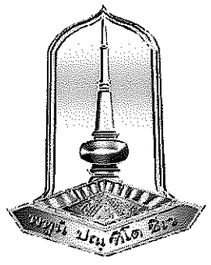


คู่มือปฏิบัติงาน ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์

เสนอต่อ

คณบดีคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

โดย

นางสาวสุกัญญา ข้ามหก

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พฤศจิกายน 2558

คำนำ

นักวิทยาศาสตร์ ในห้องปฏิบัติการ มีหน้าที่หลักในการสนับสนุนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการปฏิบัติหน้าที่ นักวิทยาศาสตร์ หลายๆ ท่านที่ไม่ได้สัมผัสงานในหน้าที่นี้ อาจมีความเข้าใจที่แตกต่างกัน บางท่านเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ ประจำห้องปฏิบัติการนั้น มีหน้าที่เพียงแค่เบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น แต่แท้จริงแล้ว นักวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ มีหน้าที่มากกว่าที่ทุกท่านเข้าใจ กล่าวคือ อาจทำหน้าที่หลายๆ อย่าง ขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละหน่วยงาน เช่น การจัดเตรียมสารเคมีในบทปฏิบัติการต่างๆ การให้คำปรึกษาในการใช้งานครุภัณฑ์ การจัดเก็บสารเคมีและวัสดุให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ การจัดเก็บของเสียอันตรายต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอน และอื่นๆ ตามที่หน่วยงานได้มอบหมายให้นอกเหนือจากที่กล่าวมา

ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น นักวิทยาศาสตร์ จึงเป็นหัวใจสำคัญของห้องปฏิบัติการ เพราะทำหน้าที่บริหารจัดการกิจกรรมต่างๆ ของห้องปฏิบัติการนั่นเอง ดังนั้นความรู้ความสามารถของนักวิทยาศาสตร์จึงควรมีมากกว่าความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจบทบาทหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์ ข้าพเจ้าจึงได้จัดทำคู่มือ นักวิทยาศาสตร์ ขึ้นโดยมีขั้นตอนการทำงาน และความรู้ต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการปฏิบัติหน้าที่

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอริกา พฤฒิกิตติ, อาจารย์ ดร.ชฤพนธ์ เจริญสุข และนางปวริศา ปัดเสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเนื้อหาทางวิชาการ และภาษาที่ใช้ในการเขียน ซึ่งทำให้คู่มือฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้เผยแพร่เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติงานได้ต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

นางสาวสุกัญญา ข้ามหก

11 กุมภาพันธ์ 2558

รายชื่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคู่มือ

คณะกรรมการได้พิจารณาเนื้อหา และตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนแล้วจึงลงนามไว้สำคัญ

.....ชฤพนธ์ เจริญสุข..... อาจารย์ ชฤพนธ์ เจริญสุข
ตำแหน่ง ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายแผน วิจัย และบริการวิชาการ

..... นางปวริสา ปัดเสน
ตำแหน่ง เลขานุการคณะฯ

ความเห็นของผู้บังคับบัญชาเบื้องต้น
.....สมควรเป็นคู่มือในการใช้ ปรับปรุงในปีต่อไป.....

(นายพลกฤษณ์ จิตร์โต)
ตำแหน่ง รองคณบดีฝ่ายวิชาการและแผน

ความเห็นของผู้บังคับบัญชา

(✓) เห็นชอบ และอนุมัติให้ใช้ประกอบการพิจารณาการปฏิบัติราชการ
( ) ไม่เห็นชอบ .....

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยรรยงค์ อินทร์ม่วง)
ตำแหน่ง คณบดีคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ภาระงาน ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมนั้น ไม่ได้มีภารกิจหลักในการสนับสนุนการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพและคุณลักษณะทางด้านวิชาการตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการบัณฑิตเท่านั้น แต่ภาระงานและหน้าที่อื่นๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม จะต้องปฏิบัติยังมีอีกมากมาย พอสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัย เผยแพร่ผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาอุตสาหกรรม

2. วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ วินิจฉัยทางวิทยาศาสตร์ของวัตถุตัวอย่าง สอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ให้บริการวิชาการทางด้านตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม (ดิน น้ำ อากาศ เสียง และแรงสั่นสะเทือน)

3. จัดทำข้อมูลห้องปฏิบัติการส่งเสริมพัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

4. ดำเนินการสืบราคา เสนอราคาวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และการจัดหาวัสดุเพื่อใช้ในการเรียนการสอน

5. ติดต่อประสานงานบริษัท/ร้านค้า/ผู้รับจ้าง และประสานงานกับฝ่ายการเงิน ฝ่ายพัสดุคณะฯ เพื่อจัดหาวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และการจัดจ้างซ่อมครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์

6. จัดทำแผนการจัดซื้อ จัดจ้าง วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการและงานวิจัยต่างๆ

7. ดำเนินการตรวจสอบสภาพครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ที่ได้รับมอบหมายให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

8. จัดทำแผนการตรวจสอบสภาพครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์เพื่อการดูแลรักษาสภาพเครื่องมือวิทยาศาสตร์เบื้องต้น

9. ควบคุม และดูแลการใช้งานครุภัณฑ์สำหรับงานวิเคราะห์

10. การให้บริการเบิก-จ่าย และควบคุมการใช้สารเคมี และวัสดุวิทยาศาสตร์

11. ดำเนินการจัดเก็บตรวจสอบ และตรวจนับจำนวนวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ประจำปี

12. จัดทำทะเบียนซ่อม และประวัติการซ่อมครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์

13. ควบคุมการเบิกจ่ายกุญแจห้องปฏิบัติการต่างๆ และบริการการใช้ห้องปฏิบัติการนอกเวลาราชการ

14. ตรวจสอบความชัดเจนของหมายเลขครุภัณฑ์ การตรวจนับจำนวนครุภัณฑ์ และรายงานผลการตรวจสอบสภาพครุภัณฑ์ประจำปี

15. บริการให้คำแนะนำการใช้ครุภัณฑ์ วัสดุ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และการเตรียมสารเคมี

16. ควบคุมและดูแลการใช้งานวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนิสิตให้ดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อยและปลอดภัย

17. จัดหาข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการทดลองต่างๆ ในห้องปฏิบัติการสำหรับเผยแพร่ในเว็บไซต์

18. การจัดหาครุภัณฑ์ใหม่

19. การจัดการขยะอันตรายที่เกิดจากการเรียนการสอน

ด้วยภาระหน้าที่ต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องปฏิบัติ ทำให้ต้องมีการจัดทำคู่มือต่างๆ ขึ้นเพื่อให้ผู้อื่นได้เข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง และเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ท่านอื่นๆ สามารถปฏิบัติงานได้และปฏิบัติงานในแนวทางเดียวกัน ผู้เขียนขอสรุปขั้นตอนในการปฏิบัติงาน และวิธีปฏิบัติ รวมถึงความรู้ต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการสนับสนุนการเรียนการสอน โดยภารกิจทั้ง 19 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะถูกผนวกไว้ในบทต่างๆ ที่ผู้เขียนได้เรียบเรียงใหม่เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ดังนี้

1) บทนำ

2) ระเบียบบริการ และวิธีการให้การบริการต่างๆ

3) ความรู้พื้นฐานเพื่อการปฏิบัติงาน ตำแหน่ง วิทยาศาสตร์

4) ความปลอดภัยและการจัดการขยะอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมี

5) บทสรุป

1.2 วัตถุประสงค์

1) เป็นคู่มือพื้นฐานแนะนำ สร้างความเข้าใจ และช่วยให้เกิดความตระหนักในการปฏิบัติงานในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้อง สามารถใช้อุปกรณ์ ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ และเตรียมสารละลาย ได้

2) เป็นคู่มือสำหรับนิสิตหรือผู้สนใจ สำหรับการปฏิบัติงาน หรือการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง เกิดความปลอดภัยในการใช้วัสดุอุปกรณ์ และครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ สามารถเตรียมสารเคมีได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เกิดประโยชน์สูงสุด

นักวิทยาศาสตร์จะต้องทำการคัดเลือกสารโซเดียมไฮดอรกไซด์ (NaOH) ชนิด Analytical grade ขึ้นไป แต่หากสารนี้จะนำไปใช้ในการปรับเสถียรของสารเคมี และไม่มีผลต่อผลการทดสอบมากนัก ก็อาจทำการสั่งซื้อสารชนิด Commercial grade แทนได้ ทั้งนี้หากจะทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถจัดหาสารเคมีให้เหมาะสม ในขั้นตอนการสำรวจรายการจัดซื้อ ในแบบสำรวจจะต้องระบุลักษณะพิเศษของวัสดุ และหากเป็นไปได้ผู้ใช้จะต้องระบุชนิดของสารนั้นด้วย

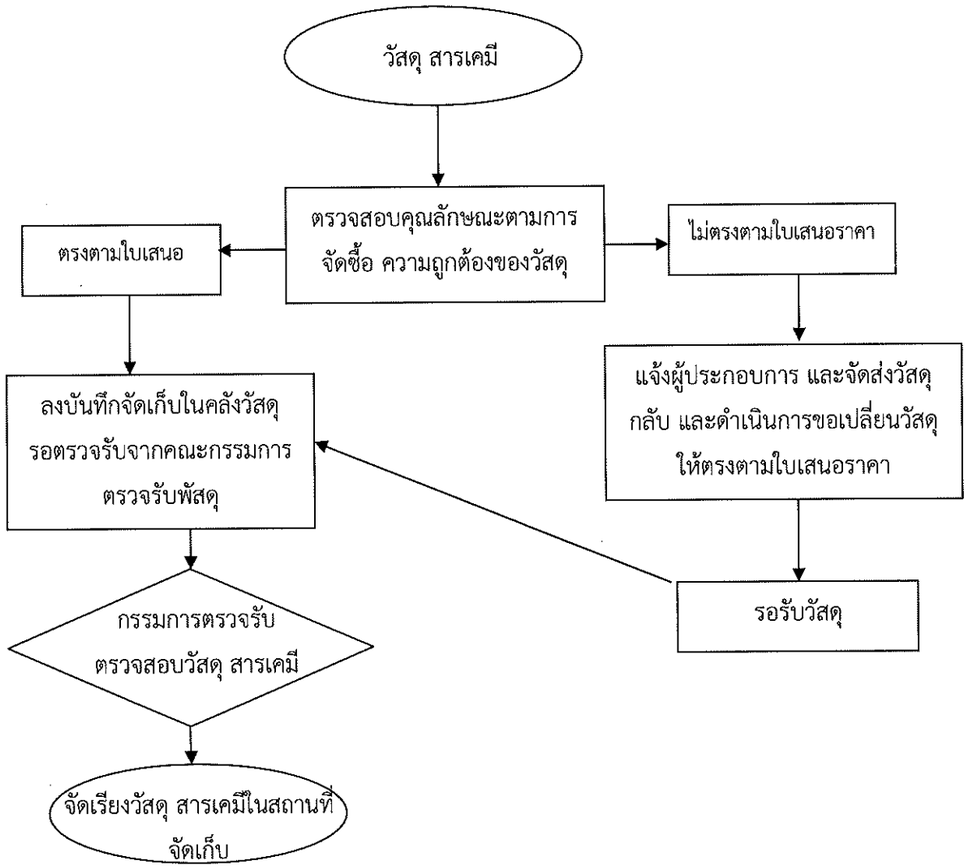
หลังจากที่นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการดำเนินการเทียบราคาของวัสดุต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว จะต้องทำการส่งข้อมูลการเปรียบเทียบนี้ให้กับหัวหน้าส่วนงาน หรือผู้บังคับบัญชาเบื้องต้นตรวจสอบ และพิจารณาความจำเป็นอีกครั้งก่อนดำเนินการขอใบเสนอราคาสำหรับการจัดซื้อต่อไป

และเมื่อการพิจารณาจากหัวหน้าส่วนงาน หรือผู้บังคับบัญชาเบื้องต้น เสร็จสิ้นจึงจะดำเนินการขอใบเสนอราคาใหม่จากผู้ประกอบการที่ได้รับการพิจารณาจัดซื้อ และนำใบเสนอราคาใหม่นี้ดำเนินการขออนุมัติจัดซื้อจากผู้บังคับบัญชาสูงสุดผ่านงานพัสดุคณะฯ ต่อไป

เมื่อได้รับการอนุมัติจัดซื้อจากผู้บังคับบัญชาสูงสุด ฝ่ายพัสดุจะเป็นผู้ดำเนินการในการจัดทำเอกสารสั่งซื้อจากทางหน่วยงานแจ้งไปยังผู้ประกอบการต่างๆ นักวิทยาศาสตร์จะมีบทบาทอีกครั้งในขั้นตอนการตรวจรับวัสดุรวมกับกรรมการตรวจรับ ซึ่งต้องดำเนินการตรวจสอบสภาพ ขนาดบรรจุ ยี่ห้อ วันหมดอายุ และอื่นๆ ให้ตรงตามคุณลักษณะที่ระบุไว้ในใบเสนอราคาก่อนนำไปจัดเก็บเพื่อรอการตรวจรับจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุต่อไป

2.2 การตรวจรับวัสดุ สารเคมี และครุภัณฑ์

เมื่อขั้นตอนการดำเนินการเสร็จสิ้นลง นักวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการตรวจสอบวัสดุ สารเคมี ที่ผู้ประกอบการจัดส่งมายังห้องปฏิบัติการ ว่าตรงตามความต้องการหรือคุณลักษณะที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งต้องทำการตรวจสอบชนิด สูตรโครงสร้าง วันผลิต วันหมดอายุ โดยมีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้



ภาพประกอบที่ 2.2 แผนผังการตรวจรับวัสดุ สารเคมี

การตรวจสอบคุณลักษณะของวัสดุ นักวิทยาศาสตร์จะตรวจสอบคุณลักษณะแยกตามชนิดของวัสดุ ดังนี้

2.2.1 การตรวจสอบสารเคมี

การตรวจสอบสารเคมี จะต้องพิจารณาตรวจสอบ ชื่อของสารเคมีว่าตรงตามใบสั่งซื้อหรือไม่ หากชื่อที่ระบุในฉลากไม่ตรงกัน ซึ่งอาจมาจากการตั้งชื่อทางการค้าที่แตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการตรวจสอบสูตรโครงสร้างของสารนั้นว่าใช่สารเคมีที่ทางห้องปฏิบัติการสั่งซื้อหรือไม่ ทำการตรวจสอบปริมาตรบรรจุ สภาพภาชนะบรรจุ วันผลิต วันหมดอายุ ใบรับรองการผลิต ใบรับประกัน หรือแบบแสดงข้อมูลต่างๆ ของสารเคมีชนิดนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการต้องการสารฟีแนนโทรลีน ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) ซึ่งผู้ประกอบการได้จัดส่งสารเคมีที่ระบุที่ขวดชื่อ 1,10-Phenanthroline monohydrate หรือ ortho-Phenanthroline monohydrate ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะต้องทราบว่าสารที่ผู้ประกอบการจัดส่งนี้คือสารชนิดเดียวกัน และในการพิจารณาวันหมดอายุนั้นให้คำนึงถึงการใช้งานประกอบด้วย ยกตัวอย่าง เช่น 1,10-Phenanthroline monohydrate ที่จัดส่งนั้นมีอายุการใช้งานเหลือ 2 ปีนับจากวันผลิต นักวิทยาศาสตร์อาจจะปฏิเสธการรับสารเคมีขวดนี้จากผู้ประกอบการได้ หากพิจารณาแล้วว่าต้องการได้สารที่มีอายุการใช้งานนานกว่าระยะเวลาที่เหลืออยู่ และสามารถรับสารเคมีขวดนี้ได้ หากพิจารณาแล้วว่ามีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีในระยะเวลาที่เหลืออยู่นี้

สำหรับการจัดเก็บสารเคมีนั้น นักวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการจัดเก็บให้ถูกต้อง โดยแยกเก็บสารเคมีเป็นหมวดหมู่ตามหลักวิชาการ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการเก็บสารเคมีไม่ถูกต้องและจัดเก็บในสถานที่ที่เหมาะสมเพื่อรักษาสภาพของสารเคมีให้มีอายุการใช้งานได้ตามที่ระบุในฉลาก

2.2.2 การตรวจสอบวัสดุ

ใช้วิธีการและหลักการตรวจสอบเหมือนกับการตรวจสอบสารเคมี โดยพิจารณาลักษณะของวัสดุ ความทนทาน กล่องบรรจุไม่ควรฉีกขาด และวัสดุมีคุณลักษณะตรงตามที่ระบุไว้ในการเสนอราคา และวัสดุบางประเภทจะต้องมีเอกสารรับรองคุณภาพกำกับตัวผลิตภัณฑ์ด้วย นักวิทยาศาสตร์จะต้องตรวจสอบความใช้ได้ของวัสดุก่อนนำเข้าไปจัดเก็บ เช่น กรณีที่วัสดุเป็นอุปกรณ์การวัด จะต้องดำเนินการทดสอบใช้งานอุปกรณ์การวัดก่อน โดยตรวจสอบจากคุณลักษณะของวัสดุที่ระบุไว้ในเอกสารประกอบ หลังจากทำการตรวจสอบวัสดุแล้วเสร็จ จะต้องดำเนินการจัดเก็บเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อความสะดวกเมื่อต้องการสืบค้นเอกสารต่อไป

2.2.3 การตรวจรับครุภัณฑ์

การตรวจรับครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ เป็นอีกหน้าที่หนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์มักจะได้รับหน้าที่ในการเป็นกรรมการในการตรวจรับ ซึ่งในการตรวจรับครุภัณฑ์นั้นจะตรวจรับโดยพิจารณาคุณลักษณะจาก 2 แหล่ง ได้แก่ คุณลักษณะกลางของหน่วยงานที่กำหนด และคุณลักษณะของครุภัณฑ์ การตรวจรับครุภัณฑ์จะต้องให้ความระมัดระวังเป็นอย่างมากในการพิจารณาว่าครุภัณฑ์นั้นผ่านเกณฑ์กลางของคุณลักษณะที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งในรายละเอียดของการพิจารณาสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ครุภัณฑ์มีขนาด รูปทรงตรงตามที่ระบุในคุณลักษณะครุภัณฑ์กลางของหน่วยงาน

2) มีฟังก์ชันการใช้งานครบถ้วนตามที่ระบุในคุณลักษณะกลาง หรือมีฟังก์ชั่นการใช้งานมากกว่าที่ระบุในคุณลักษณะกลางที่ระบุของหน่วยงาน

3) มีเอกสารรับรองการผลิต ว่าผ่านมาตรฐานต่างๆ ตามคุณลักษณะครุภัณฑ์กลางที่หน่วยงานกำหนด

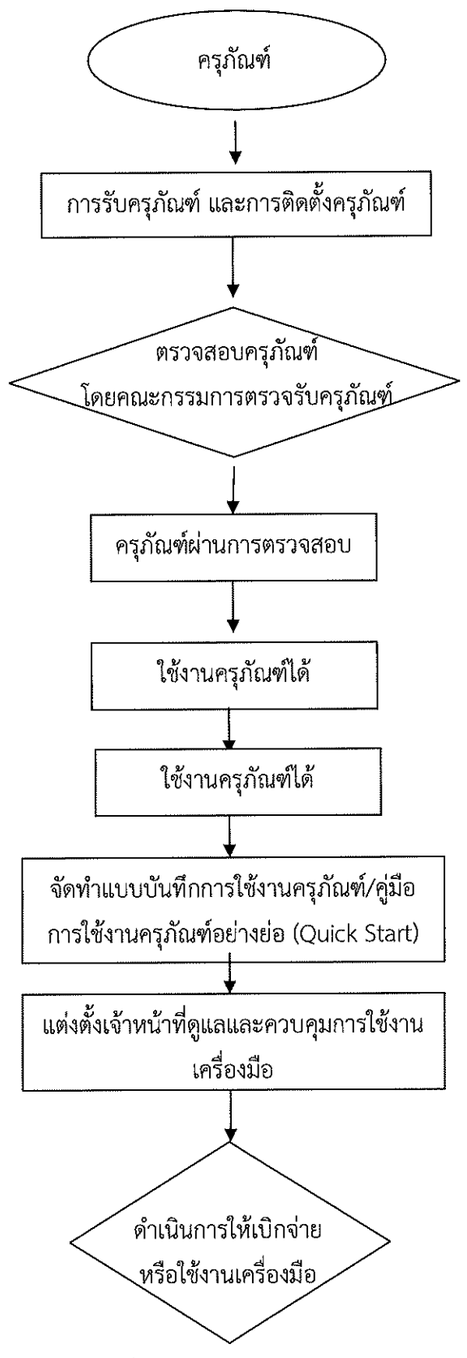
4) มีเอกสารรับรองวัสดุที่ใช้ในการผลิตครุภัณฑ์ ตามคุณลักษณะครุภัณฑ์กลางที่หน่วยงานกำหนด

5) มีเอกสารรับรองคุณภาพสินค้าและบริการ ตามคุณลักษณะครุภัณฑ์กลางที่หน่วยงานกำหนด

6) มีการทดสอบ สาธิตการใช้งานเครื่องตามที่ระบุในคุณลักษณะกลางที่ระบุของหน่วยงานและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

7) มีคู่มือการใช้งานครุภัณฑ์ครบถ้วน ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ หรือภาษาอื่นตามที่ระบุในคุณลักษณะกลางที่หน่วยงานระบุ

เมื่อทำการตรวจสอบครุภัณฑ์ตามเงื่อนไขต่างๆ แล้วเสร็จ และคณะกรรมการตรวจรับครุภัณฑ์ลงลายมือชื่อในเอกสารตรวจรับของทางราชการเรียบร้อยแล้ว นักวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการจัดทำประวัติครุภัณฑ์ แบบฟอร์มการเบิกจ่ายครุภัณฑ์ แบบบันทึกการใช้งานครุภัณฑ์ (Log book) และจัดทำคู่มืออย่างย่อประจำครุภัณฑ์ สำหรับอธิบายวิธีการใช้งานแบบคราวๆ แต่เป็นวิธีที่ถูกต้อง เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้งานเครื่องได้ทันที โดยไม่ต้องศึกษารายละเอียดมากมายจากคู่มือฉบับสมบูรณ์ สำหรับขั้นตอนในการตรวจรับครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มีดังต่อไปนี้



ภาพประกอบที่ 2.3 แผนผังการตรวจรับครุภัณฑ์

ในขั้นตอนการยืมคืนวัสดุที่ไม่เป็นครุภัณฑ์ตามที่ระเบียบกำหนด จะดำเนินการโดยใช้แบบฟอร์มยืมคืนที่ทางห้องปฏิบัติการกำหนด ในแบบฟอร์มที่กำหนดขึ้นควรเป็นแบบฟอร์มที่มีข้อความระบุข้อมูลผู้ยืม วันเดือนปีที่ยืม วันเดือนปีที่กำหนดส่ง รายการยืม ขนาด ยี่ห้อ และจำนวนวัสดุ ตลอดจนระบุตำหนิวัสดุกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความบกพร่อง ข้อมูลเหล่านี้ในแบบฟอร์มเป็นประโยชน์อย่างมากในบริหารจัดการวัสดุ กรณีที่ห้องปฏิบัติการไม่สามารถหมุนเวียนวัสดุได้ทัน หรือกรณีเรียกวัสดุกลับเมื่อต้องการใช้งานเร่งด่วนและมีจำนวนจำกัด

ในการตรวจสอบวัสดุหลังการใช้งานของผู้ยืมเบิกวัสดุ แล้วพบว่าวัสดุเกิดความชำรุด แตกพัง หรือสูญหาย จะต้องทำหน้าที่สืบราคาและแจ้งต่อผู้ยืม ให้ผู้ยืมดำเนินการจัดหาวัสดุดังกล่าวคืนห้องปฏิบัติการให้ครบถ้วน

วัสดุบางประเภท ผู้เบิกไม่จำเป็นต้องดำเนินการจัดส่งคืนห้องปฏิบัติการ ได้แก่ วัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ เช่น กระดาษกรองชนิดต่างๆ ถุงพลาสติก หน้ากาก ถุงมือ ใบมีด ทิปสำหรับไมโครปิเปต กระดาษซับสาร กระดาษวัดค่าความเป็นกรดด่าง กระดาษชำระ อลูมินัมฟอยด์ห่ออาหาร ฯลฯ เป็นต้น เนื่องจากวัสดุสิ้นเปลืองเหล่านี้จัดเป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป ทางคณะฯ และหน่วยงานที่รับผิดชอบจัดให้เป็นวัสดุที่ให้บริการโดยไม่ต้องดำเนินการจัดส่งคืน สำหรับการเรียนการสอน ทั้งนี้จะต้องควบคุมการเบิกจ่ายของผู้ใช้บริการไม่ให้ฟุ่มเฟือย เพื่อประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อ

2.4.2 การเบิกจ่ายสารเคมี

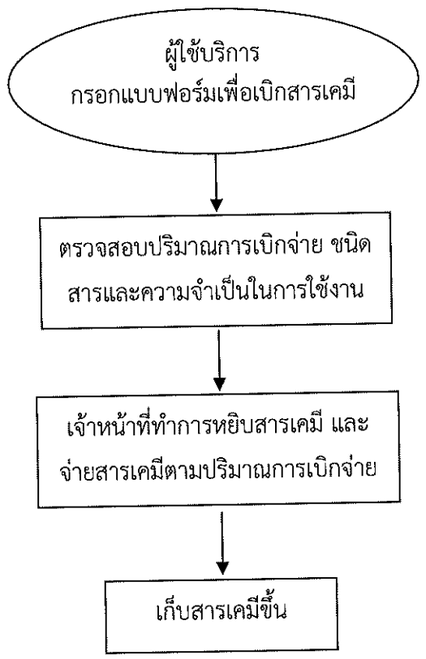
สารเคมีจัดเป็นวัสดุการศึกษาอีกประเภทที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องทำหน้าที่ควบคุมการเบิกจ่ายให้เกิดความพอเหมาะ ไม่มากจนเกินไป โดยในการควบคุมการเบิกจ่ายนั้น มีแนวทางในการให้บริการ 2 แนวทาง คือ การบริการสารเคมีสำหรับบทปฏิบัติการการเรียนการสอน และการบริการสารเคมีสำหรับงานวิจัย ปัญหาพิเศษ และโครงการบริการวิชาการ ซึ่งมีขั้นตอนการเบิกจ่ายแตกต่างกัน ดังนี้

2.4.2.1 การบริการสารเคมีสำหรับบทปฏิบัติการการเรียนการสอน

ทุกภาคการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ จะดำเนินการจัดทำบันทึกข้อความเพื่อสำรวจรายการใช้สารเคมี โดยขอความอนุเคราะห์ให้คณาจารย์ผู้สอนดำเนินการจัดส่งบทปฏิบัติการซึ่งมีเนื้อหาที่ใช้ในการสอน โดยระบุจำนวนกลุ่มเรียน วันที่เรียนและแจ้งต่อห้องปฏิบัติการ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะดำเนินการในการบันทึกชนิดของสารเคมี และปริมาณของสารเคมีที่ใช้ คำนวณยอดรวมของการใช้สารเคมี เพื่อดำเนินการจัดซื้อ

ดังนั้นในขั้นตอนการเบิกจ่ายสารเคมีเพื่อการเรียนการสอน นักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้บันทึกชนิด และปริมาณสารที่ใช้ในการเรียนการสอนเองตามแบบฟอร์มที่กำหนด

2.4.2.2 การบริการสารเคมีสำหรับงานวิจัย ปัญหาพิเศษ และโครงการบริการวิชาการจะปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้



ภาพประกอบที่ 2.5 แผนผังการยืมคืนสารเคมี

บทที่ 3
ความรู้พื้นฐานเพื่อการปฏิบัติงาน ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ เป็นตำแหน่งงานที่ต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติหน้าที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะทางด้านเทคนิควิเคราะห์ เนื่องจาก จะต้องทำหน้าที่ในการจัดเตรียมวัสดุ สารเคมี ตลอดจนการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องอาศัยความรู้ความชำนาญ และยังจะต้องประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติหน้าที่ร่วมถึงการบริหารจัดการการบริการในด้านต่างๆ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดด้วย ความรู้พื้นฐานต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องมีความรู้พื้นฐานที่ดีที่จะก่อให้เกิดการพัฒนางานจนเกิดความเชี่ยวชาญต่อ ซึ่งความรู้พื้นฐานต่างๆ มีดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ

1. เครื่องแก้ว

เครื่องแก้ว เป็นวัสดุสำคัญที่ใช้ในการศึกษาทดลอง ค้นคว้า ในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างมาก เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดสอบต่างๆ มีคุณภาพที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น การต้มสารเคมี ก็จะใช้เครื่องแก้วที่สามารถทนความร้อนสูง ส่วนการเตรียมสารเคมีต่างๆ ซึ่งต้องการความแม่นยำของปริมาตร ก็จะใช้เครื่องแก้วประเภทตวงวัดในการเตรียมสารเคมีแทน ดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องแก้วงานต่างๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีความรู้เรื่องเครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ความรู้นี้ในการเลือกคุณภาพของเครื่องแก้วให้เหมาะสม อันจะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อด้วย ยกตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งต้องการใช้งานเครื่องแก้วสำหรับงานต้มสารเคมีด้วยความร้อนสูง แต่เลือกใช้เครื่องแก้วที่มีความสามารถทนความร้อนต่ำ ก็จะทำให้เครื่องแก้วแตกรวาวง่าย หรือหลอมเหลว ไม่สามารถใช้งานได้นานก็ต้องดำเนินการจัดซื้อเครื่องแก้วใหม่ เป็นต้น

เครื่องแก้ว (Glassware) เป็นวัสดุซึ่งผลิตขึ้นจากทรายแก้ว หรือซิลิกา โซดาแอช หินปูน โดโลไมต์ และเศษแก้วร้อยละ 30 สารที่ผสมลงไปช่วยลดจุดหลอมเหลวของซิลิกาจาก 1,723 องศาเซลเซียส ให้เหลือ 1,500-1,600 องศาเซลเซียส เมื่อนำส่วนผสมมาให้ความร้อน หินปูน โซดาแอช และโดโลไมต์ จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบออกไซด์ และหลอมเหลวลงเกิดเป็นน้ำแก้ว จากนั้นจึงลดอุณหภูมิลงเพื่อให้น้ำแก้วมีความหนืด แล้วจึงขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ แก้วแบ่งเป็นประเภทต่างๆ โดยอาศัยความทนทานได้ 4 ประเภท ดังนี้

1) แก้วพิเศษ (special glasses) เป็นแก้วที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ เพื่อให้มีคุณสมบัติจำเพาะตามความต้องการใช้งาน แก้วพิเศษจำพวกนี้จึงมีสมบัติเด่นเฉพาะตัว มีหลายชนิดด้วยกัน โดยแก้วพิเศษแต่ละชนิดจะระบุส่วนผสมหรือสารอนินทรีย์ที่มีในเนื้อแก้วนั้นๆ ด้วย ตัวอย่างของแก้วจำพวกนี้ ได้แก่

(1) แก้วปลอดซิลิคอน (silicon free glass) ใช้ผลิตหลอดแสงโซเดียม (sodium vapor discharge lamp) โดยมีส่วนประกอบของ โบรอนออกไซด์ (B_2O_3) 36%, อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) 27%, แบเรียมออกไซด์ (BaO) 27% และ แมกนิเซียมออกไซด์ (MgO) 10%

(2) แก้วฟอตเฟต (phosphate glass) เป็นแก้วที่มีความทนทานต่อกรดที่กัดแก้วได้ (กรดไฮโดรฟลูออริก, HF) โดยมีส่วนประกอบของ ฟอสฟอรัสออกไซด์ (P_2O_5) 72%, อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) 18% และซิงค์ออกไซด์ (ZnO) 10%

(3) แก้วที่มีส่วนผสมของตะกั่วในปริมาณสูง (high lead content glass) ใช้ในงานทางด้านรังสี ซึ่งสามารถดูดกลืนรังสีแกรมมา (grammar ray) และรังสีเอ็กซ์ได้ (X-ray) ได้ นอกจากนั้นแก้วชนิดถูกจัดอยู่ในกลุ่มแก้ว very dense flint glass จึงมีการนำมาใช้ทำเลนซ์แว่นตาได้ โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) 20% และตะกั่วออกไซด์ (PbO) 80% ในปัจจุบันมีการพัฒนาความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีการผลิตแก้วที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความจำเพาะกับงานต่างๆ หลากหลายชนิด หากมีความสนใจสามารถสอบถามได้โดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตแก้ว

2) แก้วควอทซ์ (Fused quartz) เป็นแก้วทนอุณหภูมิสูง และแก้วที่แสงอัลตร้าไวโอเลตสามารถส่องผ่านได้ (the high temperature and UV-transmission glasses) เป็นแก้วชนิดสุดท้ายที่พบในห้องปฏิบัติการ หรือเรียกกันทั่วไปว่าแก้วควอทซ์ หรือ ซิลิก้าบริสุทธิ์ (pure SiO_2) แต่ยังคงมีโลหะอัลคาไลน์ (Na Mg) ไฮดรอกซิล (OH-) และออกไซด์ (Oxide) เจือปนอยู่เล็กน้อย (น้อยกว่า 1%)

ในกระบวนการผลิตแก้วควอทซ์ทางอุตสาหกรรม จะใช้ซิลิกอนเตตระคลอไรด์ (Silicon tetrachloride, $SiCl_4$) หรือผลึกควอทซ์บริสุทธิ์ (pure quartz crystal, sand) เป็นสารตั้งต้น คุณสมบัติของแก้วชนิดนี้ จึงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นต่ำ มีความแข็งแกร่ง มีความต้านทานต่อสารเคมีและไฟฟ้าแม้ในขณะร้อน ไม่ดูดกลืนแสงในช่วงแสงอัลตร้าไวโอเลตและวิสิเบิ้ล (Ultraviolet-Visible)

แก้วควอทซ์นี้ยังใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องแก้ววิทยาศาสตร์พิเศษที่ทนทานต่อสารเคมี และใช้ในการทดลองในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงๆ ใช้เป็นวัสดุสะท้อนแสงเลเซอร์ ใช้ทำครูซิเบิ้ล (Crucible) สำหรับผลิตผลึกเดี่ยวของซิลิก้าบริสุทธิ์เพื่อใช้ในงานทางอิเล็กทรอนิกส์ และทำกระจกสำหรับกล้องโทรทัศน์และดาวเทียมอีกด้วย

3) แก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate glass) หรือ แก้วแข็ง (the hard glasses) เป็นแก้วอีกชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ เหตุผล 2 ประการที่เรียกว่าแก้วแข็ง เนื่องจาก

(1) มีความแข็งทน ต่อการกระแทก มากกว่า 3 เท่า เมื่อเทียบกับแก้วอ่อน และ

(2) สามารถทนความร้อน เนื่องจากแก้วแข็งนี้มีค่าสัมประสิทธ์การขยายตัวต่ำ เมื่อเทียบกับแก้วอ่อน และเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงแล้วรูปร่างของแก้วจะไม่เปลี่ยนแปลง และยังทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีต่างๆ ได้หลายชนิด รวมทั้งสารละลายเบสด้วย เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นต้น

นอกจากนี้แก้วบอโรซิลิเกตยังถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิภัณฑ์เชิงการค้า เช่น ใช้ทำเป็นกระจกของเตาอบ ฝาหม้อสุกี้ เป็นต้น เนื่องจากสามารถทนความร้อนได้ดีนั่นเอง หรือมีการใช้ทำกระจกครอบไฟรถยนต์ และกระจกครอบไฟส่องสว่างที่ใช้ภายในและภายนอกอาคาร ส่วนภายในห้องปฏิบัติการก็ใช้ทำ

บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ บิวเรตต์ และขวดก้นกลม เป็นต้น โดยผู้ผลิตที่รู้จักมี 3 ยี่ห้อ ด้วยกัน คือ Pyrex, Kimax และ Duran

แม้ว่าแก้วบอโรซิลิเกตจะทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีหลายชนิดก็ตาม แต่มีสารเคมีบางชนิดที่สามารถละลายแก้วบอโรซิลิเกตได้ เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) กรดฟอสฟอริกร้อน (hot H_3PO_4) สารละลายเบสแก่ (conc. NaOH) เพราะฉะนั้นควรระลึกไว้เสมอว่า ห้ามเก็บสารเคมีเหล่านี้ไว้ในขวดแก้ว หรือหากจำเป็นต้องเก็บสารละลายเบสอ่อนก็ไม่ควรเก็บไว้นานจนเกินไป

4) แก้วอ่อน (the soft glasses) เรียกชื่อตามคุณสมบัติทางกายภาพของแก้วเลย กล่าวคือเนื้อแก้วมีความอ่อนตัวได้ง่ายเมื่อเทียบกับแก้วชนิดอื่น ในทางการค้าจะเห็นวัสดุที่ทำด้วยแก้วอ่อน เช่น แผ่นกระจก ขวดแก้ว เหยือกแก้ว และแก้วน้ำ โดยแก้วอ่อนนี้สามารถเปลี่ยนสีได้ง่ายเพื่อความสวยงาม เช่น แก้วที่บรรจุเครื่องดื่มโดยทั่วไปจะเป็นสีน้ำตาล หรือสีเขียว หรือในห้องปฏิบัติการก็ใช้เป็นขวดใส่สาร รีเอเจนต์ใส หรือสีชา เป็นต้น

แก้วอ่อนที่พบในห้องปฏิบัติการจะเป็นชนิดแก้วโซดาไลม์ (Soda lime glass) ซึ่งโซดา (soda) หมายถึง โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และ ไลม์ (lime) คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) หรือแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ส่วนแก้ว (glass) คือ มีส่วนประกอบของซิลิก้า SiO_2 เป็นส่วนประกอบหลัก วัสดุที่ใช้ผลิตแก้วชนิดนี้จะมีราคาถูก เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่สูงมากนัก นอกจากนั้นสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ผ่านกระบวนการรีไซเคิล (recycle) ได้ง่ายอีกด้วย

ส่วนคุณภาพของแก้วชนิดนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมี โดยทั่วไปจะพบ CaO อยู่ในปริมาณ 8-12% และ Na_2O 12-17% นอกนั้นเป็น SiO_2 หากแก้วมีส่วนผสมของ CaO มาก ระหว่างกระบวนการผลิตโครงสร้างแก้วจะมีบางส่วนเกิดเป็นผลึก หากมีส่วนผสมของ CaO น้อย (Na_2O มาก) จะทำให้แก้วดูดความชื้นได้ดีมีโอกาสที่แก้วจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้ (ละลายน้ำได้) ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

สารละลายโซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate) หรือแก้วที่ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ (water glass) จะมีส่วนผสมของ Na_2O ในปริมาณมากจึงละลายน้ำได้ ซึ่งแก้วจะอยู่ในรูปของเหลว (liquid glass) และสามารถทำให้อยู่ในรูปของแข็งได้โดยการระเหยเอาน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายออก ส่วนประกอบโดยประมาณของสารละลายโซเดียมซิเกต คือ SiO_2 27% , NaOH 14% (หากไม่มีน้ำจะอยู่ในรูป Na_2O) และน้ำ 59%

ส่วนใหญ่แก้วที่พบในห้องปฏิบัติการจะเป็นชนิดแก้วอ่อน สังเกตได้ง่ายๆ โดยดูอักษรติดที่เครื่องแก้ว หากมีคำว่า Pyrex, Kimax หรือ Duran จะไม่ใช่แก้วอ่อน หากไม่มีก็จะอยู่ในประเภทแก้วอ่อนชนิดแก้วโซดาไลม์

1.1) ชนิดของเครื่องแก้วปริมาตร แบ่งตามวิธีการใช้หรือวิธีการสอบเทียบได้เป็น 2 ชนิด คือ

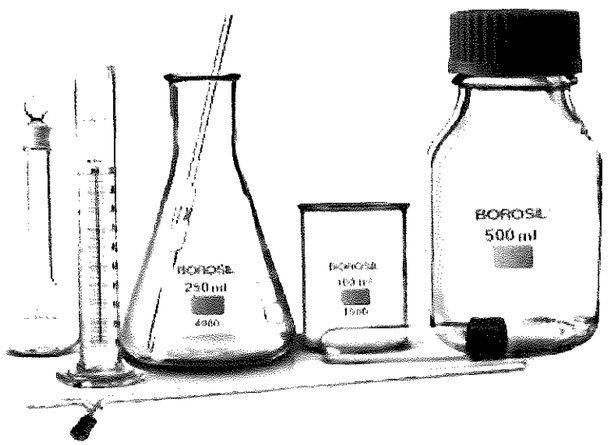
(1) เครื่องแก้วปริมาตรชนิดบรรจุ (To contain) ใช้ตัวย่อบนภาชนะเครื่องแก้ว คือ TC หรือ C หรือ In เช่นขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)

(2) เครื่องแก้วปริมาตรชนิดถ่ายออก (To deliver) ใช้ตัวย่อบนภาชนะเครื่องแก้ว คือ TD หรือ D หรือ Ex เช่น ปิเปตต์วัดปริมาตร (Bulb pipette) เกรดูเอตเตดปิเปตต์ (Graduated pipette) บิวเรตต์ (Burette) แบ่งตามวิธีการสอบเทียบ ซึ่งแบ่งตามค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ หรือตามชั้นคุณภาพ (Class of accuracy) ดังนี้

- ชั้นคุณภาพ A (Class A) เป็นเครื่องแก้วปริมาตรที่มีความแม่นยำสูง มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ต่ำ ใช้สำหรับงานวิเคราะห์ทดสอบ

- ชั้นคุณภาพ B (Class B) เป็นเครื่องแก้วปริมาตรที่มีความแม่นยำต่ำกว่าชั้นคุณภาพ A มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เป็น 2 เท่าของชั้นคุณภาพ A

ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับเครื่องแก้ว มีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกซื้อให้สอดคล้องกับการใช้งาน ความจำเป็น และงบประมาณที่มีอยู่ ดังนั้นการทำหน้าที่นักวิทยาศาสตร์จึงควรให้ความสำคัญกับเรื่องเหล่านี้ด้วย นักวิทยาศาสตร์นอกจากจะต้องมีความรู้เหล่านี้แล้ว ควรจะต้องศึกษาคุณสมบัติของเครื่องแก้วให้ดีก่อนตัดสินใจนำไปใช้งาน ซึ่งอาจต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงชนิดของเนื้อแก้ว และชนิดสารที่จะนำไปรองรับ

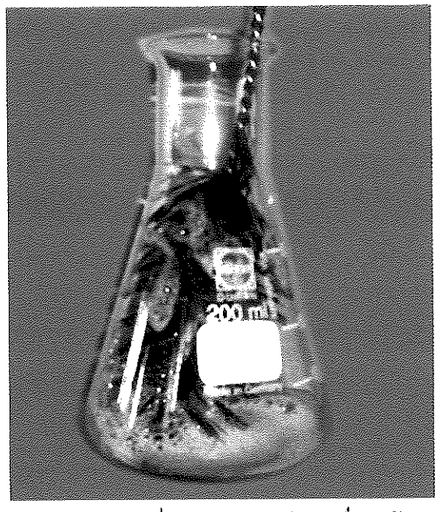


ภาพประกอบที่ 3.1 เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์

ที่มาภาพ : http://thai.alibaba.com/product-free/laboratory-glassware-135481043.html

2. การล้างทำความสะอาดเครื่องแก้ว

ก่อนนำเครื่องแก้วไปใช้งานทุกครั้ง นักวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับความสะอาดของเครื่องแก้ว โดยเฉพาะเครื่องแก้วที่มีการใช้งานที่หลากหลาย จำเป็นอย่างมากที่จะต้องดำเนินการล้างทำความสะอาดก่อนใช้งานอย่างถูกวิธี เพื่อลดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับความสกปรก และสารปนเปื้อนที่ติดกับเครื่องแก้วเหล่านั้น การล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วมีหลายแบบหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของความสกปรก และสิ่งเจือปนบนเครื่องแก้ว สารที่ใช้ในการทำความสะอาดจึงมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดคราบสกปรกได้แตกต่างกัน เช่น การทำความสะอาดปิเปตต์ จะทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถนำแปรงล้างเครื่องแก้ว เข้าไปภายในปิเปตต์ได้ จึงต้องอาศัยการแช่ด้วยสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้ว เป็นต้น ในการเตรียมสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้วนี้ จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ต้องมีอุปกรณ์ความปลอดภัยให้ครบ เช่น ถุงมือ แว่นตา และระบบระบายอากาศ เพราะใช้สารเคมีที่อันตรายมากพอสมควร



ภาพประกอบที่ 3.2 ภาพการล้างเครื่องแก้ว

1) สารละลายไดโครเมต-กรดซัลฟิวริก เตรียมได้โดยการผสมโซเดียมไดโครเมต($Na_2Cr_2O_7.2H_2O$) 92 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 458 มิลลิลิตร จากนั้นค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4 conc.) ปริมาณ 800 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วคนจนกระทั่งสารละลายเข้ากันดี จะได้สารละลายสีแดง ระหว่างการเทกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป สารละลายจะมีความร้อนเกิดขึ้นในปริมาณมาก จะต้องคนด้วยแท่งแก้วคนสลับกับการเทกรดลงไป หลังจากเตรียมเสร็จแล้วทิ้งไว้ให้เย็นก่อนใช้งาน

2) สารละลายกรดไนตริกเจือจาง ที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 % ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้วต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นฝ้า โดยการแช่ด้วยกรดไนตริกเจือจาง แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด

3) สารละลายกรดกัดทอง กรดกัดทองทำได้โดยการผสมกรดเกลือ (HCl) และกรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3) ในอัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร

4) สารละลายโพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์ (KOH หรือ NaOH ใน alcohol) เตรียมได้โดยละลาย NaOH 120 กรัม หรือ KOH 150 กรัม ในน้ำกลั่น 120 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล (C_2H_5OH) ความเข้มข้น 95% ลงไปเพื่อทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

5) สารละลายไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) เตรียมได้โดยละลาย Na_3PO_4 57 กรัมและโซเดียมโอลีเอต 28.5 กรัม ในน้ำกลั่น 470 มิลลิลิตร เหมาะสำหรับกำจัดสารพวกคาร์บอน

2.1 หลักการทำความสะอาดเครื่องแก้ว

การล้างเครื่องแก้ว (Basic cleaning concepts) โดยเฉพาะเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย นับเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม เพราะส่งผลโดยตรงต่อความถูกต้องของผลการทดสอบ เพราะผลการทดสอบที่ผิดเพี้ยนนั้นอาจเกิดจากการรวมตัวของสารเคมีที่ติดอยู่บนเครื่องแก้ว และสารเคมีตัวใหม่ที่ใส่ลงไป เกิดผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซพิษ (Toxic gas) หรือเกิดปฏิกิริยารุนแรงระเบิดได้ (Explosion)

การสังเกตอย่างง่ายด้วยตาเปล่าว่าเครื่องแก้วสะอาดหรือไม่ สามารถสังเกตได้จากลักษณะของหยดน้ำที่เกาะบนเครื่องแก้ว หากมีหยดน้ำเกาะเครื่องแก้วลักษณะเป็นหยด แสดงว่าเครื่องแก้วนั้นไม่สะอาด หากน้ำที่เกาะมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ แสดงว่าแก้วนั้นสะอาด

จะเห็นได้ว่าเครื่องแก้วมีความจำเป็นต้องทำความสะอาดก่อนใช้งานเสมอ แต่ก็ไม่ควรใช้เวลาในการทำความสะอาดนานเกินไป หรือทำความสะอาดผิดวิธี จะทำให้เสียเวลา เสียค่าใช้จ่ายโดยใช่เหตุ จึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำความสะอาด เหมือนกับจำเป็นต้องรู้ขั้นตอนต่างๆ ในการใช้เครื่องมือต่างๆ ด้วย กล่าวคือ สารเคมีประเภทกรดมักจะใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ติดอยู่บนเครื่องแก้ว และสารเคมีประเภทเบสจะใช้สำหรับกลั้วสะเทินกรดที่เหลือในขั้นตอนสุดท้าย นอกจากนั้นในการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารที่มีความเข้มข้นน้อยๆ (0.001 ppm) โดยเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง จะต้องมีระบบการล้างที่พิเศษกว่าปกติ

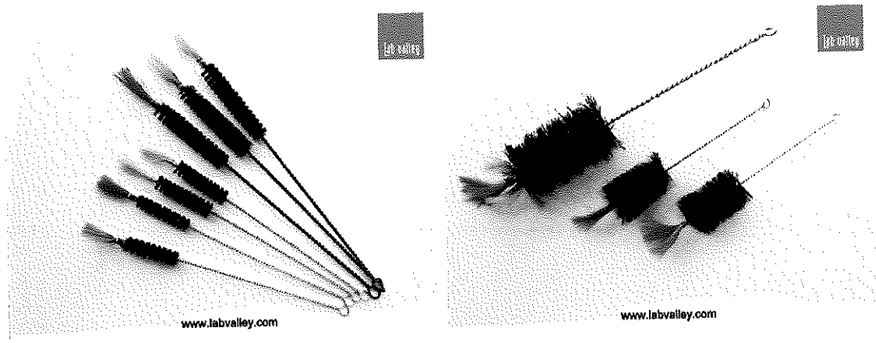
การทำความสะอาดเครื่องแก้ว (Cleaning glassware) มีหลายขั้นตอนด้วยกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปน เช่น ถ้าสิ่งสกปรกสามารถทำความสะอาดได้ด้วยน้ำยาล้างจานและน้ำ อย่างน้อยก็มี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่า คือ ล้างด้วยน้ำยาล้างจาน ตามด้วยล้างด้วยน้ำประปา สุดท้ายกลั้วด้วยน้ำกลั่น และตากแห้ง หรือถ้ามีเศษวัสดุติดอยู่ทีแก้ว ก็ให้ใช้แปรงหรือผ้าเช็ดสิ่งสกปรกนั้นออกก่อน แล้วจึงทำการล้างตามปกติ เช่นเดียวกันหากมีการทากรีส (grease) หรือวาสลีนกับเครื่องแก้วจะต้องกำจัดกรีสออกก่อนโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ หลังจากนั้นจึงทำการล้างตามปกติ

ในบางครั้งเครื่องแก้วมีความสกปรกมากเนื่องจากสิ่งสกปรก และการเกาะติดผิวเครื่องแก้วอย่างเหนียวแน่น จำเป็นต้องละลายผิวแก้วออกบางส่วน เรียกว่า Stripping โดยใช้กรดกัดแก้ว เป็นต้น เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ผลที่ตามมาคือแก้วจะบาง อายุการใช้งานจะสั้นลง โดยมากจะทำการ stripping กับเครื่องแก้วที่ไม่ใช้ในการวัดปริมาตร เช่น บีกเกอร์ ส่วนแก้วที่ใช้ในการวัดปริมาตรจะไม่ใช้วิธีนี้เพราะจะทำให้ปริมาตรเปลี่ยนไปต้องทำการปรับเทียบมาตรฐานใหม่จึงจะนำมาใช้งานได้

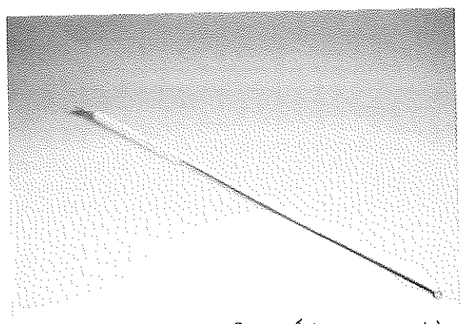
จากที่กล่าวมาทั้งหมด การล้างเครื่องแก้วจึงเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เราจำเป็นต้องรู้ว่าสิ่งสกปรกคืออะไร และจะละลายสิ่งสกปรกนั้นด้วยสารใด โดยหลักการละลายทั่วไปที่พูดติดปากกันว่า “like dissolved like” นั่นหมายความว่าสารที่จะละลายกันได้จะมีคุณสมบัติของความมีขั้วคล้ายกัน เช่น สารที่มีขั้วจะละลายได้ดีกับสารที่มีขั้ว ส่วนสารที่ไม่มีขั้วจะละลายได้ดีกับสารที่ไม่มีขั้ว

1) อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้ว

แปรงทำความสะอาด



ก : แปรงทำความสะอาดหลอดทดสอบ (Test Tube Brush) ข.แปรงทำความสะอาดฟลาสก์ (Flask Brush)



ค.แปรงทำความสะอาดบิวเรตต์ (Buret Brush)

ภาพประกอบที่ 3.3 แปรงทำความสะอาดเครื่องแก้ว
ที่มาภาพ : ก และ ข จาก http://www.labvalley.com/product
ที่มาภาพ : ค จาก http://www.aliexpress.com/popular/burette-brush.html

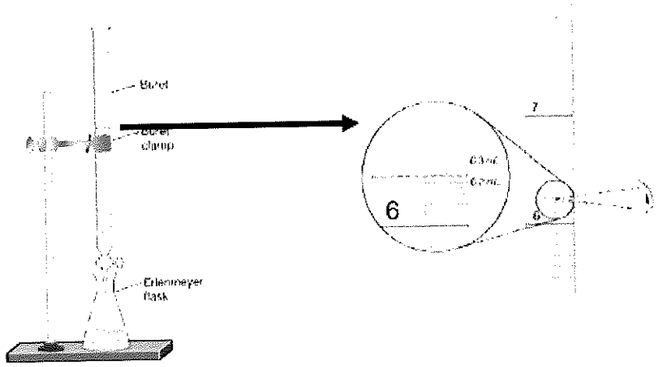
แปรงทำความสะอาด (Brush) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้คู่กับการล้างทำความสะอาดเครื่องแก้ว ซึ่งจะต้องเลือกใช้แปรงทำความสะอาดเครื่องแก้วให้เหมาะสมกับลักษณะของเครื่องแก้ว เช่น Test Tube Brush ใช้สำหรับทำความสะอาดหลอดทดสอบ Flask Brush ใช้สำหรับทำความสะอาดขวดปริมาตร และ Burette Brush ที่มีลักษณะเป็นแปรงก้านยาวใช้สำหรับทำความสะอาดบิวเรตต์ การใช้แปรงล้างเครื่องแก้วต้องระมัดระวังให้มาก อย่าถูแรงเกินไป เนื่องจากก้านแปรงเป็นโลหะเมื่อไปกระทบกับแก้วอาจทำให้แตกและเกิดอันตรายได้

3. การอ่านปริมาตรเครื่องแก้ว

1) หลักในการอ่านปริมาตรของสารละลาย

หลักในการอ่านปริมาตรของสารละลายที่ถูกต้องในอุปกรณ์วัดปริมาตร คือจะต้องให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับจุดต่ำสุดของส่วนโค้งเว้า (Meniscus)

meniscus คือ ผิวหน้าสารละลายในหลอดแก้วมองเห็นเป็นเส้นโค้ง อุปกรณ์วัดปริมาตรของสารละลายที่สำคัญ ได้แก่ ขวดปริมาตร บิวเรตต์ ปิเปตต์ และกระบอกตวง เมื่อบรรจุสารละลายลงในอุปกรณ์วัดปริมาตรเหล่านี้ ระดับสารละลายตอนบนจะมีลักษณะโค้งเว้าเกิดขึ้น ส่วนโค้งเว้านี้เกิดจากแรงดึงดูดผิวระหว่างผิวแก้วกับสารละลาย



ภาพประกอบที่ 3.4 การอ่านปริมาตรของเหลว

ที่มาภาพ : https://warachemistry.wordpress.com

การหาตำแหน่งเพื่ออ่านปริมาตรของสารละลายหรือตำแหน่งของส่วนโค้งเว้าต่ำสุดที่แน่นอนนั้น อาจใช้กระดาษแข็งสีดำหรือสีขาว แต่ต้องมาขีดเส้นด้วยดินสอหรือหมึกดำนำไปทาบหลังขีดบอกปริมาตรให้ระดับสายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของของเหลวแล้วเลื่อนแผ่นกระดาษขึ้นลงจนกระทั่งขอบบนของกระดาษดำหรือเส้นดำบนกระดาษขาวอยู่ในแนวเดียวกับส่วนต่ำสุดของโค้งเว้า ก็อ่านปริมาตรตรงตำแหน่งนี้

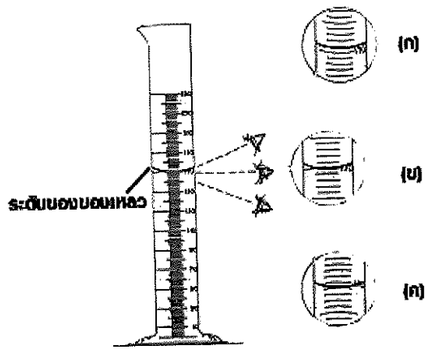
ตำแหน่งของระดับสายตาในการอ่านปริมาตร มีความสำคัญต่อค่าที่ได้จากการอ่านปริมาตรมาก กล่าวคือ

(1) ถ้าระดับสายตาอยู่เหนือส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของสารละลาย ปริมาตรที่อ่านได้จะมากกว่าปริมาตรจริง (ภาพประกอบที่ 3.5 (ก) ปริมาตรของเหลวและระดับสายตาในการอ่าน)

(2) ถ้าระดับสายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของสารละลาย ปริมาตรที่อ่านได้จะมีค่าถูกต้อง (ภาพประกอบที่ 3.5 (ข) ปริมาตรของเหลวและระดับสายตาในการอ่าน)

(3) ถ้าระดับสายตาอยู่ต่ำกว่าส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของสารละลาย ปริมาตรที่อ่านได้จะน้อยกว่าปริมาตรจริง (ภาพประกอบที่ 3.5 (ค) ปริมาตรของเหลวและระดับสายตาในการอ่าน)

การอ่านปริมาตรของสารละลายนั้น ถ้าระดับสายตาไม่อยู่ในระดับเดียวกันกับส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของสารละลายแล้ว การอ่านปริมาตรจะมีความคลาดเคลื่อน เรียกความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ว่า Parallax error ในกรณีที่สารละลายมีสีเข้ม เช่น ด่างทับทิม ($KMnO_4$) ให้อ่านปริมาตรโดยให้ระดับสายตาอยู่ในแนวเดียวกันกับส่วนโค้งด้านบนสุดของสารละลาย



ภาพประกอบที่ 3.5 ปริมาตรของเหลวและระดับสายตาในการอ่าน
ที่มาภาพ : http://www.school.net.th/library/snet5/volread.html

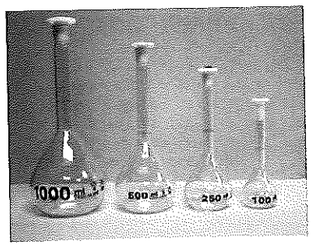
4. พลาสติก

ปัจจุบันอุปกรณ์พลาสติกนิยมใช้ในปฏิบัติการเคมีเช่นเดียวกับเครื่องแก้ว เพราะน้ำหนักเบา ราคาถูก ไม่แตกหักง่าย แต่มีข้อจำกัดในการใช้งาน คือไม่ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรด ด่าง และตัวทำละลายอินทรีย์ ติดคราบสกปรกได้มากกว่าแก้ว ทำให้เกิดรอยขูดขีดได้ง่าย

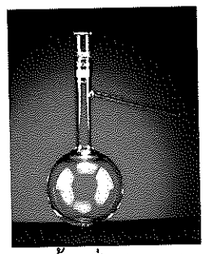
การทำความสะอาดเครื่องใช้ที่ทำจากพลาสติก สำหรับพลาสติกใหม่และมีความทนทานต่อสารเคมี มักทำความสะอาดโดยแช่ในยูเรียที่มีความเข้มข้น 8 โมลาร์ และปรับให้มี pH เป็น 1 โดยใช้กรดเกลือ ทั้งนี้เพื่อขจัดคราบโปรตีนตกค้าง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 2-3 ครั้ง และตามด้วยน้ำกลั่นเป็นน้ำสุดท้าย ส่วนพลาสติกที่ใช้งานแล้ว สามารถใช้น้ำยาทำความสะอาด เช่น Teepol (ชื่อทางการค้า) ก็ได้ ทั้งนี้ไม่ควรใช้ผงซักฟอก เพราะผงซักฟอกมีสารปรุงแต่งหลายชนิด ซึ่งอาจตกค้างอยู่บนภาชนะพลาสติกได้

5. เทคนิคการใช้ขวดปริมาตร

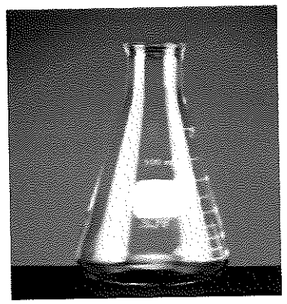
ขวดปริมาตร เป็นเครื่องมือที่ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐาน หรือสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าสารละลายเดิมได้ ขวดปริมาตรมีหลายขนาด เช่น ขนาด 50 มล. 100 มล. 250 มล. 500 มล. 1,000 มล.และ 2,000 มล. เป็นต้น



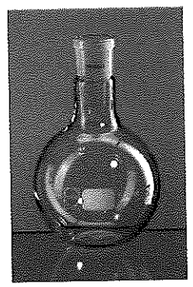
ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)



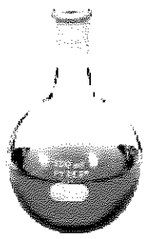
ขวดปริมาตรน้ำกลั่น (Distilling flask)



ขวดปริมาตรทรงกรวย (Erlenmeyer flask หรือ conical flask)



flat bottom flask หรือ Florence flask



ขวดปริมาตรก้นกลม (Round bottom flask)

ภาพประกอบที่ 3.6 ลักษณะของขวดปริมาตร

ที่มาภาพ : http://vet.kku.ac.th/physio/labbiochem/16/volumetric%20flask.html

ลักษณะของขวดปริมาตรเป็นขวดคอยาวที่มีขีดบอกปริมาตรบนคอขวดเพียงขีดเดียว เมื่อต้องการเตรียมสารละลาย โดยทั่วไปแล้วจะนำสารละลายในบีกเกอร์เทลงในขวดปริมาตรโดยใช้กรวยกรอง (อาจละลายในขวดปริมาตรก็ได้) ล้างบีกเกอร์หลายๆ ครั้ง ด้วยตัวทำลาย แล้วเทลงในกรวยกรอง เพื่อล้างสารที่ติดอยู่ในขวดปริมาตรจนหมด ต่อจากนั้นเติมตัวทำลายลงไปให้มีปริมาตรถึงขีดบอกปริมาตรที่คอขวด การเตรียมสารละลายโดยใช้ขวดปริมาตรมีเทคนิคการทำดังนี้

1) เทละลายสารลงในขวดปริมาตรให้มีปริมาตร ¾ ของขวด ปิดจุกแล้วหมุนขวดปริมาตรด้วยข้อมือเพื่อให้สารละลายจนหมด (ในกรณีที่สารตัวอย่างเป็นของแข็ง) หรือให้สารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (ในกรณีที่สารตัวอย่างเป็นของเลว)

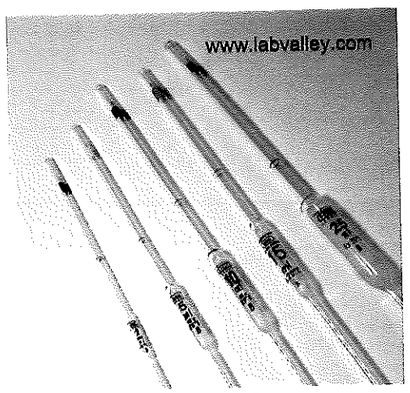
2) เติมตัวทำละลายลงในขวดปริมาตรใส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงขีดบอกปริมาตร การอ่านปริมาตรต้องให้ระดับสายตาอยู่ในระดับเดียวกับขีดบอกปริมาตร เพื่อป้องกันการอ่านปริมาตรผิด

3) ปิดจุกขวดปริมาตรแล้วคว่ำขวดจากบนลงล่าง ทำแบบนี้ 2-3 ครั้ง เพื่อให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และมีเนื้อสารเท่ากันทุกส่วน

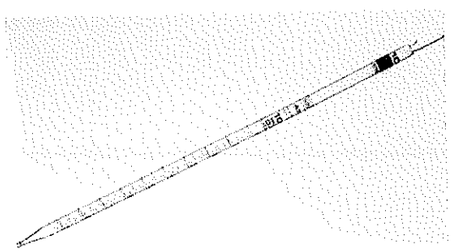
4) จากข้อ 3 กลับขวดปริมาตรให้อยู่ในลักษณะเดิม แล้วจับคอขวดหมุนไปมาประมาณ ¼ รอบ ทำซ้ำจนแน่ใจว่าสารละลายผสมกันเป็นเนื้อเดียว

6. เทคนิคการใช้ปิเปตต์

ปิเปตต์ที่ใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ Volumetric pipette หรือ Transfer pipette และ Measuring pipette แต่ละแบบมีหลายขนาด ดังนั้นจึงควรเลือกให้ปิเปตต์ให้เหมาะสมกับปริมาตรของสารละลายที่ต้องการปิเปตต์ ทั้ง 2 แบบ มีลักษณะดังภาพประกอบ 3.7



ก. Volumetric pipette หรือ Transfer pipette



ข. Measuring pipette

ภาพประกอบที่ 3.7 ลักษณะของปิเปตต์

ที่มา : ภาพ 3.7 ก จาก http://www.labvalley.com ภาพ 3.7 ข จาก https://portal.weloveshopping.com

Volumetric pipette เป็นปิเปตต์ที่มีปริมาตรแน่นอน ค่าเดียวเท่านั้น การใช้ปิเปตต์ชนิดนี้จะใช้สำหรับส่งผ่านส่วนของสารละลายที่มีปริมาตรตามขนาดของปิเปตต์เพราะมีขีดบอก ปริมาตรเพียงขีดเดียว เมื่อปล่อยสารละลายจากปิเปตต์แล้ว ห้ามเป่าสารละลายที่ตกค้างอยู่ปลายของปิเปตต์ แต่ควรแตะปลายปิเปตต์กับข้างภาชนะเหนือระดับสารละลายในภาชนะนั้นสักครู่ ประมาณ 30 วินาที เพื่อให้สารละลายที่อยู่ข้างในปิเปตต์ไหลออกมาอีก

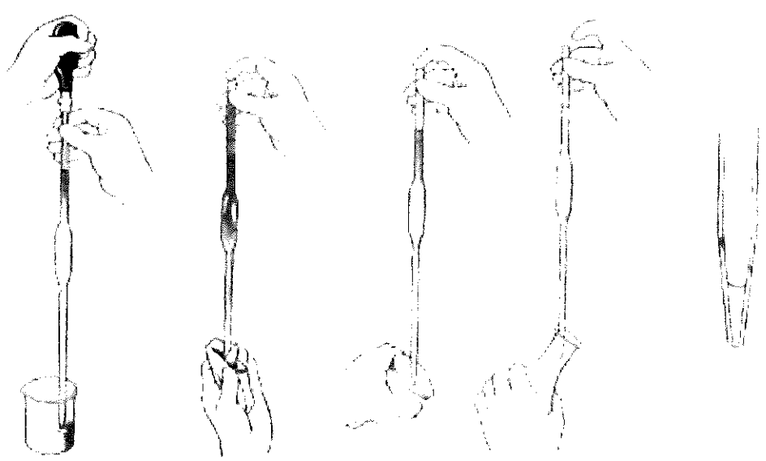
สำหรับสารละลายที่เหลืออยู่ในปิเปตต์ที่ตกค้างนั้น มิใช่ปริมาตรของสารละลายที่จะวัด ในกรณีของ Measuring pipette จะมีขีดบอกปริมาตรต่างๆ ไว้จึงใช้ได้อย่างกว้างขวาง คือสามารถใช้แทน Volumetric pipette ได้ ซึ่งมีเทคนิคการใช้ปิเปตต์ทั่วๆ ไป ดังนี้

1) ก่อนใช้ต้องล้างปิเปตต์ให้สะอาด แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น โดยดูดน้ำกลั่นเข้าไปจนเกือบหมด ปล่อยให้ไหลออกมาจนหมด สังเกตดูว่าไม่มีหยดน้ำที่เกาะติดอยู่ภายในแสดงว่าปิเปตต์สะอาดแล้ว

2) เมื่อนำปิเปตต์ที่เปียกไปใช้วัดปริมาตร ควรล้างปิเปตต์ด้วยสารละลายที่จะวัด 2 – 3 ครั้ง โดยใช้สารละลายครั้งละเพียงเล็กน้อย พยายามให้สารละลายถูกผิวปิเปตต์อย่างทั่วถึง

3) จุ่มปิเปตต์ลงในสารละลาย ให้ปลายปิเปตต์อยู่ต่ำกว่าระดับสารละลายตลอดเวลาดูด

4) ดูดสารละลายให้ขึ้นมาในปิเปตต์อย่างช้าๆ โดยใช้เครื่องดูดกระเปาะยาง หรือใช้ปากกาดูดก็ได้ เมื่อสารละลายเจือจางไม่เป็นสารพิษ



ภาพประกอบที่ 3.8 ลักษณะการดูดสารละลาย

ข้อควรระวัง

1) ถ้าสารละลายเป็นสารพิษ หรือเป็นกรดแก่ ด่างแก่ ห้ามใช้ปากดูดเป็นอันขาด ต้องใช้เครื่องดูดหรือกระเปาะยางต่อตอนบนของปิเปตต์

2) ขณะดูดสารละลาย ถ้าปลายปิเปตต์อยู่เหนือสารละลายเมื่อใด เมื่อนั้นสารละลายในปิเปตต์จะพุ่งเข้าปากกระเปาะยางทันที

3) เมื่อดูดสารละลายขึ้นมาถึงคอคอดของปิเปตต์ หรืออยู่เหนือกระเปาะเล็กน้อย ควรดูดสารเบาๆ เพราะหากดูดแรงมากเกินไปจะทำให้สารละลายพุ่งเข้าปาก หรือกระเปาะยางได้

4) เมื่อสารละลายอยู่เหนือขีดบอกปริมาตรในปิเปตต์ใช้นิ้วชี้ในการปิดปลายปิเปตต์ให้แน่นทันที จับก้านปิเปตต์ด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วกลาง

5) ตั้งปิเปตต์ให้ตรงแล้วค่อยๆ ผ่อนนิ้วชี้ให้สารละลายส่วนที่เกินขีดบอกปริมาตรไหลออกไปจนกระทั่งส่วนเว้าต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงขีดบอกปริมาตรพอดี ปิดนิ้วชี้ให้แน่น แตะปลายปิเปตต์กับข้างภาชนะที่ใส่สารละลาย เพื่อให้สารละลายที่ติดอยู่ที่ปลายปิเปตต์หมดไป

6) ปล่อยสารละลายในปิเปตต์ลงในภาชนะที่เตรียมไว้โดยยกนิ้วชี้ขึ้น ให้สารละลายไหลลงตามปกติตามแรงโน้มถ่วงของโลกจนหมด แล้วแตะปลายปิเปตต์กับข้างภาชนะ เพื่อให้สารละลายหยดสุดท้ายไหลลงไป

7) อย่าเป่าปิเปตต์หรือทำสิ่งอื่นสิ่งใดที่จะทำให้สารละลายที่เหลืออยู่ที่ปลายปิเปตต์ไหลออกมา เพราะปริมาตรของสารละลายที่เหลือนี้ไม่ใช่ปริมาตรของสารละลายที่วัด

8) การปรับปริมาตรของสารละลายให้อยู่ตรงขีดบอกปริมาตรนั้น จะต้องไม่มีฟองอากาศบริเวณปลายของปิเปตต์

9) ขณะปล่อยให้สารละลายไหลออกจากปิเปตต์ห้ามเป่าอย่างเด็ดขาด เพราะการเป่าอาจทำให้ผนังด้านในของปิเปตต์สกปรก และยังทำให้สารละลายที่ติดอยู่กับผนังด้านในของปิเปตต์แต่ละครั้งแตกต่างกันด้วยทำให้ปริมาตรของสารละลายที่วัดได้มีค่าไม่เท่ากันเมื่อทำซ้ำ

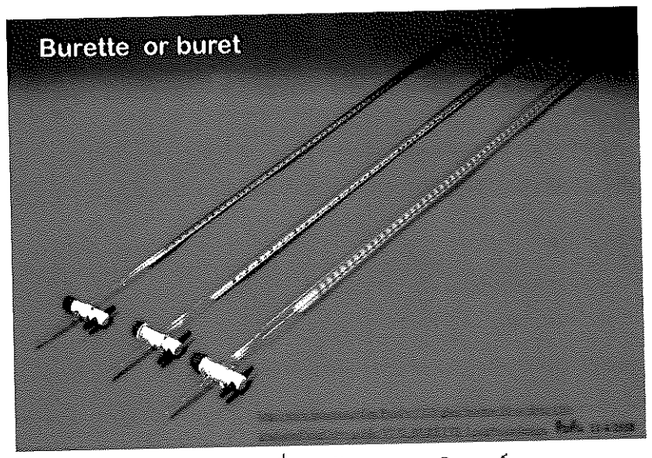
10) ปริมาตรของสารละลายที่ติดอยู่ที่ผนังด้านในปิเปตต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความตึงผิวของสารละลายที่ไหลมาซึ่งค่านี้จะเปลี่ยนไปตามมุมที่ถือปิเปตต์แต่โดยทั่วไปแล้วถ้าตั้งปิเปตต์ในแนวดิ่งจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก

11) หลังจากนำปิเปตต์ไปใช้แล้ว จะต้องทำความสะอาดแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง

12) มี Measuring pipette อีกชนิดหนึ่งที่ต้องเป่าสารละลายออกจากปิเปตต์นั้น ปิเปตต์ชนิดนี้ผู้ผลิตมักทำรอยแก้วฝ้าที่ปลายบนหรือมีหนังสือแจ้งไว้ ดังนั้นการใช้ปิเปตต์จึงต้องตรวจดูก่อนว่าเป็นแบบใดเพื่อจะได้นำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

7. เทคนิคการใช้บิวเรตต์

บิวเรตต์เป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่มีลักษณะคล้ายกับ Measuring pipette คือ มีขีดบอกปริมาตรต่างๆ ไว้ บิวเรตต์มีหลายขนาด มีภาพประกอบ 5.9 ดังนั้นเมื่อจะนำบิวเรตต์ไปใช้จึงควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของที่จะนำไปใช้ด้วย



ภาพประกอบที่ 3.9 ลักษณะของบิวเรตต์

ก่อนใช้บิวเรตต์จะต้องล้างให้สะอาด และต้องตรวจดูก๊อกสำหรับไขให้สารละลายไหลด้วยว่า อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ การล้างบิวเรตต์ปกติใช้สารซักฟอก หรือถ้าจำเป็นอาจต้องใช้สารละลายทำความสะอาด กรณีที่ล้างด้วยสารซักฟอกไม่ออก การล้างต้องใช้แปรงก้านยาว ถูไปมา แล้วล้างด้วยน้ำประปาหลายๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าสารซักฟอกหรือสารละลายทำความสะอาดออกหมด ต่อจากนั้นจะต้องล้างด้วยน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อยอีก 2 ครั้ง ก่อนที่จะนำใช้งาน ลักษณะของบิวเรตต์ที่สะอาดจะไม่มีหยดน้ำเล็กๆ เกาะอยู่ตามผิวแก้วด้านในของบิวเรตต์ และผิวน้ำจะไม่แตกแยก

สำหรับก๊อกปิดเปิดของบิวเรตต์ก็ต้องทำความสะอาดด้วยเช่นกัน อาจล้างด้วยสารละลายทำความสะอาดหรือตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน หรืออซีโตน ใช้สำลีเช็ดก๊อกให้จาระบีที่ทาไว้เดิมออกไป แล้วทาจาระบีที่ก๊อกใหม่ เมื่อใส่สารละลายในบิวเรตต์ จะต้องล้างบิวเรตต์ด้วยสารละลายนั้นก่อนโดยใช้สารละลาย ประมาณ 5-10 มล. ใส่ลงไปหมุนบิวเรตต์ เพื่อให้สารละลายเปียกผิวด้านในของบิวเรตต์อย่างทั่วถึง เปิดก๊อกให้สารละลายไหลผ่านออกจากปลายบิวเรตต์ แล้วเทสารละลายนี้ทิ้งไป อาจทำซ้ำอีก 1-2 ครั้ง หรือมากกว่านี้ก็ได้ เพื่อให้แน่ใจว่าบิวเรตต์สะอาดจริงๆ ต่อจากนั้น จึงค่อยๆ เทสารละลายลงในบิวเรตต์ให้อยู่เหนือระดับขีดศูนย์เพียงเล็กน้อย (ก่อนเทสารละลายลงในบิวเรตต์ต้องปิดก๊อกก่อนเสมอ) แล้วปรับปริมาตร โดยให้ส่วนเว้าต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงขีดบอกปริมาตรพอดี การเทสารละลายลงในบิวเรตต์นี้เทคนิคถูกต้อง ก็คือจะต้องเทสารละลายผ่านกรวยกรองเพื่อไม่ให้สารละลายหก อีกประการหนึ่ง ถ้าเทสารสารละลายใส่บีกเกอร์ก่อนแล้วจึงเทลงในบิวเรตต์ ถ้าบีกเกอร์ไม่สะอาดจะทำให้

สารละลายนั้นสกปรกหรือความเข้มข้นอาจเปลี่ยนแปลงได้ วิธีการทำเช่นนี้ถือว่าเป็นการปฏิบัติที่ผิด ไม่ควรทำอย่างยิ่งกล่าวโดยสรุปเทคนิคการใช้บิวเรตต์ที่ถูกต้องควรปฏิบัติ ดังนี้

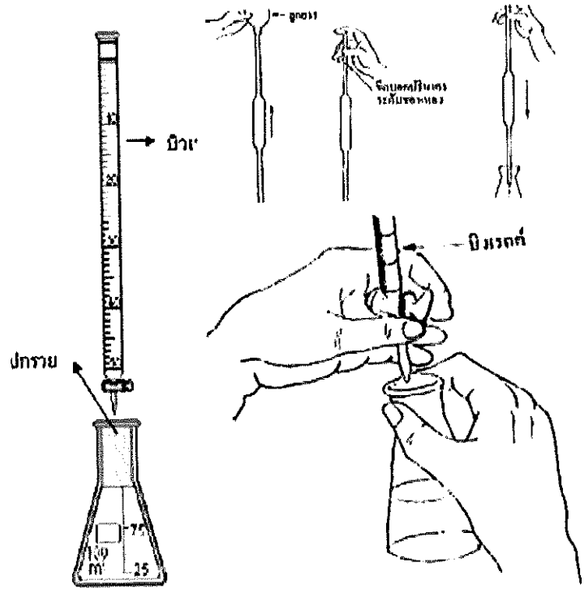
1. ก่อนนำบิวเรตต์ไปใช้ต้องล้างบิวเรตต์ให้สะอาด ด้วยสารซักฟอกหรือสารละลายทำความสะอาดล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปาแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2-3 ครั้ง

2. ล้างบิวเรตต์ด้วยสารละลายที่จะใช้เพียงเล็กน้อยอีก 2-3 ครั้ง แล้วปล่อยให้สารนี้ไหลออกทางปลายบิวเรตต์

3. ก่อนที่จะเทสารละลายลงในบิวเรตต์ต้องปิดบิวเรตต์ก่อนเสมอ และเทสารละลายลงในบิวเรตต์ให้สารละลายไหลออกทางปลายบิวเรตต์ เพื่อปรับให้ปริมาตรของสารละลายที่ขีดศูนย์พอดี (ที่บริเวณปลายบิวเรตต์จะต้องไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่หากมีฟองอากาศ จะต้องเปิดก๊อกให้สารละลายไล่อากาศออกไปจนหมด)

4. ถ้าปลายบิวเรตต์มีหยดน้ำของสารละลายติดอยู่ ต้องเอาออกโดยให้ปลายบิวเรตต์แตะกับปีกเกอร์หยดน้ำก็จะไหลออกไป

5. การจับปลายบิวเรตต์ที่ถูกต้อง มีลักษณะดังภาพประกอบ 3.10 หากใช้บิวเรตต์เพื่อการไทเทรตหรือการถ่ายเทสารในบิวเรตต์ลงสู่ภาชนะที่รองรับจะต้องให้ปลายบิวเรตต์อยู่ในภาชนะนั้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้สารละลายหก



ภาพประกอบที่ 3.10 ภาพการใช้บิวเรตต์

6. เมื่อปล่อยสารละลายออกจากบิวเรตต์จนสารละลาย ลดลงถึงขีดบอกปริมาตรสุดท้ายของบิวเรตต์นั้นๆต้องรีบปิดบิวเรตต์ทันที หากปล่อยให้สารละลายเลยขีดบอกปริมาตรสุดท้ายลงมา จะไม่ทราบปริมาตรที่แน่นอนของสารละลายที่ผ่านบิวเรตต์ออกมา

อนึ่ง ในกรณีที่ต้องใช้สารละลายที่มีจำนวนมาก และใช้บิวเรตต์ในการถ่ายเท เมื่อปล่อยสารละลายจนถึงขีดบอกปริมาตรสุดท้ายแล้ว ต้องปิดบิวเรตต์ก่อน แล้วจึงเติมสารละลายลงในบิวเรตต์ ปรับให้มีระดับที่ขีดศูนย์ใหม่ ต่อจากนั้นก็ปล่อยสารละลายลงมาจนกว่าจะได้ปริมาตรตามต้องการ

3.2 สารเคมีและการเตรียมสารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในปฏิบัติการเคมี

1) การจำแนกสารเคมีตามคุณภาพ สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามคุณภาพ คือ

1.1) สารเคมีสำหรับการวิจัยหรือการทดลองเฉพาะอย่าง สารเคมีประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงมาก มีราคาแพงกว่าสารเคมีทั่วไป ใช้สำหรับการวิจัยหรือการทดลองเฉพาะอย่างตามวัตถุประสงค์ที่ผลิตสารนั้นขึ้นมา โดยจะมีเกรดระบุไว้ที่ฉลากภาชนะบรรจุสารเคมี ตัวอย่างของสารเคมีประเภทนี้ ได้แก่

(1) Spectrophotometric Grade เป็นสารเคมีที่เป็นสารมาตรฐานสำหรับใช้งานกับเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer หรือเป็นสารเคมีที่เป็นตัวทำลายสำหรับการวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer หรือเป็นตัวทำละลาย และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Infrared Spectrophotometer เป็นต้น

(2) Chromatographic Grade เป็นสารเคมีที่เป็นสารมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้ Gas Chromatography หรือเป็นตัวทำละลายสำหรับการใช้งานเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

(3) Pesticide Grade (Nanograde, for Residue Analysis) เป็นตัวทำละลายในการวิเคราะห์ปริมาณตกค้างของสารฆ่าแมลง

(4) Scintillation Grade เป็นสารเคมีที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเรดิโอเคมี (Radiochemistry) โดยใช้เครื่อง Liquid Scintillation Counter

(5) Ultra-pure Grade เป็นสารเคมีความบริสุทธิ์สูงมากมีปริมาณสิ่งเจือปนในระดับต่ำมาก เช่น ระดับพีพีเอ็ม (PPM)

1.2) สารเคมีสำหรับการวิจัยหรือการทดลองทั่วไป

สารเคมีประเภทนี้นิยมใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ สามารถแยกเกรดตามระดับความบริสุทธิ์ออกได้เป็น 3 เกรด ดังนี้

(1) เกรดอุตสาหกรรม (technical grade หรือ commercial grade) สารเคมีเกรดนี้มีความบริสุทธิ์ต่ำ ผู้ผลิตมักไม่รับรองปริมาณสารปนเปื้อน ขนาด

บรรจุมีปริมาณมาก และราคา ต่อหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรถูกกว่าสารในเกรดอื่น สารเคมีในเกรดนี้ควรใช้เมื่อความบริสุทธิ์หรือสารปนเปื้อน ไม่มีผลเสียต่อการวิเคราะห์ เช่น ใช้เป็นสารดูดความชื้น ใช้เป็นสารทำความสะอาดเครื่องแก้ว หรือใช้เป็น ตัวทำละลาย ในบางกรณี เป็นต้น นอกจากนี้ควรพิจารณาใช้เมื่อจำเป็นต้องใช้สารเคมีชนิดนั้นปริมาณมาก และสามารถนำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ สารเคมีในเกรดนี้ไม่ควรใช้เป็นสารทำปฏิกิริยา (Reagent) เพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

(2) เกรดห้องปฏิบัติการ (laboratory reagent grade ย่อ LR grade) สารเคมีในเกรดนี้ผู้ผลิตรับรองความบริสุทธิ์ และปริมาณสูงสุดของสารปนเปื้อน สารเกรดนี้มีความบริสุทธิ์สูงพอที่จะใช้เป็นสารทำปฏิกิริยาโดยทั่วไป แต่ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิ

(3) เกรดวิเคราะห์ (analytical reagent grade ย่อ AR grade) สารเคมีในเกรดนี้มีความบริสุทธิ์สูงกว่าสารในเกรดห้องปฏิบัติการ และอาจมีราคาแพงกว่า (ราคาสารเคมี ในประเทศไทยไม่ได้ขึ้นอยู่กับต้นทุนการผลิตแต่เพียงอย่างเดียว บางครั้งสาร AR grade และ LR grade มีราคาเท่ากัน) สาร AR grade เหมาะที่จะใช้เป็นสารทำปฏิกิริยาและสารมาตรฐานปฐมภูมิ

2) ข้อควรปฏิบัติในการใช้สารเคมี

สารเคมีแต่ละขวดมักใช้หลายครั้งกว่าจะหมด ถึงแม้สารที่ซื้อมาจะมีความบริสุทธิ์สูงเพียงใดหากไม่ระวังการปนเปื้อน ขณะแบ่งใช้แต่ละครั้ง การใช้งานในครั้งต่อๆ ไปก็อาจมีปัญหาได้ ดังนั้นในการใช้สารเคมีควรปฏิบัติดังนี้

(1) ควรปิดฝาขวดทันทีหลังใช้เสร็จ อย่างคิดว่าจะมีผู้มาใช้ต่อจากเรา การปิดฝาขวดควรปิดให้แน่นทุกครั้ง ไม่ควรปิดไว้อย่างหลวม ๆ หรือวางฝาคลอบไว้เฉยๆ สารที่ดูดความชื้นได้ง่าย เช่น NaOH หรือ $CaCl_2$ จะจับตัวเป็นก้อนแข็ง หรือเยิ้มเหลวหากปล่อยทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศ สารที่ระเหยง่าย เช่น HCl หรือ NH_4OH ความเข้มข้นจะลดลง และไอที่ระเหยออกมาอาจไปทำปฏิกิริยากับสารอื่นที่อยู่ใกล้เคียง

(2) ฝาขวดที่เปิดออกควรวางบนพื้นโต๊ะที่สะอาด และระวังไม่ให้ส่วนที่จะสัมผัสกับปากขวดแตะพื้นโต๊ะ หากเป็นไปได้ควรหนีบไว้ระหว่างนิ้ว หรือใช้กระดาษรองก่อนวางบนพื้นโต๊ะ

(3) การตักแบ่งสารที่เป็นของแข็ง จะต้องใช้ช้อนที่แน่ใจว่าสะอาดตักสารออกจากขวด และตักออกใน ปริมาณที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น หากสารจับตัวเป็นก้อนแข็ง ปิดฝาให้แน่นแล้วเขย่าขวดแรง ๆ หรือ เคาะกับขอบโต๊ะเบาๆ เพื่อให้สารแตกเป็นก้อนเล็กๆ ก่อนตัก ไม่ควรใช้มีดหรือของมีคมอื่นใดสอด เข้าไปในขวด เพื่อทำให้ก้อนของสารแตกออก ห้องปฏิบัติการที่เคร่งครัดกับความบริสุทธิ์ของสาร อาจไม่ยินยอมให้ใช้ช้อนตักสารจากขวดโดยตรง แต่จะต้องเทสารออกจากขวดใส่ภาชนะอื่น เช่น บิกเกอร์ โดยใช้มือเคาะขวดเบาๆ จากนั้นจึงตักแบ่งสารไปใช้ สารที่เหลือใช้อาจเก็บในโถแก้วดูดความชื้น เพื่อรอใช้ครั้งต่อไป หรือเททิ้งไป

(4) สารที่เป็นของเหลว ไม่ควรใช้ปิเปตต์ดูดจากขวดโดยตรง ควรเทสารใส่บิกเกอร์ที่สะอาดในปริมาตรที่มากกว่าต้องการใช้เล็กน้อย แล้วจึงใช้ปิเปตต์ดูดไปใช้หากเคร่งครัดกับการปนเปื้อนควรทิ้งสารที่เหลือ หรือเทรวมไว้เพื่อใช้งานอื่นที่ไม่ต้องการความบริสุทธิ์มาก

(5) อ่านฉลากให้แน่ใจว่าเป็นสารเคมีที่ต้องการใช้สารเคมีที่ผลิตจากบริษัทเดียวกันมักบรรจุในขวดรูปทรงเดียวกัน จึงไม่ควรหยิบใช้โดยคิดว่าจำขวดได้

(6) สารละลายที่เตรียมขึ้นควรปิดฉลาก หรือเขียนข้อความระบุชื่อ และความเข้มข้นให้ชัดเจน ฉลากที่ลบเลือน หรือฉีกขาดควรเปลี่ยนใหม่ทันที สารที่จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็นฉลากอาจชื้นหลุดได้ง่าย ควรปิดทับด้วยเทป พลาสติกใส หรือใช้ฉลากที่ไม่เปียกชื้น เมื่อเทสารที่เป็นของเหลวออกจากขวดควรเทด้านตรงข้ามกับฉลากเสมอเพื่อป้องกันสารหกทำลายฉลาก

(7) ระวังไม่ให้สารเคมีสัมผัสผิวหนัง หรือเข้าตา ควรสวมเสื้อคลุมเสมอขณะทำงานในห้องปฏิบัติการ ปฏิกิริยาที่รุนแรงควรทำในตู้ดูดควันและสวมแว่นตาป้องกันสารกระเด็นเข้าตา การถ่ายเทของเหลวที่มีฤทธิ์กัดกร่อน รุนแรงควรสวมถุงมือยางป้องกันมือ

(8) ไม่ปิเปตต์สารโดยใช้ปากดูด ควรใช้ลูกยางดูดไม่ว่าสารนั้นจะมีพิษหรือไม่ การใช้ลูกยางนอกจากป้องกันสารพิษเข้าสู่ร่างกายแล้ว ยังป้องกันน้ำลาย และเหงื่อปนเปื้อนในกระบวนการวิเคราะห์อีกด้วย

(9) ไม่ควรใช้สารเคมีมากกว่าที่กำหนด เพราะอาจทำให้ปฏิกิริยารุนแรงจนควบคุมไม่ได้หรือเกิดระเบิดขึ้นได้

(10) ตู้เย็นที่ใช้เก็บสารเคมีไม่ควรเก็บอาหารและเครื่องดื่มร่วมด้วย

(11) ไม่ทานอาหาร หรือสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการอย่างเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกายและขณะ เดียวกันก็ป้องกันอาหารและควันบุหรี่ปนเปื้อนตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ด้วย นอกจากนี้บุหรี่อาจเป็นสาเหตุ ให้เกิดไฟไหม้ได้ โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์

(12) การเจือจางกรดเข้มข้นควรเทกรดลงในน้ำ ห้ามทำสลับกัน (ข้อกำหนดนี้เป็นจริงกับกรดซัลฟุริค)

(13) สารที่มีพิษมาก และสารก่อมะเร็งควรแยกเก็บต่างหาก และปิดป้ายเตือนอันตรายให้ชัดเจน

(14) ไม่วางสารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างกันได้ง่ายไว้ใกล้กัน

(15) ไม่ควรเก็บตัวทำละลายอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการมากเกินความจำเป็น หากต้องใช้ปริมาณมากควรมีสถานที่เก็บแยกต่างหากจากห้องปฏิบัติการ สารที่เหลือจากการใช้แต่ละวันไม่ควรวางทิ้งค้างคืนไว้บนโต๊ะปฏิบัติการ

16) กรดเข้มข้นควรแยกเก็บต่างหาก และไม่ควรเก็บไว้ใกล้กับตัวทำละลายอินทรีย์

17) ตู้เก็บสารเคมีไม่ควรวางบริเวณทางเดินหรือใกล้ประตูเข้าออก สารเคมีที่เป็นของแข็งควรจัดเรียงอย่างเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกในการหยิบใช้และป้องกันการหยิบสารผิด

2. ฉลากสารเคมี

ฉลากสารเป็นสิ่งที่ผู้ใช้ต้องทำความเข้าใจอย่างถี่ถ้วนเสียก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปฉลากสารเคมีจะระบุถึงสิ่งต่อไปนี้ (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537)

1) บริษัทผู้ผลิต

2) ชื่อสารเคมี

3) เกรด

4) ปริมาณสุทธิของสารเคมีที่บรรจุในภาชนะ

5) สูตรโมเลกุลหรือสูตรโครงสร้างพร้อมมวลโมเลกุล

6) ข้อมูลเกี่ยวกับ

(1) ความบริสุทธิ์

(2) สิ่งเจือปน

(3) ข้อมูลอื่น ๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีหักเห

7) รหัสประจำสารเคมี รหัสประจำสารเคมีแต่ละตัวของแต่ละบริษัท หรือรหัสของการผลิตแต่ละครั้ง เพื่อประโยชน์ในการจัดซื้อหรือตรวจสอบ

8) รหัสแสดงอันตราย และรหัสความปลอดภัย เป็นตัวเลขรหัสให้สามารถตรวจสอบได้ว่าสารนั้นสามารถก่อให้เกิดอันตรายอะไรได้บ้าง และมีข้อควรปฏิบัติเพื่อป้องกันอันตรายอย่างไร

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดสารและความหมาย

ชนิดสาร	หมายถึง
สารติดไฟ (Flammable)	ของแข็งที่ติดไฟได้เองเมื่อสัมผัสอากาศ ก๊าซไวไฟ ของเหลว ไวไฟ มีอุณหภูมิจุดวาบไฟ (Flash point) ต่ำ และของแข็งที่ไวต่อความชื้น เกิดก๊าซที่ไวไฟมากเมื่อสัมผัสกับน้ำความชื้น ข้อควรระวังของสารติดไฟคือ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับความร้อน เปลวไฟ ประกายไฟ การสัมผัสอากาศหรือความชื้น
สารที่ก่อให้เกิดการติดไฟ (Oxidizing)	สารเคมีที่ให้ออกซิเจนออกมาช่วยการเผาไหม้ สามารถก่อให้เกิดการลุกไหม้เมื่อสัมผัสกับสารที่ติดไฟได้ ดังนั้นควรเก็บให้ห่างจากสารไวไฟหรือสารที่ติดไฟได้ง่าย
สารที่ก่อให้เกิดการระเบิด (Explosive)	สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดการระเบิดเมื่อได้รับความร้อน การสั่นสะเทือน การเสียดสี หรือมีเปลวไฟ ประกายไฟ ควรหลีกเลี่ยงการได้รับความร้อน การสั่นสะเทือน การเสียดสี หรือมีเปลวไฟและประกายไฟ สำหรับสารที่บรรจุโดยถูกทำให้เปียกเพื่อลดอันตรายในข้อนี้ ต้องระวังอย่าให้สารแห้ง
สารกัดกร่อน (Corrosive)	คือสารเคมีที่มีอำนาจกัดกร่อนทำลายอย่างรุนแรง เมื่อสัมผัสกับสารหรือไอของสาร ข้อควรระวังคือ ไม่สูดดมไอของสารประเภทนี้ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับ ผิวหนัง ดวงตา หรือเสื้อผ้า
สารระคายเคือง (Irritant)	คือสารเคมีที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ผิวหนัง หรือเนื้อเยื่อโดยไม่มีผลที่รุนแรง อาจเห็นผลเมื่อสัมผัสหลาย ๆ ครั้ง ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการสูดไอหรือละอองสาร และหลีกเลี่ยง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงชนิดสารและความหมาย

ชนิดสาร	หมายถึง
	การสัมผัสกับผิวหนังหรือดวงตา
สารอันตราย (Harmful)	คือสารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายเมื่อเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร หรือการดูดซึมทางผิวหนัง ควรหลีกเลี่ยงการสูดไอของสาร และการสัมผัสร่างกาย ถ้าสัมผัสสารเคมีและรู้สึกไม่ปกติควรไปพบแพทย์
สารพิษ (Toxic)	คือสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อชีวิต เมื่อเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะเป็นทางระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร หรือดูดซึมทางผิวหนังอาจแสดงพิษอย่างเฉียบพลัน หรือมีการสะสมในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งจึงจะแสดงอาการออกมา ควรหลีกเลี่ยงการสูดไอของสาร และการสัมผัสร่างกาย ไปพบแพทย์เมื่อสัมผัสถูกสารเคมี
สารกัมมันตรังสี (Radioactive)	คือสารเคมีที่ให้กัมมันตภาพรังสีออกมาในปริมาณที่มากกว่า 0.002 ไมโครคูรีต่อกรัม ควรเก็บสารนี้ในภาชนะที่เหมาะสมและมิดชิด หลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณที่มีสารกัมมันตรังสีโดยไม่จำเป็น สวมหน้ากาก ถุงมือยาง และเสื้อคลุมเมื่อใช้สารประเภทนี้

2.1 การเก็บสารเคมี

การเก็บสารเคมีเป็นเรื่องที่มีปัญหาอยู่มาก เนื่องจากสารเคมีมีอยู่จำนวนมากและมีสมบัติแตกต่างกัน สารเคมีบางชนิดยังอาจก่อให้เกิดอันตรายได้หลายอย่าง ดังนั้นในการเก็บจึงต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารนั้นๆ เสียก่อน อย่างไรก็ตามพอจะมีแนวทางที่เป็นข้อเสนอแนะกว้าง ๆ ดังนี้ (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537)

1) สถานที่เก็บ ต้องเป็นที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี เย็น มีบริเวณมิดชิดเพื่อความปลอดภัย และควรอยู่ห่างจากบริเวณอื่น มีชั้นสำหรับวางและเก็บสารเคมีให้เป็นระเบียบ นอกจากนี้ยังต้องมีอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย เช่น อุปกรณ์ดับเพลิงที่เหมาะสม อ่างน้ำ ที่ล้างตา อุปกรณ์สำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมี คำเตือนอันตรายต่าง ๆ ตามบริเวณอันตราย วิธีและอุปกรณ์การปฐมพยาบาลสำหรับผู้ได้รับอันตราย

2) วิธีเก็บ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

(1) แยกเก็บสารเคมีแต่ละชนิดตามอุณหภูมิและสภาวะที่เหมาะสม เช่น เก็บไว้ในที่มืดที่เย็น หรือที่แห้ง

(2) จัดชั้นสำหรับวางสารเคมีให้เป็นสัดส่วน มีระเบียบ

(3) สารเคมีที่มีการใช้งานมาก มีปริมาณที่ต้องเก็บมาก เช่น กรดต่าง ๆ หรือตัวทำละลายอินทรีย์ อาจจัดชั้นแยกไว้ให้ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการใช้งานหรือตรวจสอบ

(4) สารกัมมันตรังสี แยกเก็บไว้ต่างหากและมีภาชนะเก็บมิดชิดป้องกันกัมมันตภาพรังสีรั่วไหล

(5) สารเคมีจำพวกก๊าซ ให้จัดวางในแนวตั้งและมีอุปกรณ์ป้องกันการล้ม และจะต้องเก็บไว้ให้ห่างจากสารไวไฟ

(6) แยกเก็บสารเคมีไวไฟไว้ในที่ปลอดภัยและระวังเรื่องความร้อน เปลวไฟ และไฟฟ้า

(7) ไม่เก็บสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดส์ ไวไฟ และสารเคมีที่ระเบิดได้ไว้ในบริเวณเดียวกัน

(8) สารเคมีที่มีปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ เช่น โลหะอัลคาไล โลหะไฮไดรด์ จะต้องเก็บในบริเวณที่ห่างจากน้ำ และบริเวณที่ชื้น

(9) มีบัญชีบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่เก็บ ปริมาณสารที่มีอยู่เดิม ที่จ่ายออกไป แหล่งที่จ่ายออกไป และปริมาณที่เหลือ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดหา หรือการหมุนเวียนหยิบยืมมาใช้งาน

3) การรักษาความสะอาด เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเก็บสารเคมี เมื่อมีสารเคมีตกหล่นอยู่บริเวณใด จะต้องทำความสะอาดทันที เพราะการปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดอันตราย เนื่องจากสารเคมีอาจทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ที่อยู่บริเวณรอบๆ นั้น หรือระเหยเป็นไอหรือฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ห้องทดลอง ตลอดจนผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงด้วย

การรักษาความสะอาดของห้องเก็บสารเคมี จะช่วยให้การทำงานในห้องปฏิบัติการมีความปลอดภัยสูง นอกจากนี้การกำจัดสารเคมีที่ใช้แล้ว ที่เหลือใช้และที่ตกหล่นที่เหมาะสมเป็นการลดอันตรายต่อผู้ใช้ ภาชนะ อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์และสิ่งอื่นๆ ที่มีในห้องปฏิบัติการ

2.2 การเลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมกับลักษณะงาน

การเลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นจำเป็นอย่างยิ่ง โดยจะต้องพิจารณาทั้งคุณภาพและราคาของสารเคมี การใช้สารเคมีที่มีคุณภาพดีเกินไปย่อมหมายถึงการสิ้นเปลืองเงินโดยไม่คุ้มค่า ในมุมกลับกันการใช้สารเคมีที่มีคุณภาพต่ำเกินไปก็จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนหรือผิดไปจากที่ควรจะเป็น ในงานวิจัยที่ต้องการความถูกต้องสูง และเน้นถึงการวิเคราะห์ทางปริมาณจำเป็นต้องใช้สารเคมีที่บริสุทธิ์มาก แต่สำหรับงานทดลองในงานวิจัยที่ต้องการศึกษาเพียงด้านคุณภาพ และเป็นการศึกษาเพียงเพื่อต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง อาจใช้สารเคมีเกรดการค้าก็เพียงพอแล้ว

3.3 หน่วยและตัวย่อของหน่วย

ตารางที่ 3.2 หน่วยและตัวย่อหน่วยตามระบบ The International System of Units (SI)

1) หน่วยของน้ำหนัก (มวล)

หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	(Equivalent)
กิโลกรัม	Kg	$1\ kg = 10^{3}\ g$
กรัม	g	1 g
มิลลิกรัม	mg	$1\ mg = 10^{-3}\ g$
ไมโครกรัม	µg	$1\ \mu g = 10^{-6}\ g$
นาโนกรัม	ng	$1\ ng = 10^{-9}\ g$
พิโคกรัม	pg	$1\ pg = 10^{-12}\ g$

2) หน่วยวัดปริมาตร

หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	(Equivalent)
ลิตร	L	1 L
เดซิลิตร	dL	$1\ dL = 10^{-1}\ L$
มิลลิลิตร	mL	$1\ mL = 10^{-3}\ L$
ไมโครลิตร (cumm, Lambda)	µL	$1\ \mu L = 10^{-6}\ L$
นาโนลิตร	nL	$1\ nL = 10^{-9}\ L$
พิโคลิตร	pL	$1\ pL = 10^{-12}\ L$

3) หน่วยของเนื้อสาร

$$\text{Mole} = \frac{\text{น้ำหนัก (มวล) ของสาร (g)}}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของสาร}}$$

หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	(Equivalent)
โมล	mole	1 mol
มิลลิโมล	mmole	$1\ mmole = 10^{-3}\ mol$
ไมโครโมล	µmole	$1\ \mu mole = 10^{-6}\ mol$
นาโนโมล	nmole	$1\ mmole = 10^{-9}\ mol$
พิโครโมล	pmole	$1\ pmole = 10^{-12}\ mol$

4) หน่วยของความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือในสารละลายนั้น การบอกความเข้มข้นของสารละลายบอกได้หลายวิธี ดังนี้

(1) ร้อยละ หรือส่วนใน 100 ส่วน (part per hundred ใช้อักษรย่อ pph) จำแนกได้เป็น

- ร้อยละโดยมวล (มวล/มวล) หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล หมายความว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่ 5 กรัม และมีน้ำ 95 กรัม เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{มวลของสารละลาย (หน่วยมวล)}} \times 100$$

- ร้อยละโดยปริมาตร (ปริมาตร/ปริมาตร) หมายถึง ปริมาตรของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วย ปริมาตรเดียวกัน เช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร หมายความว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริกบริสุทธิ์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (หน่วยปริมาตรอาจเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) หรือลิตร (L) ก็ได้) เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตรของ A} = \frac{\text{ปริมาตรของ A (หน่วยปริมาตร)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

- ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (มวล/ปริมาตร) หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยที่หน่วยของมวลและปริมาตรต้องสอดคล้องกัน เช่น ถ้ามวลของตัวละลายมีหน่วยเป็นกรัมปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร หรือถ้ามวลของตัวละลายมีหน่วยเป็นกิโลกรัมปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร หรือลิตรเช่น สารละลาย เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร หมายความว่า สารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายอยู่ 10 กรัม เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

(2) ส่วนในล้านส่วน (parts per million ใช้อักษรย่อ ppm) และ ส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion ใช้อักษรย่อ ppb) เป็นหน่วยที่บอกปริมาณตัวละลายเป็นมวลหรือปริมาตรที่ละลายในสารละลาย 1 ล้านหน่วย และ 1 พันล้านหน่วยตามลำดับ เช่น ในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีสารตะกั่วปนเปื้อน 0.1 ppm หมายความว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้น 1 ล้านกรัมมีตะกั่วละลายอยู่ 0.1 กรัม หรือในเนื้อปลามีสารปรอทปนเปื้อนอยู่ 1 ppb หมายความว่า ในเนื้อปลานั้น 1 พันล้านกรัม มีสารปรอทปนเปื้อนอยู่ 1 กรัม ความเข้มข้นในหน่วยนี้เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ppm (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^{6}$$

$$\text{ppb (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 10^{9}$$

$$\text{ppm (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^{6}$$

$$\text{ppb (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^{9}$$

3.4 เทคนิคการคำนวณสารเคมี

ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมสารเคมี เทคนิคสำคัญที่ผู้เตรียมควรมีความชำนาญ ได้แก่ เทคนิคการคำนวณสาร และเทคนิคการใช้เครื่องแก้ว เนื่องจากเทคนิค 2 ประการนี้เป็นปัจจัยสำคัญของความถูกต้องแม่นยำในการจัดเตรียมสารเคมี ซึ่งในบทนี้จะขอกล่าวถึงเทคนิคการคำนวณสารเคมีก่อน เพื่อให้ผู้ทำหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทบทวน หรือเป็นความรู้เพิ่มเติมก่อนการเตรียมสารเคมี

1) นิยามศัพท์พื้นฐาน

(1) น้ำหนักเชิงอะตอม

เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กมากอะตอมเบาที่สุดมีมวลประมาณ 1.6×10^{-24} กรัม ทำให้ไม่สามารถชั่งมวลของอะตอมโดยตรงได้ จึงไม่นิยมใช้มวลที่แท้จริง (absolute mass) แต่นิยมใช้มวลเปรียบเทียบ (relative mass) เรียกว่า น้ำหนักอะตอม

น้ำหนักอะตอมของธาตุเป็นมวลเฉลี่ยของบรรดาไอโซโทปที่มีปรากฏในธรรมชาติของธาตุนั้นเปรียบเทียบกับมวลของธาตุมาตรฐาน ค.ศ. 1961 ใช้ c-12 ซึ่งเป็นไอโซโทปหนึ่งของธาตุคาร์บอนเป็นมาตรฐานและได้กำหนด atomic mass unit (a.m.u) ขึ้น (ต่อมาได้เรียกหน่วย a.m.u เป็น Dalton, D) โดยมีนิยามว่าเป็น ของมวลรวม c-12 ดังนั้น มวลของอะตอม C = 12.00 D และใช้ค่าของ D (1 a.m.u) เป็นมาตรฐานในการกำหนด

ค่าน้ำหนักอะตอมของธาตุค่า 1 D (1 a.m.u) = 1.66053×10^{-24} กรัม

มวลอะตอมของธาตุ = มวลของธาตุ 1 อะตอม / มวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม

= มวลของธาตุ 1 อะตอม / 1/12 มวล C-12, 1 อะตอม (กรัม)

1/12 มวล C-12, 1 อะตอม = 1 a.m.u = 1.66053×10^{-24} g

(2) น้ำหนักโมเลกุลหรือน้ำหนักสูตร

น้ำหนักซึ่งได้มาจากผลบวกของน้ำหนักอะตอมของแต่ละธาตุในโมเลกุลหรือหน่วยสูตรนั้น

มวลโมเลกุลของสาร = มวลของสาร 1 โมเลกุล (กรัม) / 1/12 มวล C-12, 1 อะตอม (กรัม)

= มวลของสาร 1 โมเลกุล (กรัม) / 1.66053×10^{-24} (กรัม)

(3) การคำนวณหาสูตรเอมพิริกัลป์และสูตรโมเลกุล

จากสูตรของสารประกอบที่บอกจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยของสารประกอบ ยังต้องทราบค่าความบริสุทธิ์ของสารประกอบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ จากสูตรสามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ของมวลในสารประกอบที่แต่ละธาตุมีอยู่ได้ จากนั้นก็เปรียบเทียบผลขององค์ประกอบที่ได้จากการทดลอง แล้วหาความบริสุทธิ์ของตัวอย่างได้

เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวล เป็นค่าเปอร์เซ็นต์โดยมวลของแต่ละธาตุในสารประกอบหนึ่งๆ เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบได้มาจากการหารมวลของแต่ละธาตุใน 1 โมล ของสารประกอบด้วยมวลโมเลกุลของสารประกอบ แล้วคูณด้วย 100 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในสมการ

%องค์ประกอบของธาตุ = (n x น้ำหนักอะตอมของธาตุ) / น้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบ x 100

โดย n คือจำนวนอะตอมของธาตุในสูตรโมเลกุลของสารประกอบนั้น เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สูตรโมเลกุลเป็น H_2O_2 แสดงว่า ใน 1 โมล ประกอบด้วย H จำนวน 2 โมลอะตอม และ O จำนวน 2 โมลอะตอม คำนวณน้ำหนักโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เป็น 2x1.008 + 2x16.00 = 34.02 คำนวณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของ H_2O_2 ได้ดังนี้

%H = (2x1.008 g H) / 34.02 g H_2O_2 x 100 = 5.926 %

$$\%O = \frac{2x16.00\ g\ O}{34.02\ g\ H_2O_2} \times 100 = 94.06\ \%$$

ถ้าเราใช้สูตรอย่างง่ายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในการคำนวณ ก็จะได้

$$\%H = \frac{1x1.008\ g\ H}{17.01\ g\ H_2O_2} \times 100 = 5.926\ \%$$

$$\%O = \frac{1x16.00\ g\ O}{17.01\ g\ H_2O_2} \times 100 = 94.06\ \%$$

จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบที่คำนวณมีค่าเท่ากัน เนื่องจากเป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลเหมือนกัน จึงได้ค่าเหมือนกัน เพียงแต่ลดสัดส่วนของอะตอมลงไปเท่านั้น แสดงว่าหากเราทราบสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวลของสารสามารถนำไปหาสูตรอย่างง่ายของสารนั้นได้ หากต้องการหาสูตรโมเลกุลต้องทราบน้ำหนักโมเลกุลของสารด้วย ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาร ทดลองคำนวณตามตัวอย่างต่อไปนี้

กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) เป็นของเหลวข้นไม่มีสี ใช้ในการซักล้าง เป็นปุ๋ย ใช้ในยาสีฟัน และเครื่องดื่มผสมคาร์บอเนต จงคำนวณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวลของ H, P และ O ของสารประกอบนี้ น้ำหนักโมเลกุลของกรดฟอสฟอริก คือ 97.99

<u>วิธีคิด</u>

$$\%H = \frac{3x1.008\ g\ H}{97.99\ g\ H_3PO_4} \times 100 = 3.086\ \%$$

$$\%P = \frac{1x30.97\ g\ P}{97.99\ g\ H_3PO_4} \times 100 = 31.61\ \%$$

$$\%O = \frac{4x16.00\ g\ O}{97.99\ g\ H_3PO_4} \times 100 = 65.31\ \%$$

ผลรวมของเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทั้งหมด=3.086+31.61+65.31=100.01 (ค่าที่เกิน 100 เกิดจากการปรับตัวเลขในการคำนวณ)

ตัวอย่างการคำนวณสูตรอย่างง่าย

กรดแอสคอบิก (วิตามินซี) ประกอบด้วยคาร์บอน (C) 40.92% ไฮโดรเจน (H) 4.58% และออกซิเจน (O) 54.50% โดยมวล จงหาสูตรอย่างง่ายของสารนี้

วิธีคิด ถ้ามีกรดแอสคอบิก 100 g สามารถเปลี่ยนจากเปอร์เซ็นต์ไปเป็นกรัมได้โดยตรงในตัวอย่างนี้ มี C 40.92 g H 4.58 g และ O 54.50 g จากนั้นเปลี่ยนกรัมเป็นโมลอะตอมของแต่ละธาตุ โดยให้ n แทนจำนวนโมลของแต่ละธาตุ คำนวณได้ดังนี้

$$n_C = 40.92 \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} = 3.41 \text{ mol C}$$

$$n_H = 4.58 \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ g H}} = 4.54 \text{ mol H}$$

$$n_O = 54.50 \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 3.406 \text{ mol O}$$

ดังนั้น จะได้สูตรเป็น $C_{3.407}H_{4.54}O_{3.406}$ ซึ่งแสดงตามสัดส่วนโดยมวลของอะตอมที่มีอยู่ อย่างไรก็ตามสูตรเคมีจะเขียนด้วยเลขจำนวนเต็มทั้งหมด ลองเปลี่ยนตัวเลขโดยหารด้วยทุกตัวเลขกำกับล่างที่มีค่าน้อยที่สุด (3.406) จะได้

$$C : \frac{3.407}{3.406} \approx 1 \quad H : \frac{4.54}{3.406} = 1.33 \quad O : \frac{3.406}{3.406} = 1$$

เขียนใหม่ได้สูตรเป็น $CH_{1.33}O$ จากนั้นเปลี่ยนค่า 1.33 ของเลขกำกับล่าง H ให้เป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งขั้นนี้เราทำได้โดยการลองผิดลองถูก ดังนี้

1.33x1 = 1.33 1.33x2 = 2.66 1.33x3 = 3.99(» 4) นั่นแสดงว่า ทำให้เป็นจำนวนเต็ม 4 เราก็คูณเลขกำกับล่างทุกตัวในสูตรด้วย 3 จึงได้สูตรเคมีของกรดแอสคอบิกเป็น $C_3H_4O_3$ ซึ่งเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำที่เป็นเลขลงตัวน้อยสุด (เป็นสูตรอย่างง่าย)

(4) โมล

โมล (mol) เป็นปริมาณสารที่ประกอบด้วยหลายหน่วยของสาร (อะตอม โมเลกุล อนุภาค) ที่มีอะตอมเท่ากับ 12 g (หรือ 0.012 kg) ของ C-12 ไอโซโทป โดยจำนวนอะตอมที่แท้จริงใน 12 g ของ C-12 วัดได้จากการทดลอง ตัวเลขนี้เรียกว่า เลขอาโวกาโดร (N_A) ให้ชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ชื่อ อาโมดิโอ อาโวกาโดร ค่าที่ยอมรับกันในปัจจุบัน คือ 6.022137×10^{23} แต่ในการคำนวณโดยทั่วไปแล้วปรับเป็น 6.02×10^{23} ซึ่งใช้เป็นหน่วยวัดปริมาณสารต่างๆ เช่นเดียวกับหน่วยวัดปริมาณสิ่งของที่เราใช้เป็นโหล ซึ่งมีจำนวนเป็น 12 อัน (หน่วยนับ)

ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับโมล

ฮีเลียมเป็นแก๊สที่มีค่าใช้ในอุตสาหกรรม งานวิจัยที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ใช้กับถังเก็บแก๊สสำหรับการดำน้ำลึกและในบอลลูน จะมีฮีเลียมอยู่กี่โมลถ้ามีฮีเลียมอยู่ 6.46 g

วิธีคิด

ตัวคูณแปลงหน่วยระหว่างกรัมและโมล คือ มวลโมลาร์ มวลโมลาร์ของฮีเลียม คือ 4.003 g ดังนั้นจะได้

1 mol = 4.003 g เขียนแสดงตัวคูณแปลงหน่วยได้เป็น

$$\frac{1 \text{ mol ของ He}}{4.003 \text{ g He}} \quad \text{และ} \quad \frac{4.003 \text{ g He}}{1 \text{ mol He}}$$

ตัวคูณแปลงหน่วยทางซ้ายมือคือตัวคูณที่เหมาะสมในการนำมาคูณ เพื่อให้ g He ถูกตัดไป เหลือแต่ mol He จึงใช้ตัวคูณทางซ้ายมือมาคูณกับมวลของฮีเลียม ที่ให้มาในโจทย์ ได้เป็นดังนี้

$$6.46 \text{ g He} \times \frac{1 \text{ mol ของ He}}{4.003 \text{ g He}} = 1.61 \text{ mol}$$

ดังนั้นจะมีฮีเลียม (He) อะตอมอยู่ 1.61 โมล ใน 6.46 g ของ He

(5) สมการเคมี และการคำนวณเกี่ยวกับสมการเคมี

สมการเคมีบอกถึงสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมี โดยเขียนสารตั้งต้นไว้ทางซ้ายมือของลูกศร สารผลิตภัณฑ์ไว้ทางขวามือของลูกศร แสดงทิศทางการเกิดปฏิกิริยา ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา และสามารถคำนวณปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี โดยคำนวณได้จากสมการที่ดุลแล้ว การดุลสมการเคมีมีวิธีการดำเนินการได้หลายวิธีตามรูปแบบของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น มีหลักเบื้องต้นของการดุลสมการด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- บอกสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ทุกตัวและเขียนสูตรให้ถูกต้องโดยเขียนอยู่ด้านซ้ายและด้านขวามือ ตามลำดับ
- เริ่มดุลสมการด้วยการใช้เลขสัมประสิทธิ์ที่ทำให้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุมีค่าเท่ากันทั้งสองด้านของสมการ เราสามารถเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์นี้ได้ แต่ไม่ต้องเปลี่ยนเลขกำกับล่างเพราะอาจจะเปลี่ยนเอกลักษณ์ของสารได้ เช่น $2NO_2$ มีความหมายว่า “มีสองโมเลกุลของไนโตรเจนไดออกไซด์” แต่ถ้าเพิ่มเป็นสองเท่าของตัวเลขกำกับล่างเราจะได้ N_2O_4 ซึ่งเป็นสูตรของไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์เป็นสารประกอบที่ต่างกัน
- พิจารณาธาตุที่ปรากฏเพียงครั้งเดียวในแต่ละด้านของสมการโดยมีจำนวนอะตอมเท่ากันทั้งสองด้าน สูตรที่ประกอบด้วยธาตุเหล่านี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เท่าเดิม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องปรับค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละด้านในสมการ ต่อจากนั้นดูธาตุที่ปรากฏเพียงครั้งเดียวในแต่ละด้าน

ของสมการแต่มีจำนวนอะตอมที่แตกต่างกัน ดุลธาตุเหล่านี้ให้เท่ากันทั้งสองด้าน สุดท้ายดุลธาตุที่มีสองสูตรหรือมากกว่าของด้านเดียวกันในสมการ

- ตรวจสอบดูว่าดุลสมการได้ถูกโดยที่ต้องแน่ใจว่ามีจำนวนของอะตอมในแต่ละด้านเท่ากันทั้งสองด้านของลูกศร พิจารณาตัวอย่าง การเตรียมแก๊สออกซิเจนจำนวนน้อยๆ ทำได้โดยให้ความร้อนโพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) ผลผลิตที่ได้คือ แก๊สออกซิเจน (O_2) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จากข้อมูลนี้เขียนสมการการเตรียมแก๊สออกซิเจน ได้ดังนี้

$$KClO_3 \text{ --> } KCl + O_2$$

จากสมการที่เขียนได้จะเห็นได้ว่า ทั้ง 3 ธาตุ (K, Cl, O) ปรากฏที่เดียวทั้งสองด้าน K และ Cl มีจำนวนอะตอมเท่ากันทั้งสองด้านของสมการ แต่จำนวนอะตอมของ O ยังไม่เท่ากัน ด้านซ้ายมี 3 ด้านขวามี 2 ถ้าต้องการทำให้เท่ากันทั้งสองด้าน คือเท่ากับ 6 ต้องคูณ 2 ทางซ้ายมือ (เลข3) และคูณด้วย 3 ทางขวามือ (เลข2) จึงเขียนใหม่เป็น

$$2KClO_3 \text{ --> } KCl + 3O_2$$

ขั้นสุดท้าย ดุลธาตุ K และ Cl อะตอมโดยเติม 2 เข้าหน้า KCl ทางขวามือ จะได้สมการที่ดุลอย่างสมบูรณ์แล้ว มีจำนวนอะตอมของทุกธาตุเท่ากันทั้งสองด้าน

$$2KClO_3 \text{ --> } 2KCl + 3O_2$$

จากสมการที่ดุลแล้วนี้สามารถนำไปคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องในสมการ ตัวอย่างปฏิกิริยาระหว่าง แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) กับน้ำ (H_2O) ได้ผลผลิตเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแก๊สอะเซติลีน (C_2H_2) เขียนสมการและดุลแล้วได้ดังนี้

$CaC_2(s)$ +	$2H_2O(l)$ -->	$Ca(OH)_2(aq)$ +	$C_2H_2(g)$	....(1)
1	2	1	1	โมเลกุล
1	2	1	1	โมล
6.02×10^{23}	$2(6.02 \times 10^{23})$	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	โมเลกุล
64.1	2(18.0)	74.1	26.0	กรัม
			22.4	ลิตร (dm^3) ที่ STP

<u>ตัวอย่าง</u> จากสมการ (1) ถ้าใช้ CaC_2 2.5 mol ทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีปริมาณมากเกินพอ

ก. ได้ $C_2H_2(g)$ เกิดขึ้นกี่โมล

ข. ได้ $C_2H_2(g)$ เกิดขึ้นกี่กรัม

ค. ได้ $C_2H_2(g)$ เกิดขึ้นกี่ลิตร ที่ STP

ง. น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม

(Ca = 40.1 , C = 12.0, H = 1.0)

วิธีทำ

ก. จากสมการ 1 จะเห็นว่า

CaC_2 1 mole ให้ C_2H_2 1 mole

ดังนั้น CaC_2 2.5 mole ให้ C_2H_2 2.5 mole ด้วย

ข. น้ำหนักโมเลกุลของ C_2H_2 = 26.0 กรัมต่อโมล

หมายความว่า C_2H_2 1 mole หนัก 26.0 g

ดังนั้น C_2H_2 2.5 mole หนัก = $\frac{(2.5 \text{ mole})(26.0 \text{g})}{(1 \text{ mole})}$ = 65.0 g

ค. $C_2H_2(g)$ 1 mole มีปริมาตร 22.4 l ที่ STP

ดังนั้น $C_2H_2(g)$ 2.5 mole มีปริมาตร = $\frac{(2.5 \text{ mole})(22.4 \text{ l})}{(1 \text{ mol})}$ ที่ STP (1 mole) = 56.0l ที่ STP

ง. จากสมการ

CaC_2 1 mole ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2O 2 mole

ดังนั้น CaC_2 2.5 mol ทำปฏิกิริยากับ H_2O (2 x 2.5) mole = 5.0 mole

H_2O 1 mole มีน้ำหนัก = 18.0 g

ดังนั้น H_2O 5.0 mol มีน้ำหนัก = (18.0) (5.0) = 90 g

(6) หน่วยเอนไซม์และแอกติวิตีจำเพาะของเอนไซม์ (Enzyme unit and specific activities) การเตรียมเอนไซม์โดยส่วนใหญ่จะไม่ทราบความเข้มข้นเป็นโมลาที่แท้จริง ดังนั้นจึงต้องแสดงออกมาเป็นค่าแอกติวิตี และเพื่อให้การรายงานค่าแอกติวิตีออกมาเป็นค่ามาตรฐาน Commission on Enzyme จึงได้กำหนดให้เป็นหน่วยมาตรฐาน (Unit, U) หรือ Internation unit (IU) คือ เอนไซม์ 1 หน่วย เป็นปริมาณเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาให้เกิดผลผลิต 1 ไมโครโมลต่อนาที ภายใต้ภาวะที่กำหนด และความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ไม่บริสุทธิ์ แสดงในเทอมของหน่วยต่อมิลลิกรัมของโปรตีน และถ้าเอนไซม์นั้นเป็นเอนไซม์บริสุทธิ์ ค่าแอกติวิตีจำเพาะจะเพิ่มเป็นแอกติวิตีสูงสุดหรือค่าความเร็วสูงสุด และแสดงในเทอมของหน่วย/มิลลิกรัมโปรตีนเช่นกัน เนื่องจากค่าความเร็วปฏิกิริยา (v) ซึ่งแสดงแอกติวิตีของเอนไซม์แปรตามความเข้มข้นของซับสเตรท ค่าพีเอช ความเข้มข้นของเกลือและอุณหภูมิ ดังนั้น ค่าแอกติวิตีจำเพาะของเอนไซม์จึงมีได้หลายค่า ด้วยเหตุนี้ในการรายงานค่าแอกติวิตีจำเพาะจึงต้องรายงานผลวิเคราะห์ที่สภาวะเหมาะสมที่สุด โดยระบุอุณหภูมิ, พีเอช, ชนิดซับสเตรท และซับสเตรทจะต้องอยู่ในสภาวะอิ่มตัว

นอกจากนี้ยังมีหน่วยใหม่ของการรายงานค่าแอกติวิตีของเอนไซม์ คือ “katal” กำหนดให้ 1 katal คือ ปริมาณเอนไซม์ที่เร่งการเปลี่ยนซับสเตรท 1 โมล ใน 1 วินาที ดังนั้น 1 International Unit = 1/60 m katal และ 1 katal = 6x107 units ส่วนค่าแอกติวิตีจำเพาะแสดงในเทอม “katal/โปรตีน 1 กิโลกรัม หรือ katal/โปรตีน 1 มิลลิกรัม ค่า “molar activity”ของเอนไซม์เป็น “katal/โมลของโปรตีน/วินาที $^{-1}$ สรุปเป็นสูตรคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Activity} = \frac{\text{amount of substrate or product}}{\text{Time}}$$

$$\text{specific activity} = \frac{\text{amount of substrate or product}}{\text{Time x mg protein}}$$

$$1\ \text{IU} = \frac{1\ \mu\text{mol of substrate or product}}{\text{minute}}$$

$$1\text{katal} = \frac{1\ \mu\text{mol of substrate or product}}{\text{Second}}$$

$$\text{Activity (IU)} = \frac{\mu\text{mol of substrate or product}}{\text{minute}}$$

$$\text{specific Activity (IU)} = \frac{\mu\text{mol of substrate or product}}{\text{minute x mg protein}}$$

เมื่อ IU = 1/60 μkatal = 0.0167 μkatal

1 katal = 6×10^{7} IU

(7) สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) หมายถึงสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน สมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ คือ รักษาสภาพ pH ของสารละลายเอาไว้โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเติมกรดแก่ หรือเบสแก่จำนวนเล็กน้อยลงไปการเตรียม ทำได้โดยการเติมกรดอ่อนลง ในสารละลายเกลือของกรดอ่อน หรือการเติมเบสอ่อนลงในสารละลายเกลือของเบสอ่อน ตัวอย่างสารละลายบัฟเฟอร์ เช่น

1) บัฟเฟอร์ของกรดอ่อนกับคู่เบสของกรดอ่อน(เกลือ)
   เช่น CH_3COOH ต่อ CH_3COONa มี pH <7
2) บัฟเฟอร์ของเบสอ่อนกับคู่กรดของเบสอ่อน(เกลือ)
   เช่น NH_3OHต่อ NH_4Cl มี pH >7

(8) การคำนวณเกี่ยวกับบัฟเฟอร์ สามารถคำนวณได้จาก

$pH = P_{ka} + \log$ [salt] ต่อ [Acid]

$pOH = P_{kb} + \log$[salt]ต่อ [Base]

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงค่า pKa values of common buffer compounds

Compound	Abbreviation	Molecular Weight	(20°C) pK1	pK2	pK3	pK4
N-(2-Acetamido)-2-aminoethanesulfonic acid	ACES	182.2	6.9	-	-	-
N-(2-Acetamido)-2-iminodiacetic acid	ADA	212.2	6.60	-	-	-
Acetic acid		60.1	4.76	-	-	-
Arginine	Arg	174.2	2.17	9.04	12.48	-
Barbituric acid		128.1	3.9	-	-	-
N,N-bis (2-Hydroxyethyl)-2-aminoethane sulfonic acid	BES	213.1	7.15	-	-	-
N,N-bis (2-Hydroxyethyl)glycine	Bicine	163.2	8.35	-	-	-
Boric acid		61.8	9.23	12.74	13.80	-
Citric acid		210.1	3.10	4.75	6.40	-
Ethylenediaminetetraacetic acid	EDTA	292.3	2.00	2.67	6.24	10.88
Formic acid		46.03	3.75	-	-	-
Fumaric acid		116.1	3.02	4.39	-	-
Glycine	Gly	75.1	2.45	9.60	-	-
Glycyglycine		132.1	3.15	8.13	-	-
N-2-Hydroxyethylpiperazine-N'-2-etg=hanesulfonic acid	HEPES	238.3	7.55	-	-	-
N-2-Hydroxyethylpiperazine-N'-3-propanesulfonic acid	HEPPS	252.3	8.0	-	-	-
Histidine	His	209.7	1.82	6.00	9.17	-
Imidazole		68.1	6.95	-	-	-
2-(N-Morpholino) ethanesulfonic acid	MES	195	6.15	-	-	-
3-(N-Morpholino) propanesulfonic acid	MOPS	209.3	7.20	-	-	-
Phosphoric acid		98.0	2.12	6.86	12.32	-
Succinic acid		118.1	4.18	5.60	-	-
3-Tris(hydroxymethyl) aminopropanesulfonic acid	TAPS	243.2	8.40	-	-	-
N-Tris(hydroxymethyl) methyl-2-aminoethanesulfonic acid179	TES	229.2	7.50	-	-	-
N-Tris (hydroxymethyl) methylglycine	Tricine	179	8.15	-	-	-
Tris (hydroxymethyl) aminomethane	Tris	212.1	8.30	-	-	-

ตารางที่ 3.4 Buffer ที่ใช้บ่อยในห้องปฏิบัติการและช่วงของ pH ที่ใช้

Buffering system	Useful buffering range @ 25°C
Hydrochloric acid/Potassium chloride	1.0 - 2.2
Glycine/Hydrochloric acid	2.2 – 3.6
Potassium hydrogen phthalate/ Hydrochloric acid	2.2 – 4.0
Citric acid/Sodium citrate	3.0 – 6.2
Sodium acetate/Acetic acid	3.7 - 5.6
Potassium hydrogen phthalate/Sodium hydroxide	4.1 – 5.9
Disodium hydrogen phthalate/Sodium dihydrogen orthophosphate	5.8 – 8.0
Potassium dihydrogen orthophosphate/ Potassium dihydrogen orthophosphate	5.8 – 8.0
Potassium dihydrogen orthophosphate/ Sodium hydroxide	5.8 - 8.0
Barbitone sodium/ Hydrochloric acid	6.8 - 9.6
Tris (hydroxylmethyl)aminomethane/ Hydrochloric acid	7.0 - 9.0
Sodium tetraborate/ Hydrochloric acid	8.1 - 9.2
Glycine/Sodium hydroxide	8.6 - 10.6
Sodium carbonate/Sodium hydrogen carbonate	9.2 - 10.8
Sodium tetraborate/ Sodium hydroxide	9.3 - 10.7
Sodium bicarbonate/ Sodium hydroxide	9.6 - 11.0
Sodium hydrogen orthophosphate/ Sodium hydroxide	11.0 - 11.9
Potassium chloride/ Sodium hydroxide	12.0 - 13.0

บทที่ 4
ความปลอดภัย และการจัดการขยะอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมี

4.1 การปฏิบัติตนที่ดีในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทางเคมี

การปฏิบัติตนที่ดีในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ปฏิบัติงานควรให้ความสำคัญ และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด สิ่งจำเป็นที่ต้องให้ความสำคัญเพื่อการปฏิบัติตนได้อย่างปลอดภัย คือการศึกษาระเบียบประจำห้องปฏิบัติการ ข้อบัญญัติ หรือกฎระเบียบของห้องปฏิบัติการนั้นๆ ระเบียบห้องปฏิบัติการ โดยรวมแล้วมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความปลอดภัยจากการปฏิบัติงานภายใต้ความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจาก สารเคมี สภาพแวดล้อม และอื่นๆ เป็นต้น

นอกจากนี้ในการกำหนดระเบียบต่างๆ ของห้องปฏิบัติการ ยังมีวัตถุประสงค์อื่นๆ ด้วย เช่น เพื่อความเป็นระเบียบ และเป็นแนวปฏิบัติร่วมกัน ลดข้อขัดแย้งต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเอง ระเบียบห้องปฏิบัติการยังสามารถช่วยป้องกันการรั่วไหล หรือแพร่กระจายของวัตถุอันตรายต่างๆ ได้ ดังนั้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความปลอดภัยจึงควรให้ความสำคัญและปฏิบัติตามระเบียบที่ห้องปฏิบัติการนั้นระบุอย่างเคร่งครัด

4.2 การศึกษาลักษณะของสารเคมีที่ตนเองต้องใช้ในการศึกษาวิจัยโดยละเอียด

ในการศึกษาลักษณะของสาร หมายถึง การศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างของสาร คุณสมบัติด้านต่างๆ ของสารซึ่งสามารถศึกษาได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Material Safety Data Sheet; MSDS) ลักษณะของ MSDS ประกอบไปด้วย

1) ข้อมูลทั่วไป
2) เลขที่อ้างอิงตามระบบองค์การสหประชาชาติ
3) องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม
4) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย
5) มาตรการปฐมพยาบาล
6) มาตรการการผจญเพลิง
7) มาตรการเมื่อมีการปลดปล่อยสารโดยอุบัติเหตุ
8) การจัดการและการเก็บรักษา
9) การควบคุมการสัมผัสสาร/การป้องกันส่วนบุคคล
10) สมบัติทางเคมีและกายภาพ
11) ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา
12) ข้อมูลทางพิษวิทยา

13) ข้อมูลเชิงนิเวศ

14) มาตรการการกำจัด

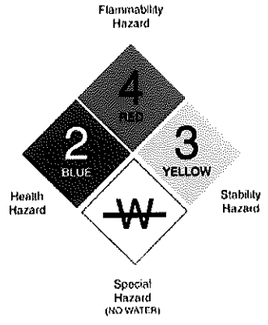
15) ข้อมูลการขนส่ง

16) ข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนด

4.3 การศึกษาสัญลักษณ์ความปลอดภัยต่างๆ

1. สัญลักษณ์ และ รหัสแสดงอันตรายของสารเคมี

สารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ยุคปัจจุบันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารเคมีระดับหนึ่ง เพื่อให้สามารถใช้สารเคมีได้อย่างถูกต้อง เพื่อลดหรือสามารถหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดกับสุขภาพหรือชีวิต นอกจากนี้สารเคมีที่เหลือทิ้งจะต้องมีวิธีการกำจัดที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายกับระบบนิเวศ ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ และพืชได้ ดังนั้นเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีเกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องร่วมกัน จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์แสดงอันตราย (Safety Signs) เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายสากลที่เข้าใจตรงกัน ซึ่งจะช่วยให้ประชาชนสามารถป้องกันอันตรายทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ สัญลักษณ์และรหัสต่างๆ เหล่านี้ สามารถพบได้ในเอกสารข้อมูลความปลอดภัยในการใช้สารเคมีและวัตถุอันตราย (Material Safety Data Sheet, MSDS) ในคู่มือการใช้สารเคมีของบริษัทผู้ผลิต จากฉลากที่ติดบนภาชนะบรรจุ หรือที่ติดอยู่บนรถบรรทุกสารเคมีนั้นๆ สัญลักษณ์แสดงอันตราย (Safety Signs) มีลักษณะ ดังนี้



ภาพประกอบที่ 4.1 สัญลักษณ์แสดงอันตราย (Safety Signs)

ที่มาภาพ : http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_3_003c.asp?info_id=118

ระบบสัญลักษณ์แสดงอันตรายที่รู้จักและนิยมใช้กันมีหลายระบบ เช่น ระบบ NFPA (The National Fire Protection Association) ของสหรัฐอเมริกา ระบบ EEC (The European Economic Council)

และระบบ IMO (International Maritime Organization) เป็นต้น ซึ่งจะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะสองระบบแรก

(1) ระบบ NFPA

ระบบ NFPA กำหนดสัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร (Diamond-shape) กล่าวคือเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วางตั้งตามแนวเส้นทแยงมุม ภายในแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อยขนาดเท่ากัน 4 รูป ใช้พื้นที่กำกับ 4 สี ได้แก่ สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ(Flammability) สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพ (Health) สีเหลือง แสดงความไวต่อปฏิกิริยาของสาร (Reactivity) สีขาวแสดงคุณสมบัติพิเศษของสาร และใช้ตัวเล- 0 ถึง 4 แสดงถึงระดับอันตราย ดังรูปที่ 1 และสรุปรายละเอียดสัญลักษณ์ต่างๆ ของระบบนี้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปสัญลักษณ์ต่าง ๆ ของระบบ NFPA

สี่เหลี่ยมพื้นสีแดง ด้านบน	สี่เหลี่ยมพื้นสีน้ำเงิน ด้านซ้าย	สี่เหลี่ยมพื้นสีเหลือง ด้านขวา	สี่เหลี่ยมพื้นสีขาว ด้านล่าง
แสดงอันตรายจากไฟ (Flammability)	แสดงอันตรายต่อสุขภาพ (Health)	แสดงความไวต่อปฏิกิริยาของสาร (Reactivity)	แสดงข้อควรระวังพิเศษ (Special notice)
ระดับ 4 สารไวไฟมาก ได้แก่ สารที่ระเหยเป็นไอได้รวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง ที่ความดันบรรยากาศ เมื่อกระจายตัวผสมกับอากาศแล้วติดไฟได้ หรือของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flash point) ต่ำกว่า 22.8 °C จุดเดือดน้อยกว่า 37.8°C รวมทั้งสารที่ติดไฟได้เอง เมื่อสัมผัสกับอากาศ	**ระดับ 4** สารที่ได้รับเพียงเล็กน้อยจะทำให้ตายได้ หรือเป็นอันตรายรุนแรงได้รวมทั้งสารที่จะเป็นอันตรายอย่างมากถ้าใช้งานโดยปราศจากอุปกรณ์ป้องกัน	**ระดับ 4** สารที่สามารถย่อยสลายตัวหรือระเบิดได้ด้วยตัวเองที่อุณหภูมิห้องและความดันปกติ รวมถึงสารที่ไวต่อความร้อน และแรงสั่นสะเทือน	เนื่องจากสารบางชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่ควรสนใจเพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ คุณสมบัติของสารเหล่านี้จะแสดงด้วยอักษรย่อ หรือสัญลักษณ์ดังนี้ OX: เป็นสารออกซิไดซ์ สารเหล่านี้เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะให้ออกซิเจน หรืออีเลคตรอน W: เป็นสารที่ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ
ระดับ 3 ของเหลวหรือของแข็งที่ติดไฟได้ในอากาศที่อุณหภูมิปกติ ได้แก่ สารที่มีจุดวาบไฟน้อยกว่า 22.8 °C และมีจุดเดือดมากกว่า 37.8°C	**ระดับ 3** สารที่เมื่อสูดดมในเวลาสั้นๆ หรือสัมผัสผิวหนัง ปริมาณเล็กน้อยจะเป็นอันตรายร้ายแรงชั่วคราว หรือมีผลตกค้างได้	**ระดับ 3** สารที่สลายหรือเกิดระเบิดได้ เมื่อได้รับความร้อน หรือแรงสั่นสะเทือนที่สูงพอ รวมถึงที่เกิดระเบิดได้เมื่อถูกน้ำ	

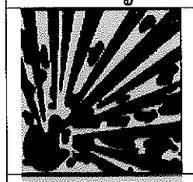
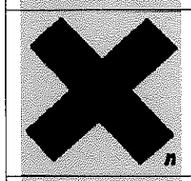
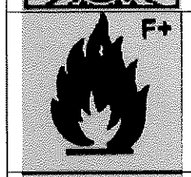
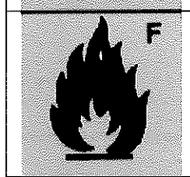
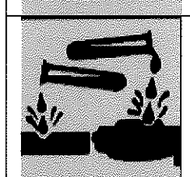
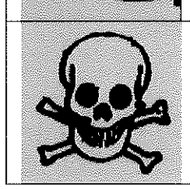
ตารางที่ 4.1 สรุปสัญลักษณ์ต่าง ๆ ของระบบ NFPA (ต่อ)

สี่เหลี่ยมพื้นสีแดง ด้านบน	สี่เหลี่ยมพื้นสีน้ำเงิน ด้านซ้าย	สี่เหลี่ยมพื้นสีเหลือง ด้านขวา	สี่เหลี่ยมพื้นสีขาว ด้านล่าง
ระดับ 2 สารที่ต้องใช้ความร้อนปานกลางก่อนจะติดไฟในอากาศ ถ้ามีปริมาณมากพออาจก่อให้เกิดบรรยากาศที่เป็นพิษได้ ได้แก่ ของเหลวที่มีจุดวาบไฟ สูงกว่า 37.8 °C แต่ไม่เกิน 93.4°C	**ระดับ 2** สารที่เมื่อได้รับในปริมาณที่มากพอจะทำให้เกิดทุพพลภาพชั่วคราว หรือถาวรได้ รวมถึงสารที่ต้องใช้เครื่องป้องกันอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ	**ระดับ 2** สารที่จะเกิดปฏิกิริยารุนแรงในอุณหภูมิและความดันปกติ รวมถึงสารที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ	
ระดับ 1 สารประเภทที่ต้องให้ความร้อนสูงก่อนจะติดไฟและเผาไหม้ในอากาศได้ ได้แก่ สารที่มีจุดวาบไฟสูงกว่า 93.4 °C	**ระดับ 1** สารที่เมื่อได้รับในระยะเวลาสั้น ๆ จะเกิดการระคายเคืองได้	**ระดับ 1** สารประเภทนี้จะมีความคงตัวในสภาวะปกติ แต่ไม่มีความคงตัวเมื่ออุณหภูมิหรือความดันเพิ่ม รวมถึงสารที่สลายตัวเมื่อถูกอากาศ แสงสว่าง หรือความชื้น	
ระดับ 0 วัตถุที่ไม่ติดไฟในอากาศ แม้ว่าจะให้ความร้อนสูงถึง 815.5 °C นานถึง 5 นาที	**ระดับ 0** สารประเภทนี้ไม่เป็นอันตราย นอกจากเวลาติดไฟ	**ระดับ 0** สารประเภทนี้มีความคงตัวสูง แม้ว่าจะได้รับความร้อนก็ตาม รวมถึงสารที่ไม่ทำปฏิกริยากับน้ำ	

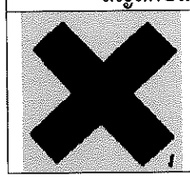
(2) **ระบบ EEC**

ตามข้อกำหนดของประชาคมยุโรป ที่ 67/548/EEC สัญลักษณ์แสดงอันตรายจะแบ่งออกตามประเภทของอันตราย โดยใช้รูปภาพสีดำเป็นสัญลักษณ์แสดงอันตรายบนพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีส้ม และมีอักษรย่อกำกับที่มุมขวา สัญลักษณ์ระบบ EEC ที่พบบ่อย ๆ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534) ได้แก่

ตารางที่ 4.2 สัญลักษณ์ภาพและความหมาย ของระบบ EEC

สัญลักษณ์ภาพ	ความหมาย
	**สารที่ระเบิดได้ (Explosive)** เป็นสารที่อาจระเบิดได้ เมื่อได้รับการกระทบกระเทือน การเสียดสี ประกายไฟ และความร้อน
	สารเร่งการติดไฟ (Oxidizing) เป็นสารที่สามารถให้ออกซิเจนออกมาเร่งการลุกไหม้ เมื่อสัมผัสกับสารไวไฟ หรือสารที่ติดไฟง่าย อาจก่อให้เกิดการติดไฟขึ้น
	**สารอันตราย (Harmful)** เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตราย เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจ ทางปากและทางผิวหนัง สารบางชนิดอาจเป็นสารก่อมะเร็งได้
	สารกัมมันตภาพรังสี (Radioactive) เป็นสารที่ให้กัมมันตรังสีออกมาในปริมาณที่มากกว่า 0.002 ไมโครคูรีต่อกรัม
	**สารไวไฟสูง (Highly Flammable)** เป็นแก๊สที่ไวไฟสูงหรือของเหลว ที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 0 °C และมีจุดเดือดไม่เกิน 35°C
	**สารไวไฟ (Flammable)** เป็นของเหลวไวไฟที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 21°C พวกเปอร์ออกไซด์ของสารอินทรีย์ และแก๊ซหรือแก๊สเหลวที่ติดไฟที่ความดันปกติ รวมทั้งสารเคมีที่เมื่อสัมผัสกับน้ำและอากาศชื้นแล้วก่อให้เกิดแก๊สไวไฟสูง
	**สารกัดกร่อน (Corrosive)** เป็นสารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและทำลายเมื่อสัมผัสกับสารหรือไอสาร
	**สารมีพิษ (Toxic)** เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงถึงชีวิตเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ทางระบบหายใจ ทางปาก และทางผิวหนัง อาจก่อให้เกิดพิษชนิดเฉียบพลันหรือชนิดสะสมในร่างกาย

ตารางที่ 4.2 สัญลักษณ์ภาพและความหมาย ของระบบ EEC (ต่อ)

สัญลักษณ์ภาพ	ความหมาย
	**สารระคายเคือง (Irritant)** สารที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อตา ผิวหนัง หรือระบบทางเดินหายใจ

1.1 รหัสแสดงความเสี่ยง (Risk phase)

เป็นรหัสที่ใช้บ่งบอกลักษณะความเสี่ยงของอันตรายที่จะเกิดจากสารเคมี ซึ่งปัจจุบันมีอยู่ 59 แบบ โดยใช้อักษร R นำหน้า ตามด้วยตัวเลข 1 ถึง 59 ที่แสดงรหัสความเสี่ยง รหัสแสดงความเสี่ยงอาจเป็นแบบรหัสเดี่ยว เช่น R20 หมายถึง เป็นสารที่เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดม หรือรหัสแบบผสม เช่น R 20/21 หมายถึง เป็นสารอันตรายที่เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดมและสัมผัสทางผิวหนัง และ R20/21/22 หมายถึง สารที่เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดมสัมผัสทางผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไปเป็นต้น รหัสแสดงความเสี่ยงของอันตราย ดังนี้

ตารางที่ 4.3 รหัสแสดงอันตราย แบบรหัสเดี่ยว

R1	เกิดระเบิดได้เมื่อสารแห้ง
R2	มีความเสี่ยงต่อการระเบิดเมื่อกระเทือน เสียดสี ถูกเปลวไฟ หรือมีประกายไฟเกิดขึ้น
R3	มีความเสี่ยงสูงต่อการระเบิดเมื่อกระเทือน เสียดสี ถูกเปลวไฟ หรือมีประกายไฟเกิดขึ้น
R4	เกิดเป็นสารประกอบโลหะที่ไวไฟต่อการระเบิด
R5	เกิดระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อน
R6	เกิดระเบิดได้ไม่ว่าจะสัมผัสกับอากาศหรือไม่
R7	อาจติดไฟได้
R8	อาจติดไฟได้เมื่อสัมผัสกับวัตถุเชื้อเพลิง
R9	ระเบิดเมื่อผสมกับวัตถุเชื้อเพลิง
R10	สารไวไฟ
R11	สารไวไฟสูง
R12	สารไวไฟสูงมาก
R13	ก๊าซเหลวไวไฟสูงมาก
R14	เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ
R15	เกิดก๊าซไวไฟสูงเมื่อสัมผัสกับน้ำ

ตารางที่ 4.3 รหัสแสดงอันตราย แบบรหัสเดี่ยว (ต่อ)

R15.1	เกิดก๊าซไวไฟสูงเมื่อสัมผัสกับกรด
R16	ระเบิดเมื่อผสมกับสารออกซิไดซ์
R17	ติดไฟได้เองเมื่อสัมผัสกับอากาศ
R18	ขณะใช้งานอาจเกิดสารผสมระหว่างอากาศกับไอระเหยที่ติดไฟได้หรือระเบิดได้
R19	อาจเกิดสารเปอร์ออกไซด์ที่ระเบิดได้
R20	อันตรายเมื่อสูดดม
R21	อันตรายเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R22	อันตรายเมื่อกินเข้าไป
R23	เป็นพิษเมื่อสูดดม
R24	เป็นพิษเมื่อสัมผัสผิวหนัง
R25	เป็นพิษเมื่อกินเข้าไป
R26	เป็นพิษมากเมื่อสูดดม
R27	เป็นพิษมากเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R28	เป็นพิษมากเมื่อกินเข้าไป
R29	เกิดก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับน้ำ
R30	เปลี่ยนเป็นสารไวไฟสูงได้ในขณะใช้งาน
R31	เกิดก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับกรด
R 31.1	เกิดก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับด่าง
R32	เกิดก๊าซมิพิษมากเมื่อสัมผัสกับกรด
R33	อันตรายจากการสะสม (ในร่างกาย)
R34	เกิดแผลไหม้ได้
R35	เกิดแผลไหม้รุนแรงได้
R36	ระคายเคืองต่อตา
R37	ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ
R38	ระคายเคืองต่อผิวหนัง
R39	อันตรายร้ายแรงต่อร่างกายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R40	มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R41	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายร้ายแรงที่ตา
R42	อาจเกิดอาการแพ้เมื่อสูดดม
R43	อาจเกิดอาการแพ้เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R44	เสี่ยงต่อการระเบิดเมื่อได้รับความร้อนภายในพื้นที่จำกัด

ตารางที่ 4.3 รหัสแสดงอันตราย แบบรหัสเดี่ยว (ต่อ)

R45	อาจก่อให้เกิดมะเร็ง
R46	อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการถ่ายทอดทางพันธุกรรม
R47	อาจก่อให้เกิดความผิดปกติต่อทารกในครรภ์
R48	เป็นอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพ เมื่อได้รับติดต่อเป็นเวลานาน
R49	อาจก่อให้เกิดมะเร็งจากการสูดดม
R50	เป็นพิษมากต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
R51	อันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
R52	อาจเกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
R53	อาจเกิดผลเสียในระยะยาวต่อสภาพแวดล้อมของน้ำ
R54	เป็นพิษต่อพืช
R55	เป็นพิษต่อสัตว์
R56	เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดิน
R57	เป็นพิษต่อน้ำ
R58	อาจเกิดผลเสียในระยะยาวต่อสภาพแวดล้อม
R59	ก่อเกิดผลเสียต่อชั้นโอโซน

ตารางที่ 4.4 รหัสแสดงอันตราย แบบรหัสผสม

R14/15	เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำแล้วให้ก๊าซที่ไวไฟสูง
R15/29	เกิดก๊าซพิษที่ไวไฟสูง เมื่อสัมผัสกับน้ำ
R20/21	อันตรายเมื่อสูดดม และเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R20/22	อันตรายเมื่อสูดดมและเมื่อกินเข้าไป
R20/21/22	อันตรายเมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสกับผิวหนังและเมื่อกินเข้าไป
R21/22	อันตรายเมื่อสัมผัสกับผิวหนังและเมื่อกินเข้าไป
R23/24	เป็นพิษ เมื่อสูดดม และเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R23/25	เป็นพิษ เมื่อสูดดม และเมื่อกินเข้าไป
R23/24/25	เป็นพิษ เมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไป
R24/25	เป็นพิษ เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไป
R26/27	เป็นพิษมาก เมื่อสูดดม และเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R26/28	เป็นพิษมาก เมื่อสูดดม และเมื่อกินเข้าไป
R26/27/28	เป็นพิษมาก เมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไป

ตารางที่ 4.4 รหัสแสดงอันตราย แบบรหัสผสม (ต่อ)

R27/28	เป็นพิษมาก เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไป
R36/37	ระคายเคืองต่อตา และทางเดินหายใจ
R36/38	ระคายเคืองต่อตา และผิวหนัง
R36/37/38	ระคายเคืองต่อตา ทางเดินหายใจ และผิวหนัง
R37/38	ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ และผิวหนัง
R39/23	เป็นพิษ เมื่อสูดดม เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/24	เป็นพิษเมื่อสัมผัสกับผิวหนังเกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/25	เป็นพิษเมื่อกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจเกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/23/24	เป็นพิษ เมื่อสูดดม และสัมผัสกับผิวหนังเกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/23/25	เป็นพิษ เมื่อสูดดมและกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/23/24/25	เป็นพิษ เมื่อสูดดม สัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/26	เป็นพิษมากเมื่อสูดดม เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/27	เป็นพิษมากเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/28	เป็นพิษมากเมื่อกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/26/27	เป็นพิษมากเมื่อสูดดมและ สัมผัสกับผิวหนัง เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/26/28	เป็นพิษมากเมื่อสูดดมและกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/27/28	เป็นพิษมากเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R39/26/27/28	เป็นพิษมากเมื่อสูดดม สัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไป เกิดอันตรายร้ายแรงที่ไม่อาจรักษาให้หายได้
R40/20	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อสูดดม
R40/21	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง
R40/22	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อกินเข้าไป
R40/20/21	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อสูดดม และสัมผัสกับผิวหนัง
R40/20/22	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อสูดดม และกินเข้าไป

ตารางที่ 4.4 รหัสแสดงอันตราย แบบรหัสผสม (ต่อ)

R40/21/22	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไป
R40/20/21/22	เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ไม่อาจรักษาให้หายได้ เมื่อสูดดม เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไป
R42/23	อาจเกิดการแพ้เมื่อสูดดมและสัมผัสกับผิวหนัง
R48/20	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อสูดดมเป็นเวลานาน
R48/21	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อสัมผัสกับผิวหนังเป็นเวลานาน
R48/22	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/20/21	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อสูดดม และสัมผัสกับผิวหนังเป็นเวลานาน
R48/20/22	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อสูดดม และเมื่อกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/21/22	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/20/21/22	อันตรายอย่างแรงต่อสุขภาพ เมื่อสูดดม สัมผัสกับผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/23	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อสูดดมเป็นเวลานาน
R48/24	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อสัมผัสกับผิวหนังเป็นเวลานาน
R48/25	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/23/24	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อสูดดม และสัมผัสกับผิวหนังเป็นเวลานาน
R48/23/25	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อสูดดม และเมื่อกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/24/25	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อสัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไปเป็นเวลานาน
R48/23/24/25	เป็นพิษ มีอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเมื่อสูดดม สัมผัสกับผิวหนัง และกินเข้าไปเป็นเวลานาน

1.2 รหัสแสดงความปลอดภัย (Safety phase)

เป็นรหัสที่แสดงคำแนะนำด้านความปลอดภัยจากสารเคมีต่าง ๆ ปัจจุบันมีอยู่ 60 แบบ โดยใช้อักษร S นำหน้าตามด้วยตัวเลข 1- 60 โดยอาจแสดงเป็นรหัสเดี่ยว เช่น S1 เป็นสารที่ต้องเก็บให้มิดชิด และแสดงรหัสผสม เช่น S1/2 เป็นสารที่ต้องเก็บให้มิดชิดและห่างจากเด็ก S3/9/14 เป็นสารที่ต้องเก็บไว้ในที่เย็น มีการระบายอากาศที่ดีและเก็บห่างจากสารที่อยู่ใกล้กันไม่ได้ ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้ระบุไว้ รหัสแสดงคำแนะนำเพื่อความปลอดภัยมีดังนี้

ตารางที่ 4.5 รหัสความปลอดภัย แบบรหัสเดี่ยว

S1	เก็บในสถานที่มิดชิด
S2	เก็บให้ห่างจากเด็ก
S3	เก็บในที่เย็น
S4	เก็บให้ห่างจากสิ่งมีชีวิต
S5	เก็บสารไว้ใน...
S5.1	...น้ำ
S5.2	...ปิโตเลียม
S6	เก็บไว้ภายใต้สภาวะ...
S6.1	...ก๊าซไนโตรเจน
S6.2	...ก๊าซอาร์กอน
S6.3	...ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
S7	เก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
S8	เก็บในภาชนะแห้ง
S 9	เก็บในสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเทดี
S12	ห้ามเก็บในภาชนะปิดสนิท
S13	เก็บให้ห่าง อาหาร เครื่องดื่ม และอาหารสัตว์
S14	เก็บให้ห่างจาก...
S14.1	...สารรีดิวซ์, สารประกอบโลหะหนัก ,กรดและด่าง
S14.2	...สารออกไซด์ และกรด รวมทั้งสารประกอบโลหะหนัก
S14.3	...เหล็ก
S14.4	...น้ำและด่าง
S14.5	...กรด
S14.6	...ด่าง
S14.7	...โลหะ
S14.8	...สารออกซิไดซ์และกรด
S14.9	...สารอินทรีย์ไวไฟ
S14.10	...กรด, สารรีดิวซ์ ,และวัสดุไวไฟ
S14.11	...วัสดุไวไฟ
S15	เก็บให้ห่างจากความร้อน
S16	เก็บให้ห่างจากแหล่งที่มีสารติดไฟ-ห้ามสูบบุหรี่
S17	เก็บให้ห่างจากวัสดุที่ไหม้ไฟได้

ตารางที่ 4.5 รหัสความปลอดภัย แบบรหัสเดี่ยว (ต่อ)

S18	ถือและเปิดภาชนะด้วยความระมัดระวัง
S20	ห้ามรับประทานหรือดื่มขณะใช้สารนี้
S21	ห้ามสูบบุหรี่ขณะใช้สารนี้
S22	ห้ามดูดฝุ่นละออง
S23	ห้ามสูดดมแก๊ส/ควัน/ไอระเหย/ละออง
S23.1	ห้ามสูดดมแก๊ส
S23.2	ห้ามสูดดมไอระเหย
S23.3	ห้ามสูดดมละออง
S23.4	ห้ามสูดดมควัน
S23.5	ห้ามสูดดมไอระเหย/ละออง
S24	หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนัง
S25	หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับตา
S26	กรณีที่สารเข้าตา ให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และไปพบแพทย์
S27	ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนออกทันที
S28	กรณีที่สารถูกผิวหนังให้ล้างออกทันทีด้วย...ปริมาณมาก ๆ
S28.1	...น้ำ
S28.2	...น้ำและสบู่
S28.3	...น้ำและสบู่ และ Polyethylene glycol 400 ถ้าหาได้
S28.4	...Polyethylene glycol 300: Ethanol (2:1) แล้วตามด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ และสบู่
S28.5	... Polyethylene glycol 400
S28.6	... Polyethylene glycol 400 และล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ
S28.7	... น้ำและสบู่ที่เป็นกรด
S29	ห้ามเทลงในท่อระบายน้ำ
S30	ห้ามเติมน้ำลงในสารนี้
S33	ระมัดระวังในการตรวจวัดประจุไฟฟ้าสถิตย์
S34	หลีกเลี่ยงการกระเทือนและเสียดสี
S35	สารนี้และภาชนะบรรจุต้องทำลายอย่างปลอดภัย
S35.1	สารนี้และภาชนะบรรจุจะต้องเติม 2% NaOH ก่อนนำไปทำลายต่อไป
S36	สวมเสื้อผ้าที่ป้องกันอย่างเหมาะสม
S37	สวมถุงมือที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.5 รหัสความปลอดภัย แบบรหัสเดี่ยว (ต่อ)

S38	ในกรณีที่ระบบถ่ายเทอากาศไม่เพียงพอให้สวมเครื่องช่วยหายใจที่เหมาะสม
S39	สวมเครื่องป้องกันตาและหน้า
S40	ทำความสะอาดพื้นและวัสดุที่เปื้อนสารด้วย...
S41	ในกรณีเกิดไฟลุกไหม้ และ /หรือระเบิด ห้ามสูดดมควัน
S42	ในระหว่างเกิดควัน/ละออง ให้สวมเครื่องช่วยหายใจที่เหมาะสม
S43	ในกรณีติดไฟ ใช้...
S43.1	...น้ำ
S43.2	...น้ำหรือผงดับไฟ
S43.3	...ผงดับไฟ-ห้ามใช้น้ำ
S43.4	...คาร์บอนไดออกไซด์-ห้ามใช้น้ำ
S43.5	...Halons-ห้ามใช้น้ำ
S43.6	...ทราย-ห้ามใช้น้ำ
S43.7	...ผงดับไฟ-ห้ามใช้น้ำ
S43.8	...ทราย,คาร์บอนไดออกไซด์ หรือผงดับไฟ-ห้ามใช้น้ำ
S44	หากรู้สึกไม่สบาย ให้พบแพทย์ (นำฉลากของสารไปด้วย)
S45	กรณีเกิดอุบัติเหตุ หรือรู้สึกไม่สบาย ให้พบแพทย์ทันที (นำฉลากของสารไปด้วย)
S46	หากกลืนสารนี้ ให้พบแพทย์ทันที และนำฉลากของสารไปด้วย
S47	เก็บในที่ซึ่งอุณหภูมิไม่เกิน...°C
S48	เก็บในที่เปียกด้วย...
S48.1	...น้ำ
S49	เก็บในภาชนะบรรจุดั้งเดิม
S50	ห้ามสัมผัสกับ...
S50.1	...กรด
S50.2	...ด่าง
S50.3	...กรดแก่, ด่างแก่, โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก หรือเกลือของมัน
S51	ใช้ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทดีเท่านั้น
S52	ไม่แนะนำให้ใช้ในบริเวณกว้าง
S53	หลีกเลี่ยงการสัมผัส-ได้รับคำแนะนำพิเศษก่อนใช้
S54	ก่อนปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 4.5 รหัสความปลอดภัย แบบรหัสเดี่ยว (ต่อ)

S55	ต้องมีการบำบัดด้วยวิธีที่ดีที่สุดก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
S56	ห้ามปล่อยลงในท่อระบายหรือสิ่งแวดล้อม ต้องปล่อยในที่เก็บกักน้ำเสียที่ได้รับอนุญาติ
S57	มีหลักการที่ถูกต้องเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม
S58	ทำลายเช่นเดียวกับสารมีพิษอันตราย
S59	ควรขอคำแนะนำจากผู้ผลิต/จำหน่อย เมื่อนำมาใช้ใหม่
S60	สารนี้ และ/หรือ ภาชนะบรรจุต้องมีการทำลายเช่นเดียวกับสารมีพิษอันตราย

ตารางที่ 4.6 รหัสความปลอดภัย แบบรหัสผสม

S1/2	เก็บในสถานที่ปิดสนิท และพ้นจากเด็ก
S3/7/9	เก็บในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บในที่เย็น อากาศถ่ายเทดี
S3/9	เก็บในที่เย็น และอากาศถ่ายเทดี
S3/9/14	เก็บในที่เย็น อากาศถ่ายเทดี และห่างไกลจาก...
S3/9/14.1	...สารรีดิวซ์ สารประกอบโลหะหนัก กรดและด่าง
S3/9/14.2	...สารออกไซด์ และกรด รวมทั้งสารประกอบโลหะหนัก
S3/9/14.3	...เหล็ก
S3/9/14.4	...น้ำและด่าง
S3/9/14.5	...กรด
S3/9/14.6	...ด่าง
S3/9/14.7	...โลหะ
S3/9/14.8	...สารออกซิไดซ์ และกรด
S3/9/14/49	เก็บในภาชนะเดิม ในที่เย็น อากาศถ่ายเทดี และห่างไกลจาก...
S3/9/14.1/49	...สารรีดิวซ์ สารประกอบโลหะหนัก กรดและด่าง
S3/9/14.2/49	...สารออกไซด์ และกรด รวมทั้งสารประกอบโลหะหนัก
S3/9/14.3/49	...เหล็ก
S3/9/14.4/49	...น้ำและด่าง
S3/9/14.5/49	...กรด
S3/9/14.6/49	...ด่าง
S3/9/14.7/49	...โลหะ
S3/9/14.8/49	...สารออกซิไดซ์ และกรด

ตารางที่ 4.6 รหัสความปลอดภัย แบบรหัสผสม (ต่อ)

S3/9/49	เก็บในภาชนะเดิม และ อากาศถ่ายเทดี
S3/14	เก็บในที่เย็น และห่างไกลจาก...
S3/14.1	...สารรีดิวซ์ สารประกอบโลหะหนัก กรดและด่าง
S3/14.2	...สารออกไซด์ และกรด รวมทั้งสารประกอบโลหะหนัก
S3/14.3	...เหล็ก
S3/14.4	...น้ำและด่าง
S3/14.5	...กรด
S3/14.6	...ด่าง
S3/14.7	...โลหะ
S3/14.8	...สารออกซิไดซ์ และกรด
S7/8	เก็บในภาชนะที่ปิดสนิทและแห้ง
S7/9	เก็บในภาชนะที่ปิดสนิทและอากาศถ่ายเทดี
S20/21	ห้ามรับประทาน ดื่ม หรือสูบบุหรี่ขณะที่ใช้สารนี้
S24/25	หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนังและ ตา
S36/67	สวมเสื้อผ้าและถุงมือที่เหมาะสมเพื่อป้องกัน
S36/37/39	สวมเสื้อผ้าและถุงมือที่เหมาะสมเพื่อป้องกัน และปกป้องบริเวณตา /หน้า
S36/39	สวมเสื้อผ้าที่เหมาะสมเพื่อป้องกัน และปกป้องบริเวณตา /หน้า
S37/39	สวมถุงมือที่เกมะสมเพื่อป้องกัน และปกป้องบริเวณตา /หน้า
S47/49	เก็บในภาชนะเดิมเท่านั้นที่อุณหภูมิไม่เกิน...°C (กำหนดโดยผู้ผลิต)

2. อุปกรณ์ป้องกัน

การรู้จักการอุปกรณ์ป้องกันภัยสาธารณะ และป้องกันส่วนบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย ผู้เขียนจะขอกล่าวถึงอุปกรณ์ป้องกันภัย 2 ลักษณะ คือ

1) อุปกรณ์ป้องกันภัยสาธารณะ หมายถึงอุปกรณ์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยส่วนร่วมที่ใครก็ตามที่มีความจำเป็นต้องใช้งาน สามารถนำออกมาใช้งานได้ มักถูกติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม มองเห็นง่าย และมีข้อมูลการใช้งานง่ายต่อการทำความเข้าใจ เช่น ถังดับเพลิง สายยางและระบบน้ำดับเพลิง อ่างล่างตา อ่างล้างตัว เป็นต้น

(1) อ่างล่างตาฉุกเฉิน

เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ล้างตาในกรณีที่สารเคมีเข้าตา ซึ่งจะติดตั้งภายในห้องปฏิบัติการ ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อผู้ปฏิบัติงานถูกสารเคมีเข้าตา ควรปฏิบัติ ดังนี้

- ถอดคอนแทคเลนส์หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในดวงตาเมื่อถูกสารเคมีหรือเศษผงเข้าตาเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดความเสียหากับดวงตามากขึ้น

- เปิดเปลือกตาออกแล้วนำไปบริเวณอ่างล้างตาฉุกเฉิน การใช้อ่างล้างตาฉุกเฉินควรมีเพื่อนร่วมงาน หรือคนอื่นอยู่ด้วยเพื่อความรวดเร็วและสะดวกในการใช้งานอ่างล้างตาฉุกเฉิน

- ใช้มือเปิดเปลือกตาให้กว้างและมีคนอื่นเปิดน้ำบนอ่างล้างตาฉุกเฉินที่ได้รับการออกแบบเพื่อให้ล้างจาได้อย่างต่อเนื่อง ภายใต้ความดันอ่อนโยน ทำการล้างตาจนกระทั่งมั่นใจว่าสารพิษ หรือเศษผงต่างๆ ออกจากตาแล้ว

- ให้เพื่อนร่วมงานหรือคนอื่นๆ โทรแจ้งฝ่ายความปลอดภัย หรือฝ่ายเซฟตี้ของหน่วยงาน ในขณะที่ทำการล้างตาด้วยน้ำจากอ่างล้างตาฉุกเฉิน การล้างตาด้วยน้ำจากอ่างล้างตาฉุกเฉินควรใช้เวลาอย่างน้อย 15 นาที แม้หลังจากเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยมาถึงเพื่อให้แน่ใจว่าสารเคมี หรือเศษผงได้ถูกล้างจนหมดหรือเหลือน้อยที่สุด

(2) ฝักบัวล้างตัว

ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น สารเคมี หกลดตัว หรือสัมผัสกับสารเคมีในบริเวณลำตัว สิ่งที่ควรปฏิบัติคือถอดเสื้อกราวด์ ออกและเปิดน้ำล้างตัวในปริมาณมากๆ จนมั่นใจว่าได้ล้างสารเคมีออกจนหมดแล้ว

(3) อุปกรณ์ดับเพลิง

ในยามสถานการณ์ที่ฉุกเฉินอาจนำมาใช้ประโยชน์ได้หากมีการศึกษามาก่อนจึงเป็นที่มาให้พนักงานในตึกอาคารสำนักงานต้องมีการบังคับให้มีการซ้อมหนีไฟ อย่างน้อย ปีละ 1 ครั้ง เพราะเมื่อเกิดไฟไหม้ ไม่เพียงแค่ทรัพย์สินที่เสียหายเท่านั้น แต่ยังหมายถึงชีวิต ที่ประเมินค่าไม่ได้อีก วิธีใช้ถังดับเพลิงอย่างถูกวิธีมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ให้ดึงสลักออกจากคันบีบโดยการหมุนสลักจนตัวยึดขาด จากนั้นดึงสลักทิ้งไป ทำอย่างรวดเร็ว

- ให้ปลดสายหัวฉีดออกจากตัวถังดับเพลิง และ ใช้อีกมือหนึ่ง จับปลายสายชี้ไปที่ฐานของกองไฟ เน้นให้ชี้หัวฉีดไปที่ฐานของกองไฟ หรือต้นตอของไฟ อย่าฉีดที่เปลวไฟ เพราะไฟจะไม่ดับ

- กดคันบีบ (เพื่อให้น้ำยาดับเพลิงพุ่งออกมาจากหัวฉีด โดยถ้าเป็นไปได้ให้กดอย่างต่อเนื่อง)

- ทำการส่ายปลายสายไปที่ฐานของเพลิง ให้น้ำยาดับเพลิงพ่นออกไปได้ทั่วๆ และโดยฐานของไฟให้มากที่สุด พยายามเข้าใกล้ 2 – 4 เมตร เหนือลมพร้อมฉีดสารที่บรรจุตามคุณลักษณะของเครื่องดับเพลิง เช่น บรรจุน้ำให้ฉีดที่ฐานของเพลิง บรรจุผงเคมีแห้งให้ฉีดปกคลุม

2) อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หรือ Personal Protective Equipment หมายถึง สิ่งหนึ่งสิ่งใดที่นำมาสวมใส่ลงบนอวัยวะส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย หรือหลายส่วนรวมกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันอวัยวะส่วนนั้นของร่างกาย ไม่ให้ประสบอันตรายจากสิ่งหนึ่งสิ่งใด หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันอันตรายอันเกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อมในการทำงานความสำคัญของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล แบ่งได้เป็น 3 ประการ ดังนี้

(1) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากอุบัติเหตุขณะทำงาน

(2) ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นโดยตรง ในสภาพการทำงานนั้นๆ เช่น การทำงานในบริเวณที่มีสารเคมีเป็นพิษ ที่อับอากาศ บริเวณที่ขาดออกซิเจนสำหรับหายใจ การทำงานในบริเวณที่มีเสียงดัง ความร้อนสูง การทำงานบนที่สูง เป็นต้น

(3) อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความรุนแรง หรือหยุดยั้งอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน

3) หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

หลังจากที่ได้มีการประเมินอันตรายและความเสี่ยงเรียบร้อยแล้ว หน่วยงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยจะให้ข้อมูลแก่หัวหน้างานในการเลือกซื้ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกซื้ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลดังนี้

- บริษัทผู้จำหน่าย ต้องเป็นที่ยอมรับและมีความชำนาญในเรื่องอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล สามารถให้คำแนะนำและตอบข้อสงสัยได้

- มีประสิทธิภาพสูง โดยอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เลือกนี้ต้องมีประสิทธิภาพสูงเพียงพอเพื่อป้องกันอันตรายในระดับสูงสุดของอันตรายที่จะเกิดขึ้น โดยจะต้องผ่านการทดสอบหรือรับรองประสิทธิภาพในการใช้งานเพื่อที่จะสามารถรับประกันความปลอดภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานได้ เช่น ได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) มาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน เป็นต้น

- เหมาะกับลักษณะงานที่ทำ เมื่อเราได้ข้อมูลจากการประเมินอันตรายและความเสี่ยงในแต่ละพื้นที่ที่ปฏิบัติงานแล้วจึงกำหนดได้ว่าแต่ละพื้นที่ควรจะใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลแบบใด

- ขนาดพอเหมาะกับผู้ใช้ ควรคำนึงถึงขนาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลว่าเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานหรือไม่ ซึ่งผู้ใช้แต่ละคนย่อมมีขนาดรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นควรพิจารณาถึงรูปแบบและขนาดให้พอเหมาะเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

- ความสะดวกสบาย เป็นปัจจัยที่สำคัญ เพื่อที่ผู้ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลจะได้มีความคล่องตัว และใส่ได้นานตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงานในแต่ละสภาวะแวดล้อมการทำงาน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ใช้จึงมีความแตกต่างกัน เช่น เมื่อปฏิบัติงานในสถานที่ที่มีสภาวะแวดล้อมเกี่ยวข้องกับความร้อน ความชื้น หรือสถานที่ทำงานมีพื้นที่จำกัด อุปกรณ์ป้องกัน

อันตรายส่วนบุคคลส่วนที่ใช้กับหู ควรจะเป็นจุกอุดหู จะมีความสะดวกสบายมากกว่าการใช้ที่ครอบหู เนื่องจากการไหลเวียนของอากาศที่จำกัดนั่นเอง

- ง่ายต่อการใช้งาน สามารถเรียนรู้และเข้าใจวิธีการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลชนิดนั้นได้ง่าย ถ้าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมีวิธีการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก ก็เป็นการง่ายต่อการอบรม เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

- เก็บรักษาง่าย อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลควรเก็บในสถานที่ที่เหมาะสม และพร้อมสำหรับการนำไปใช้งาน เพื่อช่วยสร้างความมั่นใจให้กับผู้ปฏิบัติงาน เช่น แผ่นกรองอากาศ สำหรับเครื่องช่วยหายใจ ควรถูกเก็บรักษาไว้โดยไม่ให้เกิดการกระตุ้นให้ทำงาน หรือปนเปื้อนก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและยืดอายุการใช้งาน ของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้ อากาศที่ปนเปื้อน เช่น ฝุ่น ไอสารอินทรีย์ อาจทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลลดลง นอกจากนี้ไม่ควรทิ้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไว้ในสถานที่ปฏิบัติงาน เพราะอาจปนเปื้อนกับฝุ่น ตัวทำละลาย หรืออาจถูกแมลงกัดแทะ หรือบางครั้งอาจมีเชื้อโรค จากพาหะนำโรค ต่างๆ เช่น แมลงสาบ แมลงวัน เป็นต้น ดังนั้นควรเก็บรักษาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไว้ในสถานที่ที่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้ผลิต ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะระบุไว้ในฉลากที่ติดมากับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลนั้นๆ

- บำรุงรักษาง่าย การนำอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไปใช้ทุกครั้ง ต้องอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นต้องมีการตรวจเช็คสภาพก่อนและหลังการใช้ทุกครั้ง เพื่อความมั่นใจในการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น เมื่อตรวจสอบแล้ว พบว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมีความบกพร่อง ชำรุด เสียหาย ต้องมีการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนอะไหล่ในทันที กรณีที่หมดอายุต้องเปลี่ยนชุดใหม่ ดังนั้นผู้ที่รับผิดชอบในส่วนนี้ต้องมีการวางแผนในการสำรองอะไหล่ให้เพียงพอเพื่อไม่ให้งานต้องสะดุด และที่สำคัญอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เลือกใช้ควรหาอะไหล่ได้ง่ายด้วย

- ทำความสะอาดได้ง่าย โดยปกติแล้วผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล จะมีคู่มือการใช้ การบำรุงรักษา และการทำความสะอาดมาให้ ซึ่งในส่วนของการทำความสะอาดนั้น จะระบุวิธีการทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ถูกต้อง เช่น ต้องใช้สารเคมีชนิดใดในการทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลประเภทนั้นๆ ดังนั้นผู้รับผิดชอบในส่วนนี้ควรใส่ใจดูแลการฝึกอบรม เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้เข้าใจถึงวิธีการทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างถูกต้อง และเพื่อความปลอดภัยตลอดจนช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

- ความทนทาน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เลือกใช้ ควรมีความทนทานสมเหตุสมผลกับราคา เพราะถ้าซื้ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในราคาถูกเกินไป อาจจะมีความทนทานน้อย อายุการใช้งานก็จะสั้น ในที่สุดก็ต้องเสียงบประมาณเพิ่มในการซื้อมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบ

กับการที่เลือกซื้ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่มีราคาแพงกว่า ซึ่งจะใช้ได้ในระยะเวลายาวนานกว่า ซึ่งดูเหมือนว่าอาจลงทุนสูงในครั้งแรกแต่ก็คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกันในระยะยาว

ปัจจัยหนึ่งที่ควรคำนึงถึงคือปริมาณของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ควรที่จะมีเพียงพอกับผู้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอาจจะใช้เฉพาะบุคคล หรือหมุนเวียนกันใช้ ดังนั้น ควรจะชี้แจงให้ผู้ปฏิบัติงานที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลว่าไม่ควรทำสัญลักษณ์ใด ๆ ลงบนอุปกรณ์เหล่านี้ เพราะอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้ เช่น การที่ใช้ปากกาเมจิก สติกเกอร์ หรือวาดรูป แม้กระทั่งแกะสลักลงบนหมวกนิรภัยบางประเภท เป็นต้น

4) ประเภทของเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล สามารถจำแนกตามลักษณะของงานที่ใช้ป้องกันอันตราย ได้เป็น 8 ประเภท ดังนี้ คือ

(1) อุปกรณ์ป้องกันศีรษะ (Head Protection) อุปกรณ์ป้องกันศีรษะ ประกอบด้วย หมวกนิรภัย ซึ่งใช้ป้องกันการกระแทก การเจาะทะลุของวัสดุที่ตกลงมากระทบกับศีรษะ หรือใช้ต้านทานกระแสไฟฟ้า ทนไฟไหม้ หมวกกันศีรษะชน ซึ่งใช้งานในที่แคบๆ และหมวกคลุมผม เพื่อป้องกันเส้นผมไม่ให้เกี่ยวพันกับเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนใดๆ ซึ่งจะดึงรั้ง กระชากเป็นอันตรายต่อศีรษะได้

(2) อุปกรณ์ป้องกันหน้าและดวงตา (Face and Eye Protection) ใช้เพื่อป้องกันศีรษะจากการกระแทก การเจาะทะลุ วัตถุปลิว หรือ กระเด็นมาโดน และไฟฟ้า มีลักษณะแข็งแรง ทำด้วยวัสดุที่แตกต่างกันไป

(2.1) หมวกนิรภัยประกอบไปด้วยตัวหมวก (Head Shell) รองในหมวก (Suspension Line) และสายรัดคาง (Chin Straps) รูปทรงของหมวกนิรภัย แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามรูปทรงของหมวก คือ

- หมวกนิรภัยที่มีขอบหมวกเต็ม (Safety Hat หรือ Full Brim Hat) มีอยู่ 4 ชั้น คุณภาพคือ A B C และ D
- หมวกนิรภัยที่ไม่มีขอบหมวกแต่มีกระบังหมวก (Safety Cap หรือ (Brimless with Peak) ชนิดไม่มีปีกมีกระบังหน้า มีอยู่ 3 ชั้น คุณภาพคือ A B และ C

2.1.2 ชั้นคุณภาพหมวกนิรภัย(Class of Safety Helmet) ซึ่งสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์-อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้แบ่งหมวกนิรภัยออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ

- ชั้นคุณภาพ A คือหมวกนิรภัยที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้าจำกัด มีความต้านทานไฟฟ้าได้ไม่เกิน 600 โวลต์ ใช้กับงานทั่วๆ ไป เช่น งานก่อสร้าง เครื่องกล เหมืองแร่ น้ำหนักรวมรองในหมวก ไม่เกิน 420 กรัม
- ชั้นคุณภาพ B คือหมวกนิรภัยที่ต้านทานไฟฟ้าได้สูงมาก (High Voltage Resistance) เหมาะกับงานที่เกี่ยวกับไฟฟ้าแรงสูง เช่น ช่างเดินสายไฟในสถานีไฟฟ้า น้ำหนักรวมรองในหมวกไม่เกิน 435 กรัม
- ชั้นคุณภาพ C คือหมวกนิรภัยที่ไม่สามารถใช้ป้องกันกระแสไฟฟ้าได้ วัสดุทำจากโลหะป้องกันแรงกระแทก แรงเจาะได้ดี เช่น งานก่อสร้าง งานที่ไม่ต้องเสี่ยงกับกระแสไฟฟ้า

น้ำหนักรวมรองในหมวกไม่เกิน 420 กรัม

- ชั้นคุณภาพ D คือหมวกนิรภัยที่ออกแบบเพื่อใช้กับงานดับเพลิง ป้องกันอัคคีภัย และต้านทานไฟฟ้าได้ไม่เกิน 650 โวลต์ จะต้องไม่ติดไฟ หมวกนิรภัยประเภทนี้ จะต้องมีขอบหมวกเต็มเท่านั้น

2.1.3 ประเภทของหมวกนิรภัย

- หมวกกันศีรษะชน (Bump Caps) หมวกกันศีรษะชน มีลักษณะเปลือกหมวกบาง ทำด้วยพลาสติก น้ำหนักเบา มีขนาดกะทัดรัด มีกะบังหมวกยื่นด้านหน้าเล็กน้อย ไม่สามารถต้านทานต่อแรงกระแทกและแรงดันไฟฟ้าได้ ออกแบบเพื่อใช้ในงานที่ ป้องกันศีรษะไปชนกับสิ่งกีดขวางบริเวณที่ทำงานในที่แคบ เช่น ลำตัวของอากาศยาน มีบริเวณที่เข้าไปทำงาน และช่องทางเดินแคบ จะมีการชนของขอบหมวกกับวัตถุที่กีดขวางอยู่ เป็นต้น จึงมีข้อจำกัดในการใช้

- หมวกนิรภัยสำหรับสตรี (Hair Protection) หมวกคลุมผม ตัวหมวกทำจากเส้นใยที่มีความทนทานและทำการฆ่าเชื้อโรคได้ สามารถอัดหรือรีดด้วยเครื่องได้ มีหลายขนาดตามขนาดของศีรษะ และปรับให้พอดีกับศีรษะของผู้สวมใส่ มีกระบังหมวกที่แข็งพอและยื่นออกมาเพื่อใช้เป็นสิ่งเตือน เมื่อศีรษะยื่นเข้าไปใกล้กับชิ้นส่วนของเครื่องจักร สตรีที่ทำงานกับเครื่องจักรต้องสวมใส่หมวกอย่างถูกต้อง จะทำให้สามารถเก็บเส้นผมได้ทั้งหมด ช่วยป้องกันไม่ให้เส้นผมสัมผัสกับเครื่องจักรสายพานที่เคลื่อนไหว โดยเส้นผมถูกดูดเข้าไปโดยอำนาจของไฟฟ้าสถิต รวมทั้งช่วยป้องกันฝุ่นละอองหรือหยดน้ำมันที่จะตกลงมาทำความสกปรกแก่เส้นผมได้

(2.2) แว่นครอบตา (Safety Goggles) แว่นครอบตา ประกอบด้วยถ้วยครอบตาพร้อมด้วยเลนส์ 2 ชิ้น ถ้วยครอบตาทั้งสองยึดติดกันด้วยสะพานเชื่อม ถ้วยครอบตาทำด้วยพลาสติกหรือวัสดุที่ทนร้อน ป้องกันการติดเชื้อ ป้องกันน้ำซึม ที่ถ้วยครอบตาแต่ละข้าง จะยึดด้วยกรอบเลนส์ ซึ่งจะทำด้วยโลหะหรือพลาสติกก็ได้

(2.3) แว่นตานิรภัย (Safety Glasses or Spectacles) แว่นตานิรภัยมีรูปร่างคล้ายแว่นตาที่ใช้ทั่วไป แตกต่างตรงที่เลนส์ของแว่นตานิรภัยสามารถทนต่อแรงกระแทก แรงเจาะ ความร้อนและสารเคมีได้ดี แว่นตานิรภัย เหมาะที่จะใช้กับงานกลึง ไส เจียระไน หรืองานที่เสี่ยงต่อวัสดุกระเด็นมากระทบดวงตา แว่นตานิรภัยมี 3 แบบ คือ

-แบบ A ไม่มีส่วนป้องกันด้านข้าง (Side Shield) ใช้ป้องกันได้เฉพาะอันตรายที่จะเกิดทางด้านหน้าเท่านั้น

-แบบ B มีกระบังด้านข้างเป็นรูปถ้วย ยึดติดแน่นกับกรอบแว่น ใช้ป้องกันวัตถุที่กระเด็นมาด้านหน้า ด้านข้าง ด้านบน และด้านล่างของดวงตา

-แบบ C มีกระบังด้านข้างเป็นแผ่นเรียบยึดติดแน่นกับขาแว่น ขาแว่นสามารถพับเก็บได้ใช้ป้องกันวัตถุกระเด็นมาด้านหน้าและด้านข้างของดวงตา

(2.4) กระบังป้องกันใบหน้า (Face Shield) เป็นแผ่นโค้งครอบใบหน้า เพื่อป้องกันอันตรายต่อใบหน้าและลำคอจากการกระเด็น กระแทกของของแข็ง ละอองของสารเคมี การกระเด็นของโลหะหลอมละลาย และสารละลายที่ร้อน

(2.5) ครอบป้องกันใบหน้า (Hood) ใช้สำหรับป้องกันสารเคมี หรือ ของเหลวที่มีอันตราย หรือใช้ป้องกันฝุ่น ครอบป้องกันใบหน้า ประกอบด้วยตัวครอบและเลนส์ใส วัสดุที่ใช้ทำต้อง

ทนสารเคมี แรงกระแทกและ แรงเจาะ ครอบป้องกันใบหน้า แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดมีไส้กรองสารเคมี และไม่มีไส้กรองสารเคมี

(2.6) อุปกรณ์ป้องกันระบบการได้ยิน (Hearing Protection) ในการทำงานที่ต้องสัมผัสกับเสียงที่ดังกว่า 90 เดซิเบล ตลอดเวลาการทำงานจะทำให้เกิดอันตรายต่อการได้ยิน ในทางวิชาการหากตรวจวัดเสียงในสถานที่ทำงานดังเกินกว่า 85 เดซิเบลแล้ว ต้องลดระดับความดังของเสียงอาจโดยลดที่แหล่งกำเนิด (Source) และทางผ่าน (Pathway) แล้ววิธีการใช้ Personal Protective Equipment (PPE) ก็เป็นมาตรการที่ลดอันตรายจากเสียงลงได้

- ที่อุดหู (Ear Plug) ที่อุดหูชนิดอุดเต็มช่องหูด้านนอก (Super aural) ที่อุดหูชนิดนี้จะมีส่วนของวัสดุที่เต็มช่องหูด้านนอก ช่วยในการลดระดับเสียงการอุดให้สนิทกับช่องหูจะมีแถบสปริง หรือที่คาดศีรษะเป็นตัวยึด

- ชนิดปิดคลุม (Enclosure) จะปิดคลุมทั้งศีรษะ เช่น หมวกนักบินอวกาศ ประสิทธิภาพและราคาสูงจึงไม่นิยมใช้

- ครอบหู (Ear Muff) มีลักษณะคล้ายถ้วย ใช้ครอบหูทั้งสองข้าง ที่ครอบหูจะช่วยลดพลังงานเสียงได้โดยมีวัสดุป้องกันเสียงอยู่ภายในที่ครอบหู ซึ่งอาจจะเป็นของเหลว โฟม ยาง หรือพลาสติก ทำหน้าที่ดูดซับเสียง

(2.7) อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Protection) ประเภทของอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจ แบ่งตามลักษณะอากาศที่จะใช้หายใจ เป็น 2 ประเภท คือ

- อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจชนิดกรองอากาศ (Air Purifying Respirator) ใช้วิธีการกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากอากาศที่หายใจ

- อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจชนิดส่งอากาศช่วยหายใจ (Atmosphere Supplying Respirator) ใช้วิธีส่งอากาศจากแหล่งช่วยหายใจ ถ้าแบ่งตามลักษณะของอุปกรณ์ปิดคลุมช่องทางเดินหายใจ (Respiratory Inlet Coverings) เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.7.1) อุปกรณ์ปิดคลุมช่องทางเดินหายใจ (Tight – Fiting Coverings) หรือเรียกว่า หน้ากาก (Facepieces) มี 3 แบบ คือ

- หน้ากากแบบเศษหนึ่งส่วนสี่ของหน้า (Quarter – Mask)
- หน้ากากแบบครึ่งหน้า (Half – Mask)
- หน้ากากแบบเต็มหน้า (Full – Facepiece)

2.7.2) อุปกรณ์ปิดคลุมช่องทางเดินหายใจแบบมีอากาศผ่านออก (Loose – Fitting Coverings) มีหลายแบบ ได้แก่ แบบถุงคลุมศีรษะ (Hood) แบบคลุมทั้งตัวหรือเสื้อคลุม

(2.8) อุปกรณ์ป้องกันอันตรายระบบหายใจชนิดกรองอากาศ

แบ่งเป็น 3 ประการ คือ หน้ากากกรองอนุภาค (Particular Filtering Respirators) หน้ากากกรองก๊าซและไอระเหย (Gas and Vapor Removing Respirators) และอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจชนิดกรองอากาศมี เครื่องดูดอากาศช่วย (Powered Air Purifying Respirators)

- หน้ากากกรองอนุภาค ใช้สำหรับป้องกันฝุ่น ไอควัน และละออง โดยให้อากาศที่ผ่านเข้าไปในหน้ากากถูกกรองสิ่งปนเปื้อนออกด้วยวัสดุกรองที่เป็นเส้นใย

- หน้ากากกรองก๊าซและไอระเหย อากาศที่ผ่านเข้าไปในหน้ากากจะถูกกรองด้วยตลับกรองหรือกล่องบรรจุสารกรอง (Cartridges or Canisters) ที่ออกแบบเฉพาะก๊าซและไอระเหยแต่ละประเภท

- อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจชนิดกรองอากาศมีเครื่องดูดอากาศช่วย เป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจ ที่มีเครื่องช่วยดูดอากาศดูดสิ่งปนเปื้อนผ่านวัสดุกรอง และส่งอากาศที่บริสุทธิ์ไปยังที่ปิดคลุมช่องทางเดินหายใจ วัสดุกรองอาจเป็นวัสดุกรองอนุภาค ตลับกรองสำหรับกำจัดก๊าซและไอระเหย หรือ 2 อย่างรวมกัน ส่วนที่ปิดคลุมช่องทางเดินหายใจ เป็นตัวหน้ากาก หมวกคลุมศีรษะหรือถุงครอบศีรษะ

(2.9) อุปกรณ์ป้องกันมือและแขน (Hand and Arm Protection)

2.9.1) ถุงมือนิรภัย แบ่งตามลักษณะงานได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่

- ถุงมือป้องกันความร้อน ต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะกับงาน เพราะว่าไม่มีการระบุระดับอุณหภูมิและระยะเวลาในการป้องกันความร้อนไว้

- ถุงมือป้องกันสารเคมี

- ถุงมือป้องกันการขีดข่วนของมีคมและรังสี อาจเป็นถุงมือผ้า ถุงมือตาข่ายลวด ถุงมือหนัง

- ถุงมือยางป้องกันไฟฟ้า การทำงานกับไฟฟ้าเป็นงานที่เสี่ยงค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องเลือกถุงมือ หรือปลอกแขนป้องกันไฟฟ้า ตามความสามารถในการต้านต่อแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแบ่งเป็น 4 Class (เป็นมาตรฐานความปลอดภัยของเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องมือแพทย์ เรียกว่า มาตรฐาน IEC 60601-1 ซึ่งแบ่งไว้ 0 – 4 Class ตามลักษณะของการแยกกราวด์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า)

- ถุงมือติดผนังตู้ สำหรับติดผนังตู้ ต้องสอดแขนจากภายนอกเข้าไปเพื่อป้องกันการปนเปื้อน หรืออันตรายที่จะเกิดกับผู้ทำงาน เช่น งานวิจัย งานทางการแพทย์ รังสี หรืองานที่เข้มงวดกับมาตรฐานอุตสาหกรรม

- แผ่นรองป้องกันมือ เป็นแผ่นวัสดุ 2 แผ่นประกบกัน ใช้ฝ่ามือสอดเข้าไปเพื่อป้องกันอันตรายจากการขัด เสียด สี อย่างแรง มักจะใช้ในงานขนย้ายวัสดุจะไม่ใช้กับงานที่อยู่รอบ ๆ เครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่

(2.10) อุปกรณ์ป้องกันเท้า (Foot Protection)

2.10.1) รองเท้านิรภัย (Safety Shoes) หมายถึงรองเท้าที่สวมใส่ในการทำงาน เพื่อป้องกันการบาดเจ็บของเท้า อาจจะเป็นรองเท้าธรรมดาที่ใช้งานทั่วไป แต่ใส่อุปกรณ์ป้องกันลงไปอาจครอบลงที่หัวหรือพื้นรองเท้า อุปกรณ์ป้องกันควรจะรับได้ประมาณ 11,000 กิโลกรัม และแรงกระแทก (Impact Load) เกินกว่า 20 กิโลกรัม ที่ระยะทาง 1 ฟุต รองเท้านิรภัยแบ่งเป็น 6 ประเภท ได้แก่

- รองเท้านิรภัยชนิดหัวโลหะมีเหล็กหัวบัว (Steel Toe Cap) ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับนิ้วเท้า อาจมีแผ่นโลหะรองพื้นกันการแทงทะลุของของมีคม นิยมใช้แพร่หลาย

- รองเท้าตัวนำไฟฟ้า มีตัวนำไฟฟ้าประกอบเหล็กอยู่ที่ตัวรองเท้า

เพื่อให้ประจุไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ และส่วนประกอบจำพวก nonferrous เพื่อลดการเกิดประกายไฟเนื่องจากการเสียดสี

- รองเท้าหล่อหลอมโลหะ เพื่อป้องกันความร้อนและอันตรายจากโลหะที่หลอมเหลว มักทำจากวัสดุป้องกันความร้อน เช่น อลูมิเนียมหรือแอสเบสทอส
- รองเท้าป้องกันการระเบิด เป็นรองเท้านิรภัยที่ป้องกันไม่ให้เกิดประกายไฟขณะการใช้งาน
- รองเท้าป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า วัสดุที่ใช้เป็นยางเพื่อรองเท้าจะไม่มีส่วนที่เป็นโลหะ ยกเว้นส่วนที่เป็นเหล็กหัวบัว ซึ่งจะถูกหุ้มด้วยฉนวน
- รองเท้าป้องกันสารเคมี ทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี

(2.11) อุปกรณ์ป้องกันลำตัว (Body Protection)

- ชุดป้องกันความร้อน ผู้ที่ทำงานในบริเวณที่มีความร้อนสูง เช่น งานที่เตาหลอม เตาเผาและเตาอบ งานผจญเพลิง จำเป็นต้องใช้ชุดป้องกันตัวเองป้องกันความร้อน ที่ปิดคลุมตัวร่วมกับฮูดคลุมศีรษะ เลนส์นิรภัย ปลอกแขน สนับแข้ง รองเท้าบู๊ทกันความร้อน วัสดุที่ใช้ทำชุดกันความร้อนอาจเป็นอลูมิเนียม แอสเบสทอส
- ชุดป้องกันการติดไฟ ใช้ป้องกันผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับประกายไฟ เปลวไฟ ชุดป้องกันการติดไฟ ทำจากวัสดุหรือชุบด้วยสารป้องกันการติดไฟ (Flame Proofing) เพื่อยืดระยะเวลาที่เสื้อผ้าจะติดไฟ
- ชุดป้องกันสารเคมี ใช้ป้องกันอันตรายจากการสัมผัสสารเคมี ทั้งที่เป็นนุ่น ไอระเหย ความชื้น และสารละลายต่างๆ วัสดุที่ใช้ทำอาจเป็น ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ ไวนิล โพลีโปรพิลีน และโพลีเอททิลีน ซึ่งอาจใช้วัสดุเหล่านี้ล้วนๆ หรือใช้วัสดุเหล่านี้เคลือบ
- ชุดสะท้อนแสงและป้องกันอันตรายเวลากลางวัน สวมใส่เพื่อให้มองเห็นได้ชัดเจนโดยเฉพาะเวลากลางคืนใช้ในงานก่อสร้าง งานสาธารณูปโภค ตำรวจจราจร นักผจญเพลิง โดยทั่วไปจะเป็นเสื้อตาข่าย ตัดด้วยแถบสีสะท้อนแสงที่ตัวใส่

(2.12) อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง

การทำงานในที่สูงหรือที่ต่างระดับ เป็นงานที่เสี่ยงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ เข็มขัดนิรภัย (Safety Belt) สายรัดตัวนิรภัย (Safety Harnesses) และสายรัดช่วยชีวิต (Life Line)

- เข็มขัดนิรภัย ประกอบด้วยตัวเข็มขัดนิรภัย เชือกนิรภัย(Safety Rope or Lanyards) หรือ แถบนิรภัย (Safety Strap) โดยตัวเข็มขัด จะใช้กับลำตัว ส่วนเชือกนิรภัยจะคล้องตัวเข็มขัดโยงไว้กับเสา โครงสร้างเหล็กหรือ สายรัดช่วยชีวิต
- สายรัดตัวนิรภัย สายรัดตัวนิรภัย เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับงานที่เสี่ยงต่อการตกจากที่สูง หรือที่ต่างระดับที่มีความปลอดภัยกว่าเข็มขัดนิรภัย สายรัดตัวจะใช้ร่วมกับสายรัดช่วยชีวิตเสมอ สายรัดตัวนิรภัยแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิด คาดหน้าอก ชนิดคาดเอว ขา และชนิดแขวนตัว

- สายรัดช่วยชีวิต สายรัดช่วยชีวิต หมายถึง เส้นเชือกที่ใช้รั้งผูกยึดเกี่ยวตัวคน เพื่อความปลอดภัยในกรณีเคลื่อนที่ ต้องใช้กับเข็มขัดนิรภัยหรือสายรัดลำตัว เมื่อทำงานในที่สูง วัสดุที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ไนลอน มนิลา ลวดสปริง การเลือกใช้ขึ้นกับลักษณะของงาน

4.4 การกำจัดขยะอันตรายห้องปฏิบัติการ

1. ประเภทของเสียอันตราย

ของเสียห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นของเสียที่มาจากสารเคมี ซึ่งสารเคมีบางประเภทหากนำไปทิ้งปะปนกับสารเคมีประเภทอื่นอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นในการคัดแยกของเสียในห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องคัดแยกออกเป็นประเภทต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการบำบัดของเสียแต่ละประเภทต่อไป โดยทั่วไปแล้วของเสียในห้องปฏิบัติการถูกแบ่งเป็น 11 ชนิด ดังนี้

1) ของเสียที่เป็นกรด หมายถึง ของเสียที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 และมีกรดแร่ปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น กรดซัลฟูริก, กรดไนตริก, กรดไฮโดรคลอริก

2) ของเสียที่เป็นเบส หมายถึงของเสียที่มีค่า pH สูงกว่า 7 และมีเบสปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น แอมโมเนีย, คาร์บอเนต, ไฮดรอกไซด์

3) ของเสียที่เป็นเกลือ หมายถึงของเสียที่มีคุณสมบัติเป็นเกลือ หรือของเสียที่เป็นผลิตผลจากการท้าปฏิกิริยาของกรดกับเบส เช่น โซเดียมคลอไรด์, แอมโมเนียมไนเตรท

4) ของเสียที่เป็นสารไวไฟ หมายถึงของเสียที่สามารถลุกติดไฟได้ง่าย ซึ่งต้องแยกเก็บให้ห่างจากแหล่งกำเนิดไฟ ความร้อน, ปฏิกิริยาเคมี, เปลวไฟ เครื่องไฟฟ้า, ปลั๊กไฟ เป็นต้น สารไวไฟ เช่น อะซิโตน, เบนซิน, เฮกเซน, เอทธานอล, เมทธานอล, โทลูอิน และ ไซลีน

5) ของเสียที่เป็นสารฮาโลเจน หมายถึง ของเสียที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ของธาตุฮาโลเจน เช่น คาร์บอนเตตราคลอไรด์ คลอโรเบนซิน

6) ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ หมายถึง ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่มีน้ำผสมอยู่ เช่น น้ำมันผสมน้ำ สารที่เผาไหม้ได้ผสมน้ำ เช่น แอลกอฮอล์ผสมน้ำ, ฟีนอลผสมน้ำ, กรดอินทรีย์ผสมน้ำ เอมีน หรืออัลดีไฮด์ผสมน้ำ

7) ของเสียประเภทออกซิไดซ์ซิงเอเจนต์ หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการที่ให้อิเล็กตรอนซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดการระเบิดได้ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, เปอร์แมงกาเนต, ไฮโปคลอไรท์

8) ของเสียประเภทรีดิวซ์ซิงเอเจนต์ หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการรับอิเล็กตรอนซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดการระเบิดได้ เช่น กรดซัลฟิวรัส และกรดไฮโอซัลฟูริก

9) ของเสียที่ประกอบด้วยโครเมียม หมายถึงของเสียที่มีโครเมียมเป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบ Cr^{6+} และกรดโครมิก ของเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ COD

10) ของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักอื่นๆ หมายถึงของเสียที่มีไอออนของโลหะหนักอื่นซึ่งไม่ใช่โครเมียม อาร์เซนิก ไซยาไนด์ และปรอท เป็นส่วนผสม ได้แก่ แบเรียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอล นิเกิล เงิน ดีบุก แอนติโมนี ทังสเตน วาเนเดียม

11) ของเสียที่มีจุลินทรีย์ หมายถึงของเสียที่ได้จากกิจกรรมการเลี้ยงเชื้อ หรือบ่มเพาะจุลินทรีย์ หากปล่อยลงสู่ชุมชนและสิ่งแวดล้อม อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ของเสียประเภทนี้ควรที่จะทำการนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ก่อนกำจัดในขั้นตอนต่อไป

สำหรับห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มีบทบาทในการสนับสนุนการเรียนการสอนบทปฏิบัติการ และงานวิจัย หลังจากการเรียนการสอนเสร็จสิ้นลง พบว่ามีขยะอันตรายหลายชนิดเกิดขึ้น ได้แก่ น้ำทิ้งจากกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างสูง หรือเป็นน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนด้วยโลหะหนักซึ่งมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต กากของเสียที่ปนเปื้อนสารพิษ เศษแก้วที่ปนเปื้อนสารเคมี เป็นต้น จากการวิเคราะห์ประเภทและปริมาณขยะอันตราย สามารถแบ่งชนิดของขยะอันตรายออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นของแข็งและของเหลว และในแต่ละชนิดสามารถแยกย่อยประเภทของขยะออกเป็นแต่ละประเภท ดังนี้

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ประเภทการเกิดขยะจากกระบวนการเรียนการสอน งานวิจัยและกิจกรรมต่างๆ ในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม

ลำดับที่	กิจกรรม	ขยะที่เกิด
1	บทปฏิบัติการการวิเคราะห์ของแข็งละลายในน้ำ(TDS)/การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	1) กระดาษกรอง ที่เหลือจากการกรองน้ำเสีย
2	บทปฏิบัติการศึกษาสภาพกรด และสภาพด่าง	1) น้ำทิ้งที่มีสภาพด่าง จากการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2) น้ำทิ้งที่มีสภาพกรด จากการเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก 3) ถุงมือ/Mask
3	บทปฏิบัติการการวิเคราะห์ออกซิเจนละลาย (DO) และ BOD	1) น้ำทิ้งปนเปื้อนโลหะหนัก Mn, Fe 2) มีกรดแร่ มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ 3) ถุงมือ/Mask
4	บทปฏิบัติการการวิเคราะห์ซีโอดี	1) น้ำทิ้งปนเปื้อนโลหะหนัก Cr, Ag, Fe 2) ถุงมือ/Mask
5	บทปฏิบัติการเคราะห์ไขมันและน้ำมัน	1) กระดาษกรอง 2) น้ำทิ้งมีสภาพเป็นกรด (พีเอชน้อยกว่า 2)