บทที่ 1 ความปลอดภัยและทักษะในการปฏิบัติการเคมี

1.1 ความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี

การทำปฏิบัติการเคมีส่วนใหญ่ต้องมีความเกี่ยวข้องกับสารเคมีอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ซึ่งผู้ทำการปฏิบัติการต้องตระหนักถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมโดยผู้ทำการปฏิบัติการควรทราบเกี่ยวกับประเภทของสารเคมีที่ใช้ข้อควรปฏิบัติในการทำการปฏิบัติการเคมีและการกำจัดสารเคมีที่ใช้แล้วหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติการเพื่อให้สามารถทำปฏิบัติการเคมีได้อย่างปลอดภัย

1.1.1 ประเภทของสารเคมี

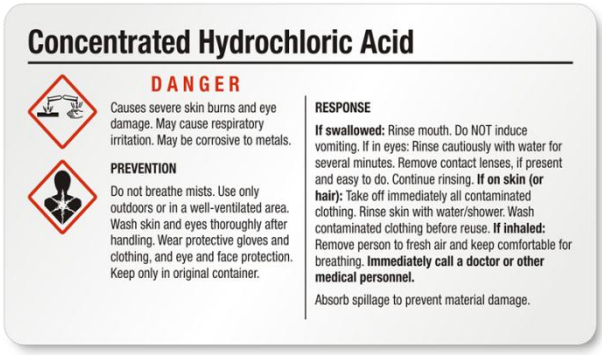
สารเคมี มีหลายประเภทแต่ละประเภทก็จะแตกต่างกันออกไป สารเคมีจึงจำเป็นต้องมีฉลากที่มีข้อมูลเกี่ยวกับความอันตรายของสารเคมีเพื่อความปลอดภัยในการจัดเก็บ โดย ฉลากของสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควรมีข้อมูลดังนี้

1 ชื่อผลิตภัณฑ์

2 รูปสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของสารเคมี

3 คำเตือนข้อมูลความเป็นอันตรายและข้อควรระวัง

4 ข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตสารเคมี



ตัวอย่างฉลากสารเคมี

บนฉลากบรรจุภัณฑ์จะมีสัญลักษณ์ แสดงความเป็นอันตราย ที่สื่อความหมายได้ชัดเจนในที่นี้จะกล่าวถึงสองระบบ ได้แก่ Globally Harmonized System of classification and labelling of chemicals (GHS) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้สากล และ National fire protection association hazard identification system (NFPA) เป็นระบบที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา

ตัวอย่างสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายในระบบ GHS

สำหรับ สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายในระบบ NFPA จะ ใช้สีแทนความเป็นอันตรายในด้านต่างๆ ได้แก่สีแดง แทนความไวไฟ สีน้ำเงินแทนความเป็นอันตรายต่อสุขภาพสีเหลืองแทนความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเศษตัวเลข 0-4 เพื่อระบุระดับความเป็นอันตรายจากน้อยไปหามากและช่องสีขาวใช้ใส่อักษรหรือสัญลักษณ์ที่แสดงสมบัติที่เป็นอันตรายด้านอื่นๆ

ตัวอย่างสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายในระบบ NFPA

1.1.2 ข้อควรปฏิบัติในการทำปฏิบัติการเคมี

การทำปฏิบัติการเคมีให้เกิดความปลอดภัยนอกจากต้องทราบข้อมูลของสารเคมีที่ใช้แล้ว ผู้ทำปฏิบัติการควรทราบเกี่ยวกับการปฏิบัติตนเบื้องต้นทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

ก่อนทำการปฏิบัติการ

1) ศึกษาขั้นตอนหรือวิธีการทำปฏิบัติการให้เข้าใจ วางแผนการทดลอง หากมีข้อสงสัยต้อง สอบถามครูผู้สอนก่อนที่จะทำการทดลอง

2) ศึกษาข้อมูลของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เทคนิคการใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ ตลอดจน วิธีการทดลองที่ถูกต้องและปลอดภัย

3) แต่งกายให้เหมาะสม เช่น สวมกางเกงหรือกระโปรงยาว สวมรองเท้ามิดชิดส้นเตี้ย คนที่มี ผมยาวควรรวบผมให้เรียบร้อย หลีกเลี่ยงการสวมใส่เครื่องประดับและคอนแทคเลนส์

ขณะทำปฏิบัติการ

1) ข้อปฏิบัติโดยทั่วไป

1.1 สวมแว่นตานิรภัย สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการที่ติดกระดุมทุกเม็ด ควรสวมถุงมือเมื่อ ต้องใช้สารกัดกร่อนหรือสารที่มีอันตราย ควรสวมผ้าปิดปากเมื่อต้องใช้สารเคมีที่มีไอระเหย และทำ ปฏิบัติการในที่ซึ่งมีอากาศถ่ายเทหรือในตู้ดูดควัน ดังรูป

1.2 ห้ามรับประทานอาหารและเครื่องดื่ม หรือทำกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการ ทำปฏิบัติการ

1.3 ไม่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามลำพังเพียงคนเดียว เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น จะไม่มีใครทราบและไม่อาจช่วยได้ทันท่วงที หากเกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ ต้องแจ้งให้ครูผู้สอน ทราบทันทีทุกครั้ง

1.4 ไม่เล่นและไม่รบกวนผู้อื่นในขณะที่ทำปฏิบัติการ

1.5 ปฏิบัติตามขั้นตอนและวิธีการอย่างเคร่งครัด ไม่ทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือ จากที่ได้รับมอบหมาย และไม่เคลื่อนย้ายสารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ส่วนกลางที่ต้องใช้ร่วมกัน นอกจากได้รับอนุญาตจากครูผู้สอนเท่านั้น

1.6 ไม่ปล่อยให้อุปกรณ์ให้ความร้อน เช่น ตะเกียงแอลกอฮอล์ เตาแผ่นให้ความร้อน (hot plate) ทำงานโดยไม่มีคนดูแล และหลังจากใช้งานเสร็จแล้วให้ดับตะเกียงแอลกอฮอล์หรือปิดเครื่องและถอดปลั๊กไฟออกทันที แล้วปล่อยไว้ให้เย็นก่อนการจัดเก็บ เมื่อใช้เตาแผ่นให้ความร้อนต้อง ระวังไม่ให้สายไฟพาดบนอุปกรณ์

2) ข้อปฏิบัติในการใช้สารเคมี

2.1 อ่านชื่อสารให้แน่ใจก่อนนำไปใช้

2.2 เคลื่อนย้ายสารเคมีด้วยความระมัดระวัง

2.3 หันปากหลอดทดลองจากตัวเองและผู้อื่นเสมอ

2.4 ห้ามชิมสารเคมี

2.5 ห้ามเทน้ำลงกรดต้องให้กรดลงน้ำ

2.6 ไม่เก็บสารเคมีที่เหลือเข้าขวดเดิม

2.7 ทำสารเคมีหกให้เช็ด

หลังทำปฏิบัติการ

1) ทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ

2) ก่อนออกจากห้องให้ถอดอุปกรณ์ป้องกันอันตราย

1.1.3 การกำจัดสารเคมี

การกำจัดสารเคมีแต่ละประเภทสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1) สารเคมีที่เป็นของเหลวไม่อันตรายเป็นกลาง ปริมาณไม่เกิน 1 ลิตร สามารถเทลงอ่างน้ำได้ เลย

2) สารละลายเข้มข้นบางชนิด ควรเจือจางก่อนเทลงอ่างน้ำ

3) สารเคมีที่เป็นของแข็งไม่อันตราย ใส่ในภาชนะที่ปิดมิดชิด ก่อนทิ้งในที่จัดเตรียมไว้

4) สารไวไฟ สารประกอบของโลหะเป็นพิษห้ามทิ้งลงอ่างน้ำ

1.2 อุบัติเหตุจากสารเคมี

ในการทำปฏิบัติการเคมีอาจเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ จากการใช้สารเคมีได้ ซึ่งหากผู้ทำปฏิบัติการมีความรู้ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้นจะสามารถลดความรุนแรงและความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ โดยการปฐมพยาบาลเบื้องต้นจากอุบัติเหตุจากการใช้สารเคมี มีข้อปฏิบัติดังนี

การปฐมพยาบาลเมื่อร่างกายสัมผัสสารเคมี

1. ถอดเสื้อผ้าบริเวณที่เปื้อนสารเคมีออก และซับสารเคมีออกจากร่างกายให้มากที่สุด

2. กรณีเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ เช่น กรดหรือเบส ให้ล้างบริเวณที่สัมผัสสารเคมีด้วยการเปิดน้ำไหลผ่านปริมาณมาก

3. กรณีเป็นสารเคมีที่ไม่ละลายน้ำ ให้ล้างบริเวณที่สัมผัสสารเคมีด้วยน้ำสบู่

4. หากทราบว่าสารเคมีที่สัมผัสร่างกายคือสารใด ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดในเอกสารความ ปลอดภัยของสารเคมี

กรณีที่ร่างกายสัมผัสสารเคมีในปริมาณมากหรือมีความเข้มข้นสูง

ให้ปฐมพยาบาลเบื้องต้นแล้วนำส่งแพทย์

การปฐมพยาบาลเมื่อสารเคมีเข้าตา

ตะแคงศีรษะโดยให้ตาด้านที่สัมผัสสารเคมีอยู่ด้านล่าง ล้างตาโดยการเปิดน้ำเบา ๆ ไหลผ่าน ดั้งจมูกให้น้ำไหลผ่านตาข้างที่โดนสารเคมี ดังรูป พยายามลืมตาและกรอกตาในน้ำอย่างน้อย 10 นาที หรือจนกว่าแน่ใจว่าชะล้างสารออกหมดแล้ว ระวังไม้ให้น้ำเข้าตาอีกข้างหนึ่ง แล้วนำส่งแพทย์ทันที

การปฐมพยาบาลเมื่อสารเคมีเข้าตา

การปฐมพยาบาลเมื่อสูดดมแก๊สพิษ

1.เมื่อมีแก๊สพิษเกิดขึ้น ต้องรีบออกจากบริเวณในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกทันที

2.หากมีผู้ที่สูดดมแก๊สผิดจนหมดสติหรือไม่สามารถช่วยตนเองได้ ต้องลิ้มเคลื่อนย้ายออกจากบริเวณนั้นทันที โดยที่ผู้ช่วยเหลือต้องส่งอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมเช่นหน้ากากป้องกันแก๊สพิษหรือผ้าปิดปาก

3.ปลดเสื้อผ้า เพื่อให้ผู้ประสบอุบัติเหตุหายใจได้สะดวกถ้าหมดสติให้จับนอนคว่ำแล้วตะแคงหน้าไปทางด้านใดด้านหนึ่งเพื่อป้องกันโคลน กีดขวางทางเดินหายใจ

การปฐมพยาบาลเมื่อโดนความร้อน

แช่น้ำเย็นหรือปิดแผลด้วยผ้าชุบน้ำจนกว่าจะหายปวดแสบปวดร้อนและทายาขี้ผึ้งสำหรับไฟไหม้และน้ำร้อนลวก ถ้าเกิดบาดแผลใหญ่ให้นำส่งแพทย์

กรณีที่สารเคมีเข้าตาให้ปฏิบัติตามคำแนะนำตามเอกสารความปลอดภัยแล้วนำส่งแพทย์ทุกกรณี

1.3 การวัดปริมาณสาร

ในปฏิบัติการเคมีจำเป็นต้องมีการชั่ง ตวง และวัดปริมาณสารซึ่งการชั่ง ตวง วัดมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากอุปกรณ์ ที่ใช้หรือผู้ทำปฏิบัติการที่จะส่งผลให้ผลการทดลองที่ได้มีความมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าจริง ความน่าเชื่อถือของข้อมูลสามารถพิจารณาได้ 2 ส่วนด้วยกันคือความเที่ยง และความแม่นของข้อมูลโดยความเที่ยงคือ ความใกล้เคียงของข้าวที่ได้จากการวัดส่วนความแม่นคือความใกล้เคียงของค่าเฉลี่ยจากการวัดซ้ำเทียบกับค่าจริง

1.3.1 อุปกรณ์วัดปริมาตร

อุปกรณ์วัดปริมาตรสารเคมีที่เป็นของเหลวที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีขีดและตัวเลขแสดงปริมาตรที่ได้รับการตรวจสอบมาตรฐาน และกำหนดความคลาดเคลื่อน ที่ยอมรับได้ บางชนิดมีความคลาดเคลื่อนน้อย บางชนิด มีความคลาดเคลื่อนมาก ในการเลือกใช้ต้อง คำนึงถึงความเหมาะสมกับปริมาตรและระดับความแม่นที่ต้องการ อุปกรณ์วัดปริมาตรบางชนิดที่นักเรียน ได้ใช้งานในการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา เช่น บีกเกอร์ ขวดรูปกรวย กระบอกตวง เป็น อุปกรณ์ที่ไม่สามารถบอกปริมาตรได้แม่นมากพอสำหรับการทดลองในบางปฏิบัติการ

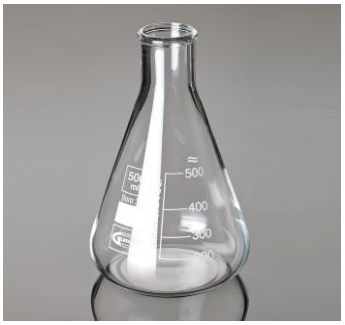
บีกเกอร์

บีกเกอร์ (beaker) มีลักษณะเป็นทรงกระบอกปากกว้าง มีขีดบอกปริมาตรในระดับมิลลิลิตร มีหลายขนาด ดังรูป

บีกเกอร์

ขวดรูปกรวย

ขวดรูปกรวย (erlenmeyer flask) มีลักษณะคล้ายผลชมพู่ มีขีดบอกปริมาตรในระดับมิลลิลิตร มีหลายขนาด ดังรูป



ขวดรูปกรวย

กระบอกตวง

กระบอกตวง (measuring cylinder) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขีดบอกปริมาตรในระดับมิลลิลิตร มีหลายขนาด ดังรูป

กระบอกตวง

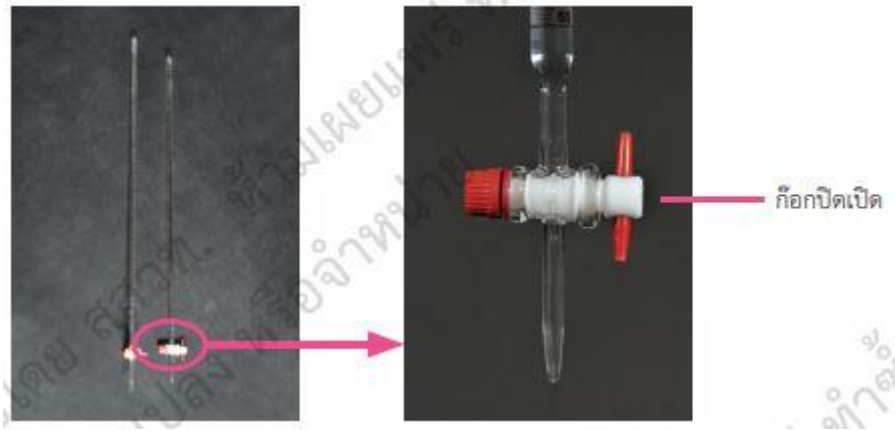
นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่สามารถวัดปริมาตรของของเหลวได้แม่นมากกว่าอุปกรณ์ข้างต้น โดยมีทั้งที่เป็นการวัดปริมาตรของของเหลวที่บรรจุอยู่ภายใน และการวัดปริมาตรของของเหลวที่ถ่ายเท เช่น ปิเปตต์ บิวเรตต์ ขวดกำหนดปริมาตร

ปิเปตต์

ปิเปตต์ (pipette) เป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่มีความแม่นสูง ซึ่งใช้สำหรับถ่ายเทของเหลว ปิเปตต์ที่ใช้กันทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบปริมาตรซึ่งมีกระเปาะตรงกลาง มีขีดบอกปริมาตรเพียงค่าเดียว และแบบใช้ตวง มีขีดบอกปริมาตรหลายค่า ดังรูป

บิวเรตต์

บิวเรตต์ (burette) เป็นอุปกรณ์สำหรับถ่ายเทของเหลวในปริมาตรต่าง ๆ ตามต้องการ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาวที่มีขีดบอกปริมาตร และมีอุปกรณ์ควบคุมการไหลของของเหลวที่เรียกว่า ก๊อก ปิด เปิด (stop cock) ดังรูป



บิวเรตต์

ขวดกำหนดปริมาตร

ขวดกำหนดปริมาตร (volumetric flask) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาตรของของเหลวที่บรรจุภายใน ใช้สำหรับเตรียมสารละลายที่ต้องการความเข้มข้นแน่นอน มีขีดบอกปริมาตรเพียงขีดเดียว มีจุกปิดสนิท ขวดกำหนดปริมาตรมีหลายขนาด ดังแสดงในรูป

ขวดกำหนดปริมาตรขนาดต่างๆ

การใช้อุปกรณ์วัดปริมาตรเหล่านี้ให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือจะต้องมีการอ่านปริมาตรของของเหลว ให้ถูกวิธี โดยต้องให้สายตาอยู่ระดับเดียวกันกับระดับส่วนโค้งของของเหลว โดยถ้าส่วนโค้งของ ของเหลวมีลักษณะเว้า ใหอ่านปริมาตรที่จุดต่ำสุดของส่วนโค้งนั้น แต่ถ้าส่วนโค้งของของเหลวมี ลักษณะนูน ให้อ่านปริมาตรที่จุดสูงสุดของส่วนโค้งนั้น แสดงดังรูป การอ่านค่าปริมาตรของ ของเหลวให้อ่านตามขีดบอกปริมาตรและประมาณค่าทศนิยมตำแหน่งสุดท้าย

การอ่านปริมาตรของเหลว

อุปกรณ์วัดปริมาตรบางชนิด เช่น ปิเปตต์แบบปริมาตร ขวดกำหนดปริมาตร มีขีดบอก ปริมาตรเพียงขีดเดียว อุปกรณ์ประเภทนี้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้ในการถ่ายเทหรือบรรจุของเหลวที่มี ปริมาตรเพียงค่าเดียวตามที่ระบุบนอุปกรณ์ ดังนั้นผู้ใช้จึงจำเป็นต้องพยายามปรับระดับของเหลวให้ ตรงกับขีดบอกปริมาตร

การบันทึกค่าปริมาตรให้บันทึกตามขนาดและความละเอียดของอุปกรณ์ เช่น ปิเปตต์มีความละเอียดของค่าปริมาตรถึงทศนิยมตำแหน่งที่สอง ดังนั้นปริมาตรของเหลวที่ได้จากการใช้ปิเปตต์ ขนาด 10 มิลลิลิตร บันทึกค่าปริมาตรเป็น 10.00 มิลลิลิตร

1.3.2 อุปกรณ์วัดมวล

เครื่องชั่ง เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดมวลของสารทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ความน่าเชื่อถือ ของค่ามวลที่วัดได้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องชั่งและวิธีการใช้เครื่องชั่ง เครื่องชั่งที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ เครื่องชั่งแบบสามคาน (triple beam) และเครื่องชั่งไฟฟ้า (electronic balance) ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก ดังรูป

ส่วนประกอบของเครื่องชั่งแบบสามคานและเครื่องชั่งไฟฟ้า

ปัจจุบันเครื่องชั่งไฟฟ้าได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้งานได้สะดวกและหาซื้อได้ง่าย ตัวเลขทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าประมาณของเครื่องชั่งแบบสามคานมาจากการประมาณของผู้ชั่ง ขณะที่ทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายของเครื่องชั่งไฟฟ้ามาจากการประมาณของอุปกรณ์

1.3.3 เลขนัยสำคัญ

ค่าที่ได้จากการวัดด้วยอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ประกอบด้วยตัวเลขและหน่วย โดยค่าตัวเลขที่ วัดได้จากอุปกรณ์แต่ละชนิดอาจมีความละเอียดไม่เท่ากัน ซึ่งการบันทึกและรายงานค่าการอ่านต้อง แสดงจำนวนหลักของตัวเลขที่สอดคล้องกับความละเอียดของอุปกรณ์

จากรูป อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์มอมิเตอร์ทั้งสอง มีค่าเท่าใด

การวัดอุณหภูมิน้ำ

จากรูป อุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์แบบดิจิทัลอ่านได้เท่ากับ 26.22 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์ตำแหน่งของของเหลวอยู่ที่ขีดบอกอุณหภูมิ 26 ซึ่งการบันทึก และรายงานค่าต้องมีการประมาณค่าในตำแหน่งสุดท้ายด้วยเพื่อให้สอดคล้องกับความละเอียดของ อุปกรณ์ ดังนั้นอาจบันทึกอุณหภูมิที่ได้เป็น 26.0 องศาเซลเซียส โดยตัวเลขทุกตัวถือว่ามีความสำคัญ และจำนวนหลักของตัวเลขทั้งหมด เรียกว่า เลขนัยสำคัญ (significant figure) ดังนั้นค่าที่ได้จากการวัด อุณหภูมิด้วยเทอร์มอมิเตอร์แบบดิจิทัลและเทอร์มอมิเตอร์มีเลขนัยสำคัญ 4 และ 3 ตัว ตามลำดับ

การนับเลขนัยสำคัญ

การนับเลขนัยสำคัญของข้อมูลมีหลักการ ดังนี้

1. ตัวเลขที่ไม่มีเลขศูนย์ทั้งหมดนับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

1.23 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

2. เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขอื่น นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

6.02 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

72.05 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

3. เลขศูนย์ที่อยู่หน้าตัวเลขอื่น ไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

0.25 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

0.025 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

4. เลขศูนย์ที่อยู่หลังตัวเลขอื่นที่อยู่หลังทศนิยม นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

0.250 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

0.0250 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

5. เลขศูนย์ที่อยู่หลังเลขอื่นที่ไม่มีทศนิยม อาจนับหรือไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญก็ได้ เช่น

100 อาจมีเลขนัยสำคัญเป็น 1 2 หรือ 3 ตัวก็ได้

เนื่องจากเลขศูนย์ในบางกรณีอาจมีค่าเป็นศูนย์จริง ๆ จากการวัด หรือเป็นตัวเลขที่ใช้แสดงให้เห็นว่าค่าดังกล่าวอยู่ในหลักร้อย

6. ตัวเลขที่แม่นตรง (exact number) เป็นตัวเลขที่ทราบค่าแน่นอนมีเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์ เช่น

ค่าคงที่ เช่น **ΠΠ** = 3.142... มีเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์

ค่าจากการนับ เช่น ปิเปตต์ 3 ครั้ง เลข 3 ถือว่ามีเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์

ค่าจากการเทียบหน่วย เช่น 1 วัน มี 24 ชั่วโมง ทั้งเลข 1 และ 24 ถือว่ามีเลขนัยสำคัญเป็นอนันต์

7. ข้อมูลที่มีค่าน้อย ๆ หรือมาก ๆ ให้เขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยตัวเลขสัมประสิทธิ์ทุกตัวนับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

6.02×10^{23} มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

1.660×10^{-24} มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

ค่าตัวเลข 100 ในตัวอย่างข้อ 5 สามารถเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ แล้ว แสดงเลขนัยสำคัญได้อย่างชัดเจน เช่น

1×10^{2} มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

1.0×10^{2} มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

1.00×10^{2} มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

การนำค่าตัวเลขที่ได้จากการวัดมาคำนวณจะต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญของผลลัพธ์ โดยการคำนวณส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับตัวเลขที่ได้จากอุปกรณีที่แตกต่างกันทั้งหน่วยและความละเอียด ดังนั้น ต้องมีการตัดตัวเลขในผลลัพธ์ด้วยการปัดเศษ ดังต่อไปนี้

การปัดตัวเลข

การปัดตัวเลข (rounding the number) พิจารณาจากตัวเลขที่อยู่ถัดจากตำแหน่งที่ต้องการดังนี้

1. กรณีที่ตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่าน้อยกว่า 5 ให้ตัดตัวเลขที่อยู่ถัดไปทั้งหมด เช่น 5.7432 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ปัดเป็น 5.7

ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ปัดเป็น 5.74

2. กรณีที่ตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่ามากกว่า 5 ให้เพิ่มค่าของตัวเลขตำแหน่งสุดท้าย ที่ต้องการอีก 1 เช่น

3.7892 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ปัดเป็น 3.8

ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ปัดเป็น 3.79

3. กรณีที่ตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 5 และมีตัวเลขอื่นที่ไม่ใช่ 0 ต่อจากเลข 5 ให้เพิ่มค่าของตัวเลขตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการอีก 1 เช่น

2.1652 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ปัดเป็น 2.17

กรณีที่ตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 5 และมี 0 ต่อจากเลข 5 ให้พิจารณาโดย ใช้หลักการในข้อ 4

4. กรณีที่ตัวเลขถัดจากตำแหน่งที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 5 และไม่มีเลขอื่นต่อจากเลข 5 ต้องพิจารณาตัวเลขที่อยู่หน้าเลข 5 ดังนี้

4.1 หากตัวเลขที่อยู่หน้าเลข 5 เป็นเลขคี่ ให้ตัวเลขดังกล่าวบวกค่าเพิ่มอีก 1 แล้วตัดตัวเลขตั้งแต่เลข 5 ไปทั้งหมด เช่น 0.635 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ปัดเป็น 0.64

4.2 หากตัวเลขที่อยู่หน้าเลข 5 เป็นเลขคู่ ให้ตัวเลขดังกล่าวเป็นตัวเลขเดิม แล้วตัดตัวเลขตั้งแต่เลข 5 ไปทั้งหมด เช่น 0.645 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ปัดเป็น 0.64

สำหรับการคำนวณหลายขั้นตอน การปัดตัวเลขของผลลัพธ์ให้ทำในขั้นตอนสุดท้ายของการคำนวณ

1.4 หน่วยวัด

การระบุหน่วยของการวัดปริมาณต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นความยาว มวล อุณหภูมิ อาจแตกต่างกันในแต่ละประเทศ เช่น การระบุน้ำหนักเป็นกิโลกรัม ปอนด์ หรือ การระบุส่วนสูงเป็นเซนติเมตร ฟุต ซึ่งทำให้ไม่สะดวกในการเปรียบเทียบหรือสื่อสารให้เข้าใจตรงกัน และในบางกรณี อาจนำไปสู่ความเข้าใจผิดที่ทำให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้น เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลจากการวัดเป็น ที่เข้าใจตรงกัน จึงมีการตกลงร่วมกันให้มีหน่วยมาตรฐานสากลขึ้น

1.4.1 หน่วยในระบบเอสไอ

ในปี พ.ศ. 2503 ที่ประชุมนานาชาติว่าด้วยการ ชั่งและการวัด (The General conference on Weights and Measures) ได้ตกลงให้มีหน่วยวัดสากลขึ้น เรียกว่า ระบบหน่วยวัด ระหว่างประเทศ หรือเรียกย่อ ๆ ว่า หน่วยเอสไอ (SI units) ซึ่งเป็นหน่วยที่ดัดแปลงจาก หน่วยในระบบเมทริกซ์ โดยหน่วยเอสไอแบ่งเป็นหน่วยพื้นฐาน (SI base units) มี 7 หน่วย แสดงดังตาราง 1.1 ซึ่งเป็นหน่วยที่ไม่ขึ้นต่อกัน และสามารถนำไปใช้ในการกำหนดหน่วยอื่น ๆ ได้และหน่วยเอสไออนุพันธ์ (Derived SI units) ซึ่งเป็นหน่วยอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันทางคณิตศาสตร์ของหน่วยเอสไอพื้นฐาน ตัวอย่างแสดงดังตาราง 1.2

ตาราง 1.1 หน่วยเอสไอพื้นฐาน

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

ตาราง 1.2 ตัวอย่างหน่วยเอสไออนุพันธ์

ปริมาณ	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์ของหน่วย
ปริมาตร	ลูกบาศก์เมตร (cubic meter)	m^3
ความเข้มข้น	โมลต่อลูกบาศก์เมตร (mol per cubic meter)	mol/m^3
ความหนาแน่น	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kilogram per cubic meter)	kg/m^3

หน่วยระหว่างระบบเอสไอ นอกจากหน่วยในระบบเอสไอแล้ว ในทางเคมียังมีหน่วยอื่นที่ได้รับ การยอมรับและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างดังตาราง 1.3

ตาราง 1.3 ตัวอย่างหน่วยนอกระบบเอสไอที่ใช้ในทางเคมี

ปริมาณ	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์ของหน่วย	ค่าที่เทียบกับหน่วยเอสไอพื้นฐาน
ปริมาตร	ลิตร (liter)	L หรือ l	$1\ L = 10^{-3}\ m^3$
มวล	กรัม (gram)	g	$1\ g = 10^{-3}\ kg$
	ดอลตัน (dalton)	Da	$1\ Da = 1.66 \times 10^{-27}\ kg$
	หน่วยมวลอะตอม (unified atomic mass unit)	u	1 u = 1 Da
ความดัน	บาร์ (bar)	bar	$1\ bar = 10^{-5}\ Pa$
	มิลลิเมตรปรอท (millimeter of mercury)	mmHg	1 mmHg = 133.32 Pa
	บรรยากาศ (atmospheric pressure)	atm	$1\ atm = 1.013 \times 10^{-5}\ Pa$ (1 atm ~ 1 bar)
ความยาว	อังสตรอม (ångström)	Å	$1\ Å = 10^{-10}\ m$
พลังงาน	แคลอรี (calorie)	cal	1 cal = 4.2 J
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส (degree celsius)	°C	°C = K – 273

ในทางวิทยาศาสตร์การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ อาจจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนหน่วยให้ อยู่ในหน่วยที่เหมาะสมโดยไม่ทำให้ค่าของปริมาณเปลี่ยนแปลง เช่น ในทางเคมีนิยมระบุพลังงาน ในหน่วยแคลอรี ในขณะที่หน่วยเอสไอของพลังงานคือจูล ดังนั้น นักเคมีจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วย พลังงานระหว่างแคลอรีและจูลเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน การเปลี่ยนหน่วยทำได้หลายวิธี ในที่นี้ จะใช้วิธีการเทียบหน่วย ซึ่งต้องใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

1.4.2 แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย (conversion factors) เป็นอัตราส่วนระหว่างหน่วยที่แตกต่างกัน 2 หน่วย ที่มีปริมาณเท่ากัน ตัวอย่างการหาแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยเป็นดังนี้

จากความสัมพันธ์พลังงาน $1\ cal = 4.2\ J$
เมื่อใช้ 1 cal หารทั้งสองข้างจะได้เป็น

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

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

หรือถ้าใช้ 4.2 J หารทั้งสองข้างจะได้เป็น

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

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

ดังนั้น แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยเขียนได้เป็น $\frac{1\ cal}{4.2\ J}$ หรือ $\frac{4.2\ J}{1\ cal}$

ในทางคณิตศาสตร์เมื่อคูณปริมาณด้วย “1” จะทำให้ค่าของปริมาณเดิมไม่เปลี่ยนแปลง และ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย และ ก็มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจึงสามารถนำแต่ละแฟกเตอร์ เปลี่ยนหน่วยไปใช้ในการเปลี่ยนหน่วยของปริมาณที่วัดจากหน่วยหนึ่งไปเป็นหน่วยอื่นโดยปริมาณ ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับตัวอย่างแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยนี้ ใช้เปลี่ยนหน่วยจูลให้เป็นแคลอรีหรือ แคลอรีให้เป็นจูล ตามลำดับ เช่น พลังงาน 20 cal สามารถเปลี่ยนเป็นหน่วยจูลได้ ดังนี้

$$\text{พลังงาน} = 20\ \text{cal} \times \frac{4.2\ \text{J}}{1\ \text{cal}}$$
$$= 84\ \text{J}$$

วิธีการเทียบหน่วย

วิธีการเทียบหน่วย (factor label method) ทำได้โดยการคูณปริมาณในหน่วยเริ่มต้นด้วย แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยที่มีหน่วยที่ต้องการอยู่ด้านบน ตามสมการ

$$\text{ปริมาณและหน่วยที่ต้องการ} = \text{ปริมาณและหน่วยเริ่มต้น} \times \frac{\text{หน่วยที่ต้องการ}}{\text{หน่วยเริ่มต้น}}$$

1.5 วิธีการทางวิทยาศาสตร์

การทำปฏิบัติการเคมีนอกจากต้องมีการวางแผนการทดลอง การทำการทดลอง การบันทึกข้อมูล การสรุปและวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการเขียนรายงานการทดลองที่ถูกต้อง แล้วต้องคำนึงถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) เป็นกระบวนการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีแบบแผนขั้นตอน โดยภาพรวมสามารถทำได้ดังนี้

1. การสังเกต เป็นจุดเริ่มต้นของการได้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ การมองเห็น การฟังเสียง การได้กลิ่น การรับรส และการสัมผัส จากข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสู่ข้อสงสัยหรือตั้งเป็นคำถามที่ต้องการคำตอบ ดังนั้นการสังเกตจึงเป็นทักษะที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. การตั้งสมมติฐาน เป็นการคาดคะเนคำตอบของคำถามหรือปัญหา โดยมีพื้นฐานจากการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิม โดยทั่วไปสมมติฐานจะเขียนในรูปของข้อความที่แสดงเหตุและผลที่เกิดขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งจะเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

3. การตรวจสอบสมมติฐาน เป็นกระบวนการหาคำตอบของสมมติฐาน โดยมีการออกแบบ การทดลองให้มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลอง รวมถึงขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน

4. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การตรวจสอบสมมติฐาน มารวบรวม วิเคราะห์ และอธิบายข้อเท็จจริง

5. การสรุปผล เป็นการสรุปความรู้หรือข้อเท็จจริงที่ได้จากการตรวจสอบสมมติฐาน และมีการเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนหน้า

ทั้งนี้ ในการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีรูปแบบที่ตายตัว โดยอาจมีรายละเอียดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคำถาม บริบท หรือวิธีการที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบ

นอกจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว การเขียนรายงานการทดลองเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน เพราะนอกจากจะช่วยให้ผู้ทำการทดลองมีข้อมูลไว้อ้างอิงแล้ว รายงานยังเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ผู้อื่นสามารถนำไปศึกษาและปฏิบัติตามได้ โดยหัวข้อที่ควรมีในรายงานการทดลองมีดังนี้

1. ชื่อการทดลอง
2. จุดประสงค์
3. สมมติฐานและการกำหนดตัวแปร
4. อุปกรณ์และสารเคมี
5. วิธีการทดลอง
6. ผลการทดลอง
7. อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

การศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific process skill) และจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถและความชำนาญในการคิดเพื่อค้นหาความรู้และแก้ไขปัญหา โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 14 ทักษะ คือ การสังเกต การวัด การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา การใช้จำนวน การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการสร้างแบบจำลอง

จิตวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกนึกคิด พฤติกรรมหรือลักษณะนิสัย ที่เป็นผลมาจากประสบการณ์และการเรียนรู้ ซึ่งมีอิทธิพลต่อความคิด การตัดสินใจ หรือพฤติกรรมของบุคคลต่อความรู้หรือ สิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความรอบคอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์

การที่นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ ย่อมจะทำให้ มีความฝักใฝ่ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และมีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องเหมาะสม

การศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากการเรียนรู้อย่างเป็นระบบตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ผู้เรียน ยังต้องคำนึงถึงจริยธรรมซึ่งเกี่ยวข้องกับความถูกต้องในการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตนเอง ผู้อื่น และ

สิ่งแวดล้อม ตัวอย่างจริยธรรมทางวิทยาศาสตร้ เช่น ความซื่อสัตย์ในการรายงานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลอย่างอิสระบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่ โดย ไม่ให้ข้อมูลจากแหล่งภายนอกมีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์และการตีความ การอ้างอิงแหล่งของข้อมูล ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ความรับผิดชอบต่อสังคมหรือสภาพแวดล้อม

ความรู้และทักษะปฏิบัติการต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาในบทเรียนนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้ วิชาเคมีบทอื่น ๆ ต่อไป