

บทที่ 1

บทนำปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

วัตถุประสงค์ เมื่อศึกษาบทเรียนนี้จบแล้วควรจะสามารถ

1. บอกเกณฑ์ในการวัดผล
2. ปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้องตามข้อบังคับในการเข้าเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ (CH 234)
3. เตรียมตัวเข้าเรียนได้ถูกต้องจากปฏิทินการเรียน
4. วางแผนงานก่อนเข้าทำปฏิบัติการและจัดทำตารางบันทึกข้อมูลได้
5. เขียนรายงานเสนอผลงานตามรูปแบบที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง
6. เขียนรายชื่อเอกสารอ้างอิงตามแบบสากลนิยมได้
7. รายงานผลที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ถูกต้อง โดยต้องรายงานเป็นค่า

เฉลี่ยที่บอกค่าเบี่ยงเบนและข้อมูลที่รายงานต้องรักษาเลขนัยสำคัญ ซึ่งก่อนที่จะรายงานต้องคำนึงถึงข้อมูลที่ผิดพลาดด้วย

8. บอกได้ว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารเคมีแบ่งได้เป็นกี่ชนิด
9. บอกสาเหตุที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการและวิธีการป้องกันได้

บทที่ 1

บทนำปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

ก่อนที่นักศึกษาจะได้เรียนรู้เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ในการวิเคราะห์หาปริมาณและลงมือปฏิบัติการทดลองนักศึกษาควรทราบ กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ และอุบัติเหตุในการเข้าห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ทั้งนี้เพื่อให้นักศึกษาจะได้ปฏิบัติให้ถูกต้อง อันจะก่อให้เกิดผลดีในการวิเคราะห์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การวัดผล

คะแนนการเรียนคิดเป็น 100% แบ่งเป็นคะแนนต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. การเข้าปฏิบัติการทุกครั้งและการตรงต่อเวลา	5 %
2. เทคนิคและความสะอาดขณะทำปฏิบัติการทดลอง	10%
3. การวางแผนงานก่อนเข้าทำปฏิบัติการ	7 %
4. ทดสอบความเข้าใจก่อนทำปฏิบัติการ (quiz)	15%
5. การรายงานผลที่ได้จากการทดลอง (data)	3 %
6. การเขียนรายงาน (report)	15%
7. การสอบปฏิบัติการทดลอง	20%
8. การสอบไล่ข้อเขียนปฏิบัติการ	25%
รวม	100%

การสอบปฏิบัติการทดลองจัดสอบในสัปดาห์สุดท้ายของการเรียนปฏิบัติการในแต่ละภาคเรียน

การสอบไล่ข้อเขียนปฏิบัติการจัดสอบตามตารางสอบของมหาวิทยาลัย ติดตามคู่มือเวลา และสถานที่สอบได้จากคู่มือการสอบไล่ของมหาวิทยาลัย

กฎข้อบังคับในการเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ต้องปฏิบัติตามกฎข้อบังคับ ดังต่อไปนี้คือ

1. นักศึกษาต้องผ่านวิชาบังคับพื้นฐานหรือบุพวิชา (Prerequisite, PR) วิชาบังคับพื้นฐานของปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ คือ กระบวนวิชาเคมีทั่วไป 2 (CH 112) และกระบวนวิชาปฏิบัติการเคมี 2 (CH 114) สำหรับกระบวนวิชาเคมีวิเคราะห์ 1 (CH 233) ไม่บังคับว่าจะต้องสอบผ่านมาแล้ว นักศึกษาอาจจะสอบผ่านมาแล้วหรือไม่ก็ได้ แต่ถ้ายังไม่ผ่านจะต้องเรียนควบคู่กัน (Corequisite, CR) นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนข้ามชั้นตอนจะถูกปรับให้สอบตกในภาคเรียนที่ลงทะเบียนเรียนนั้น ๆ
2. การตรงต่อเวลา เนื่องจากกระบวนวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์มีจำนวนหน่วยกิตเท่ากับ 2 หน่วย ดังนั้นนักศึกษาต้องเข้าทำปฏิบัติการสัปดาห์ละ 6 ชั่วโมง ตามปกติจะจัดให้นักศึกษาทำปฏิบัติการทั้งวัน คือ ตั้งแต่เวลา 9.30-12.30 น. และ 13.30-16.30 น. นักศึกษาต้องเข้าปฏิบัติการตรงต่อเวลาคือ 9.30 น. และเลิกปฏิบัติการเวลา 16.30 น. ทุกครั้ง ไม่อนุญาตให้นักศึกษาที่มาสายกว่า 30 นาทีเข้าทำปฏิบัติการ สำหรับตารางเรียนจะเป็นวันใดของสัปดาห์ให้นักศึกษาติดตามจากประกาศตารางสอนของมหาวิทยาลัย (มร.30)
3. นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนจะถูกจัดเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 คน แต่ละกลุ่มจะต้องอยู่ประจำโต๊ะปฏิบัติการที่อาจารย์จัดไว้ให้ ห้ามเคลื่อนย้ายที่ปฏิบัติการ
4. นักศึกษาจะได้รับเครื่องมือกลุ่มละชุด โดยต้องรับผิดชอบเครื่องมือชุดที่ได้รับกันเอง ตลอดภาคเรียน เมื่อสิ้นภาคเรียนจะมีการตรวจสอบ ถ้าพบว่านักศึกษาทำเครื่องมือเสียหาย นักศึกษาจะต้องชำระค่าของเสียหายโดยเฉลี่ยกันกับเพื่อนนักศึกษาในกลุ่มทันทีที่ทราบราคาของเสียหาย ตามปกติจะทราบในวันสอบปฏิบัติการ
5. ต้องช่วยกันรักษาความสะอาดของเครื่องมือที่ใช้ทั้งที่เป็นของส่วนรวมและของส่วนตัว ห้ามใช้เครื่องมือที่สกปรก เช่น ปิเปต และช้อนตักสาร จุ่มลงในขวดสารเคมีที่เป็นของส่วนรวม เมื่อนักศึกษาต้องการปิเปตสารเคมีจากขวดรีเอเจนต์ขนาดใหญ่ ไม่ควรใช้ปิเปตดูดสารมาจากขวดโดยตรง เพราะอาจทำให้สารเคมีในขวดเกิดการปนเปื้อนได้ถ้าปิเปตไม่สะอาดพอ นักศึกษาควรถ่ายสารเคมีจากขวดใหญ่ลงในบีเกอร์ก่อนแล้วค่อยปิเปตไปใช้งาน
6. ต้องสวมเสื้อคลุมทุกครั้งที่ทำปฏิบัติการทดลอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้สารเคมีกระเด็น

ไปถูกเสื้อผ้าที่ใส่อยู่ หรือถูกผิวหนังบางส่วนที่ทำให้เกิดอันตรายได้

7. ห้ามสูบบุหรี่ หรือรับประทานอาหารในห้องปฏิบัติการโดยเด็ดขาด

8. ห้ามทำการทดลองนอกเหนือจากที่อาจารย์กำหนดให้ และห้ามใช้เวลาในการทดลองทำรายงาน

9. สิ่งของบางอย่างในห้องปฏิบัติการไม่มีให้นักศึกษาเบิกใช้ นักศึกษาต้องเตรียมมาใช้เอง ได้แก่ ไม้ขีดไฟ ผงซักฟอก ผ้าเช็ดมือ กรรไกร และดินสอเขียนแก้ว เป็นต้น

10. ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในการทดลองต้องรีบรายงานอาจารย์ผู้ควบคุมทันที

ข้อควรปฏิบัติในการเข้าห้องปฏิบัติการทุกครั้ง

ก่อนที่นักศึกษาจะเข้าห้องปฏิบัติการทุกครั้งควรมีการเตรียมตัวให้พร้อมโดยทำความเข้าใจเนื้อเรื่องที่จะทำการทดลองในวันนั้น ๆ มาก่อน เพื่อทำให้ไม่เสียเวลาในการทดลอง และเกิดการผิดพลาดขึ้นในการทดลอง การเตรียมตัวให้พร้อมก่อนทำการทดลองจะทำให้นักศึกษาเข้าใจวิธีการทดลอง หลักการ และทฤษฎีของการทดลองแต่ละเรื่องได้ดีขึ้น พร้อมทั้งสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขอผิดพลาดขึ้นในขณะที่ทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง หลังจากทำให้นักศึกษาทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้เขียนรายงานผลการวิเคราะห์เสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุม เพื่อให้การเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้ผลดีดังที่กล่าวมา จึงมีข้อควรปฏิบัติในการเข้าห้องปฏิบัติการทุกครั้งไว้ดังนี้คือ

1. ก่อนทำปฏิบัติการนักศึกษาต้องส่งสมุดวางแผนงาน ที่แสดงว่านักศึกษาได้เตรียมตัวมาก่อนเข้าทำปฏิบัติการ ให้แก่อาจารย์ผู้ควบคุมตรวจให้คะแนนก่อน การเขียนแผนงานนั้นต้องเขียนตามความเข้าใจของนักศึกษาเองหลังจากได้อ่านวิธีการต่าง ๆ ในตำราแล้ว มิใช่ลอกเลียนมาจากตำรา โดยนักศึกษาต้องกำหนดการทดลองไว้เป็นขั้น ๆ ว่าจะทำสิ่งใดก่อน สิ่งใดหลัง และทำอย่างไร ถ้าในการทดลองขั้นใดต้องใช้เวลานาน ขณะที่รอเวลาอยู่นักศึกษาสามารถใช้เวลาช่วงนั้นทำขั้นตอนอื่น ๆ ต่อไปได้ ซึ่งจะทำให้สามารถทำการทดลองเสร็จทันตามเวลาที่กำหนด ดังนั้น ถ้านักศึกษาได้ทำความเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ มาก่อนและวางแผนงานมาอย่างถูกต้องจะทำให้ได้ผลการทดลองที่ดี และใช้เวลาอย่างเหมาะสม ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณโดยการตกตะกอน ตะกอนบางชนิดต้องตั้งทิ้งไว้นานจึงจะทำให้ตกได้สมบูรณ์ นักศึกษาควรวางแผน

แผนงานตกตะกอนไว้ช่วงต้น ๆ ของชั่วโมงแล้วตั้งทิ้งไว้ หลังจากนั้นจึงเตรียมเบ้ากฐหรือครุฑิเบิล ถ้านักศึกษาทำงานอย่างอื่นก่อนแล้วค่อยทำการตกตะกอน จะพบว่าต้องเสียเวลานั่งคอยนาน เพื่อให้ตะกอนกสมบูรณ์อาจทำให้การทดลองเสร็จไม่ทันตามเวลาที่กำหนด นักศึกษาต้องใช้ เวลาในการทดลองให้เป็นประโยชน์มากที่สุด เช่น ในขณะที่รอเวลาอบเบ้ากฐ ให้มีน้ำหนักคงที่ นักศึกษาสามารถใช้เวลานี้ในการเตรียมสารหรือชั่งสารตัวอื่น ๆ ได้ นอกจากนี้ในสมุดแผนงานต้อง มีการเตรียมตารางสำหรับกรอกข้อมูลที่ได้ในการทดลองไว้ด้วย เมื่อนักศึกษาทราบว่าการทดลอง ต้องประกอบด้วยขั้นตอนใดบ้าง และแต่ละขั้นตอนจะได้ผลการทดลองอย่างไร ดังนั้นนักศึกษา สามารถจัดทำตารางสำหรับใส่ข้อมูลไว้ล่วงหน้าได้ เมื่อได้ผลการทดลองแล้วต้องจดข้อมูลที่ได้ลง ในสมุดแผนงานทันที ห้ามจดใส่เศษกระดาษหรือที่อื่น ๆ เพราะอาจทำให้หลงลืมได้

การเขียนแผนงานต้องประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

- เรื่องที่ทำการทดลอง.....
- วันที่ทำการทดลอง.....
- วัตถุประสงค์ของการทดลอง.....
- อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....
- ขั้นตอนในการทดลอง (อาจเขียนในลักษณะของ flow chart).....
- ตารางสำหรับกรอกข้อมูลที่ได้จากการทดลองแต่ละขั้นตอน.....

กิจกรรมที่ 1.1

ให้นักศึกษาวางแผนงานในการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดเกลือเข้มข้น 0.10 N จำนวน 500 ลบ.ซม. และหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน กรดเกลือที่เตรียมขึ้น

นักศึกษาต้องมีสมุดบันทึกการวางแผนงานและข้อมูลคนละ 1 เล่ม ไว้สำหรับวางแผนงาน และจดบันทึกข้อมูลของกระบวนการปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ (CH 234) เท่านั้น ห้ามใช้ปะปนกับ กระบวนการอื่นโดยเด็ดขาด การวางแผนงานและการกรอกข้อมูลให้กระทำที่กระดาษด้านขวามือ เพียงอย่างเดียว ด้านซ้ายมือมีไว้สำหรับทศเลข หรือบันทึกส่วนตัวที่เกี่ยวกับการทดลองของนักศึกษา และในสมุดควรมีการเรียงเลขหน้าไว้อย่างเป็นระเบียบ ก่อนเริ่มทำการวางแผนงานครั้งแรกควรเว้น แผ่นกระดาษในสมุด 2-3 แผ่นแรกไว้ เมื่อนักศึกษาเสร็จการทดลองตลอดภาคเรียนแล้วให้จัดทำสารบัญ ของสมุดวางแผนงานไว้ที่ 2-3 หน้าแรกทีเว้นไว้

2. ก่อนทำปฏิบัติการทุกครั้งจะมีการทดสอบความเข้าใจของนักศึกษาในการทดลองนั้น ๆ โดยจะใช้เวลาก่อนลงมือทำปฏิบัติการประมาณ 15-30 นาที นักศึกษาต้องเตรียมตัวสำหรับการทดสอบทุกครั้ง

3. หลังจากทดสอบความเข้าใจเรียบร้อยแล้ว นักศึกษาต้องฟังการบรรยายเกี่ยวกับการทดลองนั้น ๆ ก่อนลงมือทำปฏิบัติการ อาจารย์ผู้ควบคุมจะอธิบายถึงหลักการของการทดลองนั้น ๆ และสิ่งที่นักศึกษาควรปฏิบัติเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาด โดยใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที

4. เมื่อนักศึกษาปฏิบัติการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นักศึกษาต้องรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองส่งอาจารย์ทันทีที่หมดเวลาทำการทดลองทุกครั้ง

5. หลังจากส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว นักศึกษาต้องตรวจดูความสะอาดและเรียบร้อยของ โต๊ะปฏิบัติการ ตลอดจนการปิดก๊อกน้ำ ก๊าซ และไฟฟ้าให้เรียบร้อย

6. ในสัปดาห์ถัดไปนักศึกษาต้องส่งรายงานผลการทดลองทุกคน ๆ ละ 1 ชุด ห้ามส่งล่าช้า การเขียนรายงานควรเขียนในรูปแบบเดียวกัน โดยเรียงลำดับตามหัวข้อต่อไปนี้

การทดลองที่.....

เรื่อง.....

วันที่ทำการทดลอง.....

ชื่อผู้ทดลอง..... รหัส.....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. รหัส.....

2. รหัส.....

ตอนที่..... กลุ่มที่.....

วัตถุประสงค์ของการทดลอง (นักศึกษาต้องมีความเข้าใจการทดลองเป็นอย่างดีจึงจะสามารถบอกวัตถุประสงค์ของการทดลองได้ถูกต้อง)

ทฤษฎี (เขียนเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง โดยสรุปให้ได้เนื้อความที่ถูกต้อง ไม่ควรคัดลอกจากการบรรยายหรือจากตำราเล่มใดเล่มหนึ่งเท่านั้น)

วิธีทำ (ให้บอกถึงวัสดุและเครื่องมือที่ใช้ตลอดจนวิธีดำเนินการทดลอง ตามที่นักศึกษาได้ปฏิบัติจริง ไม่ใช่คัดลอกจากตำรา)

ผลที่ได้จากการทดลอง (ควรรายงานผลการทดลองเป็นตารางข้อมูล เพื่อความเข้าใจง่ายสำหรับผู้อ่านรายงาน)

การคำนวณผล (คำนวณผลการทดลองให้ได้คำตอบตามวัตถุประสงค์ การคำนวณต้องรักษากฎของเลขนัยสำคัญและแสดงความแน่นอน (precision) ของการทดลองด้วย)

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง (อธิบายและวิจารณ์ผลการทดลองพร้อมทั้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับการทดลองและเสนอข้อคิดเห็น)

เอกสารอ้างอิง (บอกชื่อหนังสือที่ใช้ประกอบการค้นคว้าเขียนรายงาน ไม่ควรนำเอกสารใส่ไว้ในรายงานมาก ๆ โดยที่ไม่ได้ใช้หนังสือเล่มนั้นประกอบการเขียนรายงานเลย)

เอกสารที่นำมาประกอบการเขียนรายงานมี 3 ประเภท คือ

- หนังสือ หรือตำรา
- วารสาร
- สิ่งตีพิมพ์

เอกสารอ้างอิงแต่ละประเภทมีแนวการเขียนตามหลักสากลดังนี้

1. ประเภทหนังสือ หรือตำรา ให้เขียนเรียงลำดับ ดังนี้

ก. **ชื่อผู้เขียน** ให้เขียนชื่อสกุลขึ้นต้น ตามด้วยชื่อต้น และชื่อที่ 2 หรือ 3 ระหว่างชื่อสกุลและชื่อต้นต้องมีจุลภาคคั่น สำหรับชื่อต้นหรือชื่อที่ 2 และ 3 ของผู้เขียนนิยมใช้ชื่อย่อ ถ้ามีผู้เขียนหลายคนให้ใช้จุลภาคคั่นระหว่างผู้เขียนแต่ละคน และใช้คำว่า “และ” คั่นหน้าผู้เขียนคนสุดท้าย

ข. **ชื่อหนังสือ** ต้องเขียนให้เหมือนกับที่ปรากฏในหนังสือทุกตัวและขีดเส้นใต้กำกับ ถ้าเป็นการพิมพ์ให้ใช้พิมพ์ด้วยตัวเอน

ค. **ครั้งที่พิมพ์** (edition number)

ง. **สำนักพิมพ์ หรือผู้พิมพ์**

จ. **ประเทศ หรือ เมืองที่พิมพ์**

ฉ. **ปีที่พิมพ์**

ช. **เลขหน้าที่ใช้อ้างอิง** เพื่อเป็นการระบุให้ชัดเจนว่าใช้ส่วนใดของหนังสืออ้างอิง ส่วนนี้อาจไม่ใช้ก็ได้

แต่ละหัวข้อที่เขียนต้องมีเครื่องหมายจุลภาคคั่น สำหรับข้อ ง. และ จ. ให้ใช้เครื่องหมาย : คั่น

การเขียนเอกสารอ้างอิงหลาย ๆ เล่มไม่ต้องใส่เลขที่ การเขียนแต่ละเล่มให้ชื่อย่อหน้าตรงกัน และถ้าไม่สามารถจบได้ภายในบรรทัดเดียวเมื่อขึ้นบรรทัดที่สองต้องเขียนให้เหลือมเข้ามาดังแสดงในตัวอย่าง ดังนี้

Kenner, C.T. and K.W. Busch, *Quantitative Analysis*, Macmillan : New York, 1979.

Skoog, D.A. and D.M. West, *Principles of Instrumental Analysis*, 2ed., Holt, Rinehart and Winston Inc. : New York, 1980, p. 407-520.

2. **ประเภทวารสาร หรือสิ่งตีพิมพ์** การเขียนเอกสารอ้างอิงของวารสารและสิ่งตีพิมพ์มีลักษณะการเขียนเหมือนกันโดยเรียงลำดับ ดังนี้

ก. **ชื่อผู้เขียน** ใช้วิธีการเดียวกับประเภทหนังสือ

ข. **ชื่อวารสาร** ควรใช้ชื่อย่อมาตรฐานของวารสารแต่ละชนิด แล้วขีดเส้นใต้หรือพิมพ์ด้วยตัวเอน

ค. **ครั้งที่พิมพ์** (Volume) ควรพิมพ์ด้วยตัวหนังสือเข้ม

- ง. เล่มที่ (Number) บางครั้งไม่จำเป็นต้องใส่ ถ้าใส่ให้ใส่ไว้ในวงเล็บหลังครั้งที่พิมพ์
- จ. เลขที่หน้า ให้ใส่เครื่องหมาย : คั่นระหว่างเล่มที่กับเลขที่หน้า
- ฉ. ปีที่พิมพ์ (ควรใส่ไว้ในวงเล็บ)

ตัวอย่าง

Snyder, L. , J. Levine, R. Stoy, and A. Conetta, *Anal. Chem.*, **48** (12) : 942 A (1976).

Legrand, M. and A. Foucard, *J. Chem. Ed.*, **55** (12) : 767 (1978)

กิจกรรมที่ 1.2

ให้นักศึกษาค้นหนังสือและวารสารในห้องสมุดในชื่อเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเคมีวิเคราะห์มา 5 เล่ม แล้วเขียนรายละเอียดของชื่อหนังสืออ้างอิงที่ค้นมาตามหลักสากล

สรุปได้ว่าการเข้าห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์แต่ละครั้ง นักศึกษาต้องเตรียมตัวมาก่อนดังนี้ คือ

1. ส่งแผนงานเรื่องที่จะทำการทดลองในวันนั้น ๆ
2. ทดสอบความรู้เรื่องที่จะทำการทดลองในวันนั้น
3. ส่งรายงานเรื่องที่นักศึกษาได้ทำการทดลองผ่านมาเมื่ออาทิตย์ที่แล้ว

ปฏิทินการเรียนรู้

นักศึกษาควรทราบล่วงหน้าก่อนว่าในแต่ละสัปดาห์ นักศึกษาต้องทำปฏิบัติการทดลองเรื่องอะไร เพื่อที่จะได้เตรียมแผนงานได้ถูกต้อง ดังนั้น จึงได้จัดทำปฏิทินการปฏิบัติการไว้ นักศึกษาคควรกรอกวันที่ที่ต้องทำปฏิบัติการทดลองจริง ๆ ลงในแต่ละสัปดาห์ของการทดลอง (ลงในเส้นประของแต่ละสัปดาห์) หลังจากทราบวันเวลาเรียนที่แน่นอนจากตารางเรียนของมหาวิทยาลัย (มร.30)

สัปดาห์ที่	หัวข้อเรื่องที่เรียน
1.....	– ลงชื่อเข้าเรียนและจัดกลุ่มทำปฏิบัติการ
2.....	<p>ภาคเช้า อธิบาย การแบ่งคะแนนวัดผล กฎข้อบังคับในการเรียนปฏิบัติการ เคมีวิเคราะห์ ข้อควรปฏิบัติในการเข้าห้องปฏิบัติการทุกครั้ง ปฏิทิน การปฏิบัติการ การบันทึกข้อมูลและรายงานข้อมูล และการป้องกัน อุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ (บทที่ 1)</p> <p>ภาคบ่าย อธิบายวิธีใช้เครื่องมือ และเทคนิคต่าง ๆ ในการวิเคราะห์หาปริมาณ ด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric analysis) และวิธีปริมาตร วิเคราะห์ (Volumetric analysis) (บทที่ 2)</p>
3.....	<p>ภาคเช้า อธิบายชนิดของรีเอเจนต์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และการเตรียม เป็นสารละลาย และการคำนวณทางการวิเคราะห์หาปริมาณด้วย วิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก และปริมาตรวิเคราะห์ (บทที่ 3)</p> <p>ภาคบ่าย คู่มือเกี่ยวกับเทคนิคต่าง ๆ ในการทำปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์</p>
4.....	เรียนรู้อธิบายการใช้เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด และฝึกฝนการใช้เครื่องชั่งที่ละคน (บทที่ 4)
5.....	<p>– ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์โดยตกตะกอนเป็น เงินคลอไรด์</p> <p>– อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์ หาปริมาณคลอไรด์</p> <p>– ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณคลอไรด์ (บทที่ 5)</p>
6.....	<p>– ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยตกตะกอนเป็น เหล็กไฮดรอกไซด์</p> <p>– อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก</p> <p>– ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณเหล็ก (บทที่ 6)</p>

ลำดับที่	หัวข้อเรื่องที่เรียน
7	<ul style="list-style-type: none"> – ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต โดยตกตะกอนเป็นแบเรียมซัลเฟต – อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต – ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณซัลเฟต (บทที่ 7)
8.....	<ul style="list-style-type: none"> – ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยวิธีเจลดาร์ล – อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน – ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณไนโตรเจน (บทที่ 8)
9.....	<ul style="list-style-type: none"> – ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณ H_3PO_4 และ $H_2PO_4^-$ ในสารละลายผสม – อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ H_3PO_4 และ $H_2PO_4^-$ ในสารละลายผสม – ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณ H_3PO_4 และ $H_2PO_4^-$ ในสารละลายผสม (บทที่ 9)
0.....	<ul style="list-style-type: none"> – ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณสารละลายผสมของคาร์บอนเนตกับไฮดรอกไซด์ และคาร์บอนเนตกับไบคาร์บอนเนต – อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเนต กับไฮดรอกไซด์ในสารละลายผสม และคาร์บอนเนตกับไบคาร์บอนเนต ในสารละลายผสม – ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณคาร์บอนเนตกับไฮดรอกไซด์ในสารละลายผสม และคาร์บอนเนตกับไบคาร์บอนเนตในสารละลายผสม (บทที่ 10)
11..	<ul style="list-style-type: none"> – ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์โดยการไทเทรตแบบตกตะกอน – อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ โดยการไทเทรตแบบตกตะกอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อเรื่องที่เรียน
12.....	<ul style="list-style-type: none"> - ทำปฏิบัติการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ (บทที่ 11) - ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยการไทเทรตกับต่างหัทิม - อธิบายหลักและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยไทเทรตกับต่างหัทิม - ทำปฏิบัติการทดลองหาปริมาณเหล็ก (บทที่ 12)
13.....	<ul style="list-style-type: none"> - ทดสอบความรู้เรื่องการไทเทรตที่เกี่ยวข้องกับไอโอดีน - อธิบายหลักและวิธีการหาค่า K_d และ K_f ของไอโอดีน - ทำปฏิบัติการทดลองหาค่า K_d และ K_f ของไอโอดีน (บทที่ 13)
14.....	<ul style="list-style-type: none"> - ทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำ - อธิบายหลักและวิธีการหาความกระด้างของน้ำ - ทำปฏิบัติการทดลองหาความกระด้างของน้ำ (บทที่ 14)
15.....	สอบไล่ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์

การบันทึกข้อมูลและรายงานข้อมูล

เมื่อได้ข้อมูลจากการวิเคราะห์แล้วต้องบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตารางข้อมูลที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วจากการวางแผนงานทันที และต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย การบันทึกข้อมูลที่ผิดพลาดไปหนึ่งตำแหน่งอาจทำให้ผู้อ่านข้อมูลเกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความแน่นอนของเครื่องมือที่ใช้ได้ การบันทึกผลที่ได้จากการทดลองลงในสมุดบันทึกทันที เป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการทำปฏิบัติการทดลองทุกครั้ง เพราะจะทำให้เกิดประโยชน์แก่ตัวผู้ทดลองดังนี้คือ

1. เป็นการประหยัดเวลามากกว่าการนำข้อมูลมารวบรวมแล้วบันทึกผลทีหลัง การทำความเข้าใจในการทดลองและเตรียมตารางสำหรับกรอกข้อมูลมาแล้วในสมุดจดบันทึกเมื่อได้ผลการทดลองก็บันทึกผลทันทีจะทำให้ประหยัดเวลาได้และทำให้ไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นด้วย

2. ป้องกันการหลงลืม เมื่อได้ผลการทดลองแล้วบันทึกผลทันทีจะทำให้ไม่มีข้อผิดพลาดจากการลืมข้อมูลเกิดขึ้น

3. เมื่อต้องการตรวจสอบดูว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองถูกต้องมากน้อยแค่ไหน สามารถทำได้ทันที โดยนำข้อมูลจากการบันทึกมาคำนวณผล ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถแก้ไขได้ทันทีถ้าข้อมูลผิดพลาด ถ้าเราทำการทดลองได้ผลแล้วไม่ลงบันทึกแต่จดข้อมูลในเศษกระดาษและไม่สนใจข้อมูลที่ได้เลย เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองแล้วนำข้อมูลมากรอกในสมุดกับตรวจสอบผล ถ้าผลปรากฏว่าข้อมูลนั้นผิด เราต้องย้อนกลับไปทำการทดลองใหม่ซึ่งเสียเวลามาก แต่ถ้าเรบันทึกผลทันทีและคอยตรวจสอบข้อมูลที่ได้เสมอ ๆ ถ้าเกิดข้อผิดพลาด ณ จุดใดก็สามารถแก้ไขทำการทดลองใหม่ได้ทันที

การเขียนข้อมูลที่ได้จากการทดลองทุกครั้งต้องเขียนด้วยหมึกห้ามเขียนด้วยดินสอ เมื่อไม่ต้องการข้อมูลตัวใดให้ใช้ปากกาขีดฆ่าเพียงเส้นเดียว โดยให้อ่านข้อมูลเดิมได้ และในการบันทึกข้อมูลลงไปแต่ละวันต้องเขียนวันที่ที่ทำการทดลองไว้ที่หัวกระดาษที่จดข้อมูลด้วย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการจดข้อมูลลงในสมุดบันทึก

เนื่องด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณในกระบวนวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์นี้ เป็นการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ

- การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric Analysis)
- ปริมาตรวิเคราะห์ (Volumetric Analysis)

ซึ่งวิธีการทั้งสองมีเทคนิคและขั้นตอนในการวิเคราะห์แตกต่างกัน ดังนั้นตารางที่เตรียมไว้สำหรับกรอกข้อมูลจะมีลักษณะต่างกัน

1. ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก ในการทดลองวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนักจะมีการชั่งน้ำหนักเบ้าชั่ง หรือครุชเชิลที่ปราศจากตะกอนและเบ้าชั่ง หรือครุชเชิล ที่มีตะกอนอยู่ด้วยจน

ได้นักคองที่ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการซึ่งขณะที่นักยังไม่คงที่ก็ต้องบันทึกลงในสมุดด้วยแล้ว
ขีดฆ่าออกดังแสดงในตัวอย่างข้างล่าง ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ คือ นักที่ซึ่งได้ครั้งสุด
ท้ายที่คงที่

สมมติว่าในกรอบสี่เหลี่ยมข้างล่างนี้ คือ 1 หน้ากระดาษของสมุดจดบันทึก นักศึกษาควร
วางแผนการทดลองมาก่อนและเขียนขั้นตอนในการที่จะปฏิบัติการทดลองมาให้ละเอียด เมื่อได้ผล
การทดลองแล้วให้กรอกลงในตารางที่เตรียมไว้อย่างเป็นทางการดังตัวอย่างต่อไปนี้

ผลการทดลอง

เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในสารประกอบคลอไรด์
ที่ละลายน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก

ผู้ทดลอง 1. รหัส.....

2. รหัส.....

3. รหัส.....

ตอนที่..... กลุ่มที่.....

ทำการทดลองวันที่.....

น้ำหนักป่นกรัม	I	II
น้ำหนักขวดชั่ง+ น้ำหนักสารตัวอย่าง	27.6115	27.2185
น้ำหนักขวดชั่ง	27.2185	26.8105
น้ำหนักสารตัวอย่าง (กรัม)	0.3930	0.4080
น้ำหนักเบ้าที่ปราศจากตะกอน 1).	20.7925	22.8371
2).	<u>20.7926</u>	<u>22.8312</u>
3).		<u>22.8311</u>
น้ำหนักเบ้าที่คงที่	20.7926	22.8311
น้ำหนักเข้า+น้ำหนักตะกอนเงินคลอไรด์		
1).	21.4294	23.4920
2).	21.4297	23.4914
3).	<u>21.4296</u>	<u>23.4915</u>
น้ำหนักเข้า+น้ำหนักตะกอนเงินคลอไรด์ที่คงที่	21.4296	23.4915
น้ำหนักตะกอนเงินคลอไรด์	0.6370	0.6604

2. ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์วิธีปริมาตรวิเคราะห์ ในการทดลองโดยวิธีปริมาตรวิเคราะห์ควรทำการไทเทรตอย่างน้อย 3 ครั้ง ในการทดลองแต่ละครั้งนักศึกษาต้องมีการวางแผนในการปฏิบัติการทดลองมาก่อนแล้ว นักศึกษาต้องทราบว่าต้องทำการทดลองอย่างไรบ้างและมีข้อมูลอะไรบ้างที่ได้จากการทดลอง ในการไทเทรตสารละลายมาตรฐานในบิวเรต ไม่จำเป็นต้องอยู่ที่ขีด 0 เสมอไป นักศึกษาจะเริ่ม ณ ที่ปริมาตรเท่าไรก็ได้แต่ต้องจดปริมาตรเริ่มต้นก่อนไทเทรตไว้ด้วยเพื่อทำการหลังลิ้ม เมื่อไทเทรตเสร็จก็จดปริมาตรที่ย่านได้ แล้วนำมาหักลบกันก็จะได้ปริมาตรของสารละลายที่อยู่ในบิวเรต (titrant) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายในขวดรูปกรวย (titrand)

สมมติว่าในกรอบสี่เหลี่ยมข้างล่างนี้ คือ 1 หน้ากระดาษของสมุดจดบันทึก ขอยกตัวอย่างการทดลองเรื่อง กรด-เบส นักศึกษาต้องมีการวางแผนด้วยว่าในการทดลองเรื่องนี้จะมีการปฏิบัติการทดลองอะไรบ้าง เขียนขั้นตอนในการทดลองมาให้ละเอียด และเมื่อมีการบันทึกข้อมูลควรกรอกข้อมูลลงในตารางที่เตรียมไว้ล่วงหน้าจากการวางแผนงานดังตัวอย่าง

ผลการทดลอง

เรื่อง การหาปริมาณคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ในสารละลายผสม

ผู้ทดลอง 1*..... รหัส.....

2รหัส.....

3รหัส.....

ตอนที่..... กลุ่มที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

1) เตรียมสารละลายปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (KHP)

น้ำหนักเป็นกรัม	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3
น้ำหนักขวดชั่ง+น้ำหนักสาร KHP	24.9813	25.7926	22.8732
น้ำหนักขวดชั่ง	24.3576	25.2401	22.1861
น้ำหนักสาร KHP	0.6237	0.6525	0.6871

2) การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยสารละลายปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท

สารละลาย KHP ทั้งหมด	โซเดียมไฮดรอกไซด์			อินดิเคเตอร์	การเปลี่ยนแปลงสี ของอินดิเคเตอร์
	ปริมาตร เริ่มต้น	ปริมาตร สุดท้าย	ปริมาตรที่ ทำปฏิกิริยา		
ขวดที่ 1 0.6237 กรัม	0.00	20.10	20.10	ฟีนอล์ฟทาลีน	ไม่มีสี → สีชมพู
ขวดที่ 2 0.6525 กรัม	4.00	30.75	24.75		
ขวดที่ 3 0.6871 กรัม	7.10	36.30	29.20		

3) การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดเกลือด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
ที่ได้จากข้อ 2

สารละลายกรดเกลือ 25.0 ลบ.ซม.	โซเดียมไฮดรอกไซด์			อินดิเคเตอร์	การเปลี่ยนแปลงสี ของอินดิเคเตอร์
	ปริมาตร เริ่มต้น	ปริมาตร สุดท้าย	ปริมาตรที่ ทำปฏิกิริยา		
ขวดที่ 1	2.00	27.10	25.10	ฟีนอล- พทาไลน์	ไม่มีสี → สีชมพู
ขวดที่ 2	0.00	25.15	25.15		
ขวดที่ 3	5.20	30.30	25.10		
เฉลี่ย			25.12		

4) การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเดิมด้วยสารละลายกรด
เกลือจากข้อ 3) โดยใช้เมธิลออเรนจ์เป็นอินดิเคเตอร์

สารละลายกรด เกลือ 25.0 ลบ.ซม.	โซเดียมไฮดรอกไซด์			อินดิเคเตอร์	การเปลี่ยนแปลงสี ของอินดิเคเตอร์
	ปริมาตร เริ่มต้น	ปริมาตร สุดท้าย	ปริมาตรที่ ทำปฏิกิริยา		
ขวดที่ 1	4.00	29.15	25.15	เมธิลออเรนจ์	ส้มแดง → เหลือง
ขวดที่ 2	8.20	33.30	25.10		
ขวดที่ 3	10.00	35.15	25.15		
เฉลี่ย			25.13		

5) หาปริมาณ OH^- และ CO_3^{2-} ในสารละลายผสมโดยวิธี ก.

(5.1) ตอนที่ 1 ใช้ M.O. เป็นอินดิเคเตอร์

สารละลายตัวอย่าง 25.0 ลบ.ซม.	กรดเกลือ			อินดิเคเตอร์	การเปลี่ยนแปลงสี ของอินดิเคเตอร์
	ปริมาตร เริ่มต้น	ปริมาตร สุดท้าย	ปริมาตรที่ ทำปฏิกิริยา		
ขวดที่ 1	0.00	23.80	23.80	เมธิลออเรนจ์	เหลือง \rightarrow ส้มแดง
ขวดที่ 2	5.00	28.90	23.90		
ขวดที่ 3	7.00	30.85	23.85		
		เฉลี่ย	23.85		

(5.2) ตอนที่ 2 ต้ม BaCl_2 ให้มากเกินพอ แล้วไทเทรตโดยใช้ p.p. เป็นอินดิเคเตอร์

สารละลายตัวอย่าง 25.0 ลบ.ซม.	กรดเกลือ			อินดิเคเตอร์	การเปลี่ยนแปลงสี ของอินดิเคเตอร์
	ปริมาตร เริ่มต้น	ปริมาตร สุดท้าย	ปริมาตรที่ ทำปฏิกิริยา		
ขวดที่ 1	0.00	15.15	15.75	ฟีนอล์ฟทาลีน	ชมพู \rightarrow ไม่มีสี
ขวดที่ 2	2.00	17.70	15.70		
ขวดที่ 3	10.00	25.70	15.70		
		เฉลี่ย	15.72		

6) หาปริมาณ OH^- และ CO_3^{2-} ในสารละลายผสมโดยวิธี ข.

(6.1) ตอนที่ 1 ทำการทดลองเช่นเดียวกับวิธี ก. ตอนที่ 1 สามารถนำข้อมูลจากข้อ 5.1 มาใช้ได้เลย

(6.2) ตอนที่ 2 นำสารละลายตัวอย่างมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดเกลือ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

สารละลายตัวอย่าง 25.0 ลบ.ซม.	กรดเกลือ			อินดิเคเตอร์	การเปลี่ยนแปลงสี ของอินดิเคเตอร์
	ปริมาตร เริ่มต้น	ปริมาตร สุดท้าย	ปริมาตรที่ ทำปฏิกิริยา		
ขวดที่ 1	5.00	24.70	19.70	ฟีนอล์ฟทาลีน	ชมพู → ไม่มีสี
ขวดที่ 2	8.00	27.65	19.65		
ขวดที่ 3	12.00	31.65	19.65		
		เฉลี่ย	19.67		

นักศึกษาสามารถตีตารางสำหรับกรอกข้อมูล (data) ได้ถูกต้องต่อเมื่อนักศึกษาได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองปฏิบัติการนั้น ๆ มาแล้ว นักศึกษาต้องมีการวางแผนงานและตีตารางสำหรับกรอกข้อมูลมาก่อนเข้าทำปฏิบัติการและควรทำความเข้าใจมาอย่างดีเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการเข้าทำปฏิบัติการ ตารางต่าง ๆ สำหรับกรอกข้อมูลควรมีรายละเอียดให้ครบถ้วน เมื่อนักศึกษาต้องการส่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ให้แก่อาจารย์ผู้ควบคุมนักศึกษาไม่จำเป็นต้องเขียนให้ละเอียดเช่นเดียวกับตารางที่นักศึกษาเตรียมมาสำหรับใช้ในการทดลองจะคัดลอกเฉพาะผลสุดท้ายที่ได้ ดังตัวอย่าง

ผลการทดลอง

เรื่อง การหาปริมาณคาร์บอเนต และ ไฮดรอกไซด์ ในสารละลายผสม

ชื่อผู้ทดลอง 1 รหัส

2. รหัส

3. รหัส

ตอนที่ กลุ่มที่.....

ทำการทดลองวันที่.....

1) เตรียมสารละลายปฐมภูมิ KHP

	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3
น้ำหนัก KHP ที่ชั่งได้ (กรัม)	0.6237	0.6525	0.6871

2) การหาความเข้มข้นที่แน่นอน

สารละลายในขวดรูปกรวย	ไทแทนต์โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ลบ.ชม.)				อินดิเคเตอร์
	1	2	3	เฉลี่ย	
1. KHP จาก (1)	20.10	24.75	29.20	—	P.P.
2. HCl 25.0 ลบ.ชม.	25.10	25.15	25.10	25.12	P.P.
3. HCl 25.0 ลบ.ชม.	25.15	25.10	25.15	25.13	M.O.

3) การหาปริมาณ คาร์บอนและ ไฮดรอกไซด์ ในสารละลายผสม

วิธี	ปริมาณสารตัวอย่าง ลบ.ชม.	ไทเทรนต์กรดเกลือ(ลบ.ชม.)				อินดิเคเตอร์
		1	2	3	เฉลี่ย	
น	1).	23.80	23.90	23.85	23.85	M.O.
	2).	15.75	15.70	15.70	15.72	P.P.
ข	1).	23.80	23.90	23.85	23.85	M.O.
	2).	19.70	19.65	19.65	19.67	P.P.

เมื่อบันทึกผลที่ได้จากการทดลองลงในตารางข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้องนำผลที่ได้มาเขียนรายงานด้วย จึงจะทำให้การทดลองนั้น ๆ เสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์ การรายงานผลการทดลองที่ได้ต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วยเช่นกัน. และควรรายงานค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย ในการวิเคราะห์หาปริมาณโดยทั่ว ๆ ไปต้องทำการวิเคราะห์หลาย ๆ ครั้ง จึงจะทำให้เชื่อถือได้ ดังนั้นผลที่ได้จากการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เมื่อต้องการรายงานควรรายงานเป็นค่าเฉลี่ยของผลที่ได้ซึ่งหาได้จากสมการที่ (1.1) คือ

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{n-1} + X_n}{n} \quad (1.1)$$

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยตัวกลางเลขคณิต (mean)

$X_1, X_2 \dots X_n$ คือ ค่าที่ทำการทดลองได้

n คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

การรายงานค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของผลที่ได้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้ผู้อ่านรายงานวินิจฉัยได้ว่าผลการทดลองดีเลวอย่างไร ควรรายงานการกระจายของข้อมูลที่ได้ด้วยซึ่งสามารถรายงานเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S) ดังนี้คือ

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

หรือ
$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (1.2)$$

นอกจากนี้สามารถรายงานค่าเบี่ยงเบนในเทอมของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งเรียกว่าแวนเรียนซ์ (Variance) หรือในเทอมของสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (Coefficient of variation, (C.V.) ซึ่งมีค่าดังนี้

$$C.V. = \frac{s \times 100}{\bar{X}} \dots\dots\dots (1.3)$$

ตัวอย่างที่ 1.1 ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของสาร A ในสารประกอบ AB ได้ข้อมูลดังนี้ 48.32, 48.36, 48.23, 48.11 และ 48.38% จงคำนวณหาค่าเฉลี่ยของตัวกลางเลขคณิต และค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนสัมพัทธ์ (relative mean deviation)

วิธีทำ

ผลที่ได้	ค่าเบี่ยงเบน
48.32	0.04
48.36	0.08
48.23	0.05
48.11	0.17
<u>48.38</u>	0.10
5) <u>241.40</u>	5) <u>0.44</u>

$\bar{X} = \underline{48.28}$ Mean deviation = 0.09

∴ Relative mean deviation = $\frac{0.09}{48.28} \times 100$
= 0.19 %

ตัวอย่างที่ 1.2 การวิเคราะห์สารตัวอย่างแร่เหล็ก พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กในการทดลองแต่ละครั้ง ดังนี้

7.08, 7.21, 7.12, 7.09, 7.16, 7.14, 7.07, 7.14, 7.18 และ 7.11

จงคำนวณหาค่าเฉลี่ยของตัวกลางเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน

วิธีทำ

ผลที่ได้ (X_i)	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
7.08	-0.05	0.0025
7.21	0.08	0.0064
7.12	-0.01	0.0001
7.09	-0.04	0.0016
7.16	0.03	0.0009
7.14	0.01	0.0001
7.07	-0.06	0.0036
7.14	0.01	0.0001
7.18	0.05	0.0025
7.11	-0.02	0.0004
รวม	71.30	<u>0.0182</u>
\bar{X}	<u>7.13</u>	

$$s = \sqrt{\frac{0.0182}{9}}$$

$$= \sqrt{0.0020}$$

$$= \pm 0.045$$

$$C.V. = \frac{0.045 \times 100}{7.13} = 0.63$$

ข้อมูลที่มีความแน่นอนสูงจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ การวิเคราะห์ที่ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถือว่าเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ดี

เนื่องจากผลที่ได้จากการทดลองทุกค่าไม่จำเป็นเสมอไปที่ต้องนำค่าทุกค่านั้นมาหาค่าเฉลี่ย ควรมีการพิจารณาก่อนว่าค่าต่าง ๆ นั้นมีค่าใดผิดปกติบ้าง ค่าที่ผิดปกติที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป ควรตัดทิ้ง นำเฉพาะค่าที่ใกล้เคียงกันเท่านั้นมาหาค่าเฉลี่ย การตัดข้อมูลบางค่าทั้งนั้นควรมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา มิใช่ว่าจะตัดทิ้งได้ตามความพอใจ หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อตัดข้อมูลบางค่าทั้งเรียกว่าวิธี Q_{test} วิธีการทดสอบทำได้โดยคำนวณหาค่า Q_{cal} จากสมการ

$$Q_{cal} = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1} \quad \text{เมื่อค่าที่สงสัยเป็นค่าสูงสุด..... (1.4)}$$

$$Q_{cal} = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1} \quad \text{เมื่อค่าที่สงสัยเป็นค่าต่ำสุด..... (1.5)}$$

ข้อมูลควรวเรียงค่าต่าง ๆ ไว้ตามลำดับ $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ โดยที่ X_1 เป็นค่าที่น้อยที่สุด และ X_n เป็นค่าที่มากที่สุด

เมื่อคำนวณหาค่า Q_{cal} ได้แล้วให้นำค่านี้ไปเปรียบเทียบกับค่า Q_{crit} ที่ทราบได้จากตารางที่ 1.1 ถ้า

$Q_{cal} > Q_{crit}$ ข้อมูลที่สงสัยตัดทิ้งได้
 $Q_{cal} < Q_{crit}$ ข้อมูลที่สงสัยตัดทิ้งไม่ได้

ตารางที่ 1.1 แสดงว่า Q_{crit} ที่ระดับความมั่นใจ 90%

จำนวนครั้งที่ทดลอง	Q_{crit} (ที่ระดับความมั่นใจ 90%)
2	—
3	0.94
4	0.76
5	0.64
6	0.56
7	0.51
8	0.47
9	0.44
10	0.41

หลังจากพิจารณาได้แล้วว่าข้อมูลค่าใดบ้างควรนำมาหาค่าเฉลี่ย เมื่อนำค่าเหล่านั้นมากำหนดหาค่าเฉลี่ยตามสมการที่ 1.1 จะพบอยู่เสมอ ๆ ว่าผลที่ได้จากการหาจะไม่เป็นเลขลงตัวค่าที่ได้จะมีตัวเลขหลังจุดทศนิยมหลายตัว เช่น 40.38752... การนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณนี้

ไปรายงานไม่ควรรายงานโดยติดตัวเลขหลังจุดทศนิยมหลาย ๆ ตัวตามผลที่ได้ ควรปัดตัวเลขที่ไม่มี
 ัยสำคัญทิ้งไป ตัวเลขที่นำมารายงานต้องเป็นเลขนัยสำคัญ คือ ตัวเลขทุกตัวที่รายงานเป็นตัวเลข
 ที่อ่านค่าได้โดยที่ตำแหน่งสุดท้ายของตัวเลขชุดนั้นเป็นตำแหน่งที่อ่านได้จากการคาดคะเน (คือ
 เป็นตำแหน่งที่แสดงความไม่แน่นอน) การรายงานค่าที่ได้ผิดพลาดไปหนึ่งตำแหน่งจะทำให้ผู้อ่าน
 รายงานเข้าใจผิดเกี่ยวกับความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดทันที⁽¹⁾ เช่นการอ่านปริมาตร
 จากบิวเรตในไทเทรต 3 ครั้ง ได้ผลดังนี้ 26.15, 26.20, 26.15 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลที่ได้
 แสดงว่าบิวเรตที่ใช้ในการวัดปริมาตรแบ่งขีดไว้เป็นขีดละ 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่า 26.1
 เป็นค่าที่อ่านได้แน่นอนตามขีดที่แบ่ง ส่วนค่า 0.05 อ่านได้จากการคาดคะเนด้วยสายตาเพราะส่วน
 โคนของสารละลายอยู่ระหว่างขีด 26.1 กับ 26.2 ถ้ารายงานข้อมูล เป็น 26.150 จะทำให้ผู้อ่านรายงาน
 เข้าใจผิดทันทีว่าบิวเรตแบ่งขีดวัดปริมาตรไว้เป็น 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้น เมื่อคำนวณ
 ผลเฉลี่ยได้แล้วควรบันทึกให้มีตัวเลขหลังจุดทศนิยมเพียง 2 ตัวเท่านั้น ไม่ควรบันทึกให้มีตัวเลขหลาย ๆ ตัว

ตัวอย่างที่ 1.3 ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์คลอไรด์ในสารตัวอย่าง 4 ครั้ง ได้ผลดังนี้

% Cl 45.23 45.31 45.30 45.78

จงรายงานเปอร์เซ็นต์ของคลอไรด์ในสารตัวอย่าง

วิธีทำ ทดสอบค่าที่สงสัย 45.78

$$Q_{cal} = \frac{45.78 - 45.23}{45.78 - 45.23} = \frac{0.55}{0.55} = 0.85$$

Q_{crit} เมื่อ $n = 4$ มีค่า = 0.76

แสดงว่าข้อมูล 45.78 สามารถตัดทิ้งได้ ควรหาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลเพียง 3 ค่า

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{45.23 + 45.31 + 45.30}{3} \\ &= 45.28 \end{aligned}$$

⁽¹⁾ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ ค่าเฉลี่ย, การตัดข้อมูล, เลขนัยสำคัญ ได้จากหนังสือเคมี
 วิเคราะห์ 1 (CH 233), รศ.ชูติมา เลิศชนะกุล มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 3169, บทที่ 4.

หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดังนี้

X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
45.23	-0.05	2.5×10^{-3}
45.31	+0.03	0.9×10^{-3}
45.30	+0.02	0.4×10^{-3}
		3.8×10^{-3}

$$\begin{aligned}
 \text{S.D.} &= \sqrt{\frac{3.8 \times 10^{-3}}{3 - 1}} \\
 &= \pm 0.04 \\
 \%CI &= 45.28 \pm 0.04
 \end{aligned}$$

กิจกรรมที่ 1.3

สมมุติว่านักศึกษาต้องการวิเคราะห์หาหน้าหนักของเส้นลวดที่ยาว 5.0 เซนติเมตร โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง ให้นักศึกษานำเส้นลวดมาตัดให้ได้ความยาว 5.0 เซนติเมตร ทั้งหมด 10 เส้น แล้วนำแต่ละเส้นไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียดจนน้ำหนักที่ชั่งได้ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ถ้ามีค่าใดที่ผิดปกติให้พิจารณาโดยวิธี Q_{test} ว่าสมควรจะตัดทิ้งหรือไม่ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ชั่งได้ หาค่าเบี่ยงเบนสัมพัทธ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน

อุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการมีได้ตั้งแต่ที่เป็นอันตรายเพียงเล็กน้อย จนถึงอันตรายมาก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อตัวผู้ทดลองเองโดยตรง หรือทำให้เกิดความเสียหายของทรัพย์สินก็ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากผู้ทดลองขาดความระมัดระวัง รู้เท่าไม่ถึงการณ์ ขาดประสบการณ์ และขาดความรู้เกี่ยวกับอันตรายของสารเคมีที่นำมาใช้ตลอดจนวิธีการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง ชนิดของอุบัติเหตุ

ที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เกิดไฟไหม้ เกิดการระเบิด เกิดเป็นพิษเนื่องจากสารกัมมันตภาพรังสีและเกิดการกัดกร่อน สารเคมีที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้จัดเป็นสารเคมีที่มีอันตราย ดังนั้นเราจึงสามารถแบ่งชนิดของสารเคมีที่มีอันตรายได้ตามชนิดของการเกิดอุบัติเหตุดังนี้ คือ

1. สารเคมีที่เกิดการกัดกร่อน (Corrosive Substance)

สารเคมีที่เกิดการกัดกร่อนจะมีอันตรายต่อเนื้อเยื่อของร่างกาย เมื่อสัมผัสโดยตรงหรือสูดดม หรือกลืนกิน อำนาจของการกัดกร่อนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นหรือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสารละลาย สารละลายที่เข้มข้นมากจะมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนได้มากกว่าสารละลายที่เจือจาง สารที่เกิดการกัดกร่อนได้ คือ กรดและเบส ซึ่งสามารถเกิดการกัดกร่อนได้ดี นอกจากนี้ก็มีโบรมีน คลอรีนและสารอินทรีย์บางตัว โบรมีนเหลวสามารถกัดผิวหนังให้ไหม้ได้ ส่วนไอของมันเมื่อสูดดมเข้าไปจะเกิดการระคายเคืองจมูก ตารางที่ 1.2 คือตารางแสดงอำนาจในการกัดกร่อนของกรดต่าง ๆ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

ตารางที่ 1.2 อำนาจในการกัดกร่อนของกรดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

ชื่อกรด	สูตรเคมี	ปริมาณเนื้อกรด (% โดยน้ำหนัก)
กรดเปอร์คลอริก	HClO_4	72.4
กรดซัลฟิวริก	H_2SO_4	98
กรดไฮโดรคลอริก	HCl	36 - 38
กรดไนตริก	HNO_3	68 - 70
กรดฟอสฟอริก	H_3PO_4	85
กรดไนตริก	HNO_2	-
กรดไฮโดรฟลูออริก	HF	48-60
กรดแอสซิติค	CH_3COOH	99-100
กรดคาร์บอนิก	H_2CO_3	-
กรดไฮโดรซัลฟิวริก	H_2S	-
กรดไฮโดรไซยานิก	HCN	-
กรดบอริก	H_3BO_3	-

2. สารเป็นพิษ (Toxic substance)

สารเป็นพิษ หมายถึง สารเคมีที่เข้าไปในร่างกายเมื่อมีปริมาณมากพอจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ สารเคมีทุกชนิดเป็นพิษต่อร่างกาย ความรุนแรงของพิษนั้นแตกต่างกัน ความเป็นพิษของสารจะแสดงออกมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นสามารถวัดได้เป็นปริมาณของสารที่ทำให้ร่างกายถึงแก่เสียชีวิตหรือเป็นปริมาณสูงสุดที่ร่างกายยอมรับไว้ให้มีอยู่ในร่างกายได้โดยไม่แสดงอาการ

สารเป็นพิษสามารถเกิดอันตรายต่อร่างกายได้ 3 ทาง คือ

2.1 โดยการซึมผ่านทางผิวหนัง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ สารอะนิลีน (Aniline) สามารถซึมผ่านทางผิวหนังได้ ถ้าสะสมในร่างกายจำนวนมากขึ้นก็เป็นอันตรายถึงตายได้ ก๊าซไฮโดรฟลูออริก (HF) และไนโตรเจนเหลว ก็เช่นกันสามารถซึมผ่านทางผิวหนังและทำให้เกิดรอยไหม้ได้ ถ้าสารเหล่านี้ถูกผิวหนังต้องรีบล้างออก ควรสวมถุงมือเวลาใช้งาน และต้องใช้อย่างระมัดระวัง หากเข้าตาทำให้ตาบอดได้

2.2 โดยการหายใจ สารบางชนิดสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก และไอของสารเป็นพิษ เช่น เบนซิน, คลอโรฟอร์ม, คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และคาร์บอนไดซัลไฟด์ เมื่อนำสารเหล่านี้มาใช้ควรระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยพยายามทำในตู้ควัน และถ้ามีการตวงหรือวัดปริมาตรโดยใช้ปิเปตก็ไม่ควรใช้ปากดูดสารโดยเด็ดขาดควรใช้ลูกยางดูดสารละลาย สารเคมีบางชนิด เช่น ปรอก เป็นสารที่มีอันตรายมากเวลาใช้ควรมีภาชนะที่ปิดสนิท ถ้าเป็นไปได้ควรใช้น้ำคลุมผิวไว้ และถ้าต้องการให้ความร้อนแก่ปรอกหรือทำการทดลองใด ๆ ก็ตามควรทำในตู้ควัน ก๊าซบางชนิด เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซน เป็นก๊าซที่มีพิษต่อร่างกาย ควรทำการทดลองในตู้ควันเช่นกัน

2.3 โดยการกลืนกินเข้าไป ถ้ามีสารเคมีที่เป็นพิษปนอยู่ในอาหารโดยที่เราไม่ทราบ จะทำให้สารพิษเข้าไปในร่างกายได้ถ้ารับประทานอาหารนั้น นอกจากนี้การสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการอาจทำให้ควันของสารพิษปนเข้าไปในร่างกายพร้อมกับควันบุหรี่ หรือไม่ทำความสะอาดมือก่อนรับประทานอาหารเมื่อออกจากห้องปฏิบัติการ โอกาสที่สารพิษที่ติดมากับมือจะเข้าสู่ร่างกายก็มีได้บ้าง

ตัวอย่างปริมาณสารเคมีบางตัวที่เป็นพิษต่อร่างกายและเมื่อมีอยู่ในร่างกายปริมาณหนึ่งจะเป็นอันตรายถึงชีวิตได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ปริมาณสารเคมีบางชนิดที่ทำให้ร่างกายเป็นอันตรายถึงชีวิต

สารเคมี	ปริมาณสารที่เป็นอันตรายถึงชีวิต
Acid conc. } Alkali conc. }	1 cm ³ or 1 gm.
Arsenic (As ₂ O ₃)	100 mg
Barium salts	800 mg
Bromine	120 mg
Cyanides (HCN) } F ₂ , HF, etc }	50 mg
Mercury salts	1 gm
Heavy metal salts	5 to 10 gm
Phenol	10 gm

3. สารกัมมันตรังสี (Radioactive Substance)

ในการเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ยังไม่มีการใช้สารกัมมันตภาพรังสี ในการศึกษาขั้นสูงขึ้นไปอาจมีการใช้สารกัมมันตรังสี หากมีการใช้สารกัมมันตรังสีในห้องปฏิบัติการ นักศึกษาควรศึกษารายละเอียดวิธีป้องกันและวิธีใช้สารเหล่านี้อย่างละเอียด เนื่องจากมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสกับรังสีได้แต่รังสีเหล่านี้สามารถสะสมในร่างกายและก่อให้เกิดอันตรายได้อย่างมาก รังสีมีพลังงานสูงพอที่จะทำให้เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ ถ้าได้รับปริมาณรังสีมากกว่าขีดจำกัดที่ร่างกายยอมรับได้ เซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกายก็จะตายไป ดังนั้นการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรังสีจึงต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ และมีเครื่องมือเฉพาะตรวจสอบปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ

โดยปกติในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเราจะมีรังสีแขวนลอยอยู่ เป็นรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น โพแทสเซียม, ยูเรเนียม, ทอเรียม และรังสีคอสมิกที่มาจากอวกาศ แต่รังสีที่มีอยู่ในบรรยากาศนี้มีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยไม่เพียงพอที่จะทำอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ได้ แหล่งที่จะก่อให้เกิดรังสีมากพอที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์คือ แหล่งของรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น ถ้าได้ปริมาณน้อย ๆ ก็จะไม่เป็นโทษแต่อย่างไร ถ้ามีปริมาณค่อนข้างสูงจะก่อให้เกิดอันตราย

ได้ เพราะรังสีสามารถทำลายเซลล์ของสิ่งมีชีวิต อันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย
ได้ เซลล์ของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายจะมีความไวต่อรังสีแตกต่างกัน เซลล์บางชนิดได้รับรังสีเพียง
ไม่มากก็เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ บางชนิดก็ทนต่อรังสี องค์ประกอบของรังสีที่จะส่งผลให้เกิดอันตรายได้
ขึ้นอยู่กับ

3.1 ปริมาณของรังสี (Radiation dose)

3.2 ส่วนของร่างกายที่ได้รับรังสี (Body part)

3.3 ระยะเวลาในการได้รับรังสี (time)

อันตรายของรังสีที่มีต่อร่างกายมนุษย์สามารถเกิดขึ้นได้กับตัวผู้ถูกรังสีเอง หรือเกิดขึ้นในลูก
หลาน ผลที่เกิดกับตัวผู้ถูกรังสีเองมีทั้งเกิดขึ้นในระยะเฉียบพลัน (Acute effect) และที่แสดงผลการ
เปลี่ยนแปลงในระยะ 6 สัปดาห์ขึ้นไป (Delay effect) ผลที่เกิดในระยะเฉียบพลัน คือ เกิดการเปลี่ยน
แปลงของระบบการสร้างเม็ดเลือด ระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท ส่วนผลที่เกิดขึ้นในระยะ
6 สัปดาห์ขึ้นไป คือ การเป็นหมัน การเกิดโรคมะเร็ง การเกิดต้อกระจกในตา และผลต่อทารก
ในครรภ์ ซึ่งอาจทำให้พิการได้ สำหรับอันตรายของรังสีที่มีต่อลูกหลาน คือ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยน
แปลงยีนที่จีน (gene) ซึ่งเป็นระบบควบคุมการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ในลูกหลาน ทำให้มีพฤติ-
กรรมแตกต่างจากพ่อแม่ หรือเรียกว่าเกิดการกลาย (mutation) การเกิดการกลายจะก่อให้เกิดผล
เสียมากกว่าผลดี

4. สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ สารเคมีบางอย่างเมื่อนำมาผสมกันจะเกิดอันตรายขึ้นได้
การผสมกันอาจทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรง เกิดก๊าซไวไฟ เกิดการระเบิด หรือเกิดก๊าซพิษขึ้นได้
ตารางที่ 1.4, 1.5, 1.6 และ 1.7 คือ ตารางแสดงถึงสารเคมีต่าง ๆ ที่ผสมกันแล้วก่อให้เกิด
อันตราย

ตารางที่ 1.4 สารเคมีเมื่อผสมกันแล้วเกิดปฏิกิริยารุนแรง

ชื่อสาร	สารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	หมายเหตุ
1. กรด	น้ำ	การทำกรดให้เจือจางไม่ใช่ปฏิกิริยาทางเคมี
2. กรด	เบส	โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเข้มข้นมาก
3. ตัวออกซิไดส์	ตัวรีดิวซ์	เช่น กรดไนตริกหรือสารพวกเปอร์ออกไซด์กับแอลกอฮอล์หรือโลหะ
4. ตัวออกซิไดส์	สารอินทรีย์	เช่น กรดโครมิกกับแอนทราซีน (anthracene) กรดไนตริกกับกรดเอซีติก
5. กรดซัลฟูริก	อะซิโตน, ไฮแอนด์ไฮดริน, อโครโลไนทริล	
6. กรดโครมิก	ฟอสฟอรัส, กำมะถัน	ลุกติดไฟหรือระเบิดได้เมื่อร้อน
7. เบส	อโครเลอิน, อโครโลไนทริล	ปฏิกิริยา โพลีเมอไรเซชัน
8. โบรมีน	แอมโมเนีย, อะเซทิลีน, ฟอสฟอรัสขาว, โพแทสเซียม	เมื่อถูกไอโบรมีนจะลุกติดไฟ แต่ถ้าถูกโบรมีนเหลวจะระเบิดได้
9. เอทิลีนออกไซด์	สารประกอบเกลือคลอไรด์ของเหล็ก, ดีบุก, อะลูมิเนียม, แอมโมเนีย	
10. กลีเซอรอล	แอซีติกแอนไฮไดรด์ ฟอสฟอรัสออกซิคลอไรด์	

ตารางที่ 1.4 ต่อ

ชื่อสาร	สารที่ทำปฏิกิริยา	หมายเหตุ
11. ออกซิเจน	อโครเลอิน, อโครโลไนทริล, ไฮโดรคาร์บอน, น้ำมัน	ความร้อนสูง ระเบิดลุกติดไฟ ลุกติดไฟ ให้ความร้อนสูงถึง 800°C
12. ฟอสฟีน (phosphine)	โบรมีน, คลอรีน, กรดไนตริก,	
13. น้ำ	ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์, ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์	
	โซเดียม อัลคิลอะลูมิเนียม แคลเซียมออกไซด์	

ตารางที่ 1.5 สารเคมีที่ผสมกันแล้วให้ก๊าซไวไฟ

ชื่อสาร	สารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	หมายเหตุ
1. น้ำ	โลหะแอลคาไล	เช่น โซเดียม, โพแทสเซียม เกิด การระเบิด
	สารประกอบโลหะไฮไดรด์	เช่น ลิเทียม อะลูมิเนียมไฮไดรด์ ให้ก๊าซไฮโดรเจน
	แคลเซียมคาร์ไบด์	ให้ก๊าซ แอเซทิลีน
2. กรด	โลหะอะลูมิเนียม, แมกเนเซียม, สังกะสี, โครเมียม, เหล็ก, ดีบุก, นิกเกิล, ตะกั่ว	ให้ก๊าซไฮโดรเจน
3. เบส	โลหะอะลูมิเนียม, สังกะสี	ให้ก๊าซไฮโดรเจนแต่ช้ามาก
4. โซเดียม	แอลกอฮอล์	ให้ก๊าซไฮโดรเจน

ตารางที่ 1.6 สารเคมีที่ผสมกันแล้วให้ก๊าซพิษ

ชื่อสาร	สารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	หมายเหตุ
1. กรด	เกลือไซยาไนด์ สารประกอบที่มีคาร์บอนและ กำมะถัน	ให้ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ที่ไวไฟ ให้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์
2. น้ำ	เอซิดเฮไลต์ เช่น แอเซทิล คลอไรด์ ไทโอนิลคลอไรด์	ให้ควันไฮโดรเจนคลอไรด์
3. คาร์บอนเตตระ- คลอไรด์ และ คลอรีเนต ไฮโดรคาร์บอน	—	เมื่อร้อนสลายตัวให้ก๊าซฟอสจีน (phosgene)
4. สารประกอบไนเตรต และกรดไนตริก	—	เมื่อเผาให้ก๊าซ ไนโตรเจนออกไซด์
5. กำมะถัน และสาร ประกอบที่มีกำมะถัน	—	เมื่อเผาให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
6. สารประกอบที่มี คาร์บอนและไนโตรเจน ขนสัตว์ ไหม พลาสติก เมลามีน	—	เมื่อเผาในที่ที่มีอากาศน้อยให้ก๊าซ ไฮโดรเจนไซยาไนด์
7. สารประกอบที่มี คาร์บอน ถ่าน ไม้ กระดาษ	—	เมื่อเผาในที่ที่มีอากาศน้อยให้ก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์ ลูกติดไฟ ได้ด้วย

ตารางที่ 1.7 สารเคมีที่ผสมกันแล้วทำให้เกิดการระเบิด

ชื่อสาร	สารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	หมายเหตุ
1. แอมโมเนีย, แอเซทิลีน	ทองแดง, เงิน, พรอท	ให้สารระเบิดได้
2. แอมโมเนียมไนเตรด	ผงโลหะของสังกะสี, แคดเมียม, ทองแดง, แมกนีเซียม, ตะกั่ว, โคบอลต์, นิกเกิล, บิสมัท	
3. อะซิโตน	คลอโรฟอร์ม	ระเบิดได้เมื่อมีต่างเนื่องจากปฏิกิริยาให้ความร้อนสูง (Corse History 1970, 1661)
4. คาร์บอนไดซัลไฟด์	สารประกอบอะไซด์	ได้เกลือที่ไวต่อการระเบิด
5. คลอเรต	กรดซัลเฟอร์ น้ำตาล แป้ง ถ่าน ซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ แอมโมเนีย	ให้ของผสมที่ระเบิดได้
6. คลอรีน	แอเซทิลีน, แอลกอฮอล์, อีเทอร์, ไฮโดรคาร์บอน, ไดบอเรน, อีเทน, ผงโลหะ เช่น แมกนีเซียม, อะลูมิเนียม	
7. คลอรีนไดออกไซด์ ไดคลอรีน	พรอท	ให้สารระเบิดได้
8. ไฮโดรเจนซัลไฟด์	กรดไนตริก	ให้ก๊าซระเบิดได้
9. ไฮโอดีน	แอมโมเนีย, เทอร์เพนทีน	
10. แมกนีเซียม	คลอโรฟอร์ม, คลอโรมีเทน, ออกไซด์ของเบอรีเลียม, แคดเมียม, พรอท, โมลิบดีนัม, สังกะสี.	} ระเบิดได้เมื่อร้อน

ตารางที่ 1.7 ต่อ

ชื่อสาร	สารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	หมายเหตุ
11. ออกซิเจนเหลว	โพแทสเซียมเปอร์คลอเรต คลอรีน เบนซีน, คาร์บอนมอนอกไซด์, เหลว, อะลูมิเนียม, แมกนีเซียม, ไทเทเนียม, เซลล์เพอลิงไฮโดรคาร์- บอน ลิเทียมไฮไดรด์	เมื่อโลหะเป็นผงให้ของผสมที่ ระเบิดได้เมื่อเสียดสี เมื่อขึ้น โลหะลุกติดไฟได้
12. ไอโซน	เอทิลีน	มือเป็นผง
13. กรดเปอร์คลอริก	กรดแอสติค ไม้ ถ่าน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์	
14. กรด พิคริก	ทองแดง, ตะกั่ว, สังกะสี	
15. ฟอสฟอรัส	กรดซัลโฟนิค, โบรมีนเหลว	
16. กำมะถัน	สังกะสี	ระเบิดได้เมื่อร้อน

5. สารระเบิดได้ (explosive substance) สารเคมีที่ประกอบด้วยหมู่ ต่อไปนี้จะมีโอกาสระเบิดได้ง่าย เมื่อนำมาใช้ในการทดลอง

Acetylide	$- C \equiv C$ metal
Amine oxide	$N^+ - O^-$
Azide	$N = N^+ = N^-$
Chlorate	$- ClO_3^-$
Diazo	$- N = N -$
Diaronium	$- N^+ \equiv NX^-$
Fulminate	$- O = N = C$
N - Haloamine	$>N - Halogen$

Hydroperoxide	- O - O - H
Hypohalite	- O - Halogen
Nitrate	- O - NO ₂
Nitrite	- O - N O
Nitro	- NO ₂
Nitroso	- NO
Ozonide	- O - O - 'O'
Peracid	- $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array}$ - OH
Perchlorate	- ClO ₄ ⁻
Peroxide	- O - O -

เมื่อต้องการใช้สารเคมีเหล่านี้มีข้อควรระวัง ดังนี้

- ถ้าเป็นไปได้ ให้เลี่ยงการใช้สารเหล่านี้ในสภาพที่แห้ง
- ควรใช้สารเหล่านี้จำนวนน้อย, ในแต่ละครั้ง
- เวลาใช้ควรสวมแว่นตา, หน้ากาก และถุงมือ
- สารเหล่านี้ไม่ควรถูกให้ความร้อนกับตัวออกซิไดส์ หรือกับสารซึ่งถูกออกซิไดส์ได้ง่ายหรือกับสารซึ่งตัวเองติดไฟได้
- พยายามหลีกเลี่ยงการเสียดสีสารเหล่านี้กับภาชนะต่าง ๆ

นอกจากนี้ยังมีสารบางอย่าง เช่น อากาศเหลว (liquid air) หรือออกซิเจนเหลว (liquid oxygen) ซึ่งปกติเป็นสารไม่มีอันตราย แต่กลายเป็นระเบิดได้ง่าย ภายใต้เงื่อนไขบางอย่าง เช่น รวมกับสารอินทรีย์ใด ๆ แม้แต่เป็นเศษผ้า กระดาษ หรือสำลีที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องมือก็ทำให้กลายเป็นสารระเบิดได้

6. สารไวไฟ (Flamable reagent) อุบัติเหตุที่ทำให้เกิดไฟไหม้นับเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้รุนแรงและน่ากลัวกว่าอุบัติเหตุอย่างอื่น อาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตและเสียหายต่อทรัพย์สินอย่างมาก สารเคมีที่ไวไฟสามารถจัดแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

6.1 สารไวไฟที่เป็นก๊าซ

ก๊าซที่ไวไฟจะมีอันตรายมากเพราะว่าถ้าเกิดการรั่วจะมองไม่เห็น ก๊าซที่ไวไฟเมื่อติดไฟแล้วมักจะเกิดการระเบิดตามมาด้วย เนื่องจากก๊าซขยายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อน ก๊าซไวไฟ ได้แก่ แอเซทิลีน ฮาโลเจน ไฮโดรเจน และปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น ในบริเวณที่มีก๊าซไวไฟควรมีอากาศถ่ายเทได้ดี ก๊าซไวไฟจะได้ไม่ลอยนิ่งอยู่กับที่ทำให้ที่จุดใดจุดหนึ่งมีก๊าซเข้มข้นมาก ซึ่งจะทำให้มีโอกาสติดไฟได้ง่ายและเกิดการระเบิดขึ้น

6.2 สารไวไฟที่เป็นของเหลว

อุบัติเหตุไฟไหม้ส่วนใหญ่มาจากของเหลวไวไฟมากที่สุด ในการทดลองทั่ว ๆ ไปมักมีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์มาก ซึ่งตัวทำละลายบางตัวเป็นสารไวไฟ เช่น เบนซิน โทลูอีน, แอลกอฮอล์, อีเทอร์ และปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น โดยใช้ผสมสี, ทำกาบ, ล้างไขมัน, ผสมยา, ทำแชลด์ ความไวไฟของ ๆ เหลวขึ้นอยู่กับจุดวาบไฟ (flash point) สารเหล่านี้สามารถทำให้เกิดไฟไหม้ได้เนื่องจากการติดไฟของไอระเหยของมัน

6.3 สารไวไฟที่เป็นของแข็ง

อันตรายของสารไวไฟชนิดนี้จะมีน้อยกว่าของเหลวและก๊าซ โลหะบางชนิด เช่น โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) สามารถลุกติดไฟได้เมื่อถูกกับอากาศ จึงต้องเก็บไว้ในน้ำมัน โลหะโซเดียมและโพแทสเซียมเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะให้ก๊าซไฮโดรเจนที่ลุกติดไฟได้ โซเดียมและโพแทสเซียม เมื่อลุกไหม้จะเกิดสารประกอบพวก ออกไซด์, เปอร์ออกไซด์, และซูเปอร์ออกไซด์ซึ่งสามารถเกิดการระเบิดได้ ห้ามใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ดับไฟเหล่านี้ เพราะจะทำให้เกิดระเบิดได้ ควรดับไฟโดยการกลบด้วยโซดาแอส (soda ash) หรือทราย

ฟอสฟอรัสขาวสามารถลุกติดไฟได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ส่วนฟอสฟอรัสแดงมีความไว้น้อยกว่า มีจุดติดไฟที่ 260 องศาเซลเซียส ซึ่งมีพิษน้อยกว่าฟอสฟอรัสขาว

นอกจากนี้ยังมีพวกพลาสติกบางชนิดเป็นวัสดุที่ไวไฟไม่ควรนำมาทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม

ข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดไฟไหม้

เมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้นถ้าอยู่ในเหตุการณ์เพียงคนเดียวให้รีบแจ้งบุคคลอื่น หรือหน่วยดับเพลิงให้ทราบก่อนแล้วจึงรีบทำการดับไฟด้วยเครื่องดับเพลิงที่มีอยู่ ถ้าอยู่ในเหตุการณ์หลายคนก็ให้รีบดับเพลิงด้วยเครื่องดับเพลิงที่มีอยู่ที่นั่นและให้อีกคนหนึ่งแจ้งต่อหน่วยดับเพลิง ในการใช้เครื่องดับเพลิงผู้ใช้

ต้องมีความรู้ในการใช้เครื่องและทราบชนิดของไฟที่เกิดขึ้นว่าจะไม่เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารดับเพลิง เช่น ไม่ควรใช้น้ำดับไฟที่เกิดจากไฟฟ้าช็อต เป็นต้น ถ้าไม่ทราบว่าควรดับไฟควรจะใช้สารดับไฟชนิดไหน การดับไฟที่ปลอดภัยที่สุดคือการใช้ทรายไม่ควรดับไฟเพียงคนเดียว อย่างน้อยควรช่วยกัน 2 คน และต้องให้แน่ใจว่าท่านจะปลอดภัยเมื่อท่านไม่สามารถดับไฟได้โดยมีทางหนีไฟออกมา

การป้องกันอุบัติเหตุไฟไหม้

เราควรระมัดระวังและหาทางป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ให้ดี และรอบคอบมากกว่าที่จะคิดว่าเมื่อเกิดไฟไหม้แล้วจะดับอย่างไร เพราะถ้าเดินเล่นปล่อยให้เกิดไฟไหม้ขึ้น ความเสียหายอาจจะเกิดขึ้นมากกว่าที่เราคิดไว้มากมาย การป้องกันการเกิดไฟไหม้สามารถทำได้ ดังต่อไปนี้ คือ

– ไม่ควรเก็บสารไวไฟไว้ในห้องปฏิบัติการเกินความจำเป็น การเก็บควรบรรจุอยู่ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด อย่าเปิดฝาทิ้งไว้

– ควรมีห้องเก็บสารเคมีที่ไวไฟแยกโดยเฉพาะและควรแยกออกจากตัวอาคารที่เป็นห้องปฏิบัติการ

– ห้ามสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการโดยเด็ดขาด

– ต้องไม่เทหรือวางสารไวไฟเหล่านี้ใกล้เปลวไฟ

– ถ้าจำเป็นต้องให้ความร้อนแก่สารไวไฟที่มีจุดเดือดต่ำ (จุดเดือดน้อยกว่า 100°C ที่ 760 มิลลิเมตรของปรอท) ควรใช้เครื่องอังไอน้ำ (steam bath), อ่างน้ำให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (electrical heated water bath) ส่วนสารที่มีจุดเดือดสูงกว่านี้ควรใช้อ่างน้ำมันให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electrical oil bath)

– การทดลองกับสารไวไฟเหล่านี้ควรทำในตู้ควัน

– ควรสังเกตว่าที่ดับไฟอยู่ตรงไหนของห้องปฏิบัติการและควรศึกษาวิธีใช้เครื่องดับไฟ

– ถ้ามีคนถูกไฟไหม้เสื้อผ้า พยายามผลักให้ล้มตัวลง เพราะเปลวไฟจะลุกขึ้นข้างบน การนอนลงยอมทำให้ไฟไม่ทำอันตรายหรือทำลายระบบทางเดินหายใจ จากนั้นก็พยายามดับไฟโดยให้กลิ้งตัวไปมา หรือหาผ้าแห้งห่มตัวให้ไฟดับ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการตามที่กล่าวมา คือ อุบัติเหตุเนื่องจากสารเคมีที่มีอันตรายเด่นนอกเหนือจากอุบัติเหตุเหล่านี้อาจมีอุบัติเหตุอย่างอื่นเกิดขึ้นได้อีก คือ

1. อุบัติเหตุเนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร เครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้าเมื่อเปิดเครื่องแล้วไม่ควรประมาทไปแตะสัมผัสกับส่วนของเครื่องมือที่ไม่เป็นฉนวน ในกรณีที่มีไฟรั่วให้รายงานอาจารย์ผู้ควบคุมทันที หากต้องเข้าไปช่วยคนถูกไฟฟ้าดูด ควรถอดปลั๊กไฟหรือยกสะพานไฟออกก่อน หรือทำให้มือเป็นฉนวนกันไฟฟ้าโดยใช้ผ้าแห้ง ๆ ก่อนเข้าทำการช่วยเหลือ

การดับไฟที่เกิดจากไฟฟ้าช็อตควรใช้เครื่องดับไฟชนิดที่ใช้ CO₂, BCF หรือผงเคมีชนิดแห้ง สำหรับการดับไฟที่เกิดจากอุบัติเหตุทางไฟฟ้า อย่าใช้เครื่องดับไฟชนิดที่เป็นโซดา-กรด (soda-acid) หรือโฟม (foam)

2. อุบัติเหตุที่ทำให้ร่างกายบาดเจ็บ เช่น ถูกเครื่องแก้วบาด สารเคมีกระเด็นถูกผิวหนัง, ตา เป็นต้น มักเกิดจากการขาดความระมัดระวังในการใช้เครื่องแก้ว และสารเคมี ตัวอย่างข้อควรปฏิบัติ มีดังนี้

– การสอดท่อแก้วในจุกคอรัคหรือจุกยางให้พอดี ควรใช้กรีส (grease) หรือกลีเซอริน (glycerine) ช่วยในการหล่อลื่น ส่วนในการถอดออกควรใช้ผ้าจับขณะดึงออกอย่างระมัดระวัง การใส่หรือถอดจุกแก้ว จุกคอรัค หรือจุกยางจากขวดแก้วหรือขวดสารเคมี ให้ค่อย ๆ หมุนเข้าหรือออก อย่าใช้กำลังแรง และควรใส่ถุงมือ

– การปิด, เปิด หรือเทสารเคมีจากขวด หรือภาชนะใด ๆ ก็ตามให้ใช้ความระมัดระวังค่อย ๆ กระทำ ควรสวมถุงมือและแว่นตา ถ้าสารเคมีกระเด็นถูกผิวหนังหรือตาให้ใช้น้ำจำนวนมาก ๆ ล้างออกทันทีก่อนทำการพยาบาลขั้นต่อไป

วิธีป้องกันอุบัติเหตุทั่ว ๆ ไป

ไม่ว่าจะเป็นอุบัติเหตุที่เกิดเนื่องจากสารเคมี หรืออุบัติเหตุอื่น ๆ นักศึกษาต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ขึ้นได้ สามารถสรุปวิธีป้องกันทั่ว ๆ ไปไว้ได้ ดังนี้

1. ปฏิบัติตามคำแนะนำโดยเคร่งครัดและด้วยความเอาใจใส่
2. รักษาความเป็นระเบียบในห้องทดลองและบนโต๊ะทำงาน
3. ผู้ทำการทดลองต้องทราบวิธีใช้อุปกรณ์ดับเพลิง และทราบที่ตั้งประจำของอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งควรจะต้องไว้ในที่ที่หยิบง่ายและไม่มีสิ่งกีดขวาง

4. ติดฉลากขวดสารให้ถูกต้องพร้อมทั้งคำเตือน เช่น ไวไฟ หรือไอเป็นพิษไว้ที่ขวดสารทุกขวด

5. มีที่ทั้งสารเคมีและเศษแก้วแยกกันโดยเฉพาะ
6. ใช้แว่นนิรภัยและเสื้อคลุมพร้อมกับติดกระดุมเสื้อคลุมให้เรียบร้อย
7. นักศึกษาที่มีผมยาวควรรวบไว้ข้างหลัง
8. ไม่รับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ในห้องทดลอง
9. ก่อนใช้สารเคมีใดควรศึกษาคุณสมบัติและอันตรายของสารชนิดนั้นก่อน
10. ควรใช้ช้อนตักสาร ไม่ควรใช้มือจับ
11. ระมัดระวังการเทของเหลว เช่น กรดเข้มข้นจากขวดใหญ่ ไม่ควรเทลงในภาชนะปากแคบ ควรเทใส่ในบีกเกอร์
12. ไม่ชิมสาร
13. อย่าสูดกลิ่นไอของสาร เวลาจะดมใช้มือโบกเข้าจมูก
14. ควรมีชื่อโรงพยาบาลหรือแพทย์ประจำพร้อมทั้งเบอร์โทรศัพท์ติดไว้ในห้องปฏิบัติการ

วิธีแก้ไขอุบัติเหตุบางชนิดที่เกิดขึ้นกับตัวผู้ทดลอง

เป็นธรรมชาติอยู่เองถึงแม้ว่าเราจะพยายามอย่างเต็มที่ในการป้องกันไม่ให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น แต่บางครั้งก็หลีกเลี่ยงไม่ได้มักมีอุบัติเหตุเล็ก ๆ น้อย ๆ เกิดขึ้นเสมอ ๆ ดังนั้นจึงขอสรุปวิธีการแก้ไขอุบัติเหตุเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับตัวผู้ทดลองไว้ในตารางที่ 1.8

ตารางที่ 1.8 วิธีแก้ไขอุบัติเหตุบางชนิด

ประเภทของสาร	ชนิดของอุบัติเหตุ	วิธีแก้ไข
กรด	เข้าตา	ล้างตาด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที แล้วหาแพทย์
	ถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วล้างด้วยเบสอ่อน ๆ (สารละลาย Na_2CO_3) แล้วทา magnesia-glycerol paste
	กลืนกิน	ดื่มน้ำปูนใส เมื่ออาเจียนออกเองแล้วให้ดื่ม milk of magnesia
เบส	เข้าตา	ล้างตาด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที แล้วหาแพทย์
	ถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วล้างด้วยกรดอ่อน ๆ (สารละลาย 1% acetic acid) ทา magnesia glycerol paste
	กลืนกิน	ดื่มน้ำที่มีกรดแอซติก 1% หรือน้ำส้มสายชูผสมน้ำ (1 : 4) ตามด้วยนมและไข่ขาวตีกับน้ำ
สารกัดกร่อน	เข้าตา	ล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที แล้วหาแพทย์
	กลืนกิน	ให้น้ำปูนใส เมื่ออาเจียนเองแล้วให้ดื่ม milk of magnesia
โบรมีน	ถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำมาก ๆ แล้วทา Magnesia glycerol paste
	เข้าตา	ล้างตาด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที
	ถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วทา Magnesia glycerol paste หรือ ล้างด้วยน้ำเจือแอมโมเนีย (1 : 5 โดยปริมาตร)
ฟีนอล	สูด ไอ	ใช้ผ้าเช็ดหน้าชุบแอลกอฮอล์แปะที่จมูก
	ถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำมาก ๆ แล้วทาด้วย glycerine ที่อิมัลชันด้วย โบรมีน หาแพทย์
ฟอสฟอรัส	ถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำมาก ๆ แล้วใช้สำลีชุบสารละลาย 3% CuSO_4 ในน้ำปิดไว้ 15 นาที หาแพทย์
โซเดียม	ถูกผิวหนัง	ใช้ปากคีบจับเศษโซเดียมออกแล้วล้างด้วยน้ำมาก ๆ หาแพทย์

บทสรุป

จากเนื้อหาของบทเรียนบทที่ 1 สรุปได้ว่านักศึกษาจะมีแนวปฏิบัติในการเรียนปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ดังนี้

1. การเตรียมตัวก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการนักศึกษาต้องมีการเตรียมแผนงานมาก่อนล่วงหน้า การเตรียมแผนงานควรเป็นลักษณะที่นักศึกษาทำขึ้นตามความเข้าใจของนักศึกษาหลังจากอ่านรายละเอียดของการทดลองอย่างเข้าใจแล้ว ไม่ควรเป็นลักษณะคัดลอกจากตำรา การวางแผนงานต้องบอกรายละเอียดได้มากกว่าในตำราถึงขั้นตอนที่จะทำจริง ๆ มีการกำหนดปริมาตรของสารละลายที่ต้องการจะเตรียมให้ถูกต้อง ไม่ควรเตรียมให้มากเกินไป หรือน้อยเกินไป

2. การเข้าห้องปฏิบัติการ นักศึกษาจะต้องทราบว่าเมื่อเข้ามาในห้องเพื่อทำปฏิบัติการ ควรปฏิบัติตัวอย่างใดและควรระมัดระวังในสิ่งใดบ้าง จึงจะทำให้การทดลองได้ผลดี ไม่มีข้อผิดพลาด และอุบัติเหตุเกิดขึ้น

3. หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้วนักศึกษาจะต้องทราบถึงวิธีการเขียนรายงานผลที่ได้จากการทดลองส่งอาจารย์ผู้ควบคุม การเขียนรายงานนักศึกษาคควรจัดทำด้วยตนเอง ไม่ควรลอกจากเพื่อนในกลุ่ม ตอนสุดท้ายของรายงานต้องบอกเอกสารอ้างอิงหรือบรรณานุกรมด้วยทุกครั้ง และต้องเขียนให้ถูกต้องตามแบบสากลนิยม

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายวิธีการเตรียมแผนงานก่อนเข้าทำปฏิบัติการ
2. ข้อบังคับในการเข้าห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ CH 234 มีอะไรบ้าง
3. ทำไมจึงจำเป็นต้องเขียนรายงานหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง
4. อธิบายวิธีการเขียนเอกสารอ้างอิงหรือบรรณานุกรม
5. อุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการเกิดได้เนื่องจากอะไรบ้าง จงอธิบาย
6. ถ้าเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ในห้องปฏิบัติการ ควรปฏิบัติอย่างไร?
7. ท่านมีวิธีการป้องกันอุบัติเหตุไม่ให้เกิดขึ้นได้อย่างไร
8. ในการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณปากอ่าวซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด โดยทำการทดลอง 8 ครั้ง ได้ผลดังนี้
75 77 80 72 85 79 84 88 ppm
จงคำนวณหาค่าเฉลี่ยของตัวกลางเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนสัมพัทธ์และค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน