10303211 เคมีวิเคราะห์ 1

Analytical Chemistry1

สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2568

คะแนน

10303211 บรรยาย

- สอบกลางภาค (I) 28 % วัน-เวลาตามประกาศของมหาวิทยาลัย (ผศ.ดร.ธานินทร์)

  พฤ. 21 ส.ค. 68 12:00-15:00 น.

- กลางภาค (II) ส. 20 ก.ย. 68 8:00-11:00 น. ห้อง 2311

  Part 2 - 18% (ผศ.ดร.ธานินทร์)

  Part 3 – 11 % Part (ผศ.ดร.ศิริรัตน์)

- สอบปลายภาค 33% (ผศ.ดร.ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชล)
- เกรด A, B+, B, C+, C, D+, D, F (F<33) ช่วงคะแนนคิดตามหลักสถิติ)
- ความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย 3 เปอร์เซ็นต์ (ผศ.ดร.ศิริรัตน์)
- ความสามารถในการจัดการและทำงานร่วมกับผู้อื่น 2 เปอร์เซ็นต์ (ผศ.ดร.ศิริรัตน์)
- กระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา 2 เปอร์เซ็นต์ (ผศ.ดร.ธานินทร์)
- ทักษะการใช้ภาษาในการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี 2 เปอร์เซ็นต์ (ผศ.ดร.ธานินทร์)

รู้จักกับผู้สอน

Part 1 (สอบ Mid 1)

- เคมีวิเคราะห์
- การจัดการข้อมูล
- ความเข้มข้น

ผศ.ดร. ธานินทร์ แตงกวารัมย์
สาขาวิชาเคมีประยุกต์/เคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
เวบไซต์ appliedchem.mju.ac.th
http://appliedchem.mju.ac.th/wtms_webpageDetail.aspx?wID=1284

Scan here

Part 2 (สอบ Mid 2)

- สมดุลเคมี
- การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก

เพื่อความถูกต้องของฟ้อนท์ราชการ Th Sarabun New

ลงใน Windows/Fonts/ ก่อนเปิดไฟล์ pdf

Download ที่ http://www.f0nt.com/release/th-sarabun-new/

กำหนดการ Part 1 (อ.ดร.ธานินทร์)

- กลางภาค 1 สอบ 28 % พฤ. 21 ส.ค. 68 12:00-15:00 น.
- คะแนนจากรายงาน 4 %

  - ทำรายงานจากเปเปอร์ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับสถิติทางเคมี (Statistics for chemists) ความคลาดเคลื่อน (error) หรือสมดุลเคมี (chemical equilibrium) การวิเคราะห์ด้วยวิธีกราวิเมตริก (Graviametrics analysis) ความเข้มข้น คนละ 1 เปเปอร์ จาก www.sciencedirect.com, www.rsc.org, http://pub.acs.org

  - ปกสีฟ้า

  - ส่งรายงานภายใน จ.-ศ. ที่ 15 – 29 ก.ย. 68 ก่อน 16.00 น. ในล็อคเกอร์ของ ผศ.ดร.ธานินทร์ แตงกวารัมย์ หน้าห้อง 2310

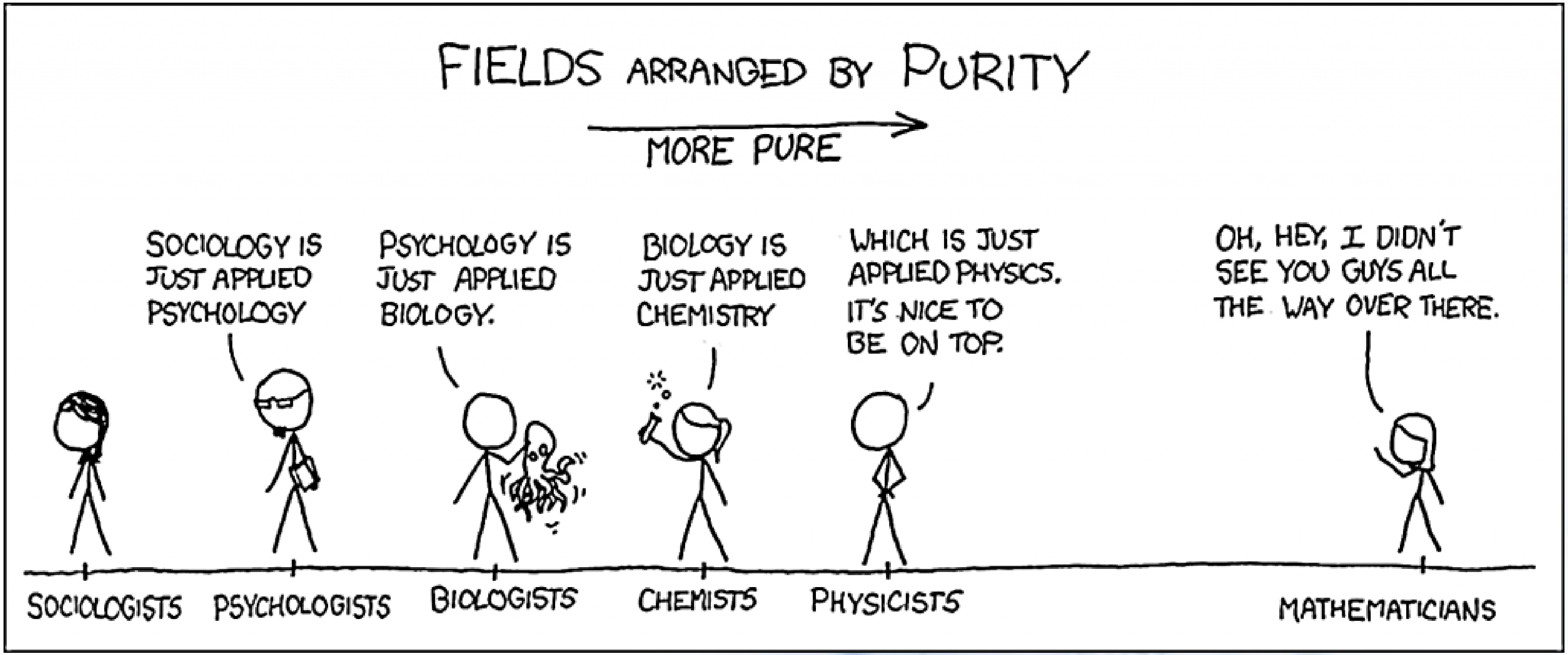
หนังสืออ่านประกอบ

- ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์, เคมีวิเคราะห์, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2546.
- แม้น อมรสิทธิ และอมร เพชรสม, หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ, ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2534.
- ชูติมา ศรีวิบูลย์, เคมีวิเคราะห์พื้นฐาน, รามคำแหง, กรุงเทพฯ, 2547.
- ธวัชชัย ศรีวิบูลย์, เคมีวิเคราะห์ 2, รามคำแหง, กรุงเทพฯ, 2535.
- D. C. Harris, Quantitative Chemical Analysis, 5th ed., Freeman, 1998.
- D. A. Skoog, D. M. West and F. J. Holler, Fundamentals of Analytical Chemistry, 8th ed., Thomson Brooks/Cole, 2004.

ลักษณะที่ต้องการของ นศ. เคมีวิเคราะห์

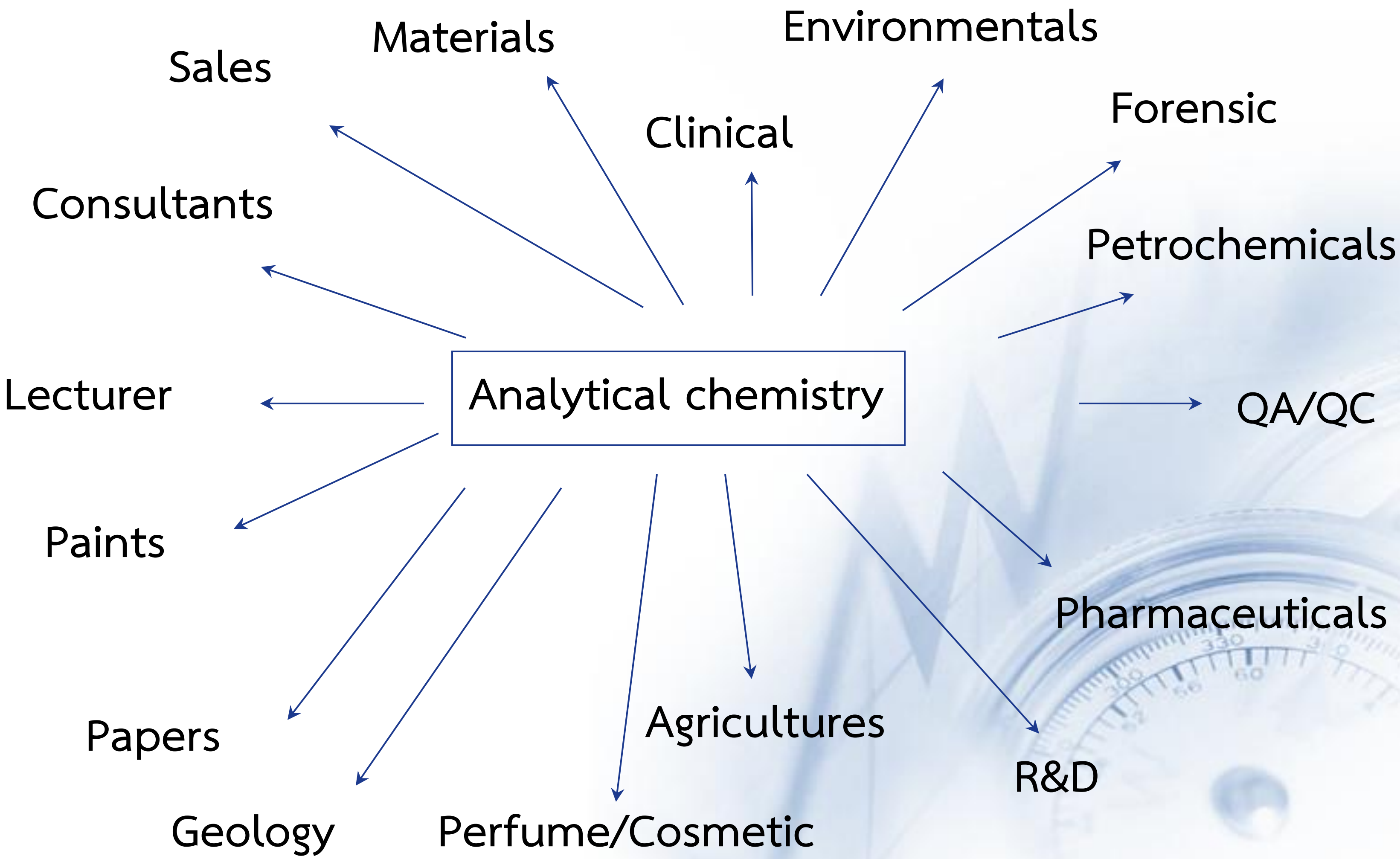
- สังเกต สงสัย มีเหตุมีผล
- อยากรู้อยากเห็น ใฝ่รู้ และรู้รอบ
- เสาะแสวงข้อมูล สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เนตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น google.com, yahoo.com, sciendirect.com, pub.acs.org, rsc.org
- อดทน อดกลั้น ตรงต่อเวลา
- ชอบคำนวณ สถิติ

Where are chemists?



https://gehrcke.de/

นักเคมีวิเคราะห์



1. เคมีวิเคราะห์ (Analytical chemistry)

- เคมีวิเคราะห์ คือ ?

เป็นวิชาแขนงหนึ่งทางเคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารทั้งแบบคุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative analysis) และปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative analysis)

Qualitative analysis คือการวิเคราะห์หาชนิดของสารเคมีในตัวอย่าง
Quantitative analysis คือการวิเคราะห์หาปริมาณของสารเคมีในตัวอย่าง

ตัวอย่างการวิเคราะห์สารเคมีที่ทำให้ปลาตาย ต้องทำการวิเคราะห์แบบคุณภาพวิเคราะห์ก่อนว่ามีสารเคมีอะไรที่เป็นสาเหตุทำให้ปลาตาย แล้วจึงทำการวิเคราะห์แบบปริมาณวิเคราะห์ว่าปริมาณของสารเคมีนั้นมีปริมาณเท่าไหร่

เคมีวิเคราะห์

- การวิเคราะห์ทางเคมีแบ่งได้เป็น 2 แบบ

1. การวิเคราะห์แบบแผนเดิม (Classical or wet analysis) ได้แก่การวิเคราะห์โดยใช้การตวงวัดธรรมดาทางเคมี เช่นปิเปต บิวเรต กระบอกตวง เครื่องชั่ง

   การวิเคราะห์แบบแผนเดิมแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

   (1) การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric analysis)

   (2) การวิเคราะห์แบบวัดปริมาตร (Volumetric analysis)

การวิเคราะห์ทางเคมี (ต่อ)

2. การวิเคราะห์โดยอุปกรณ์ (Instrumental analysis) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือทันสมัย ซึ่งจะวัดสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารที่สนใจและเปลี่ยนให้เป็นปริมาณของสารได้

   การวิเคราะห์โดยอุปกรณ์ได้แก่

   (1) การใช้เทคนิคทางแสง (Photometry)

   (2) เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemistry)

   (3) เทคนิคการแยกและทำให้สารมีความเข้มข้นมากขึ้น Chromatography)

   (4) เทคนิคการใช้รังสี

ขั้นตอนการวิเคราะห์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก

1. การเก็บสารตัวอย่าง (Sampling) เป็นขั้นตอนของการเก็บ และเคลื่อนย้ายสารตัวอย่างเพื่อให้สารตัวอย่างไม่สูญหายจนกว่าจะทำการวิเคราะห์ เช่นการเก็บตัวอย่างที่เป็นโลหะควรเก็บในขวดโพลีเอทีลีนแทนขวดแก้ว
2. การเลือกวิธีวิเคราะห์ (Method of analysis)

ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจในการเลือกวิธีวิเคราะห์

- ความแม่น (Accuracy) จะต้องพยายามเลือกวิธีวิเคราะห์ให้ผลใกล้เคียงกับค่าจริง
- ระดับความไว (Sensitivity) ระดับสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากตัวอย่างควรมีค่าสูง

ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจในการเลือกวิธีวิเคราะห์

- ความเลือกเฉพาะ (Selectivity) วิธีวิเคราะห์ที่มีความเลือกเฉพาะสูงจะปราศจากการรบกวนจากสารอื่น
- ความเร็วของการวิเคราะห์ (Speed) การวิเคราะห์ควรทำได้อย่างรวดเร็ว
- ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ (Cost) ควรมีราคาถูก
- การยอมรับในแง่กฎหมาย (Legality) ควรมีการใช้เครื่องมือที่ถูกต้องที่ระบุไว้ในมาตรฐานต่างๆ เช่น สมอ., อย., AOAC, ASTM

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (ต่อ)

3. การขจัดสารรบกวนการวิเคราะห์ (Removing of interference)

   - การแยก (separation)

   - การตกตะกอน (precipitation)

   - การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

   - การแยกโดยโครมาโทรกราฟี (chromatography)

   - การทำมาสคิง (Masking) การเปลี่ยนสารรบกวนให้เป็นสารอีกชนิดที่ไม่รบกวนการวิเคราะห์

4. การแปลความหมาย (Quantitation)

   คือการนำสัญญาณที่ได้มาแปลเป็นปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์

5. การประเมินผลการวิเคราะห์ (Evaluation)

   การประเมินความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ ความเชื่อมั่นของการวิเคราะห์ต้องอาศัยความรู้ทางสถิติมาช่วย

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

- เป็นการประเมินผลการวิเคราะห์โดยใช้หลักทางสถิติ ซึ่งได้แก่การสำรวจความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์ผลเพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์ให้เกิดความแม่นยำ ตลอดจนการรายงานผลทดลอง
  - การวิเคราะห์ความเที่ยงของวิธีทั้ง 2 วิธี
  - การวิเคราะห์ความแม่นของวิธีทั้ง 2 วิธี
  - การตัดข้อมูลทิ้ง

ความแม่น (Accuracy)

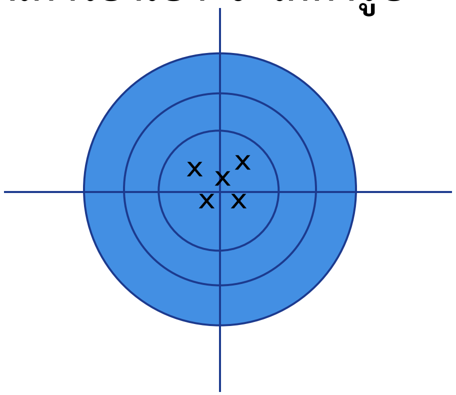
คือค่าที่บอกถึงปริมาณที่แท้จริงของสารนั้น ถ้าการวัดมีค่าตรงกับค่าจริง ถือว่าการวัดนั้นมีความแม่น

ความเที่ยง (Precision)

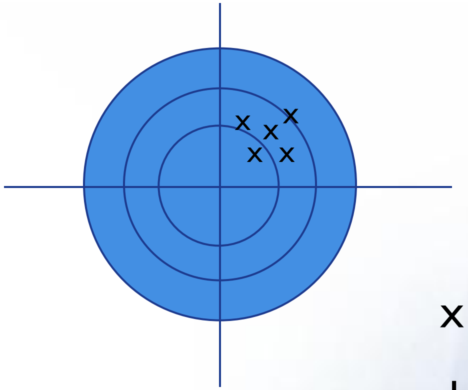
หมายถึงการทำซ้ำกันหลายๆ ครั้ง แล้วได้ผลที่ตรงกันทุกครั้ง

ความแม่น (Accuracy ; A) vs. ความเที่ยง (Precision ; P)

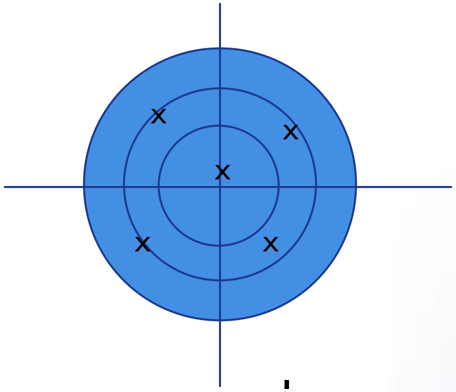
ถ้าเปรียบ เสมือนการยิงเป้า จะได้ดังรูป



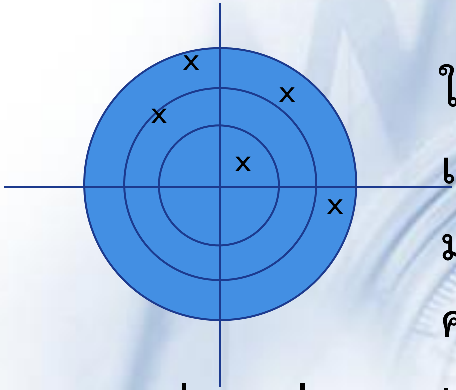
A สูง P สูง



A ต่ำ P สูง



A สูง P ต่ำ



A ต่ำ P ต่ำ

x = ลูกปืนที่โดนเป้า

\+ = จุดที่ต้องการยิงให้โดน (ความแม่น)

ในด้านการวิเคราะห์ต้องการเครื่องมือที่มีความเที่ยงมากกว่าความแม่น เพราะถ้าความเที่ยงสูง สามารถปรับเครื่องมือให้มีความแม่นได้ง่าย

ความคลาดเคลื่อน (Error)

- เป็นตัวเลขที่แสดงให้ทราบว่าความแม่นของการวัดมีมากน้อยแค่ไหน นิยมรายงาน 3 แบบคือ
- ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ = $x_i - \mu$
- เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \dfrac{(\bar{x} - \mu)}{\mu} \times 100$
- เปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ $\%RSD = \dfrac{S}{\bar{x}} \times 100$

(ในการรายงานผล %RSDไม่ควรเกิน 10%)

- x_i = ค่าของการวิเคราะห์ที่ I , $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์
- μ = ค่าจริง

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูล x_1, x_2,...x_N หาได้จาก

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 .....(x_N - \bar{x})^2}{N-1}}$$

N = ครั้งที่ N ของการวิเคราะห์

N-1 = degree of freedom

ชนิดของความคลาดเคลื่อน

- แบ่งออกเป็น 2 ชนิด
- แบบความคุมได้ และแบบควบคุมไม่ได้

1. แบบควบคุมได้ (Determinate error) ทราบว่าเป็นความคลาดเคลื่อนที่มีผลไปทางบวกหรือลบ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้สามารถแก้ไขได้ ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้เกิดจากการอ่านมาตรวัดไม่ถูกต้อง การวิเคราะห์ที่ไม่ดำเนินการตามวิธีทดลอง

2. แบบควบคุมไม่ได้ (Indeterminate error) หรือเรียกว่า random error เป็นความคลาดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเป็นไปได้ตามโอกาสของความน่าจะเป็น

ความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมได้ (Determinate error)

- เนื่องจากอุปกรณ์ (Instrumental error)
  - เกิดจากการใช้เครื่องมือที่ไม่ได้ calibrate
  - เกิดจากเครื่องมือที่ไม่ได้รักษามาตรฐาน เช่น ขาดความสะอาด
- เนื่องจากรีเอเจนต์ (Reagent error)
  - เกิดจากการใช้รีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ

ความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมได้ (Determinate error) (ต่อ)

- เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์ (Method error)

  - เช่นการวิเคราะห์โดยตกตะกอน จะเกิดความผิดพลาดขึ้นเนื่องจากตะกอนที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิด 100%, การล้างตะกอนทำให้ตะกอนสูญหาย, การละลายของตะกอน, การใช้สารละลายที่น้อยกว่าการคำนวณทำให้ได้ตะกอนไม่หมด

- เนื่องจากผู้วิเคราะห์เอง (Personal error)

  - เกิดจากการขาดความระมัดระวัง ความรับผิดชอบของผู้วิเคราะห์ เช่นการตวงที่ผิดวิธี การอ่านบิวเรตที่ผิดวิธี ความเที่ยงธรรมในการบันทึกผล ความซื่อสัตย์ของผู้ทดลอง

ความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมได้ (Determinate error) (ต่อ)

- ผลของความคลาดเคลื่อนที่มีผลต่อการวิเคราะห์ 3 แบบ

- ซีสเต็มเมติก (Systematic error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่มีผลไปทางเดียว คือไม่ไปทางบวกก็ไปทางลบ เกิดจากระบบที่ควบคุมได้ยากเช่นอุณหภูมิ อัตราการผสมสาร การคนสารละลาย

- แบบคงที่ (Constant error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่คงที่ทุกการทดลองไม่ว่าจะเปลี่ยนปริมาณของสารตัวอย่างเป็นเท่าไหร่ก็ตาม เกิดจากการใช้รีเอเจนต์ที่มีสารปนเปื้อน

- แบบแปรผัน (Proportional error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เป็นปฏิภาคกับปริมาณขององค์ประกอบของสารที่ต้องการวิเคราะห์ เกิดจากการมีสารตัวอย่างชนิดอื่นปนเปื้อน

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมได้

- ทำการวิเคราะห์กับสารมาตรฐานที่ทราบค่า เพื่อปรับปรุงวิธีวิเคราะห์
- ทดสอบกับแบลงค์ (Blank determination) เป็นการหาความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากรีเอเจนต์และสภาพที่เกี่ยวข้อง
- การเปลี่ยนขนาดของสารตัวอย่าง จะทำให้ทราบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นแบบแปรผันหรือแบบคงที่

ความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมไม่ได้

- เกิดจากการผันแปรของวิธีการวิเคราะห์และมาตรวัดต่างๆ และอยู่เหนือการควบคุมของผู้วิเคราะห์ เช่นการอ่านอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ที่มีสเกล 0.1 °C แต่เราต้องการ 0.01 °C ทำให้การอ่านไม่สามารถควบคุมได้
- การแก้ไขต้องใช้สถิติมาควบคุม เช่นการอ่านอุณหภูมิ ต้องให้ 100 คนมาอ่านแล้วพลอตกราฟระหว่างจำนวนคนที่อ่านได้ (y) และค่าอ่านได้ (x) ซึ่งเรียกกราฟดังกล่าวว่า “นอร์มัลแอร์เรอะเคิรฟ” ค่าที่แท้จริงคือค่าที่มีคนอ่านได้มากที่สุด

ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) (ต่อ)

- ใช้ในการรายงานผลการทดลอง
- การรายงานผลการทดลอง ถ้าใช้จำนวนประชากร จะใช้

$$\mu = x \pm z\sigma$$

σ คือค่าเบี่ยงเบนของประชากร

ค่า z จะแปรผันตามเปอร์เซนต์ลิมิตของความเชื่อมั่น

ช่วงความเชื่อมั่นจะลดลง $(N)^{1/2}$ เท่าสำหรับค่าเฉลี่ยของการวัด N ครั้งและใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) แทนค่าจากการวัด x

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{z\sigma}{\sqrt{N}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) (ต่อ)

- แต่ในความเป็นจริงการวัดจะไม่สามารถใช้จำนวนประชากรทั้งหมดได้ ดังนั้น จะใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจริง (**σ**)

พร้อมกับเปลี่ยนจากการใช้ z มาเป็น t ซึ่งค่า t จะแปรผันตามจำนวนสมาชิกในแต่ละเซตของการวัด (N) ในตาราง t จะใช้ระดับขั้นของความเสรี (N-1) แทน N

ช่วงความเชื่อมั่นที่ลิมิตของความเชื่อมั่นหนึ่งๆ (confidence limit) โดยใช้ t หาได้จากสมการ (ยังคงใช้จำนวนตัวอย่างเป็น N)

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{N}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) (ต่อ)

- ตัวอย่าง การหาปริมาณเหล็กได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12 และต้องการให้ได้ลิมิตของความเชื่อมั่น 95% เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยห่างจากค่าจริงที่ช่วง ±0.04 จะต้องทำการวัดซ้ำๆ กันกี่ครั้ง (ให้ t ที่ 95% ที่ระดับขั้นเสรีเท่ากับ ∞ = 1.96)

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{N}}$$

$$\mu - \bar{x} = \pm 0.04$$

$$\frac{ts}{\sqrt{N}} = \pm 0.04$$

$$\sqrt{N} = \frac{1.96}{0.04} \times 0.12 = 5.8 \approx 6$$

$$N = (6)^2 = 36$$

ตอบ ต้องทำการวัดซ้ำๆ กัน 36 ครั้ง

ค่า t ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Degree of freedom	Factor for confidence interval, 95%t
1	12.7
2	4.30
3	3.18
4	2.78
5	2.57
6	2.45
7	2.36
8	2.31
9	2.26
10	2.23
11	2.20
12	2.18
13	2.16
14	2.14
∞	1.96

ตย. สารตัวอย่างเลือดเมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่ามีเปอร์เซนต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.084, 0.089 และ 0.079 ppm จงคำนวณหา 95% confidence limit ของค่าเฉลี่ย mean ตามเงื่อนไขดังนี้ (1) ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความแน่นอนของการทดลอง และ (2) s ≈ ∞ = 0.005% ของแอลกอฮอล์

วิธีทำ (1)

$$\bar{x} = \left(\frac{0.084 + 0.089 + 0.079}{3}\right)$$

$$= 0.084$$

$$s = \sqrt{\frac{(0.084-0.084)^2 + (0.089-0.084)^2 + (0.079-0.084)^2}{3-1}}$$

$$= 0.0050$$

จากตาราง t ที่ 95% และระดับขั้นเสรี = 2 มีค่า t = ±4.30

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{N}}; \qquad \mu = 0.084 \pm \frac{4.30 \times 0.0050}{\sqrt{3}}$$

$$= 0.084 \pm 0.012$$

(2) เมื่อ σ = 0.005

ที่ 95% confidence limit

$$\mu = 0.084 \pm \frac{z\sigma}{\sqrt{N}}$$

$$= 0.084 \pm \frac{1.96 \times 0.0050}{\sqrt{3}}$$

$$= 0.084 \pm 0.006$$

การตัดค่าที่สงสัยออก (Rejection of data)

- ใช้ตัดค่าที่ต่างจากกลุ่มมากๆ
- ใช้หลักสถิติ Q-test
- เรียงข้อมูลจากน้อยไปมากเป็น $x_1, x_2, x_3, \ldots x_{n-1}, x_n$
- $Q_{cal} > Q_{crit}$ ตัดค่าที่สงสัยทิ้งได้
- $Q_{cal} < Q_{crit}$ ตัดค่าที่สงสัยทิ้งไม่ได้

กรณีที่ค่าที่สงสัยเป็นค่าน้อยที่สุด

$$Q_{cal} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$$

กรณีที่ค่าที่สงสัยเป็นค่ามากที่สุด

$$Q_{cal} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$$

ค่า Q_{crit} ที่ 90% (Critical value for rejection quotient, Q)

จำนวนค่าที่วัด	Q_{crit} (90% confidence)
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

การตัดค่าที่สงสัยออก (Rejection of data)

ตย. การวัดปริมาณของปรอทในปลาชนิดหนึ่งได้ข้อมูล 5.12, 6.82, 6.12, 6.32, 6.32, 6.22 และ 6.02 ppm จงตัดข้อมูลที่สงสัยทิ้งโดยใช้ค่า Q_{crit} ที่ 90% CL

วิธีทำ เรียงข้อมูลจากน้อยไปมาก 5.12, 6.02, 6.12, 6.22, 6.32, 6.32, 6.82

ค่าต่ำสุดคือ 5.12 และค่าสูงสุด 6.82

ทดสอบค่าต่ำสุด 5.12

$$Qcal = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$$

$$= \frac{6.02 - 5.12}{6.82 - 5.12} = 0.53$$

จากตารางค่า $Q_{crit}(n=7) = 0.51$

Qcal > Qcrit ตัดค่าที่สงสัยทิ้งได้ นั่นคือ 5.12 ppm ตัดทิ้งได้

ทดสอบค่าสูงสุด 6.82

$$Qcal = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$$

$$= \frac{6.82 - 6.32}{6.82 - 6.02} = 0.625$$

จากตารางค่า $Q_{crit}(n=6) = 0.56$

•$Q_{cal} > Q_{crit}$ ตัดค่าที่สงสัยทิ้งได้ นั่นคือ 6.82 ppm ตัดทิ้งได้

ทดสอบค่าสูงถัดมา 6.02

$$Qcal = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$$

$$= \frac{6.12 - 6.02}{6.32 - 6.02} = 0.33$$

จากตารางค่า $Q_{crit}(n=5) = 0.64$

ถ้า $Q_{cal} < Q_{crit}$ ตัดค่าที่สงสัยทิ้งไม่ได้

นั่นคือ 6.02 ppm ตัดทิ้งไม่ได้

ค่าที่ใช้ได้คือ 6.02, 6.12, 6.22, 6.32, และ 6.32 ppm

Quiz

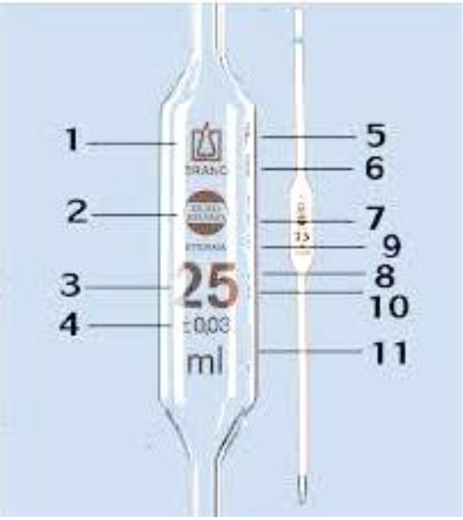
ในกระบวนการวิเคราะห์ทางเคมี ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ได้แก่ 1. การเก็บตัวอย่าง 2. การเลือกวิธีวิเคราะห์ 3. การขจัดสารบกวน 4. การแปลความหมายข้อมูล และ 5. การประเมินผลการวิเคราะห์
นักศึกษาคิดว่าขั้นตอนใดสำคัญที่สุด อธิบาย

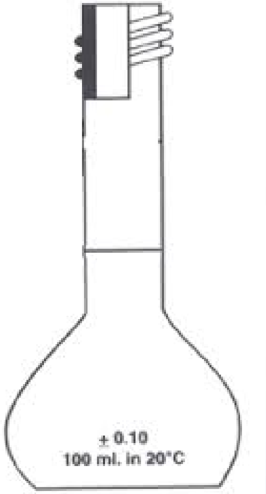
ตัวเลขนัยสำคัญ (Significant figure)

- บอกถึงความเที่ยงตรงของการวัด
- ประกอบด้วยตัวเลขทุกตัวที่แสดงความแน่นอน (certainty) และความไม่แน่นอน (uncertainty)
- ถ้าไม่ระบุความไม่แน่นอนกำกับไว้ท้ายตัวเลข ถือว่ามีความไม่แน่นอนเท่ากับ ±1 ของตัวเลขสุดท้าย เช่น NaCl หนัก 33.07 กรัม จะถือว่าปริมาณของ NaCl มีค่าอยู่ระหว่าง 33.06 และ 33.08 กรัม
- ถ้ามีเลขความไม่แน่นอนกำกับไว้ เช่น NaCl หนัก 33.07 ± 0.04 กรัม หมายความว่ามี NaCl อยู่ระหว่าง 33.03 และ 33.11 กรัม

ตัวเลขนัยสำคัญ (Significant figure)

- การรายงานตัวเลขของปริมาตรจากเครื่องมือและเครื่องแก้ว
- ให้อ่านที่เลขนัยสำคัญของเครื่องมือซึ่งมีบวกลบไว้ หากไม่มีให้ ± 1 ของตัวเลขสุดท้าย





ปิเปตมีความไม่แน่นอน ± 0.03 mL
ปริมาตรมีความคลาดเคลื่อนในช่วง
24.97 – 25.03 mL ตามหลักนัยสำคัญ
หากรายงานเป็น 25.00 mL จะถูกต้อง✓
หากรายงานเป็น 25.0 mL จะผิด✗
หากรายางานเป็น 25.000 mL จะผิด ✗

ขวดวัดปริมาตรมีความไม่แน่นอน ± 0.10 mL
ปริมาตรมีความคลาดเคลื่อนในช่วง
99.90 – 100.10 mL ตามหลักนัยสำคัญ
หากรายงานเป็น 100.00 mL จะถูกต้อง✓
หากรายงานเป็น 100.0 mL จะผิด✗
หากรายางานเป็น 100.000 mL จะผิด ✗

เครื่องชั่งมีความไม่แน่นอน ± 0.0001 g
หากชั่งน้ำหนักได้ 1.0000 g
จะมีความคลาดเคลื่อนในช่วง
0.9999 – 1.0001 g ตามหลักนัยสำคัญ
หากรายงานเป็น 0.0000 g จะถูกต้อง✓
หากรายงานเป็น 0.000 g จะผิด✗
หากรายางานเป็น 0.00000 g จะผิด ✗

ภาพประกอบจาก gooogle.com

หลักการนับเลขนัยสำคัญ

- ตัวเลขศูนย์ถือว่าเป็นเลขนัยสำคัญ ยกเว้นเลขศูนย์ที่นำหน้าตัวเลขทั้งหมด

  358 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

  0.0003582 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

  305.9 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

  305.80 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

  0.00305800 มีเลขนัยสำคัญ 6 ตัว

- เลขยกกำลังให้นับดังนี้

  4×10^3 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

  4.02×10^3 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

  4.00×10^3 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

แบบของความไม่แน่นอน

- ความไม่แน่นอนแบบสัมบูรณ์ (absolute uncertainty) คือความไม่แน่นอนที่ได้จากตัวเลขสุดท้ายของข้อมูล บวกหรือลบ ด้วยเลข 1 เช่นการวัดปริมาตรได้ 20.05 ลบ.ซม. มีความไม่แน่นอนสัมบูรณ์ = ±0.01 ลบ.ซม.
- ความไม่แน่นอนแบบสัมพัทธ์ (relative uncertainty) ค่าความไม่แน่นอนสมบูรณ์หารด้วยตัวเลขของความแน่นอน ปกตินิยมบอกเป็นเปอร์เซนต์โดยคูณด้วย 100 จากตัวอย่างข้างต้นมีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์เท่ากับ

$$= \pm \frac{0.01}{20.05}$$

หรือเป็นเปอร์เซนต์ $= \pm \frac{0.01}{20.05} \times 100$

$$= 0.05\%$$

การปัดตัวเลขนัยสำคัญ

- ตัวเลขตามหลังเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายมากกว่า 5 ให้ปัดขึ้น ถ้าน้อยกว่า 5 ให้ตัดทิ้ง เช่น 9.47 ปัดเป็น 9.5 แต่ 5.23 ตัดทิ้งเป็น 5.2
- ตัวเลขตามหลังตัวเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลข 5

  - ถ้าเป็นเลขคู่หรือ 0 ให้ปัดเลข 5 ที่ตามทิ้ง เช่น

    8.650 หรือ 8.65 ปัดเป็น 8.6

    7.805 หรือ 7.8050 ปัดเป็น 7.80

  - ถ้าเป็นเลขคี่ให้ปัด 5 ที่ตามทิ้ง แล้วบวกตัวเลขตัวสุดท้ายให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมด้วย 1 เช่น

    72.35 หรือ 72.350 ปัดเป็น 72.4
- ตัวเลขที่ตามหลังเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายเป็นเลข 5 และมีตัวเลขตามหลังเลข 5 ไม่ว่าเป็นเลขอะไรก็ตาม (ยกเว้น 0) เมื่อปัดเลข 5 ทิ้งแล้วจะต้องเปลี่ยนเลขนัยสำคัญให้มีค่าเพิ่มขึ้น 1 เสมอ เช่น 1.2453 หรือ 1.2456 ปัดเป็น 1.25

การคำนวณเลขนัยสำคัญ

- การบวกและลบ ให้คงเหลือจำนวนเลขหลังทศนิยมไว้ให้เท่ากับจำนวนเลขที่อยู่หลังทศนิยมที่มีจำนวนน้อยที่สุด เช่น

  20.2 + 3.024 + 0.31 = 23.534 ปัดเป็น 23.5

  523.341 - 29.63 = 493.711 ปัดเป็น 493.71

- การคูณและหาร จำนวนตัวเลขที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยที่สุดจะเป็นตัวกำหนดจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของผลลัพธ์

  เช่น 21.1 x 0.029 x 83.2 = 50.91008 ปัดเป็น 51

  291 x 272 / 0.086 = 920,372 ปัดเป็น 9.2×10^5

การคำนวณเลขนัยสำคัญ

- ลอกะริทึม (logarithms) และแอนทิลอกะริทึม (antilogarithms)ให้ถือว่า แมนทิสสะ เป็นตัวเลขแสดงนัยสำคัญ

เช่น Log 122 = 2.086 ให้นับว่ามีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

แคริกเตอริสติก (2) แมนทิสสะ (.086)

ตย. จงหา pH ของ HCl เข้มข้น 2.0×10^{-3} M ตอบโดยแสดงเลขนัยสำคัญ

วิธีทำ pH = $-\log(2.0 \times 10^{-3}) = 2.70$

จากโจทย์ HCl เข้มข้น 2.0×10^{-3} M ที่ต้องใส่ถอด log ซึ่งมีนัยสำคัญ 2 ตำแหน่ง การนับเลขนัยสำคัญให้นับแมนทิสสะ คือทศนิยม .70 ส่วนเลข 2 ไม่ใช่ เลขนัยสำคัญ

ตอบ pH = 2.70

การทดสอบวิธีวิเคราะห์สองวิธีให้ผลแตกต่างกันหรือไม่

ใช้ในกรณีที่ต้องการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ใหม่ๆ ว่ามีความแม่นและความเที่ยงมากน้อยแค่ไหน โดยนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานอื่น

- เปรียบเทียบความเที่ยง ใช้ F-test
- เปรียบเทียบค่าความถูกต้อง ใช้ T-test

หลักการจำ

F = Error = ความเที่ยง = F-test

T = True = ถูกต้อง = T-test

การทดสอบแบบ *F*-Test

- เป็นการทดสอบว่าแวเรียนซจาก 2 วิธีวิเคราะห์ว่าแตกต่างกันหรือไม่

สูตร $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ โดยที่ $s_1^2 > s_2^2$

เมื่อ s_1^2 คือ แวเรียนซ ของผลการทดลองโดยวิธีที่ 1

s_2^2 คือ แวเรียนซ ของผลการทดลองโดยวิธีที่ 2

ระดับขั้นความเสรี จะถูกใช้ในตาราง F

v_1 คือ ระดับขั้นความเสรี ของการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1 = $N_1 - 1$

v_2 คือ ระดับขั้นความเสรี ของการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 2 = $N_2 - 1$

ถ้า $F_{cal} > F_{crit}$ แสดงว่าความเที่ยงของ 2 วิธีแตกต่างกัน

ถ้า $F_{cal} < F_{crit}$ แสดงว่าความเที่ยงของ 2 วิธีไม่แตกต่างกัน

ตาราง F_{crit} ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$\nu_1 = n_1 - 1$ / $\nu_2 = n_2 - 1$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	19	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40
3	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785
4	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964
5	5.786	5.409	5.192	5.05	4.95	4.876	4.818	4.772	4.735
6	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.06
7	4.737	4.347	4.12	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637
8	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.5	3.438	3.388	3.347
9	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.23	3.179	3.137
10	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.02	2.978

การทดสอบแบบ *F*-Test (ต่อ)

- ในการวิเคราะห์หาคลอไรด์ในน้ำด้วยวิธีวิเคราะห์ 2 วิธีต่อสารตัวอย่างเดียวกัน จงวิเคราะห์ว่าความเที่ยงของทั้งสองวิธีแตกต่างกันหรือไม่

วิธีที่ 1 (mg/dm^3)

229, 225, 223, 231, 230, 226 และ 227

วิธีที่ 2 (mg/dm^3)

227, 225, 231, 229, 230 และ 228

การทดสอบแบบ *F*-Test (ต่อ)

วิธีทำ

หาค่าเฉลี่ย (mean) และ ความแปรปรวน (s^2) ของวิธีที่ 1

$$\bar{x} = \left(\frac{229+225+223+231+230+226+227}{7}\right)$$

$$= \frac{1591}{7}$$

$$= 227$$

$$s = \sqrt{\frac{(229-227)^2+(225-227)^2+(223-227)^2+(231-227)^2+(230-227)^2+(226-227)^2+(227-227)^2}{(7-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{50}{6}}$$

$$s^2 = \frac{50}{6}$$

$$= 8.3$$

การทดสอบแบบ *F*-Test (ต่อ)

- วิธีทำ
- หาค่าเฉลี่ย (mean) และ ความแปรปรวน (s^2) ของวิธีที่ 2

$$\bar{x} = \left(\frac{227+225+231+229+230+228}{6}\right)$$

$$= \frac{1370}{6}$$

$$= 228$$

$$s = \sqrt{\frac{(227-228)^2+(225-228)^2+(231-228)^2+(229-228)^2+(230-228)^2+(228-228)^2}{(6-1)}}$$

$$s = \sqrt{\frac{24}{5}}$$

$$s^2 = \frac{24}{5}$$

$$= 4.8$$

การทดสอบแบบ *F*-Test (ต่อ)

$$F = \frac{8.3}{4.8} = 1.73$$

- เปิดตาราง F ที่ $v_1=6$, $v_2= 5$ ที่ 95% จะได้ $F_{crit}=4.95$

ถ้า $F_{cal} < F_{crit}$ แสดงว่าความเที่ยงของ 2 วิธีไม่แตกต่างกัน

เราได้ F_{cal} (1.73) < F_{crit} (4.95)

ตอบ ความเที่ยงของทั้งสองวิธี ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

- เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของ 2 วิธี
- เป็นการเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์ที่ต้องการทดสอบ (test method) กับวิธีวิเคราะห์ที่ยอมรับอยู่แล้ว (accepted method)
- ถ้า $t_{cal} > t_{crit}$ แสดงว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีต่างกัน
- ถ้า $t_{cal} < t_{crit}$ แสดงว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน
- มีทั้งหมด 3 วิธีคือ

1. ทราบค่าผลการวิเคราะห์ที่เป็นที่ยอมรับของสารตัวอย่างอยู่แล้ว
2. โดยทำการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีต่อสารตัวอย่างชนิดเดียว
3. โดยทำการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีต่อสารตัวอย่างหลายชนิด

การทดสอบวิธีวิเคราะห์สองวิธีให้ผลแตกต่างกันหรือไม่

ในกรณีที่ใช้ค่าจากโปรแกรมทางสถิติหรือใช้สเปรดชีทในการคำนวณ ซึ่งพบในวารสารทางวิชาการ จะใช้ค่า พี-แวยู (*P*-value) ที่ 0.05 เป็นเกณฑ์เทียบ (Critical value)

การแปรผลจากค่า *P*-value โปรแกรมจะทำการคำนวณค่า *P*-value ออกมา และสรุปให้ว่า *P น้อยกว่า* หรือ *มากกว่า 0.05* ให้แปรความหมายคือ

$P < 0.05$ ความแม่นแตกต่างกัน (Sig.)

$P > 0.05$ ความไม่แตกต่างกัน (Non-Sig.

ข้อสังเกตุ ทิศทางของ $P < 0.05$ แปรความหมายได้แบบเดียวกันกับ $t_{cal} > t_{crit}$

สำหรับวิธีการคำนวณหาค่า *P*-value จะไม่กล่าวถึงในวิชานี้

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

- 1. ทราบค่าผลการวิเคราะห์ที่เป็นที่ยอมรับของสารตัวอย่างอยู่แล้ว

ตัวอย่าง การปรับปรุงวิธีวิเคราะห์หาตะกั่วในเส้นผม โดยการสลายให้เป็นสารละลายของ Pb^{2+} แล้วหาปริมาณด้วย AA spectrophotometry ในการทดสอบความเป็นไปได้ที่วิธีวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถใช้ในการวิเคราะห์ตะกั่วในเส้นผมได้หรือไม่นั้น ท่านได้รับสารตัวอย่างที่เป็นที่ยอมรับจากสภาวิจัยแห่งชาติและผลของการวิเคราะห์สารตัวอย่างนี้โดยวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและระบุค่าเท่ากับ 10.9 ppm ถ้าท่านนำสารตัวอย่างเดียวกันนี้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ที่ท่านปรับปรุง โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ย 11.8 ppm และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น ±0.7 ppm วิธีวิเคราะห์ของท่านให้ค่าที่ถูกต้องในเชิงสถิติที่ลิมิตความเชื่อมั่น 95% หรือไม่

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

วิธีทำ หา t_{cal} จากสูตร $\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{N}}$

$$\pm t = (\bar{x} - \mu) \times \frac{\sqrt{N}}{s}$$

$$= (11.8-10.9) \times \frac{\sqrt{5}}{0.7}$$

$$=2.9$$

การทดลอง 5 ครั้ง ค่าระดับขั้นความเสรี = 5-1 = 4 จากตาราง t (หน้า 29) ได้ค่า t_{crit} ที่ลิมิตความเชื่อมั่น 95% มีค่า 2.776

- ดังนั้น $t_{cal} > t_{crit}$ แสดงว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีต่างกัน

ตอบ วิธีวิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานที่สภาวิจัยทำแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากวิธีที่ท่านปรับปรุง

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

- 2. โดยทำการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีต่อสารตัวอย่างชนิดเดียว

เป็นการทดสอบที่ใช้วิธีวิเคราะห์แรกเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ต้องการทดสอบกับวิธีที่สองเป็นวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ

สูตร $$\pm t = \left(\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p}\right) \times \sqrt{\frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum[(x_i)_1 - \bar{x}_1)]^2 + \sum[(x_i)_2 - \bar{x}_2)]^2 + \ldots\ldots \sum[(x_i)_k - \bar{x}_k)]^2}{N - k}}$$

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots\bar{x}_k$ เป็นค่าเฉลี่ยแต่ละเซตของการวัด (มีทั้งหมด k เซต)

$(x_i)_1, (x_i)_2, \ldots (x_i)_k$ เป็นค่าที่วัดได้แต่ละครั้งในแต่ละเซต

N เป็นจำนวนครั้งของการวัดทั้งหมดใน k เซต, $N = N_1 + N_2 + \ldots + N_k$

N-k เป็นระดับขั้นความเสรี (degree of freedom), $N\text{-}k = (N_1 - 1) + \ldots\ldots + (N_k - 1)$

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

ตัวอย่าง ในการหาปริมาณของคลอไรด์ด้วยวิธีการวิเคราะห์สองแบบคือ วิธีหาปริมาณโดยน้ำหนักและหาปริมาณโดยการไทเทรตแบบตกตะกอน ผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีต่อสารตัวอย่างเดียวกันมีดังนี้

วิธีหาปริมาณโดยน้ำหนัก (ppm)	วิธีหาปริมาณโดยการไทเทรต (ppm)
20.10	18.89
20.40	19.20
18.75	19.74
19.25	19.40
19.50	19.02
	19.85

จงหาว่าผลการวิเคราะห์ทั้งสองแบบจะมีความเที่ยงและความแม่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบแบบ *t*-Test (ต่อ)

วิธีทำ

$(x_i)_1$	$(x_i)_1 - \bar{x}_1$	$[(x_i)_1 - \bar{x}_1]^2$	$(x_i)_2$	$(x_i)_2 - \bar{x}_2$	$[(x_i)_2 - \bar{x}_2]^2$
20.10	0.5	0.25	18.89	-0.46	0.2116
20.40	0.8	0.64	19.20	-0.15	0.0225
18.75	-0.85	0.7225	19.74	0.39	0.1521
19.25	-0.35	0.1225	19.40	0.05	0.0025
19.50	-0.10	0.01	19.02	-0.33	0.1089
		0.01	19.85	0.50	0.2500
Sum = 98.0		Sum=1.745	Sum=116.1		Sum=0.7476

การทดสอบแบบ *t*-Test (ต่อ)

$$\bar{x}_1 = \frac{98.0}{5} = 19.6 \qquad \bar{x}_2 = \frac{116.1}{6} = 19.35$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{1.745}{5-1}} = 0.6605 \qquad s_2 = \sqrt{\frac{1.2201}{6-1}} = 0.3866$$

$$F_{cal} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$= \frac{0.6605^2}{0.3866^2}$$

$$= 2.9189$$

เปิดตาราง F_{crit} ที่ $v_1 = 4, v_2 = 5$ ได้ค่า $F_{crit} = 5.192$

$F_{cal} < F_{crit}$ แสดงว่าความเที่ยงของทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum((x_i)_1-(\bar{x}_1))^2+\sum((x_i)_2-(\bar{x}_2))^2}{N_1+N_2-k}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.745+1.2201}{6+5-2}}$$

$$=0.574$$

$$t_{cal} = \frac{(\bar{X}_1-\bar{X}_2)}{S_p} \times \sqrt{\frac{N_1 x N_2}{N_1+N_2}}$$

$$= \frac{(19.6-19.35)}{0.574} \times \sqrt{\frac{5x6}{5+6}}$$

$$=0.719$$

เปิดตาราง t_{crit} ที่ ระดับขั้นความเสรี = 5+6-2 = 9 ได้ค่า t_{crit} = 2.262

$t_{cal} < t_{crit}$ แสดงว่าความแม่นของทั้ง 2 ไม่แตกต่างกัน

ตอบ ทั้งค่าความเที่ยงและความแม่นของวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ลิมิตความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

- 3. โดยทำการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีต่อสารตัวอย่างหลายชนิด (pair-t-test)

เป็นการทดสอบที่วิธีวิเคราะห์แรกต้องทดสอบควบคู่กันไปกับวิธีวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานกับสารตัวอย่างแต่ละสาร วิธีละหนึ่งครั้งซึ่งแต่ละสารตัวอย่างจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันไป

$$t = \left(\frac{\bar{D}}{s_d}\right) \times \sqrt{N}$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{N-1}}$$

D_i = ความแตกต่างของผลการทดลองโดยวิธีวิเคราะห์ทั้งสองต่อสารตัวอย่างแต่ละสาร

$\bar{D}$ = ค่าเฉลี่ยของ D_i

N = จำนวนสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์หาปริมาณของฟอสเฟตในน้ำตัวอย่าง 6 แหล่งด้วยวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี ซึ่งวิธีหนึ่งเป็นวิธีมาตรฐานและอีกวิธีหนึ่งเป็นวิธีปรับปรุงใหม่ ผลของการวัดทั้งสองวิธีดังต่อไปนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

สารตัวอย่าง	วิธีปรับปรุงใหม่ (ppm)	วิธีมาตรฐาน (ppm)
A	9.5	8.9
B	12.3	12.8
C	11.3	11.7
D	10.8	10.2
E	11.2	11.0
F	14.8	15.1

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

สารตัวอย่าง	วิธีปรับปรุงใหม่	วิธีมาตรฐาน	D_i	$D_i - \overline{D}$	$(D_i - \overline{D})^2$
A	9.5	8.9	0.60	0.57	0.32
B	12.3	12.8	-0.50	-0.53	0.28
C	11.3	11.7	-0.40	-0.43	0.19
D	10.8	10.2	0.60	0.57	0.32
E	11.2	11.0	0.20	0.17	0.03
F	14.8	15.1	-0.30	-0.33	0.11
		Sum =	0.20		1.25

การทดสอบแบบ t-Test (ต่อ)

$$\overline{D} = \frac{0.2}{6} = 0.033$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1.25}{6-1}} = 0.50$$

$$t = \frac{0.033}{0.50} \times \sqrt{6}$$

$$= 0.16$$

เปิดตาราง t_{crit} ที่ลิมิตความเชื่อมั่น 95% ระดับขั้นความเสรี = 5 ได้ t_{crit} = 2.57

ถ้า $t_{cal} < t_{crit}$ แสดงว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน

ตอบ ผลการวัดทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Quiz

- ในการหาปริมาณของแคลเซียม ทำการทดลองด้วยวิธีการวิเคราะห์ 2 วิธีกับสารตัวอย่างชนิดเดียวกัน คือ Atomic absorption spectrophotometry (AAS) และ UV-Vis ให้ผลดังนี้
- วิธีAAS (mg/dm^3) 20.50, 20.85 และ 20.94
- วิธี UV-Vis (mg/dm^3) 20.40, 20.02 และ19.78
- จงหาว่าทั้ง 2 วิธี

  1. ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือไม่
  2. มีความถูกต้องแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือไม่

3. หน่วยทางเคมี (chemical units)

หน่วยน้ำหนัก

1.น้ำหนักอะตอม (atomic weight)

2. กรัมอะตอม (a gram atomic weight)

3. น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight)

4. กรัมโมเลกุล (A gram molecular weight)

5. น้ำหนักสูตร (Formula weight)

6. กรัมน้ำหนักสูตร (A gram formula weight)

7. น้ำหนักสมมูล (equivalent weight)

8. กรัมสมมูล (A gram equivalent weight)

หน่วยปริมาตร

1. ลิตร (liter)

2. มิลลิลิตร (milliliter)

หน่วยความเข้มข้น

1. โมลาริตี (Molarity, M)
2. ฟอร์แมลิตี (Formality, F)
3. โมแลลิตี (Molality, m)
4. นอร์แมลิตี (Normality, N)
5. ไตเตอร์ (Titer, T)
6. ความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์ (Percentage)
7. จำนวนส่วนในล้าน (Parts per million)
8. อัตราส่วนเจือจาง (Dilution ratio)

หน่วยน้ำหนัก

- เป็นหน่วยที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำหนักของสารต่อน้ำหนักอะตอมหรือน้ำหนักโมเลกุลหรือน้ำหนักสูตร
- 1. น้ำหนักอะตอม (atomic weight)

หมายถึงน้ำหนักของธาตุต่างๆ ที่มีจำนวนอะตอมเท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอมแล้วนำมาชั่ง จะได้น้ำหนักที่เรียกว่าน้ำหนักอะตอม

เช่น Na จำนวน 6.02×10^{23} อะตอม มีน้ำหนัก 23 กรัม

O จำนวน 6.02×10^{23} อะตอม มีน้ำหนัก 16 กรัม

Cl จำนวน 6.02×10^{23} อะตอม มีน้ำหนัก 35.5 กรัม

6.02×10^{23} คือค่าอโวกาโดร (Avogadro's number)

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- 2. กรัมอะตอม (a gram of atom weight, gAW)

  หมายถึงหน่วยน้ำหนักของธาตุ 1 กรัมอะตอม มีค่าเท่ากับน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้น เช่น 1 กรัมอะตอมของธาตุ O มีค่าเท่ากับ 16 กรัม

  หรือ O หนัก 32 กรัม ถือว่ามีน้ำหนักเท่ากับ 32/16 = 2 กรัมอะตอม

- 3. น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight, MW)

  หมายถึงน้ำหนักของสารต่างๆ ที่มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักจะได้น้ำหนักที่เรียกว่า น้ำหนักโมเลกุล เช่น

  H_2 จำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล มีน้ำหนัก = 2 กรัม

  O_2 จำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล มีน้ำหนัก = 32 กรัม

  Cl_2 จำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล มีน้ำหนัก = 71 กรัม

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- 4. กรัมโมเลกุล (A gram molecular weight, gMW or mole)

  หมายถึงหน่วยน้ำหนักของสารในหน่วยกรัม ซึ่ง 1 โมล (mole) ของสารมีค่าเท่ากับสารนั้น 1 กรัมโมเลกุล หรือมีน้ำหนักเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้น

เช่น ออกซิเจน 1 โมล จะมีค่า = 32 กรัม

ออกซิเจน 32 กรัม จะมีค่า 32/32 = 1 กรัมโมเลกุล

หรือ คลอรีน 71 กรัม จะมีค่าเท่ากับ 71/71 = 1 โมล

คลอรีน 1 กรัมโมเลกุล จะมีค่าเท่ากับ 1 โมล

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- 5. น้ำหนักสูตร (Formula weight; FW)

หมายถึงน้ำหนักของสารประกอบต่างๆ ที่มีจำนวน 6.02×10^{23} ตัว คือถ้าเรานับสารประกอบได้ 6.02×10^{23} ตัว แล้วนำมาชั่งจะได้น้ำหนักที่เรียกว่าน้ำหนักสูตร ซึ่งสามารถคิดได้จากน้ำหนักอะตอมของธาตุต่างๆ ในสูตรเคมีของสารประกอบนั้นมารวมกัน เช่น

$Fe_2(SO_4)_3 .9H_2O$ จำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล มีน้ำหนัก = 562.0 กรัม

$BaCl_2.2H_2O$ จำนวน 6.02×10^{23}โมเลกุล มีน้ำหนัก = 244 กรัม

NaCl จำนวน 6.02×10^{23}โมเลกุล มีน้ำหนัก = 58.5 กรัม

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- 6. กรัมน้ำหนักสูตร (A gram formula weight, gFW)

  หมายถึงหน่วยน้ำหนักของสารประกอบที่ 1 กรัมน้ำหนักสูตรมีค่าเท่ากับ น้ำหนักสูตรของสารประกอบนั้น

เช่น $Fe_2(SO_4)_3 .9H_2O$ มีน้ำหนักสูตรเท่ากับ 562 กรัม แสดงว่า

1 กรัม น้ำหนักสูตร (gram formula weight, gfw) ของ $Fe_2(SO_4)_3 .9H_2O$ = 562.0 กรัม นั่นคือ

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- 7. น้ำหนักสมมูล (equivalent weight ; eq.wt)

  หมายถึงน้ำหนักของสารใดๆ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไฮโดรเจน 1 กรัมอะตอม หรือน้ำหนักของสารใดๆ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับแคตไอออนที่เกิดปฏิกิริยา (reacting cation) ชนิดยูนิวาเลนท์ (univalent) 1 กรัมอะตอม หรือน้ำหนักสูตรหารด้วยออกซิเดชันสเตต (oxidation state) ที่เปลี่ยนไปในปฏิกิริยารีดอกซ์

  น้ำหนักสมมูลจะมีค่าเท่ากับเท่าไรขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยา

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- 8. กรัมสมมูล (a gram equivalent weight, gmE)

  หมายถึงหน่วยน้ำหนักของสาร โดยที่ 1 กรัมสมมูลมีค่าเท่ากับน้ำหนักสมมูลของสารนั้น เช่นออกซิเจน 1 กรัมสมมูลหนักเท่ากับ 8 กรัม, NaCl 1 กรัมสมมูลหนักเท่ากับ 58.5 กรัม หรือออกซิเจนหนัก 16 กรัม มีค่าเท่ากับ 2 กรัมสมมูล (gmE)

หน่วยน้ำหนัก (ต่อ)

- ตัวอย่าง จงคำนวนหาจำนวนโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจนหนัก 25.0 กรัม

วิธีทำ

หน่วยปริมาตร

- 1. ลิตร (liter) หมายถึงปริมาตรที่มีขนาดเท่ากับน้ำบริสุทธิ์หนัก 1 กิโลกรัมที่ อุณหภูมิที่น้ำมีความหนาแน่นที่สุดคือ 3.98 °C และความดัน 1 บรรยากาศ
- 2. มิลลิลิตร (milliliter) มีค่าเป็นหนึ่งส่วนพันเท่าของปริมาตร 1 ลิตร
- การเทียบหน่วยต่าง ๆ

การคำนวนความเข้มข้น

1. วิธีคอนเวอร์ชันแฟคเตอร์ (Conversion factor)

- วิธีคอนเวอร์ชันแฟคเตอร์เป็นวิธีที่ค่อนข้างใหม่สำหรับการคำนวณหน่วยทางเคมี ส่วนใหญ่จะเจอในตำราภาษาอังกฤษ (text book) มีหลักการดังนี้
  - 1.1 เอาสิ่งที่โจทย์ต้องการ เช่น ความเข้มข้น, น้ำหนัก, ปริมาตร ใส่ไว้ทางซ้ายมือของเครื่องมือเท่ากับ (=)
  - 1.2 เอาสิ่งที่โจทย์ให้มาใส่ไว้ทางขวามือของเครื่องหมายเท่ากับ (=)
  - 1.3 ทำการคูณด้วย 1 ซึ่ง 1 นี้จะต้องมาจากหน่วยทางเคมี

เช่น 1 L = 1,000 mL

ต.ย. น้ำ 45 mL มีกี่ L

$$?\,\text{L น้ำ} = 45\,\text{mL น้ำ} \times \left(\frac{1\,\text{L น้ำ}}{1{,}000\,\text{mL น้ำ}}\right) = 0.045\,\text{L น้ำ}$$

1 mol C = 12 g C

ต.ย. C 6 g มีกี่โมล

$$?\,\text{mol C} = 6\,\text{g C} \times \left(\frac{1\,\text{mol C}}{12\,\text{g C}}\right) = 0.5\,\text{mol C}$$

  - 1.4 ทำการคูณด้วย 1 ต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้หน่วยที่โจทย์ต้องการ (ดูตัวอย่างในหัวข้อการคำนวณความเข้มข้น)

การคำนวนความเข้มข้น

- 2. วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์
- เป็นวิธีดั้งเดิมสำหรับเกี่ยวกับหน่วยทางเคมี มีหลักการคือ
  - 1.1 ตั้งบรรทัดแรกให้สอดคล้องกับความจริงที่มีอยู่หรือที่โจทย์ให้มา
  - 1.2 ตั้งบรรทัดที่สองโดยเทียบกับบรรทัดแรกว่าจะมีอยู่เท่าไหร่ แล้วคำนวณให้ได้ตัวเลข (หรือพจน์) ออกมา
  - 1.3 ทำการตั้งบรรทัดต่อไป โดยใช้คำตอบของขั้น 1.2 ในการคำนวณต่อจนกว่าจะถึงคำตอบที่ต้องการ (ดูตัวอย่างในหัวข้อการคำนวณเกี่ยวกับความเข้มข้น)

หน่วยความเข้มข้น

1. โมลาริตี (Molarity, M) คือจำนวนโมลของสารประกอบที่มีอยู่ในสารละลาย ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เรียกความเข้มข้นนี้อีกแบบว่าโมลาร์ (molar solution) ส่วนใช้สัญญลักษณ์ [x] แทนโมลาร์

ตัวอย่าง ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ มา 40.0 g ละลายน้ำ ปริมาตร 50.0 mL จงหาว่ามี KCl อยู่กี่ M

วิธีทำ 1. วิธีคำนวนแบบคอนเวอร์ชันแฟคเตอร์

โจทย์ต้องการหาความเข้มข้น $\frac{?\ \text{mol KCl}}{\text{L}}$

$$\text{MW KCl} = 35.10 + 35.45 = 74.55\ \text{g mol}^{-1}$$

$$\frac{?\ \text{mol KCl}}{\text{L}} = \frac{40.0\ \text{g KCl}}{50.0\ \text{mL}} \times \left(\frac{1{,}000\ \text{mL}}{1\ \text{L}}\right) \times \left(\frac{1\ \text{mol KCl}}{74.55\ \text{g KCl}}\right)$$

$$= \frac{40.0}{50.0} \times \left(\frac{1{,}000}{1\ \text{L}}\right) \times \left(\frac{1\ \text{mol KCl}}{74.55}\right)$$

$$= 10.731\ \frac{\text{mol KCl}}{\text{L}}$$

$$= 10.7\ \frac{\text{mol KCl}}{\text{L}}$$

วิธีทำ 2. วิธีคำนวนแบบเทียบบรรญัติไตรยางค์

KCl 74.55 g มี 1 mol

หากมี KCl 40.0 g จะคิดเป็น $= 40.0 \text{ g KCl} \times \left(\frac{1 \text{ mol KCl}}{74.55 \text{ g KCl}}\right)$

ลองคิดต่อเอง

2. ฟอร์แมลิติ (Formality; F)

คือจำนวนกรัมน้ำหนักสูตร (gFW) ของสารที่มีอยู่ในสารละลายปริมาตร 1 ลบ.ดม.

หรือ จำนวน mgFW ของสารในสารละลาย 1 ลบ.ซม.

สารละลายที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็นฟอร์แมลิตีจะเรียกว่าสารละลายฟอร์แมล (Formal solution)

$$F = \frac{gFW}{L}$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- ตัวอย่าง $BaCl_2.2H_2O$ หนัก 4.57 กรัม (gfw=244) ละลายในน้ำแล้วเจือจางให้เป็น 250 ลบ.ซม. โดยใช้ขวดเตรียมสารละลายมาตรฐาน (volumetric flask) จงหาความเข้มข้นเป็น ฟอร์แมล ของ $BaCl_2.2H_2O$ และ Cl^-

วิธีทำ

$$\text{gFW } BaCl_2\ 2H_2O = 137.33 + 2x35.45 + 2x(2x1.01) = 244.27\ \text{gFW}^{-1}$$

$$?\frac{\text{gFW } BaCl_2\ 2H_2O}{L} = \frac{4.57\text{ g } BaCl_2\ 2H_2O}{250.0\text{ mL}} \times \frac{1\text{ gFW } BaCl_2\ 2H_2O}{244.57\text{ g } BaCl_2\ 2H_2O} \times \frac{1000\text{ mL}}{1\text{ L}}$$

$$= 0.07483\ \frac{\text{gFW } BaCl_2\ 2H_2O}{L}$$

$$= 0.0748\text{ F } BaCl_2\ 2H_2O$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

จากสูตร $BaCl_2.2H_2O$ แสดงว่าแตกตัวให้ Cl^- จำนวน 2 gfw

$$2\ \text{gFW}\ Cl^- = 1\ \text{gFW}\ BaCl_2.2H_2O$$

$$?\ \frac{\text{gFW}\ Cl^-}{L} = 0.0748\ \frac{\text{gFW}\ BaCl_2\ 2H_2O}{L} \times \frac{2\ \text{gFW}\ Cl^-}{1\ \text{gFW}\ BaCl_2\ 2H_2O}$$

$$= 0.748 \times 2\ \frac{\text{gFW}\ Cl^-}{L}$$

$$= 0.748 \times 2\ \frac{\text{gFW}\ Cl^-}{L}$$

$$= 0.1496\ F\ Cl^-$$

$$= 0.150\ F\ Cl^-$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- 3.โมแลลลิตี (Molallity, m) คือจำนวนโมลของตัวถูกละลาย (solute) ต่อตัวทำละลาย (solvent) หนึ่งกิโลกรัม (ไม่ใช่สารละลาย) สารละลายที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็นโมแลลิตี จะเรียกว่าสารละลายโมแลล (Molal solution)

$$m = \frac{n \text{ (no. mole of solute)}}{\text{Kg (Kilogram of solvent)}}$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

4. นอร์แมลิตี (Normality, N) คือจำนวนกรัมสมมูล (no.gmE) ของสารที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ลบ.ดม. หรือจำนวนมิลลิกรัมสมมูล (no.mgmE) ของสารในสารละลาย 1 ลบ.ซม. สารละลายที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็นนอร์แมลิตีจะเรียกว่าสารละลายนอร์มัล

$$N = \frac{\text{กรัมสมมูล}}{\text{สารละลาย 1 ลิตร}} = \frac{gmE}{L}$$

$gmE = mol \times eq$

$eq = equivalent$

= จำนวนไอออน, จำนวนอิเล็กตรอน, จำนวนประจุ

หน่วย N เปลี่ยนเป็น M จากสูตร

$N = eq \times M$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- ตัวอย่าง นำผงกรดซัลฟูริกมา 24.5 g เพื่อเตรียมเป็นสารละลายปริมาตร 250.0 mL จงหาว่ามี H_2SO_4 กี่ N และกี่ M

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$$ กรด H_2SO_4 = 2 eq

$$\text{MW } H_2SO_4 = (2\text{x}1.01) + 32 + (4\text{x}16.00) = 98.01 \text{ g mol}^{-1}$$

$$?\text{N } H_2SO_4 = \frac{\text{gmE } H_2SO_4}{\text{L}}$$

$$\text{gmE } H_2SO_4 = \text{mol } H_2SO_4 \text{ x eq } H_2SO_4$$

$$?\frac{\text{gmE } H_2SO_4}{\text{L}} = \frac{24.5 \text{ g } H_2SO_4}{250.0 \text{ mL}} \text{ x } \left(\frac{1{,}000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}\right) \text{x} \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98.01 \text{ g } H_2SO_4} \text{ x } 2 \text{ eq } H_2SO_4 \text{ x} \left(\frac{1 \text{ gmE}}{1 \text{ mol eq}}\right)$$

$$= 1.998 \frac{\text{gmE } H_2SO_4}{\text{L}}$$

$$= 2.00 \text{ N } H_2SO_4$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

$? \; M \; H_2SO_4$

จากสูตร $N = eq \times M$

$$M = \frac{N}{eq}$$

$$= \frac{2.00}{2} M$$

$$= 1.00 \; M \; H_2SO_4$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- 5. ไตเตอร์ (Titer, T) คือน้ำหนักของสารใดๆ ที่สามารถทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายนั้น 1 หน่วยปริมาตร

การใช้หน่วยความเข้มข้นชนิดนี้จะสะดวกและดูง่ายขึ้นสำหรับงานที่ใช้ทำเป็นประจำ

$$\text{Titer} = \frac{\text{Gram of substance (g)}}{\text{Volume of solution (mL)}}$$

- 6. ความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์ แบ่งได้ 3 แบบ

6.1 weight percent (w/w) $= \dfrac{\text{wt. of solute (g)}}{\text{wt. of solution (g)}} \times 100$

6.2 volume percent (v/v) $= \dfrac{\text{volume of solute (mL)}}{\text{volume of solution (mL)}} \times 100$

6.3 weight volume percent (w/v) $= \dfrac{\text{wt. of solute (g)}}{\text{volume of solution (mL)}} \times 100$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

การแปลงหน่วย

แปลงจาก w/v เป็นโมลาริตีเมื่อทราบน้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกละลาย

$$M = \frac{10 \times P_{w/v}}{M.W.}$$

แปลงจาก w/w เป็นโมลาริตีเมื่อทราบความหนาแน่นของสารละลาย (d)

$$M = \frac{10 \times P_{w/v} \times d}{M.W.}$$

แปลงจาก v/v เป็นโมลาริตีเมื่อทราบความหนาแน่นของตัวถูกละลาย (D)

$$M = \frac{10 \times P_{w/v} \times D}{M.W.}$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- ตัวอย่าง Ethyl alcohol (EtOH) เขียนไว้ข้างขวดว่า 10% (v/v), MW = 46, D = 0.79 จะมีความเข้มข้นกี่โมลาร์

$$\text{จากสูตร } M = \frac{10 \times \% \times D}{MW}$$

$$? \text{ M EtOH} = \frac{10 \times 10 \times 0.79}{46}$$

$$= 1.7 \text{ M}$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- จงเตรียมกรดซัลฟูริก 0.25 M ปริมาตร 250 ลบ.ซม. จากกรดซัลฟูริกเข้มข้น (ที่ข้างขวดระบุไว้ MW = 98.08, D=1.84 g/mL, 95%)

วิธีทำ หาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเข้ม

$$M = \frac{10 \times P_{w/v} \times D}{MW}$$

$$= \frac{10 \times 95 \times 1.84}{98.08}$$

$$= 17.822\ M$$

หาปริมาตรที่จะนำมา (V_1) โดยเตรียมให้เป็น 0.25 M 250 mL

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$17.822\ M \times V_1 = 0.25\ M \times 250\ mL$$

$$V_1 = \frac{0.25\ M \times 250\ mL}{17.822\ M}$$

$$= 3.5069\ mL$$

$$= 3.5\ mL$$

นำกรดซัลฟูริกเข้มข้นมา 3.5 mL เติมลงไปในน้ำและปรับปริมาตรให้ได้ 250 ลบ.ซม.

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- จงแสดงวิธีคำนวณเพื่อเตรียมสารละลาย คนละ 2ชนิด ส่งวันจันทร์หน้าก่อนเที่ยง

จากของแข็ง 1 ชนิด ให้มีความเข้มข้น 0.20 M ปริมาตร 500.0 mL

จากของเหลว 1 ชนิด ให้มีความเข้มข้น 0.10 N ปริมาตร 1000.0 mL

- โดยค้นชื่อสารและความบริสุทธ์ ความหนาแน่น จากเวปสารเคมี
- เช่น www.sigma.com
- www.merck.com
- จองชื่อใน MS Team

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- 7. จำนวนส่วนในล้านส่วน (Parts per million, ppm) ใช้สำหรับสารละลายที่เจือจางมากๆ เพื่อสะดวกในการบอกความเข้มข้น

$$\text{ppm} = \frac{\text{wt. of solute (g)}}{\text{volume of solution (mL)}} \times 106$$

$$= \frac{\text{g}}{1{,}000{,}000\ \text{mL}}$$

$$= \frac{\text{g}}{1{,}000{,}000\ \text{mL}} \times \frac{1{,}000\ \text{mg}}{1\ \text{g}} \times \frac{1{,}000\ \text{mL}}{1\ \text{L}}$$

$$= \frac{\text{mg}}{1\ \text{L}}$$

หน่วยความเข้มข้น (ต่อ)

- 8. อัตราส่วนเจือจาง (Dilution ratio) จะถูกใช้ในสารละลายของกรดหรือเบสในน้ำ การรายงานอัตราส่วนเจือจางจะรายงานเป็นตัวเลข 2 ตัวและขั้นกลางด้วยเครื่องหมายโคลอน (:) เสมอ เช่น (A:B) A จะแทนปริมาตรของกรดหรือเบสเข้มข้น ส่วน B จะแทนปริมาตรของน้ำที่เติมลงไป การเขียนจะเอาวงเล็บขึ้นก่อนหรือหลังกรด-เบส เช่น HCl (1:1), H_2SO_4 (1:4) และ (1:5) HNO_3
- ตัวอย่าง (2:3) H_3PO_4 การเตรียมทำได้โดยการนำกรด H_3PO_4 มา 2 หน่วยปริมาตร แล้วเทลงในน้ำ 3 หน่วยปริมาตร