวิชาเพิ่มเติม
วิทยาศาสตร์ 

กลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551
(ฉบับปรับปรุง
พ.ศ. 2560)

เคมี ม.4 เล่ม 1

ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย

ปี 2520 ถึงปัจจุบัน + แนวข้อสอบ **A-Level**

พร้อมเฉลยละเอียดครบทุกบท

เนื้อหาทุกเรื่องละเอียดสมบูรณ์
ตามแนวหนังสือเรียน
ของ สสวท. ปี 2561
เกินหลักสูตรเพื่อครอบคลุม
ข้อสอบมหาวิทยาลัย

เนื้อหา

- + ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี
- + อะตอมและสมบัติของธาตุ
- + พันธะเคมี



เรียบเรียงโดย

สำราญ พฤกษ์สุนทร กศ.บ. เกียรตินิยมอันดับ 1 (เคมี) กศ.ม. (เคมี)

Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed. and

Research Supervision (University of Sydney, Australia)

อาจารย์สอนวิชาเคมีสถาบันกวดวิชาหลายสถาบัน

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558

คู่มือรายวิชาเคมีเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์เคมี ม. 4 เล่ม 1

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ชื่อผู้เรียบเรียง สำราญ พงษ์สุนทร

บรรณาธิการ อรศรี ไกรนพจนวนรรัตน์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ(ศิลปกรรม) อมรศักดิ์ บุญเรือง

รูปเล่ม อูไรพรรณ บุญเรือง

ฝ่ายศิลป์ สุพรรณษา เทพารส

พิสูจน์อักษร สำราญ พงษ์สุนทร

พิรุณณิชา ใบสุวรรณ

ณัฐธินัน ลุกเสืออติรา

ปก อมรศักดิ์ บุญเรือง

หนังสือเล่มนี้พิมพ์จากกระดาษดิบเบิ้ล เอ
กระดาษจากคันนา ช่วยแก้ปัญหาโลกร้อน



กระดาษจากคันนา



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
แนะนำหรือวิจารณ์หนังสือเล่มนี้ได้ที่

www.thaibookrecommend.com

จัดพิมพ์ : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด

12 หม่อมแฝดแยก 3 ถนนพระราม 6 ซอย 41

แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

โทร. 02-279-6222

โทรสาร 02-279-6203-4

พิมพ์ที่ : เพิ่มทรัพย์การพิมพ์

117/22 หมู่ 5 ซอยบางไผ่พัฒนา ถนนนครอินทร์ ตำบลบางไผ่

อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

ผู้พิมพ์ : ผู้โฆษณา

นายธนพัฒน์ สุขมงคลกุล

คำนำ



วิทยาศาสตร์

คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม



หนังสือเคมี ม.4 เล่ม 1 ที่จัดทำขึ้นใหม่นี้ ผู้เขียนได้จัดทำตามสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงใหม่ พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาตามแนวหนังสือเรียนของ สสวท. ปี 2561 แต่เนื้อหาละเอียดกว่าและมีข้อสอบมากกว่า เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนที่เป็นข้อสอบแต่ละบทเป็นข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ปี 2520 ถึงปัจจุบัน (บทที่ 1 มีข้อสอบเพิ่มเติม) แนวข้อสอบ A-Level ท้ายเล่ม พร้อมเฉลยละเอียด

ก่อนเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนได้วิเคราะห์ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยในปีที่ผ่านมา มาเพื่อให้รู้ว่่านักเรียนควรมีความรู้เรื่องใดมากน้อยแค่ไหน จะได้เป็นแนวทางในการเรียบเรียงครั้งนี้ ดังนั้น เนื้อหาบางตอนหรือบางเรื่องจึงละเอียดกว่าในหนังสือเรียนของ สสวท. ทั้งนี้ก็เพื่อให้สอดคล้องกับข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยทุกระบบที่ผู้เขียนได้วิเคราะห์ห้มาั่นเอง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยของแต่ละบท ก็แยกไว้ท้ายบท เพื่อให้นักเรียนได้เห็นแนวทางข้อสอบได้ง่ายเพื่อประโยชน์ในการสอบครั้งต่อไป การเฉลยข้อสอบแต่ละบทก็เฉลยให้ละเอียด เพื่อให้นักเรียนได้รู้วิธีคิดหรือเหตุผลของการตอบแต่ละข้อ

ผู้เขียนจึงหวังอย่างยิ่งว่า นักเรียนหรือผู้ที่สนใจคงได้รับประโยชน์จากหนังสือเล่มนี้มากพอสมควร อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้รับประโยชน์จากหนังสือเล่มนี้อย่างแท้จริง นักเรียนควรทำข้อสอบทุกข้อด้วยตนเองก่อนที่จะดูคำเฉลย หากนักเรียนสงสัยหรือมีปัญหาอะไร สามารถสอบถามได้ที่ บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด

ด้วยความปรารถนาดี

(ลำราญ พฤกษ์สุนทร)

สารบัญ คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์

บทที่ 1	ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี	1
1.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี	1
1.1.1	อุปกรณ์วัดปริมาตร	1
1.1.2	อุปกรณ์วัดมวล	7
1.1.3	อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี	8
1.2	การวัดปริมาณสาร	11
1.3	เลขนัยสำคัญ	12
1.3.1	การนับเลขนัยสำคัญ	13
1.4	หน่วยวัด	15
1.4.1	หน่วยในระบบ SI	15
1.4.2	หน่วยนอกระบบ SI	17
1.4.3	แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย	17
1.5	ความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี	22
1.5.1	ประเภทของสารเคมี	22
1.5.2	ข้อควรปฏิบัติเมื่อทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี	25
1.5.3	การกำจัดสารเคมี	27
1.6	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	27
1.6.1	วิธีการทางวิทยาศาสตร์	27
1.6.2	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	30
1.6.3	เจตคติทางวิทยาศาสตร์	31
	ตัวอย่างข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยและข้อสอบเพิ่มเติม	
	บทที่ 1 ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี	32
	เฉลยละเอียดตัวอย่างข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยและข้อสอบเพิ่มเติม	
	บทที่ 1 ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี	39

บทที่ 2 อะตอมและสมบัติของธาตุ	43
2.1 แบบจำลองอะตอม	43
2.1.1 แบบจำลองอะตอมของดอลตัน	43
2.1.2 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน	44
2.1.2.1 การนำไฟฟ้าของสาร	44
2.1.2.2 หลอดรังสีแคโทด	45
2.1.3 แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	51
2.1.3.1 อนุภาคมูลฐานของอะตอม	53
2.1.3.2 เลขอะตอม เลขมวล ไอโซโทป ไอโซบาร์ และไอโซโทน	55
2.1.4 แบบจำลองอะตอมของโบร์	61
2.1.4.1 คลื่นและสมบัติของคลื่นแสง	61
2.1.4.2 สเปกตรัม	62
2.1.4.3 เส้นสเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย	65
2.1.4.4 การใช้แบบจำลองอะตอมของโบร์อธิบายอะตอมของไฮโดรเจน	70
2.1.5 แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก	72
2.1.6 พลังงานไอออไนเซชัน	73
2.1.6.1 ผลต่างพลังงานของระดับพลังงานต่างๆ	79
2.1.6.2 การจัดอิเล็กตรอนในอะตอม	81
2.1.6.3 การจัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย	83
2.1.6.4 การจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัล	88
2.2 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุหมู่หลัก	91
2.2.1 วิวัฒนาการของการสร้างตารางธาตุ	91
2.2.2 ตารางธาตุในปัจจุบัน	95
2.2.3 การแบ่งตารางธาตุออกเป็นตอนหรือเขต	97
2.2.4 ลักษณะสำคัญของธาตุภายในหมู่เดียวกัน	99
2.2.5 ลักษณะสำคัญของธาตุภายในคาบเดียวกัน	99
2.2.6 การบอกตำแหน่งของธาตุในตารางธาตุ เมื่อทราบการจัดอิเล็กตรอน หรือทราบเลขอะตอม	99
2.2.7 การเรียกชื่อธาตุที่มีเลขอะตอมมากกว่า 100 ในระบบ IUPAC	100

2.2.8	สมบัติของธาตุตามหมู่และตามคาบ	101
2.2.8.1	แนวโน้มของขนาดอะตอม	101
2.2.8.2	แนวโน้มของขนาดไอออน	106
2.2.8.3	แนวโน้มของค่าพลังงานไอออไนเซชัน	110
2.2.8.4	แนวโน้มของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี	113
2.2.8.5	แนวโน้มของสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน	115
2.2.8.6	แนวโน้มของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค	117
2.2.8.7	แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด	119
2.2.8.8	แนวโน้มของค่าความหนาแน่น	121
2.2.8.9	แนวโน้มของความเป็นโลหะและอโลหะ	122
2.3	สมบัติของธาตุตามหมู่	125
2.3.1	ธาตุหมู่ IA	125
2.3.2	ธาตุหมู่ IIA	126
2.3.3	ธาตุหมู่ VIIA	127
2.3.4	แก๊สเฉื่อยหรือแก๊สมีตระกูล	130
2.4	แนวโน้มความว่องไวของธาตุในการเกิดปฏิกิริยาเคมี	131
2.5	ตำแหน่งของธาตุไฮโดรเจนในตารางธาตุ	133
2.6	ธาตุกึ่งโลหะหรือเมทัลลอยด์	133
2.7	ธาตุแทรนซิชัน	134
2.7.1	สมบัติของธาตุแทรนซิชัน	137
2.7.2	สารประกอบของธาตุแทรนซิชัน	139
2.8	ธาตุกัมมันตรังสี	142
2.8.1	การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	143
2.8.2	วิธีตรวจสอบการแผ่รังสีของสาร	145
2.8.3	ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี	146
2.8.4	ปฏิกิริยานิวเคลียร์	148
2.8.5	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกัมมันตรังสี	150
2.8.6	โทษของธาตุกัมมันตรังสี	151
2.9	การทำนายตำแหน่งและสมบัติของธาตุในตารางธาตุ	152
2.10	การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต	
	และสิ่งแวดล้อม	153

	2.10.1 ประโยชน์ของธาตุบางชนิด	153
	2.10.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	161
	 ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยปี2520 ถึง ปัจจุบัน	
	 บทที่ 2 อะตอมและสมบัติของธาตุ	162
	เฉลยละเอียดข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยปี2520 ถึง ปัจจุบัน	
	บทที่ 2 อะตอมและสมบัติของธาตุ	196
บทที่ 3	พันธะเคมี	219
3.1	พันธะไอออนิก	219
3.1.1	การเกิดพันธะไอออนิก	219
3.1.2	พลังงานกับการเกิดพันธะไอออนิก	221
3.1.3	วัฏจักรบอร์รันทาเลอร์	224
3.1.4	โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	226
3.1.5	การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	228
3.1.6	สมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก	232
3.1.7	การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	234
	3.1.7.1 กลไกการละลายของสารประกอบไอออนิก	234
	3.1.7.2 พลังงานกับการละลายของสารประกอบไอออนิก	235
	3.1.7.3 ความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	239
	3.1.7.4 สมการไอออนิก	242
3.2	พันธะโคเวเลนต์	243
3.2.1	การเกิดพันธะโคเวเลนต์	243
3.2.2	ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	247
3.2.3	ข้อยกเว้นของกฎออกเตต	249
3.2.4	ธาตุกับพันธะโคเวเลนต์	249
3.2.5	จำนวนพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์	250
3.2.6	การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	250
	3.2.6.1 การเขียนสูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์	250
	3.2.6.2 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารโคเวเลนต์	252
	3.2.6.3 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	257

3.2.7	พลังงานพันธะและความยาวพันธะ	258
3.2.8	การสลายพันธะและการเกิดพันธะ	261
3.2.9	เรโซแนนซ์	264
3.2.10	รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	266
3.2.11	ผลของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่อค่ามุมระหว่างพันธะ	273
3.2.12	สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	275
3.2.13	หลักการพิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลโดยอาศัยผลบวก ของขั้วพันธะโดยวิธีการทางเวกเตอร์	279
3.2.14	อิเล็กโตรเนกาติวิตีกับเปอร์เซ็นต์พันธะโคเวเลนต์ และเปอร์เซ็นต์พันธะไอออนิก	281
3.2.15	พันธะโคเวเลนต์ในสารประกอบไอออนิก	283
3.2.16	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	284
3.2.16.1	การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล	287
3.2.16.2	ผลของพันธะไฮโดรเจนต่อสมบัติของสาร	289
3.2.17	สมบัติของโมเลกุลโคเวเลนต์	292
3.2.18	สารโครงผลึกράงตาข่าย	292
3.3	พันธะโลหะ	295
3.3.1	พันธะโลหะกับสมบัติบางประการของโลหะ	295
	ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยปี2520 ถึง ปัจจุบัน	
	บทที่ 3 พันธะเคมี	298
	เฉลยละเอียดข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยปี2520 ถึง ปัจจุบัน	
	บทที่ 3 พันธะเคมี	330
	แนวข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย A-Level	356
	เฉลยละเอียดแนวข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย A-Level	365





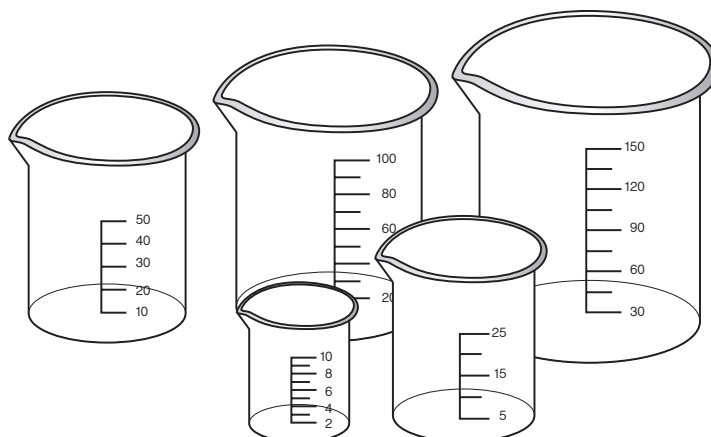
1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี

การทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี นักเรียนจำเป็นต้องรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมทั้งวิธีใช้อย่างถูกต้อง อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเคมีแบ่งออกได้หลายประเภท เช่น อุปกรณ์สำหรับวัดปริมาตร อุปกรณ์วัดปริมาณ และอุปกรณ์อื่นๆ

1.1.1 อุปกรณ์วัดปริมาตร อุปกรณ์วัดปริมาตรสารที่เป็นของเหลวในห้องปฏิบัติการเคมี มีหลายชนิดดังนี้

1.1.1.1 บีกเกอร์ (Beaker) บีกเกอร์เป็นแก้วใสใช้สำหรับบรรจุสารที่มีปริมาณมาก มีขีดบอกปริมาตรเป็นมิลลิลิตร (ml)

บีกเกอร์มีปากแหลมคล้ายปากนก ใช้สำหรับเทสารใช้วัดปริมาตรของของเหลวโดยประมาณ มีความคลาดเคลื่อนสูงเพราะมีปากกว้าง เมื่อเทของเหลวใส่บีกเกอร์ต่ำกว่าหรือสูงกว่าขีดบอกปริมาตรเพียงเล็กน้อย ค่าจะคลาดเคลื่อนมาก ประโยชน์ของบีกเกอร์ใช้บรรจุสารปริมาณมากเพื่อเตรียมทดลองใช้สำหรับต้มสารปริมาณมาก ๆ ใช้สำหรับเตรียมสารละลายต่าง ๆ ใช้สำหรับการตกตะกอนสาร เป็นต้น ขนาดที่ใช้โดยทั่วไปมีความจุ 5 ml ถึง 5,000 ml

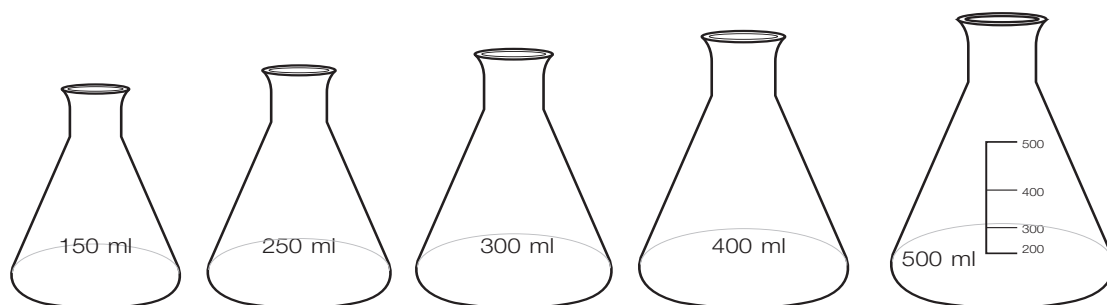


รูปที่ 1.1 บีกเกอร์



1.1.1.2 ขวดรูปกรวย (Erlenmeyer flask)

ขวดรูปกรวยหรือขวดรูปชมพู่ เป็นขวดแก้วคอยาว ก้นแบน มีขีดแสดงปริมาตรกำกับอยู่รอบคอขวด หน่วยเป็นมิลลิลิตร (ml) ถ้าใช้วัดปริมาตรก็วัดได้เพียงค่าโดยประมาณ เช่นเดียวกับบีกเกอร์แต่วัดได้ถูกต้องกว่าเพราะคอขวดแคบกว่า โดยทั่วไปมีตั้งแต่ 50 ml ถึง 2,000 ml ขวดรูปกรวยนิยมใช้บรรจุของเหลว แล้วปิดด้วยจุกยางหรือจุกไม้คอร์กเพื่อเขย่า ใช้บรรจุสารเพื่อไทเทรต เป็นต้น (ดูรายละเอียดเรื่องกรด-เบส ในเคมี ม. 5 เล่ม 4)

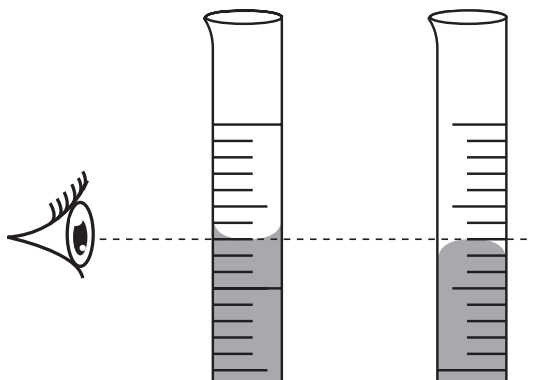


รูปที่ 1.2 ขวดรูปกรวย

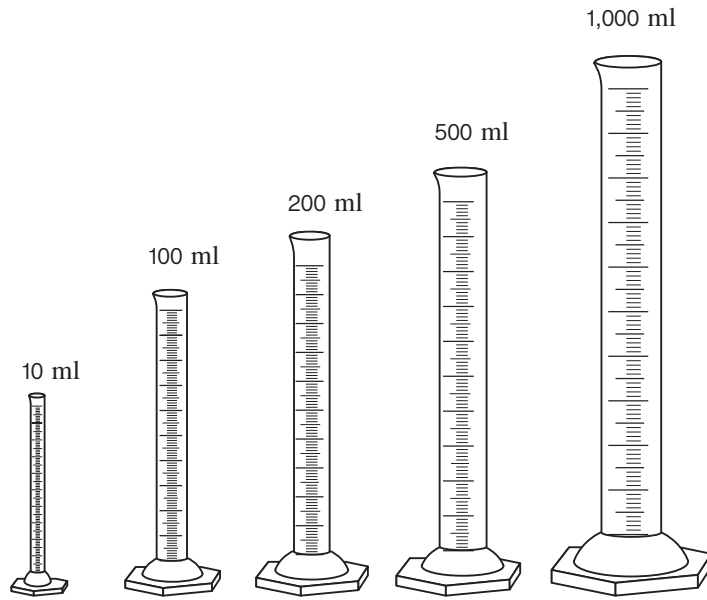
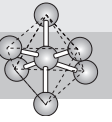
1.1.1.3

กระบอกตวง (Cylinder)

กระบอกตวงทำจากแก้ว มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีขีดบอกปริมาตร ใช้สำหรับวัดปริมาตรของของเหลว มีตั้งแต่ขนาด 5 ml ถึง 2,000 ml กระบอกตวงวัดปริมาตรได้แม่นยำกว่าบีกเกอร์และขวดรูปกรวย เพราะมีปากที่แคบกว่า เนื่องจากเมื่อของเหลวอยู่ในกระบอกตวง ส่วนบนสุดของเหลวบางชนิดจะโค้งลง เช่น น้ำ และของเหลวบางชนิดจะโค้งขึ้น เช่น โปรท วิธีอ่านปริมาตรให้อ่านตรงจุดต่ำสุดหรือจุดสูงสุดของของเหลวนั้น



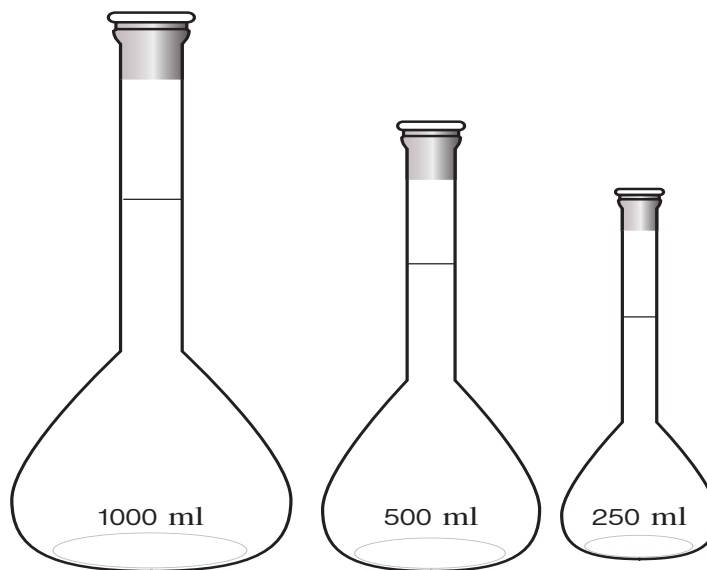
รูปที่ 1.3 วิธีอ่านปริมาตรของของเหลวในกระบอกตวง



รูปที่ 1.4 กระจกบอกตวงขนาดต่างๆ

1.1.1.4 ขวดวัดปริมาตรหรือขวดกำหนดปริมาตร (Volumetric flask) ขวดวัดปริมาตรเป็นขวดแก้วคอยาว มีขีดแสดงปริมาตรกำกับอยู่ด้านบนเพียงขีดเดียว ขนาดที่ใช้มีตั้งแต่ 50 ml, ถึง 2,000 ml

ขวดวัดปริมาตรใช้สำหรับวัดปริมาตร เมื่อต้องการเตรียมสารละลายที่ต้องการความเข้มข้นแน่นอน เมื่อต้องการเขย่าสารละลายก็ใช้จุกปิดปากขวด



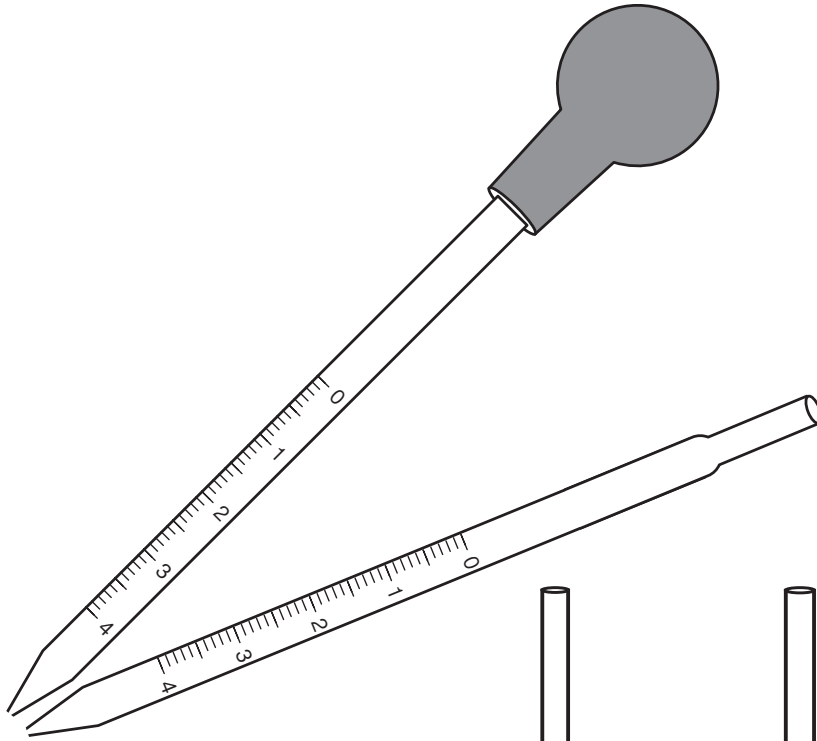
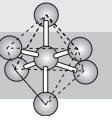
รูปที่ 1.5 ขวดวัดปริมาตรขนาดต่างๆ



1.1.1.5 ปิเปตต์ (Pipette) ปิเปตต์เป็นหลอดแก้วยาวปลายเปิด เป็นอุปกรณ์ที่วัดปริมาตรของของเหลวที่มีความแม่นยำสูง วัดได้ละเอียดถูกต้องมากกว่ากระบอกตวง ใช้สำหรับถ่ายเทของเหลวตามปริมาตรที่ต้องการ

ปิเปตต์ มี 2 ชนิด คือ **ปิเปตต์แบบปริมาตร (Volumetric pipette หรือ Transfer pipette)** ปิเปตต์ชนิดนี้มีขีดบอกปริมาตรที่แน่นอนเพียงขีดเดียว มีกระเปาะตรงกลาง มีตั้งแต่ความจุ 1 ml ถึง 100 ml ปิเปตต์ที่มีความจุมาก มีความผิดพลาดในการวัดปริมาตรมากกว่าปิเปตต์ที่มีความจุน้อย **ปิเปตต์แบบใช้ตวง (Graduated pipette หรือ Measuring pipette)** ปิเปตต์ชนิดนี้มีขีดบอกปริมาตรต่างๆ แสดงไว้ ทำให้สามารถวัดปริมาตรได้มากกว่าชนิดแรก หรือใช้แทนปิเปตต์แบบปริมาตรได้ แต่มีความแม่นยำน้อยกว่า ปิเปตต์ชนิดนี้ส่วนใหญ่มีความจุ 2 ml ถึง 50 ml

- การใช้ปิเปตต์ต้องมีลูกยางร่วมด้วย โดยนำลูกยางที่จะสวมกับปิเปตต์ บีบอากาศออกจากลูกยาง แล้วนำลูกยางไปสวมที่ปลายด้านบนของปิเปตต์ จากนั้นจุ่มปิเปตต์ลงในของเหลวที่จะวัดปริมาตร ให้ปลายปิเปตต์อยู่ต่ำกว่าระดับของเหลว จากนั้นค่อยๆ คลายมือที่บีบลูกยางเพื่อให้ของเหลวถูกดูดเข้าสู่ปิเปตต์ และให้ดูดของเหลวขึ้นมาในปิเปตต์จนเลยขีดบอกปริมาตรประมาณ 1 เซนติเมตร ดึงลูกยางออกให้นิ้วชี้ข้างที่ถนัดปิดปลายด้านบนของปิเปตต์ให้แน่นทันที จากนั้นจับก้านปิเปตต์ด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วกลาง แล้วยกปิเปตต์ขึ้นให้พ้นจากของเหลว ใช้กระดาษที่สะอาดซับของเหลวที่เกาะอยู่ด้านบนของปิเปตต์ให้แห้ง จากนั้นจับปิเปตต์ให้ตั้งตรงแล้วค่อยๆ ปล่อยนิ้วชี้ที่ปิดปิเปตต์เพื่อให้ของเหลวที่เกินขีดบอกปริมาตรไหลออกไปจนกระทั่งส่วนโค้งของของเหลวอยู่ตรงตำแหน่งขีดบอกปริมาตรพอดี แล้วใช้นิ้วชี้ปิดให้แน่น จากนั้นถ่ายของเหลวในปิเปตต์ลงสู่ภาชนะที่ต้องการ โดยจับปิเปตต์ให้ตั้งตรงในแนวตั้ง แล้วปล่อยนิ้วชี้ให้ของเหลวในปิเปตต์ไหลลงสู่ภาชนะที่ต้องการตามแรงโน้มถ่วง แล้วแตะหรือเคาะปลายปิเปตต์กับข้างภาชนะ ก็จะได้ของเหลวตามปริมาตรที่ต้องการและแม่นยำ



ปิเปตต์แบบใช้ตวง



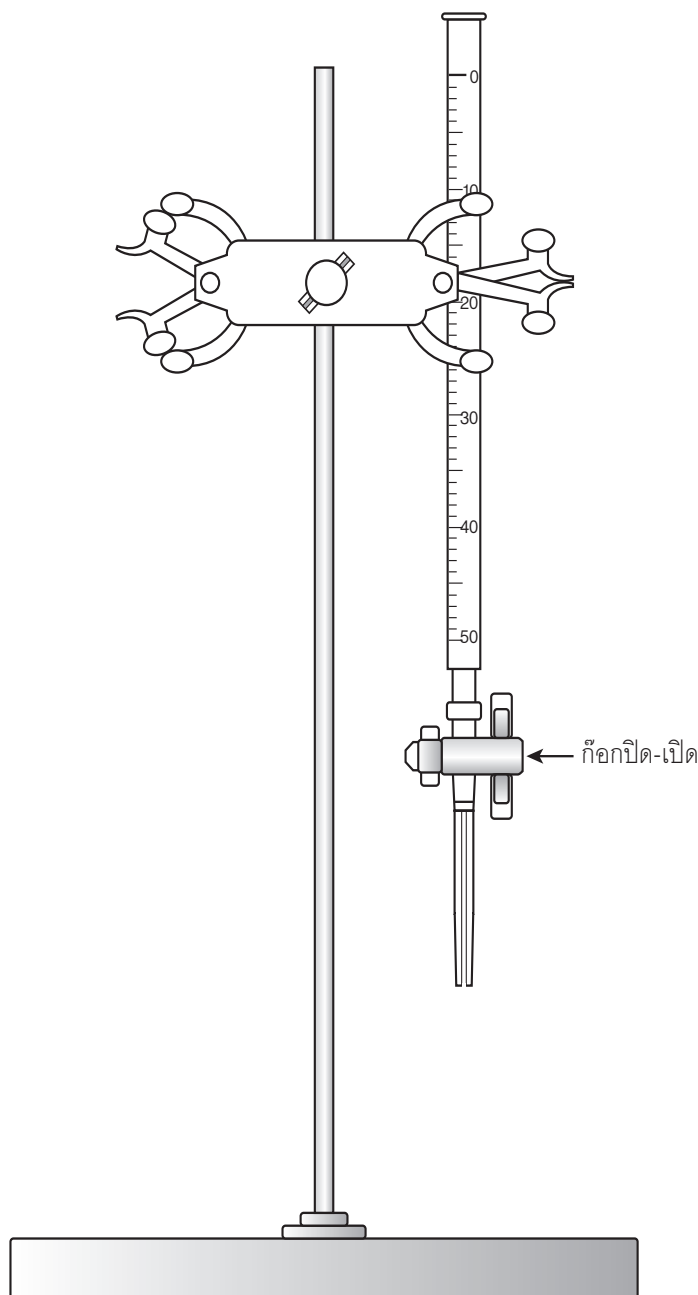
ปิเปตต์แบบปริมาตร

รูปที่ 1.6 ปิเปตต์แบบต่างๆ

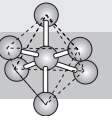


1.1.1.6 บิวเรตต์ (Burette) บิวเรตต์ เป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่มีขีดบอกปริมาตรต่างๆ ไปได้ ปลายข้างหนึ่งมีก๊อกปิดเปิด (Stop cock) ให้ความควบคุมการไหลของของเหลวออกจากบิวเรตต์ บิวเรตต์มีหลายขนาด ตั้งแต่ความจุ 10 ml ถึง 100 ml จะใช้ขนาดใดขึ้นอยู่กับปริมาตรที่ต้องการทดลองในแต่ละครั้ง

บิวเรตต์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในเคมีวิเคราะห์ เช่น วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายกรด สารละลายเบส เป็นต้น (ดูรายละเอียดเรื่องกรด - เบส ในเคมี ม. 5 เล่ม 4)



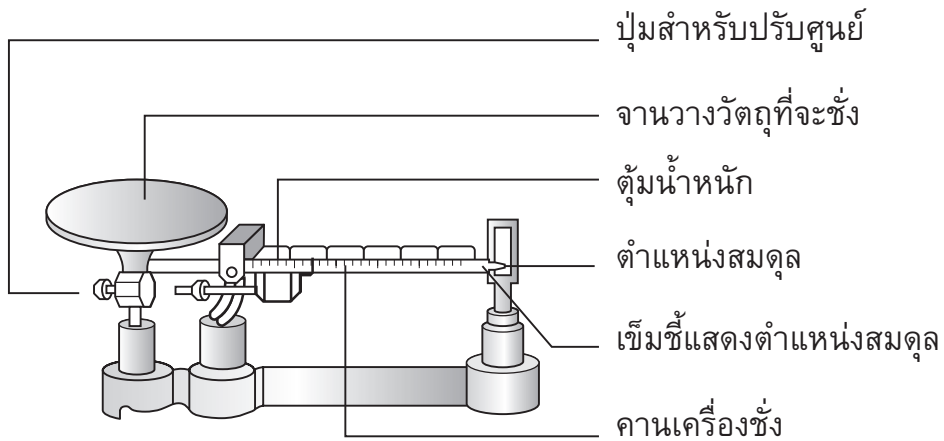
รูปที่ 1.7 บิวเรตต์



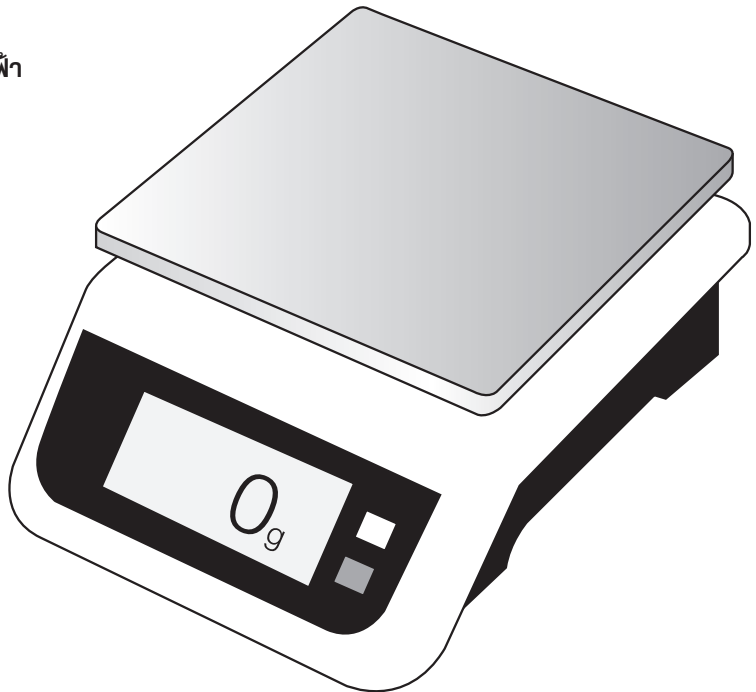
1.1.2 อุปกรณ์วัดมวล

การวัดมวลหรือน้ำหนักของสาร วัดโดยใช้เครื่องชั่งชนิดต่างๆ เครื่องชั่งที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ เครื่องชั่งแบบสามคาน (Triple beam) และเครื่องชั่งไฟฟ้า (Electronic balance) ดูรูป 1.8

ก. เครื่องชั่งแบบสามคาน



ข. เครื่องชั่งไฟฟ้า



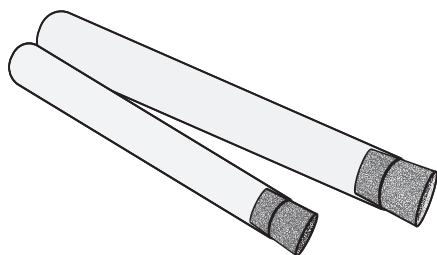
รูปที่ 1.8 เครื่องชั่งแบบสามคานและเครื่องชั่งไฟฟ้า

ปัจจุบันนิยมใช้เครื่องชั่งแบบไฟฟ้า เพราะใช้สะดวกและวัดได้ละเอียด 0.01 ถึง 0.00001 ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องชั่ง

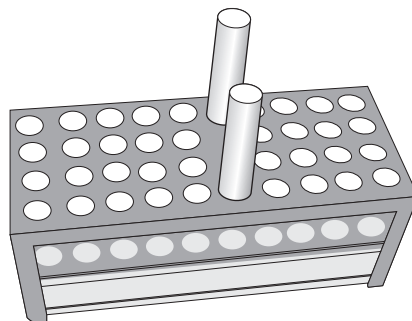


1.1.3 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี

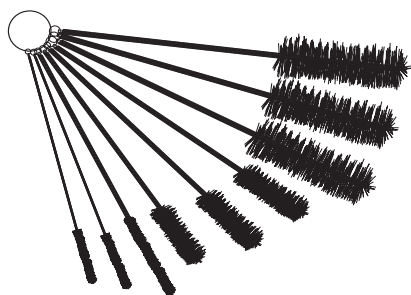
อุปกรณ์อื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นที่ใช้บ่อยในห้องปฏิบัติการทางเคมีมีดังนี้



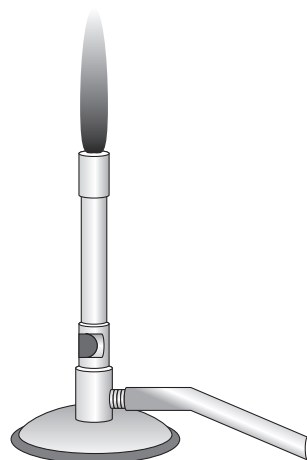
ก. หลอดทดลองพร้อมจุกปิด



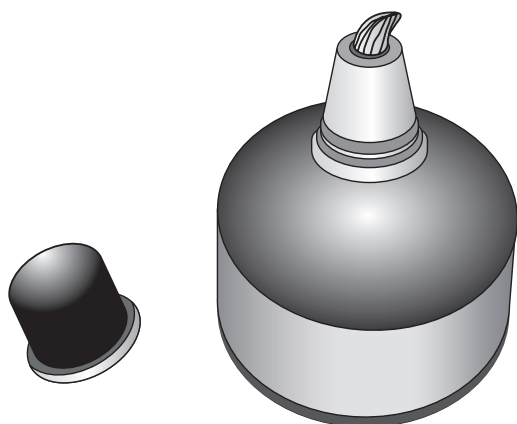
ข. ที่ตั้งหลอดทดลอง



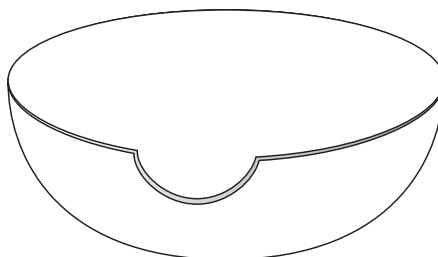
ค. แปรงล้างหลอดทดลอง



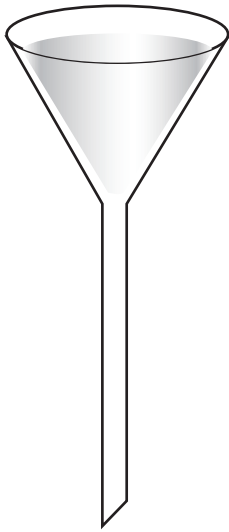
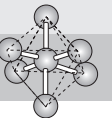
ฅ. ตะเกียงบุนเซน ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง



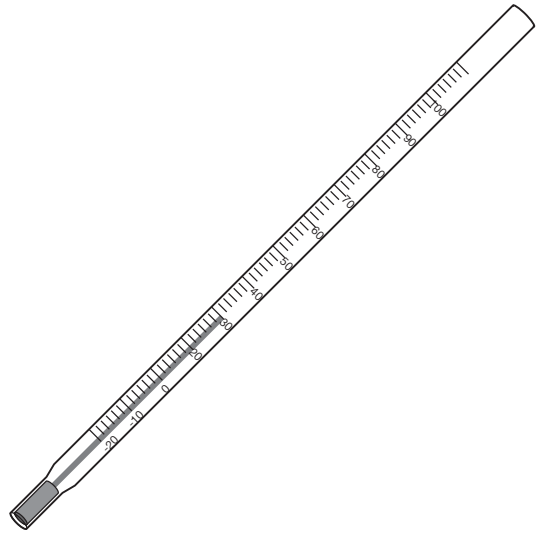
ง. ตะเกียงแอลกอฮอล์



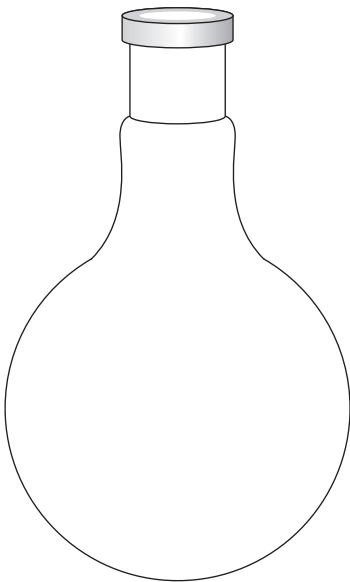
จ. ถ้วยระเหย



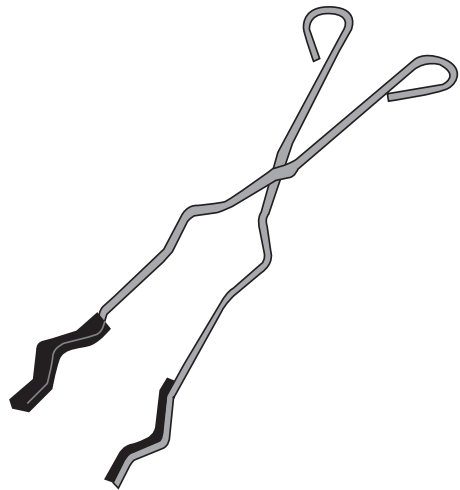
จ. กรวยกรองแบบแก้ว



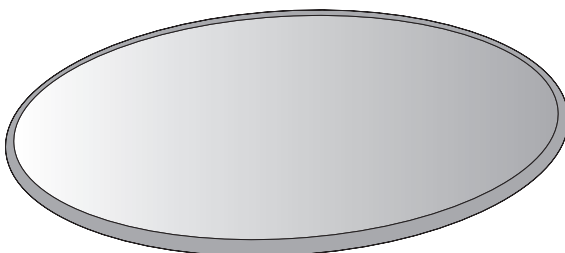
ข. เทอร์โมมิเตอร์



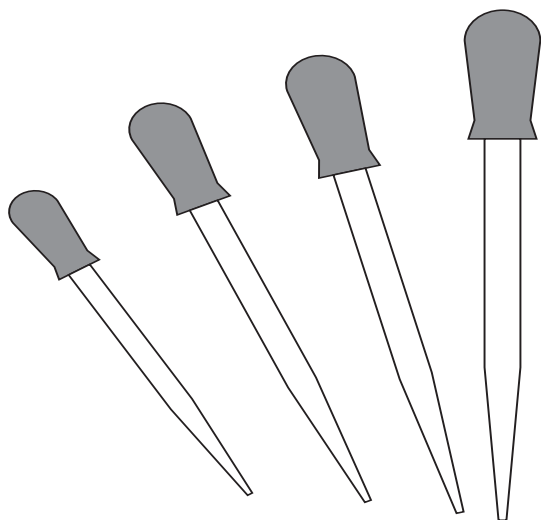
ช. ขวดก้นกลม



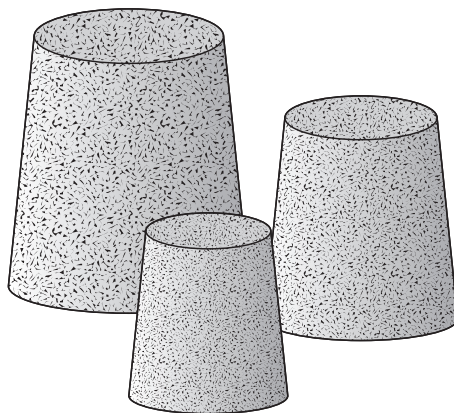
ฉ. คีมคีบหลอดทดลอง



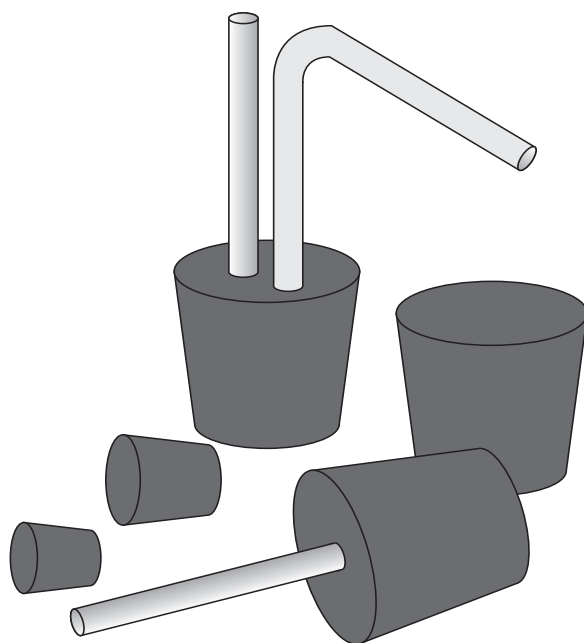
ญ. กระจกนาฬิกา



ก. หลอดหยด

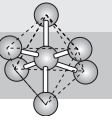


ข. จุกไม้คอร์ก



ค. จุกยางแบบต่างๆ

รูปที่ 1.9 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้บ่อยในห้องปฏิบัติการเคมี (รูป ก-ค)



1.2 การวัดปริมาณสาร

ในการทดลองทางเคมีจำเป็นต้องมี การชั่ง การตวง และการวัดปริมาตร ซึ่งการชั่ง ตวง หรือวัด อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ อาจเกิดจากผู้ทดลองหรืออุปกรณ์ที่ใช้ ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลการทดลองที่มากกว่า หรือน้อยกว่าค่าที่แท้จริงได้ การทดลองแต่ละครั้งต้องได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมี 2 ส่วนด้วยกัน คือ **ความเที่ยง** และ **ความแม่นยำ** ของข้อมูล ทั้งสองอย่างนี้บางคนคิดว่าเหมือนกัน แต่ในความเป็นจริงทั้งสองอย่างแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง

ความเที่ยง (Precision) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำกันหลายๆ ครั้ง แล้วได้ผลที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกันมากทุกครั้ง

ความแม่นยำ (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทดลอง มีค่าแต่ละครั้งใกล้เคียงกัน และตรงหรือใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากที่สุด

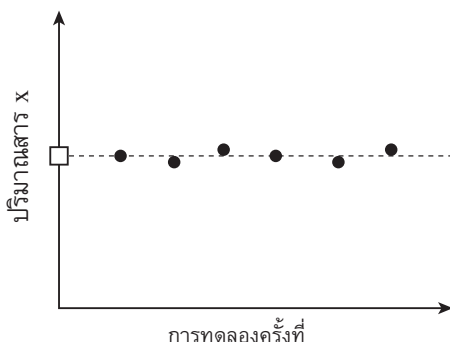
ตัวอย่างเช่น ในการทดลองเตรียมสารชนิดหนึ่ง สมมติว่าเป็นสาร X

สามารถแสดงความเที่ยงและความแม่นยำได้ดังรูปที่ 1.10

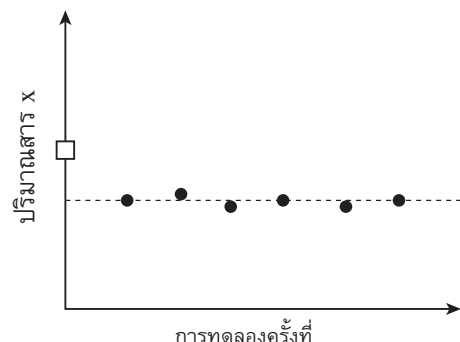
□ คือค่าที่แท้จริง

รูปที่ 1.10 แสดงความแตกต่างของความเที่ยงและความแม่นยำ

ก. ผลการทดลองที่มีความเที่ยงและความแม่นยำสูง

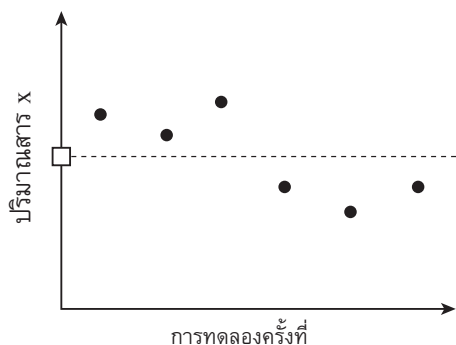


ข. ผลการทดลองที่มีความเที่ยงสูง ส่วนความแม่นยำต่ำ

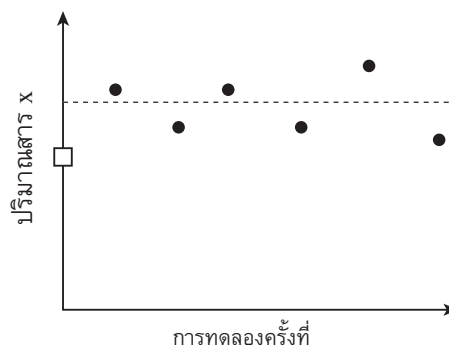




ค. ผลการทดลองที่มีความเที่ยงต่ำ
ส่วนความแม่นยำสูง



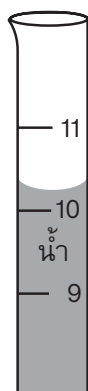
ง. ผลการทดลองที่มีความเที่ยง
และความแม่นยำต่ำ



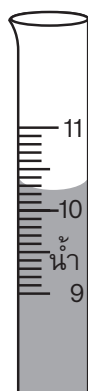
จากรูปที่ 1.10 (ก) ข้อมูลของการทดลองมีการกระจายตัวน้อยและมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าจริง จึงเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ รูปที่ 1.10 (ข) ข้อมูลของการทดลองมีการกระจายตัวน้อย แต่มีค่าเฉลี่ยต่างจากค่าจริงมาก จึงเป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือน้อย รูปที่ 1.10 (ค) ข้อมูลของการทดลองมีการกระจายตัวมาก จึงเป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือน้อยถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยใกล้เคียงค่าจริงและรูป 1.10 (ง) ข้อมูลของการทดลอง มีการกระจายตัวมากและค่าเฉลี่ยไม่ใกล้เคียงค่าจริง จึงเป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือน้อย

1.3 เลขนัยสำคัญ (Significant figure)

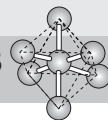
เลขนัยสำคัญคือ จำนวนหลักของตัวเลขที่แสดงความเที่ยงตรงของปริมาณที่วัดหรือคำนวณได้ ดังนั้นตัวเลขนัยสำคัญจึงประกอบด้วยตัวเลขทุกตัวที่แสดงความแน่นอน รวมกับตัวเลขอีกตัวหนึ่งที่แสดงความไม่แน่นอน ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกใช้อุปกรณ์ในการวัดด้วย ตัวอย่างเช่น การวัดปริมาตรน้ำโดยใช้กระบอกตวงได้ผลดังนี้



รูป ก



รูป ข



กระบอกตวงรูป ก มีสเกลเล็กที่สุดเท่ากับ 1 ml จึงอ่านค่าได้เพียงประมาณเท่ากับ 10.2 ml (โดยตัวเลข 10 เป็นค่าที่แน่นอน ส่วนตัวเลข 0.2 เป็นค่าโดยประมาณ) ส่วนรูป ข มีสเกลเล็กที่สุดเท่ากับ 0.1 ml จึงอ่านได้ละเอียดกว่าคือ 10.25 ml (โดยตัวเลข 10.2 เป็นค่าที่แน่นอน ส่วนตัวเลข 0.05 เป็นค่าโดยประมาณ) รูป ก มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ส่วนรูป ข มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

1.3.1 การนับเลขนัยสำคัญ

การนับเลขนัยสำคัญ มีหลักการดังนี้

1. ตัวเลขที่ไม่มีเลขศูนย์ ตัวเลขทั้งหมดนับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น **12.5** มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว **354.76** มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว
2. เลขศูนย์ที่อยู่หลังหรืออยู่ระหว่างตัวเลขอื่นที่ไม่ใช่เลขศูนย์ นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น **450.0** มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว **1.3005** มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว
3. ถ้าเลขศูนย์อยู่หน้าเลขอื่นไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น **0.0045** มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว **0.000580** มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
4. ตัวเลขที่แม่นยำตรง (Exact number) เป็นตัวเลขที่ทราบค่าแน่นอน มีเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์ เช่น ค่าคงที่ $\pi = 3.1428 \dots$ มีเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์ ($\pi = \frac{22}{7} = 3.14285714$)
5. ค่าจากค่านับ เช่น ใช้กระบอกตวง ตวงของเหลว 2 ครั้ง เลข 2 ถือว่าเป็นเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์ และค่าที่ได้จากการเทียบหน่วยเช่น $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$ ทั้งเลข 1 และ 4.2 ถือว่าเป็นเลขนัยสำคัญ
6. สัญกรณ์วิทยาศาสตร์คือ การเขียนตัวเลขในรูปของสัมประสิทธิ์ (X) คูณด้วยเลขยกกำลังฐานสิบ (10^n) เมื่อ $1 \leq X < 10$ และ n เป็นเลขจำนวนเต็มบวกหรือลบ ตัวเลขสัมประสิทธิ์ทุกตัวนับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 6.02×10^{23} มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 1.602×10^{-19} มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
7. เลขศูนย์ที่อยู่หลังเลขอื่นที่เป็นเลขจำนวนเต็มไม่มีทศนิยม อาจนับหรือไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญก็ได้ เช่น 100 อาจมีเลขนัยสำคัญเป็น 1, 2 หรือ 3 ก็ได้ หรือเขียนเป็นสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ได้ ดังนี้
 1×10^2 หรือ 1.0×10^2 หรือ 1.00×10^2 จึงมีเลขนัยสำคัญเป็น 1, 2 หรือ 3
8. จำนวนที่มีค่าน้อยมากๆ หรือมีค่ามากๆ นิยมเขียนในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ก่อนนับเลขนัยสำคัญ เช่น $1,660,000,000 = 1.66 \times 10^9$ มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

การปัดตัวเลขนัยสำคัญ (Rounding the results)

กรณีที่ข้อมูลตัวเลขมีเลขทศนิยมหลายตำแหน่ง จะต้องมีการปัดตัวเลขเพื่อให้ได้ตัวเลขที่มีจุดทศนิยมที่เหมาะสม ในการปัดตัวเลขให้ใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

1. กรณีตัวเลขที่ตัดจากตำแหน่งเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายที่ต้องการมีค่ามากกว่า 5 ให้ตัดตัวเลขที่อยู่ถัดไปทั้งหมดทิ้ง และให้ปัดเพิ่มจำนวนของเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายอีก 1 แต่ถ้าตัวเลขที่อยู่ถัดจากตำแหน่งเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายที่ต้องการมีค่าน้อยกว่า 5 ให้ตัดตัวเลขที่อยู่ถัดไปทั้งหมดทิ้ง

เช่น 15.2873 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ให้ปัดเป็น 15.3 แต่ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 4 ตัว ปัดเป็น 15.29 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 5 ตัว ปัดเป็น 15.287



2. กรณีตัวเลขที่ตามหลังเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายที่ต้องการเป็นเลข 5 หรือเลข 5 และมีเลข 0 ตามหลัง ให้ใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

2.1 ถ้าตัวเลขที่ตามหลังเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายที่ต้องการเป็นเลข 5 และมีตัวเลขตามหลังเลข 5 ไม่ว่าจะเป็นเลขใด ๆ ยกเว้นเลข 0 ให้ตัด 5 ทั้งและปัดเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเพิ่มขึ้นอีก 1 เช่น 3.6452 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ปัดเป็น 3.65

2.2 กรณีเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลขคู่หรือเป็นเลข 0 ให้ปัดเลข 5 ทั้ง โดยที่ตัวเลขอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น

0.945 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ปัดเป็น 0.94

5.8050 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ปัดเป็น 5.80

2.3 กรณีเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลขคี่ แล้วตามด้วยเลข 5 ให้ปัดเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเพิ่มขึ้นอีก 1 เช่น

84.75 หรือ 84.750 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ปัดเป็น 84.8

- **การบวกและการลบเลขนัยสำคัญ** ในการบวกและลบเลขนัยสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีจำนวนตัวเลขที่อยู่หลังทศนิยมเท่ากับชุดตัวเลขที่มีจำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยมน้อยที่สุด

ตัวอย่างที่ 1 $12.51 + 22.412 + 7.249 = 42.171$ ผลลัพธ์ที่ได้ปัดเป็น

42.17 เพราะมีตัวเลขหลังจุดทศนิยม 2 ตำแหน่งตรงตามจำนวนชุดตัวเลขที่มีตัวเลขหลังจุดทศนิยมน้อยที่สุด (2 ตำแหน่ง) คือ **12.51**

ตัวอย่างที่ 2 $125.4321 + 0.45311 - 19.748 = 106.13721$

ผลลัพธ์ที่ได้ปัดเป็น **106.137** เพราะมีตัวเลขหลังจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง ตรงตามจำนวนชุดตัวเลขที่มีตัวเลขหลังจุดทศนิยมน้อยที่สุด (3 ตำแหน่ง) คือ **19.748**

- **การคูณและการหารเลขนัยสำคัญ**

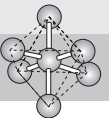
ในการคูณและหารเลขนัยสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องมีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับจำนวนเลขนัยสำคัญของชุดตัวเลขที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

ตัวอย่างที่ 1 $1.897 \times 3.5 = 6.6395$ ผลลัพธ์ที่ได้ปัดเป็น **6.6** เพราะมีเลขนัยสำคัญ 2 ตัวตรงตามจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด (2 ตัว) คือ 3.5

ตัวอย่างที่ 2 $54.63 \div 3.75 = 14.568$ ผลลัพธ์ที่ได้ปัดเป็น **14.6** เพราะมีเลขนัยสำคัญ 3 ตัวตรงตามจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด (3 ตัว) คือ **3.75**

ตัวอย่างที่ 3 $40.85 \times 0.375 \div 9.5 = 1.6125$

ผลลัพธ์ที่ได้ปัดเป็น **1.6** เพราะมีเลขนัยสำคัญ 2 ตัวตรงตามจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด (2 ตัว) คือ **9.5**



1.4 หน่วยวัด

1.4.1 หน่วยในระบบ SI เนื่องจากระบบของการวัดทั่วโลกมีหลายรูปแบบ บางระบบก็เป็นแบบเมตริกซ์ บางก็เป็นแบบดั้งเดิมของแต่ละประเทศนั้นๆ อยู่ ดังนั้นเพื่อส่งเสริมให้มีระบบการวัดที่เป็นมาตรฐานสากล ที่ประชุมนานาชาติว่าด้วยการชั่ง ตวง วัด (The General conference on Weights and Measures) ได้ตกลงให้ใช้หน่วยวัดสากลขึ้น เรียกว่า ระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ หรือเรียกย่อๆ ว่า หน่วย SI (SI units)

SI ย่อมาจากคำว่า The International System of Units (ซึ่งแปลมาจากภาษาฝรั่งเศส Le Système International d' Unités)

หน่วยเอสไอ เป็นหน่วยที่ดัดแปลงมาจากหน่วยในระบบเมตริกซ์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหน่วยเอสไอพื้นฐาน และหน่วยเอสไออนุพันธ์

1. หน่วยเอสไอพื้นฐาน (SI Base Units) มี 7 หน่วย ดังตารางที่ 1.1

ปริมาณที่วัด	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (meter)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา	วินาที (second)	s
อุณหภูมิ	เคลวิน (kelvin)	K
ปริมาณของสาร	โมล (mole)	mol
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
ความเข้มของการส่องสว่าง	แคนเดลลา (candela)	cd

ตารางที่ 1.1 หน่วยเอสไอพื้นฐาน

2. หน่วยเอสไออนุพันธ์ (SI Derived Units)

ปริมาณที่วัด	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ปริมาตร	ลูกบาศก์เมตร (cubic metre)	m ³
พื้นที่	ตารางเมตร (square metre)	m ²
ความเร็ว	เมตรต่อวินาที (metre per second)	m/s
ความหนาแน่น	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kilogram per cubic metre)	kg/m ³
ความเข้มข้น	โมลต่อลูกบาศก์เมตร (mole per cubic metre)	mol/m ³
พลังงาน	จูล (joule)	J
ความต่างศักย์	โวลต์ (volt)	V
ความถี่	เฮิรตซ์ (hertz)	Hz
ความดัน	ปาสคาล (pascal)	Pa
ประจุไฟฟ้า	คูลอมบ์ (coulomb)	C

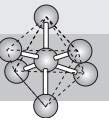
ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างหน่วยเอสไออนุพันธ์



คำนำหน้าหน่วยในระบบเอสไอ (SI Prefixes)

เลขยกกำลัง	ชื่อคำนำหน้าหน่วย	สัญลักษณ์
10^1	เดคะ (deca)	da
10^2	เฮกโต (hecto)	h
10^3	กิโล (kilo)	k
10^6	เมกะ (mega)	M
10^9	กิกะ (giga)	G
10^{12}	เทระ (tera)	T
10^{15}	เพตะ (peta)	P
10^{18}	เอกซะ (exa)	E
10^{-1}	เดซี (deci)	d
10^{-2}	เซนติ (centi)	c
10^{-3}	มิลลิ (milli)	m
10^{-6}	ไมโคร (micro)	μ
10^{-9}	นาโน (nano)	n
10^{-12}	พิโก (pico)	p
10^{-15}	เฟมโต (femto)	f
10^{-18}	อัตโต (atto)	a
10^{-21}	เซปโต (zepto)	z
10^{-24}	ยอกโต (yocto)	y

ตารางที่ 1.3 ชื่อและสัญลักษณ์ของเลขยกกำลังต่างๆ



1.4.2 หน่วยนอกระบบ SI ในวิชาเคมี นอกจากใช้หน่วยวัดในระบบเอสไอแล้วยังมีการใช้หน่วยวัดอื่นๆ ที่ยังเป็นที่ยอมรับและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันอยู่ (ดูตารางที่ 1.4)

ปริมาณที่วัด	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์	เทียบกับหน่วย SI หรือหน่วยอื่น
มวล	กรัม	g	1 g = 10^{-3} kg
	ตัน	t	1 t = 1,000 kg
	มวลอะตอม	amu	1 amu = 1.66×10^{-27} kg
ปริมาตร	ลิตร	L หรือ l	1 L = 10^{-3} m ³
	ลูกบาศก์เดซิเมตร	dm ³	1 dm ³ = 1 L = 10^{-3} m ³
	ลูกบาศก์เซนติเมตร	cm ³	1 cm ³ = 10^{-3} dm ³
ความดัน	บรรยากาศ	atm	1 atm = 1.01325×10^5 Pa = 760 mmHg
	มิลลิเมตรปรอท	mmHg	1 mmHg = 133.322 Pa
	บาร์	bar	1 bar = 10^5 Pa
			1 bar $\approx$ 1 atm
พลังงาน	แคลอรี	cal	1 cal = 4.2 J
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	°C	°C = K - 273.15 $\approx$ K - 273
ความยาว	อังสตรอม	Å	1 Å = 0.1 nm = 10^{-10} m

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างหน่วยนอกระบบเอสไอที่ใช้ในวิชาเคมี

1.4.3 แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย (Conversion factors)

แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยเป็นอัตราส่วนซึ่งได้จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยที่แตกต่างกัน 2 หน่วย ที่มีปริมาณเท่ากัน ในการเขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย มีหลักการดังนี้

- เขียนความสัมพันธ์ของหน่วย เช่น 1 cal = 4.2 J
- เขียนในรูปอัตราส่วนโดยนำปริมาณใดปริมาณหนึ่งหารทั้งสองข้าง ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนมีค่าเท่ากับ 1



ตัวอย่างที่ 1 แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยพลังงาน เช่น

$$1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$$

เอา 1 cal หรทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ cal}}{1 \text{ cal}} = \frac{4.2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 1 \implies \frac{4.2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 1$$

∴ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยคือ $\frac{4.2 \text{ J}}{1 \text{ cal}}$

หรือเอา 4.2 J หรทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ cal}}{4.2 \text{ J}} = \frac{4.2 \text{ J}}{4.2 \text{ J}} = 1 \implies \frac{1 \text{ cal}}{4.2 \text{ J}} = 1$$

∴ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยคือ $\frac{1 \text{ cal}}{4.2 \text{ J}}$

เช่น พลังงาน 25 cal มีค่ากี่จูล (J)

$$\text{พลังงาน } 25 \text{ cal} = 25 \text{ cal} \times \frac{4.2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 105 \text{ J}$$

หรือเทียบได้ง่ายๆ ดังนี้

$$\text{พลังงาน } 1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$$

$$\text{พลังงาน } 25 \text{ cal} = 4.2 \times 25 = 105 \text{ J}$$

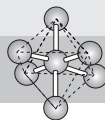
พลังงาน 210 J มีค่ากี่ cal

$$\text{พลังงาน } 210 \text{ J} = 210 \text{ J} \times \frac{1 \text{ cal}}{4.2 \text{ J}} = 50 \text{ cal}$$

หรือเทียบง่ายๆ ได้ดังนี้

$$\text{พลังงาน } 4.2 \text{ J} = 1 \text{ cal}$$

$$\therefore \text{พลังงาน } 210 \text{ J} = \frac{210}{4.2} = 50 \text{ cal}$$



ตัวอย่างที่ 2 แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยระหว่างปริมาตร กับ โมล (mol)

แก๊ส 1 mol = 22.4 dm³ ที่อุณหภูมิ 0 °C, ความดัน 1 atm (STP)

เอา 1 mol หารทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = \frac{22.4 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol}} = 1$$

∴ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยคือ $\frac{22.4 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol}}$

หรือเอา 22.4 dm³ หารทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ dm}^3} = \frac{22.4 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3} = 1$$

∴ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยคือ $\frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ dm}^3}$

เช่น แก๊ส H₂ 3 mol มีปริมาตรเท่าไรที่ STP (อุณหภูมิ 0 °C ความดัน 1 atm)

$$\text{แก๊ส H}_2 \text{ 3 mol} = 3 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol}} = 67.2 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}$$

หรือเทียบได้ง่ายๆ ดังนี้

$$\text{แก๊ส H}_2 \text{ 1 mol มีปริมาตร} = 22.4 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้า แก๊ส H}_2 \text{ 3 mol มีปริมาตร} &= 22.4 \times 3 \text{ ที่ STP} \\ &= 67.2 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP} \end{aligned}$$

หรือ แก๊ส H₂ 134.4 dm³ มีกี่ mol ที่ STP

$$\begin{aligned} \text{แก๊ส H}_2 \text{ 134.4 dm}^3 &= 134.4 \text{ dm}^3 \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ dm}^3} \\ &= \frac{134.4}{22.4} = 6 \text{ mol ที่ STP} \end{aligned}$$

หรือ เทียบได้ง่ายๆ ดังนี้

$$\text{แก๊ส H}_2 \text{ 22.4 dm}^3 \text{ ที่ STP} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{ถ้า แก๊ส H}_2 \text{ 134.4 dm}^3 \text{ ที่ STP} = \frac{134.4}{22.4} = 6 \text{ mol}$$

**ตัวอย่างที่ 3** แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยความดัน

$$\text{ความดัน } 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

เอา 1 atm หารทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}} = 1$$

$$\therefore \text{แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยคือ } \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}}$$

หรือเอา 760 mmHg หารทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = \frac{760 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} = 1$$

$$\therefore \text{แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยคือ } \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}$$

เช่น แก๊ส O_2 มีความดัน 3 atm มีค่าเท่ากับกี่ mm Hg

$$\text{แก๊ส } \text{O}_2 \text{ ความดัน } 3 \text{ atm} = 3 \text{ atm} \times \frac{760 \text{ mm Hg}}{1 \text{ atm}} = 2,280 \text{ mmHg}$$

หรือเทียบได้ง่ายๆ ดังนี้

$$\text{แก๊ส } \text{O}_2 \quad 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$\text{ถ้าแก๊ส } \text{O}_2 \quad 3 \text{ atm} = 760 \times 3 = 2,280 \text{ mmHg}$$

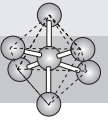
หรือ แก๊ส O_2 1,140 mmHg มีค่าเท่ากับกี่ atm

$$\begin{aligned} \text{แก๊ส } \text{O}_2 \quad 1,140 \text{ mmHg} &= 1,140 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \\ &= 1.5 \text{ atm} \end{aligned}$$

หรือเทียบได้ง่ายๆ ดังนี้

$$\text{แก๊ส } \text{O}_2 \quad 760 \text{ mmHg} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{ถ้าแก๊ส } \text{O}_2 \quad 1,140 \text{ mmHg} = \frac{1,140}{760} = 1.5 \text{ atm}$$



วิธีการเปลี่ยนหน่วย จากปริมาตรเป็นมวล หรือจากมวลเป็นปริมาตร โดยอาศัยความหนาแน่นของของเหลว

ใช้สูตรดังนี้

$$\begin{aligned} \text{หรือ} \quad \text{ความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)} &= \frac{\text{มวล (g)}}{\text{ปริมาตร (cm}^3\text{)}} \\ \text{ความหนาแน่น (kg/dm}^3\text{)} &= \frac{\text{มวล (kg)}}{\text{ปริมาตร (dm}^3\text{)}} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1 เอทานอล มีความหนาแน่น 0.79 g/cm^3 เอทานอลจำนวน 125 cm^3 มีมวลกี่กรัม

วิธีทำ

$$\text{ความหนาแน่นของเอทานอล} = \frac{\text{มวลของเอทานอล}}{\text{ปริมาตรของเอทานอล}}$$

$$\begin{aligned} \text{มวลของเอทานอล} &= \text{ความหนาแน่นของเอทานอล} \times \text{ปริมาตรของเอทานอล} \\ &= 0.79 \times 125 = 98.75 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2 กรดซัลฟิวริก ซึ่งใช้ในแบตเตอรี่รถยนต์ หนัก 120 กรัม มีปริมาตรเท่าไร ถ้ากรดซัลฟิวริกมีความหนาแน่น 1.84 g/cm^3

วิธีทำ

$$\text{ความหนาแน่นของกรดซัลฟิวริก} = \frac{\text{มวลของกรดซัลฟิวริก}}{\text{ปริมาตรของกรดซัลฟิวริก}}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของกรดซัลฟิวริก} &= \frac{\text{มวลของกรดซัลฟิวริก}}{\text{ความหนาแน่นของกรดซัลฟิวริก}} \\ &= \frac{120}{1.84} = 65.22 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



1.5 ความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี

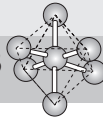
ในการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี ผู้ทดลองจำเป็นต้องมีความรู้ที่เกี่ยวกับสารเคมีและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ เพื่อสามารถทำการทดลองทุกครั้งได้อย่างปลอดภัย

1.5.1 ประเภทของสารเคมี ในห้องปฏิบัติการเคมี มีสารเคมีหลายประเภท มีทั้งที่ไม่เป็นอันตราย อันตรายน้อยและอันตรายมาก ดังนั้นสารเคมีทุกชนิดจึงจำเป็นต้องมีฉลากบอกรายละเอียด เช่น ชื่อสารเคมี คำเตือน และข้อระวังเกี่ยวกับความอันตรายขณะใช้ รวมถึงมีสัญลักษณ์ที่แสดงความเป็นอันตรายของสารเคมีที่อันตรายแต่ละชนิดให้เห็นอย่างชัดเจน เพื่อจะได้มีความระมัดระวังในขณะใช้ หรือวิธีการเก็บรักษา ตลอดจนการทำลายทิ้งเมื่อไม่ต้องการใช้ หรือเหลือจากการใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง

สัญลักษณ์แสดงความอันตรายจากสารเคมี มีหลายระบบ เช่น

- ☐ ระบบ UN (United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods)
- ☐ ระบบ GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)
- ☐ ระบบ EEC (European Economic Community)
- ☐ ระบบ NFPA (National Fire Protection Association)

แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 ระบบ คือ ระบบ **GHS** ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลาย และระบบ **NFPA** ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา



1. ระบบ GHS สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายในระบบนี้ จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมกรอบสีแดง พื้นขาว และภายในมีรูปต่างๆ ที่แสดงความเป็นอันตรายที่แตกต่างกัน โดย GHS ได้กำหนดไว้ 9 รูป ดังรูปที่ 1.11



สารไวไฟ



สารเป็นอันตรายถึงชีวิต



สารเป็นอันตรายต่อสุขภาพ



วัตถุระเบิด



แก๊สภายใต้ความดัน



สารที่กัดกร่อน



สารออกซิไดส์



สารระคายเคือง (หรือระคาย)



สารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 1.11 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของสารเคมี

2. ระบบ NFPA สัญลักษณ์ในระบบนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วางตั้งตามแนวทะแยงมุม ภายในแบ่งออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมย่อยๆ ขนาดเท่ากัน 4 รูป แต่ละรูปสี่เหลี่ยมย่อยมีสีกำกับ ได้แก่ สีแดง ซึ่งแสดง ความไวไฟ สีน้ำเงินแสดงอันตรายต่อสุขภาพ สีเหลืองแสดงความไวต่อปฏิกิริยาของสาร สีขาวใส่อักษรหรือ แสดงข้อมูลพิเศษของสาร และใช้เลข 0 ถึงเลข 4 แสดงถึงระดับอันตราย จากน้อยไปหามาก



■ ระดับความอันตรายในพื้นที่สีแดงเป็นดังนี้ ระดับ 4 สารไวไฟมาก ระดับ 3 ติดไฟได้ในอากาศ ที่อุณหภูมิปกติ ระดับ 2 สารที่ต้องใช้ความร้อนปานกลางจึงจะติดไฟในอากาศ ระดับ 1 สารที่ต้องใช้ความร้อนสูงจึงจะติดไฟได้ในอากาศ ระดับ 0 สารที่ไม่ติดไฟในอากาศ

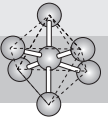
■ ระดับความอันตรายในพื้นที่สีน้ำเงิน ระดับ 4 สารที่ร่างกายได้รับเพียงเล็กน้อยจะทำให้มีอาการสาหัสหรือถึงตายได้ ระดับ 3 สารที่เมื่อสูดดมในเวลาสั้นๆ หรือสัมผัสผิวหนัง จะเป็นอันตรายร้ายแรงชั่วคราวหรือถาวร ระดับ 2 สารที่เมื่อได้รับในปริมาณมากพอจะทำให้เกิดทุพพลภาพชั่วคราวหรือถาวรได้ ระดับ 1 สารที่ได้รับในระยะเวลาดังนั้น จะเกิดการระคายเคืองได้ ระดับ 0 สารที่ไม่เป็นอันตรายนอกจากเวลาติดไฟ

■ ระดับความอันตรายในพื้นที่สีเหลือง ระดับ 4 สารที่สลายตัวหรือระเบิดได้เองที่ภาวะปกติ ระดับ 3 สารที่สลายตัวหรือระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อนหรือมีแรงสั่นสะเทือนพอรวมถึงสารที่เกิดระเบิดได้เมื่อโดนน้ำ ระดับ 2 สารที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงที่ภาวะปกติ รวมถึงสารที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ ระดับ 1 สารที่เสถียรในภาวะปกติ แต่ไม่เสถียรเมื่อมีอุณหภูมิหรือความดันเพิ่ม รวมถึงสารที่สลายตัวเมื่อโดนอากาศ แสงสว่าง หรือความชื้น ระดับ 0 สารที่มีความเสถียรสูง แม้จะได้รับความร้อน และเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ

■ พื้นที่สีขาว ใช้ใส่ตัวอักษรหรือแสดงข้อมูลพิเศษของสาร เช่น ACID (กรด) ALK (อัลคาไลน์ หรือเบส) OXY สารออกซิไดส์ ~~W~~ ห้ามโดนน้ำ เป็นต้น



รูปที่ 1.12 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของสารเคมีในระบบ NFPA (~~W~~ = ห้ามโดนน้ำ)



เมทานอล



กรดซัลฟิวริก

รูปที่ 1.13 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของเมทานอล(CH_3OH) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ในระบบ NFPA

1.5.2 ข้อควรปฏิบัติ เมื่อทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี

เมื่อต้องการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมีทุกครั้งต้องเตรียมตัวให้พร้อมเพื่อป้องกันอันตรายในขณะทำการทดลอง ซึ่งมีข้อควรปฏิบัติมากมาย แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงข้อควรปฏิบัติเพียงบางส่วน ดังนี้

1. ต้องศึกษาวิธีการทดลองให้เข้าใจ แล้ววางแผนการทดลอง
2. ต้องศึกษาสารเคมีแต่ละชนิดที่จะใช้ในการทดลอง และเทคนิคการใช้อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองที่ถูกต้องและปลอดภัย และต้องล้างอุปกรณ์ทุกชิ้นให้สะอาดก่อนเสมอ
3. ขณะทำการทดลองต้องแต่งกายให้เหมาะสม สวมเสื้อปฏิบัติการ (เสื้อกาวน์) สวมแว่นตานิรภัย ใส่ถุงมือและควรสวมผ้าปิดปาก จมูก เมื่อต้องใช้สารที่ระเหยง่าย
4. ขณะทำการทดลอง ต้องมีสมาธิ ห้ามคุยเล่น หรือหยอกล้อกับเพื่อน เพราะอาจเกิดอุบัติเหตุได้
5. ไม่ควรนำอาหารเข้าไปรับประทานในห้องปฏิบัติการ และห้ามชิมสารต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ เพราะสารเคมีส่วนใหญ่เป็นพิษ
6. อย่าดมกลิ่นสารโดยเอามารอบที่จมูกโดยตรง แต่ให้ถืออุปกรณ์ เช่น หลอดทดลองที่ใส่สารเคมีนั้นไว้ห่างๆ จมูก แล้วใช้มือปิดกลั้นสารเคมีนั้นให้เข้าหาจมูกแทน
7. ในการทดลอง ถ้ามีการใช้สารเคมีที่ระเหยได้และเป็นพิษให้ทดลองในตู้ควัน ซึ่งเป็นตู้กระจกที่ใช้มือสองข้างสอดเข้าไปทำการทดลองได้ แต่ไอของสารไม่ออกมาหาตัวผู้ทดลอง แต่จะถูกพัดลมดูดออกจากห้องทดลอง



8. การทดลองบางอย่างต้องทำให้ถูกขั้นตอน เช่น การเจือจางกรด โดยเฉพาะกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น ให้เทกรดผ่านแท่งแก้วลงในภาชนะที่บรรจุน้ำ เช่น ปีกเกอร์ ห้ามเทน้ำลงในกรด เพราะการเทกรดลงในน้ำ กรดจะไหลผ่านแท่งแก้ว ลงด้านล่าง น้ำจำนวนมากสามารถระบายความร้อนที่เกิดขึ้นได้ แต่ถ้าเทน้ำลงในกรดซัลฟิวริก น้ำจำนวนน้อยจะอยู่ด้านบน ทำให้เกิดความร้อนมากจนทำให้น้ำกรดพุ่งกระจายเข้าหาตัวผู้ทดลองได้ โดยเฉพาะตา ถึงกับตาบอดได้

9. การใช้ปิเปตต์ตวงสารที่เป็นของเหลว ห้ามใช้ปากดูดแต่ให้ใช้ลูกยางสวมที่ปิเปตต์ด้านบนเป็นตัวดูดแทน

10. ถ้าใช้หลอดทดลองใส่สารเคมีเพื่อให้ทำปฏิกิริยากัน หรือต้มสารในหลอดทดลอง ให้หันปากหลอดทดลองออกจากตัวเองและคนอื่น ๆ เสมอ

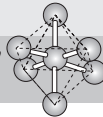
11. เมื่อต้องการต้มของเหลวควรต้มในปีกเกอร์ ไม่ควรต้มในหลอดทดลองที่มีปากแคบ เพราะจะทำให้เกิดการเดือดอย่างแรงแล้วพุ่งออกจากหลอดทดลองได้ แต่ถ้าจำเป็นต้องทำให้ใช้ไฟอ่อนๆ และให้ของเหลวได้รับความร้อนทั่วทุกส่วน ขณะต้มให้แกว่งของเหลวไปด้วย หรือใส่เศษกระเบื้องลงในของเหลวด้วยเพื่อช่วยระบายความร้อนให้ทั่วถึง

12. เมื่อใช้ช้อนตักสาร ตักสารชนิดหนึ่งแล้ว อย่าใช้ตักสารชนิดอื่น ๆ อีก เพราะจะทำให้สารปะปนกัน ทำให้สารเกิดการปนเปื้อน หรืออาจเกิดอันตรายได้ อุปกรณ์ที่ใช้ตวงสารชนิดอื่น ๆ ก็ให้ปฏิบัติเหมือนกัน เช่น หลอดหยด กระบอกลง ยกเว้นได้ทำความสะอาดแล้ว

13. ขณะทำการทดลองถ้าเกิดอุบัติเหตุ ต้องมีการปฐมพยาบาลเบื้องต้นก่อนส่งตัวพบแพทย์ เช่น ถ้าผิวหนังโดนกรดหรือเบสเข้มข้น ให้รีบซับกรดหรือเบสออกจากผิวหนังให้มากที่สุดแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดจำนวนมากแบบให้น้ำไหลผ่านอย่างน้อย 15 นาที ถ้าเป็นกรดหลังจากล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วให้ล้างด้วยสารละลายผงฟูหรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) ที่เจือจาง 1% ตามอีกครั้ง ถ้าสารเคมีกระเด็นเข้าตาให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาดแบบไหลผ่านตาเป็นเวลานานอย่างน้อย 15 นาที ถ้าผิวหนังสัมผัสกับสารที่ไม่ละลายน้ำให้ล้างด้วยน้ำสบู่ ขณะทดลองถ้ามีแก๊สพิษเกิดขึ้น ให้รีบออกจากห้องปฏิบัติการทันที แต่ถ้ามีผู้สูดดมแก๊สพิษจนร่างกายอ่อนเพลียหรือหมดสติ ให้รีบทำตัวออกจากบริเวณนั้นทันที และทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยปลดเสื้อผ้าเพื่อให้ผู้ประสบอุบัติเหตุได้หายใจสะดวกยิ่งขึ้น ถ้าผู้ประสบอุบัติเหตุหมดสติให้จับนอนคว่ำและตะแคงหน้าไปด้านใดด้านหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้ลิ้นกีดขวางทางเดินหายใจ หากหัวใจหยุดเต้นให้นวดหัวใจและผายปอดโดยผู้ที่เคยได้ฝึกมา แต่ไม่ควรใช้วิธีผายปอดโดยวิธีเป่าปาก จากนั้นให้นำตัวส่งแพทย์ทันที

14. เมื่อทดลองเสร็จให้ล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ และเก็บไว้ที่เดิม รวมทั้งทำความสะอาดโต๊ะ เก้าอี้ และพื้นห้องปฏิบัติการด้วย

15. ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการเคมี



1.5.3 การกำจัดสารเคมี

ในการทดลองทางเคมีทุกครั้งจะมีสารเคมีที่ใช้แล้วหรือมีสารเคมีที่เหลือจากการทดลอง ที่จำเป็นต้องกำจัดอย่างถูกวิธี เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การกำจัดสารแต่ละประเภททำได้ดังนี้

1. ถ้าสารที่เหลือเป็นของเหลว มีปริมาณน้อยและไม่เป็นพิษ เช่น เอทานอล ให้เทลงอ่างน้ำ แล้วเปิดน้ำตามมากๆ
2. สารที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา เช่น โลหะโซเดียม (Na) สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ หรือความชื้นในอากาศลุกติดไฟได้เอง ดังนั้นก่อนที่จะต้องกำจัดโดยให้ทำปฏิกิริยากับเอทานอล กลายเป็นสารใหม่ก่อนจึงค่อยเททิ้งในอ่างน้ำแล้วเปิดน้ำตามมากๆ
3. สารกัดกร่อน ได้แก่ สารละลายกรด สารละลายเบส ต้องทำให้เจือจางด้วยน้ำก่อนจึงค่อยเทลงอ่างน้ำแล้วเปิดน้ำตามมากๆ แต่ถ้ามีปริมาณมากและบริสุทธิ์อยู่ก็เก็บไว้ใช้ต่อ แต่ถ้าไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ก็ทำให้เป็นกลางก่อน (ถ้าเป็นกรดให้เติมเบส ถ้าเป็นเบสให้เติมกรด) เมื่อเป็นกลางแล้วจึงค่อยเททิ้งลงอ่างแล้วเปิดน้ำตามมากๆ
4. สารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายและละลายน้ำบางชนิดปริมาณน้อยๆ เช่น เมทานอล ฟอร์มาลดีไฮด์ ต้องเจือจางด้วยน้ำมากๆ ก่อน จึงค่อยเทลงอ่างน้ำ แล้วเปิดน้ำตามมากๆ
5. สารที่ไม่ละลายน้ำ สารมีพิษร้ายแรง สารก่อมะเร็ง เป็นต้น ห้ามเททิ้งลงอ่างน้ำ ให้ใส่ในภาชนะที่เหมาะสม พร้อมติดฉลากชื่อสารให้ชัดเจน แล้วทิ้งในที่ซึ่งจัดเตรียมไว้ เพื่อบรรจุกำจัดต่อไป

1.6 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process)

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วย

1. **วิธีการทางวิทยาศาสตร์** (Scientific Method)
2. **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** (Scientific Skill)
3. **เจตคติทางวิทยาศาสตร์** (Scientific Attitude)

1.6.1 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการในการทำงานอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. **สังเกต** เป็นการสังเกตโดยใช้ระบบประสาททั้ง 5 คือ หู ตา จมูก ลิ้น และกาย ซึ่งอาจสังเกตจากการทดลอง หรือสังเกตจากปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จากการสังเกตจะทำให้เกิดปัญหา



2. บันทึกข้อมูล เป็นการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ต้องบันทึกอย่างไม่มีอคติ บันทึกทุก ๆ อย่างที่ตนได้ประสบจากการสังเกตมาโดยตรง และจัดกระทำข้อมูลให้เป็นระเบียบโดยจัดเป็นหมวดหมู่ ตามส่วนที่คล้ายคลึงกัน และส่วนที่แตกต่างกัน

3. ตั้งสมมติฐาน เป็นการคาดคะเนหาเหตุผลมาอธิบายหรือแก้ปัญหาคือข้อสงสัยต่าง ๆ โดยใช้ความรู้เดิมและข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้

4. การทดลอง ทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าถูกต้องหรือไม่อย่างไร

5. สรุป เป็นขั้นวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อหาข้อสรุป

ตัวอย่างกระบวนการเรียนรู้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ เช่น

มีหลอดทดลองขนาดใหญ่สี่หลอด **หลอดที่ 1** บรรจุของเหลวสีม่วงแดง 15 cm^3 ส่วน **หลอดที่ 2, 3 และ 4** บรรจุของเหลวไม่มีสีหลอดละ 5 cm^3 จากการสังเกตสามารถบอกได้ว่าของเหลวในหลอดที่ 1 เป็นสารต่างชนิดกับของเหลวใน **หลอดที่ 2, 3 และ 4** แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าของเหลวใน **หลอดที่ 2, 3 และ 4** เป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ ซึ่งเป็นขั้นที่เกิดปัญหาจากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาข้อมูลที่เคยพบมาในชีวิตประจำวัน นักเรียนบางคนอาจตั้งสมมติฐานว่า ของเหลวใน **หลอดที่ 2, 3 และ 4** เป็นชนิดเดียวกัน แต่ นักเรียนบางคนอาจตั้งสมมติฐานว่าเป็นสารต่างชนิดกัน เพื่อทดสอบสมมติฐาน นักเรียนแต่ละคนจึงต้องทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า สมมติฐานของใครถูกต้อง ตัวอย่างการทดลองและผลการทดลอง เช่น

วิธีทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
1. แบ่งของเหลวสีม่วงแดงในหลอดที่ 1 ใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด หลอดละ 5 cm^3 ให้เป็นหลอด ก, ข และ ค	ของเหลวทั้ง 3 หลอด มีสีม่วงแดงเหมือนกัน
2. นำของเหลวในหลอดที่ 2 ผสมกับของเหลวสีม่วงแดง ในหลอด ก	เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาที สีม่วงแดงจางลง จนกลายเป็นของเหลวไม่มีสี
3. นำของเหลวในหลอดที่ 3 ผสมกับของเหลวสีม่วงแดง ในหลอด ข	สีม่วงแดงจางหายไปทันทีเกิดตะกอนสีเหลืองและมีกลิ่นฉุน
4. นำของเหลวในหลอดที่ 4 ผสมกับของเหลวสีม่วงแดงในหลอด ค	สีม่วงแดงจางลง และคงที่