5 โมลและปริมาณสารสัมพันธ์

ชีทเรียน+แบบฝึกหัด · ติวเคมี สอวน. ค่าย 1 · สอนสลับฝึกทีละช่วง

1 โมลและเลขอาโวกาโดร

1. โมลและเลขอาโวกาโดร — ศูนย์กลางของทุกอย่าง

นักเคมีนับอนุภาคทีละตัวไม่ได้ เลยตกลงกันว่าจะนับเป็น "กอง" กองละ 6.02×10^{23} อนุภาค เรียกกองนี้ว่า **1 โมล** และเรียกตัวเลขนี้ว่า **เลขอาโวกาโดร** (N_A) — เหมือนที่เรานับไข่เป็นโหล แต่โหลของนักเคมีใหญ่กว่ามาก

ความเจ๋งของโมลคือมันเชื่อม 4 ปริมาณเข้าด้วยกัน จำเป็นภาพ **สามเหลี่ยมแปลงหน่วย** ที่มี "โมล" อยู่ตรงกลาง:

จาก → ไป	สูตร
กรัม → โมล	$n = \frac{m}{M}$
อนุภาค → โมล	$n = \frac{N}{N_A}$
ลิตรของแก๊สที่ STP → โมล	$n = \frac{V}{22.4}$

โดย n = จำนวนโมล (mol), m = มวล (g), M = มวลโมลาร์ (g/mol), N = จำนวนอนุภาค, V = ปริมาตรแก๊ส (L) ที่ STP

STP คืออะไร: STP (Standard Temperature and Pressure) คือสภาวะอุณหภูมิ 0°C (273 K) และความดัน 1 atm — ถ้าโจทย์ให้ T, P มาเป็นตัวเลข ต้องเช็กว่าตรงเงื่อนไขนี้หรือไม่ ตรงจึงใช้ 22.4 L/mol ได้ (หมายเหตุ: IUPAC ปัจจุบันนิยาม STP ใหม่ที่ความดัน 1 bar ซึ่งให้ปริมาตรโมลาร์ 22.7 L/mol แต่ข้อสอบไทยยังคงใช้ 22.4 L/mol ที่ 1 atm)

กฎเหล็ก: จะแปลงอะไรไปอะไร ให้ "ผ่านโมล" เสมอ ห้ามกระโดดข้าม เช่น กรัม → อนุภาค ต้องไป กรัม → โมล → อนุภาค

ตัวอย่าง 1.1 น้ำ 9 g มีกี่โมเลกุล และมีอะตอมไฮโดรเจนกี่อะตอม (H = 1, O = 16)

วิธีทำ — มวลโมลาร์ของ $H_2O = 2(1) + 16 = 18$ g/mol

ขั้นที่ 1: กรัม → โมล (สังเกตวิธีตัดหน่วยแบบแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย)

$$n = 9\,\cancel{g} \times \frac{1\text{ mol}}{18\,\cancel{g}} = 0.5\text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: โมล → โมเลกุล

$$N = 0.5\,\cancel{\text{mol}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\text{ molecules}}{1\,\cancel{\text{mol}}} = 3.01 \times 10^{23}\text{ molecules}$$

ขั้นที่ 3: 1 โมเลกุล H_2O มี H 2 อะตอม

$$N_{\mathrm{H}} = 2 \times 3.01 \times 10^{23} = 6.02 \times 10^{23} \text{ atoms}$$

ตัวอย่าง 1.2 แก๊ส CO_2 11 g มีปริมาตรกี่ลิตรที่ STP (C = 12, O = 16)

วิธีทำ $- M_{CO_2} = 12 + 2(16) = 44$ g/mol

$$V = 11\,\cancel{g} \times \frac{1\,\cancel{mol}}{44\,\cancel{g}} \times \frac{22.4\text{ L}}{1\,\cancel{mol}} = 5.6\text{ L}$$

จำไว้ว่า 22.4 L/mol ใช้ได้ **เฉพาะแก๊ส และเฉพาะที่ STP (0°C = 273 K, 1 atm) เท่านั้น** ถ้าโจทย์ให้อุณหภูมิ/ความดันอื่น ต้องใช้ $PV = nRT$ โดย $R = 0.0821\text{ L·atm/(mol·K)}$

ฝึกทันที 8 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 1 ★☆☆☆☆

แก๊สไม่ทราบชนิดจำนวน 0.5 โมล เมื่อชั่งได้มวล 14 กรัม และแก๊สนี้ประกอบด้วยธาตุชนิดเดียวเป็นโมเลกุลอะตอมคู่ X_2 ธาตุ X คือธาตุใด (กำหนด H = 1, N = 14, O = 16, Cl = 35.5)

- **ก.** Cl
- **ข.** N
- **ค.** O
- **ง.** H

ข้อ 2 ★☆☆☆☆

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 จำนวน 0.25 โมล มีจำนวนโมเลกุลเท่าใด (กำหนด $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ อนุภาคต่อโมล)

- **ก.** 1.505×10^{23} โมเลกุล
- **ข.** 6.02×10^{23} โมเลกุล
- **ค.** 1.505×10^{24} โมเลกุล
- **ง.** 2.408×10^{24} โมเลกุล

ข้อ 3 ★★☆☆☆

แก๊สแอมโมเนีย NH_3 หนัก 3.4 กรัม มีจำนวนอะตอมไฮโดรเจนทั้งหมดเท่าใด (กำหนด N = 14, H = 1, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ อนุภาคต่อโมล)

- **ก.** 1.204×10^{23} อะตอม
- **ข.** 3.612×10^{23} อะตอม
- **ค.** 4.816×10^{23} อะตอม
- **ง.** 6.02×10^{23} อะตอม

ข้อ 4 ★★☆☆☆

แก๊สชนิดหนึ่งมีความหนาแน่น 1.25 g/L ที่ STP แก๊สนี้ควรเป็นแก๊สใด (กำหนด H = 1, C = 12, N = 14, O = 16 และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

- **ก.** CH_4
- **ข.** CO_2
- **ค.** O_2
- **ง.** N_2

ข้อ 5 ★★☆☆☆

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 มวล 22 กรัม ที่ STP (0°C, 1 atm) ข้อใดต่อไปนี้ผิด (กำหนด C = 12, O = 16, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$)

ก. มีจำนวนโมล CO_2 เท่ากับ 0.5 โมล

ข. มีจำนวนโมเลกุล CO_2 เท่ากับ 3.01×10^{23} โมเลกุล

ค. มีปริมาตรเท่ากับ 11.2 ลิตร

ง. มีจำนวนอะตอมออกซิเจนทั้งหมดเท่ากับ 3.01×10^{23} อะตอม

ข้อ 6 ★★☆☆☆

แก๊สมีเทน CH_4 หนัก 8 กรัม จะมีปริมาตรกี่ลิตรที่ STP (กำหนด C = 12, H = 1 และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

ก. 5.6 L

ข. 22.4 L

ค. 11.2 L

ง. 44.8 L

ข้อ 7 ★★★☆☆

พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (กำหนด H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ อนุภาคต่อโมล และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

(ก) แก๊ส CO_2 11 กรัม มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับแก๊ส N_2 7 กรัม

(ข) แก๊ส O_2 ปริมาตร 5.6 ลิตรที่ STP มีมวล 8 กรัม

(ค) น้ำ 9 กรัม มีจำนวนอะตอมทั้งหมด 3.01×10^{23} อะตอม

ข้อความใดถูกต้อง

ก. (ก) เท่านั้น

ข. (ข) และ (ค)

ค. (ก) และ (ข)

ง. (ก) (ข) และ (ค)

ข้อ 8 ★★★★★

แก๊สผสมประกอบด้วย CO_2 กับ CO รวมกันทั้งหมด 1.0 โมล เมื่อนับจำนวนอะตอมทุกชนิดรวมกันได้ 2.6 โมลอะตอม แก๊สผสมนี้มีมวลรวมกี่กรัม (กำหนด C = 12, O = 16)

ก. 44.0 g

ข. 36.0 g

ค. 37.6 g

ง. 34.4 g

2 มวลอะตอมเฉลี่ยจากไอโซโทป

2. มวลอะตอมเฉลี่ยจากไอโซโทป

ธาตุชนิดเดียวกันในธรรมชาติมีหลายไอโซโทป (นิวตรอนต่างกัน มวลเลขต่างกัน) มวลอะตอมที่เราใช้ในตารางธาตุคือ **ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก** ตามความชุกในธรรมชาติ:

$$\bar{A} = \frac{\sum(A_i \times \%_i)}{100}$$

ตัวอย่าง 2.1 คลอรีนในธรรมชาติมี $^{35}\mathrm{Cl}$ อยู่ 75% และ $^{37}\mathrm{Cl}$ อยู่ 25% จงหามวลอะตอมเฉลี่ย

วิธีทำ

$$\bar{A} = \frac{(35 \times 75) + (37 \times 25)}{100} = \frac{2625 + 925}{100} = 35.5$$

นี่คือที่มาของ Cl = 35.5 ที่ใช้กันตลอด — สังเกตว่าค่าเฉลี่ยเอียงเข้าหาไอโซโทปที่ชุกกว่า (ใกล้ 35 มากกว่า 37) ใช้เช็กคำตอบตัวเองได้เลย ถ้าคำนวณแล้วออกมาใกล้ไอโซโทปที่ชุกน้อยกว่า แปลว่าพลาดแน่นอน

โจทย์ชอบกลับด้าน: ให้มวลเฉลี่ยมา แล้วถามหาร้อยละของแต่ละไอโซโทป — ตั้งให้ไอโซโทปหนึ่งเป็น $x\%$ อีกตัวเป็น $(100 - x)\%$ แล้วแก้สมการเดียวจบ

> **ฝึกทันที 1 ข้อ (ง่าย→ยาก)**
>
> **ข้อ 9** ★★★☆☆
>
> ธาตุทองแดงในธรรมชาติประกอบด้วยไอโซโทป 2 ชนิด คือไอโซโทปมวล 62.93 amu มีปริมาณร้อยละ 69.2 และไอโซโทปมวล 64.93 amu มีปริมาณร้อยละ 30.8 มวลอะตอมเฉลี่ยของทองแดงมีค่าเท่าใด
>
> **ก.** 62.93 **ข.** 63.93
>
> **ค.** 64.31 **ง.** 63.55

3 มวลโมเลกุล ร้อยละโดยมวล สูตรเอมพิริคัล และไฮเดรต

3. มวลโมเลกุลและมวลสูตร

- **มวลโมเลกุล** ใช้กับสารโคเวเลนต์ที่เป็นโมเลกุลจริง เช่น H_2O, CO_2
- **มวลสูตร** ใช้กับสารไอออนิกที่ไม่มี "โมเลกุล" จริง เช่น $NaCl$ — คิดจากสูตรอย่างง่ายแทน

วิธีคิดเหมือนกัน: บวกมวลอะตอมของทุกอะตอมในสูตร ระวังวงเล็บให้ดี

ตัวอย่าง 3.1 จงหามวลสูตรของแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ (N = 14, H = 1, S = 32, O = 16)

วิธีทำ — วงเล็บ $(NH_4)_2$ แปลว่ามี N 2 อะตอม และ H 8 อะตอม

$$M = 2(14) + 8(1) + 32 + 4(16) = 28 + 8 + 32 + 64 = 132$$

ตอบ 132 g/mol — จุดพลาดคลาสสิกคือลืมคูณเลข 2 หน้าวงเล็บเข้าไปใน H ด้วย (ได้ 4 อะตอมแทนที่จะเป็น 8)

4. ร้อยละโดยมวลขององค์ประกอบ

บอกว่าในสารประกอบ 100 ส่วนโดยมวล เป็นธาตุนั้นๆ กี่ส่วน:

$$\%\ \text{element} = \frac{(\text{atoms}) \times (\text{atomic mass})}{M_{\text{compound}}} \times 100$$

ตัวอย่าง 4.1 ปุ๋ยยูเรีย $CO(NH_2)_2$ มีไนโตรเจนร้อยละเท่าใดโดยมวล (C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)

วิธีทำ — มวลโมเลกุลยูเรีย:

$$M = 12 + 16 + 2(14) + 4(1) = 60\ \text{g/mol}$$

ไนโตรเจนมี 2 อะตอม รวมมวล $2 \times 14 = 28$

$$\%\text{N} = \frac{28}{60} \times 100 = 46.67\%$$

นี่คือเหตุผลที่ยูเรียเป็นปุ๋ยไนโตรเจนยอดนิยม — เกือบครึ่งหนึ่งของมวลเป็น N ล้วนๆ

5. สูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล

- **สูตรเอมพิริคัล (สูตรอย่างง่าย):** อัตราส่วนอะตอมอย่างต่ำที่สุด
- **สูตรโมเลกุล:** จำนวนอะตอมจริงในโมเลกุล = สูตรเอมพิริคัล × n

ขั้นตอนหาสูตรเอมพิริคัล (ท่องเป็นเพลง): **"ร้อยละ → หารมวลอะตอม → หารด้วยตัวน้อยสุด → ปัดเป็นจำนวนเต็ม"** แล้วหา n จาก

$$n = \frac{M_{\text{molecular}}}{M_{\text{empirical}}}$$

ตัวอย่าง 5.1 สารอินทรีย์ชนิดหนึ่งประกอบด้วย C 40.0%, H 6.7%, O 53.3% โดยมวล และมีมวลโมเลกุล 180 จงหาสูตรโมเลกุล (C = 12, H = 1, O = 16)

วิธีทำ — สมมติมีสาร 100 g จะได้ C 40.0 g, H 6.7 g, O 53.3 g

ขั้นที่ 1: แปลงเป็นโมล

$$n_{\mathrm{C}} = \frac{40.0}{12} = 3.33 \qquad n_{\mathrm{H}} = \frac{6.7}{1} = 6.7 \qquad n_{\mathrm{O}} = \frac{53.3}{16} = 3.33$$

ขั้นที่ 2: หารด้วยค่าน้อยสุด (3.33)

$$\mathrm{C} : \mathrm{H} : \mathrm{O} = \frac{3.33}{3.33} : \frac{6.7}{3.33} : \frac{3.33}{3.33} = 1 : 2 : 1$$

สูตรเอมพิริคัลคือ $\mathrm{CH_2O}$ ซึ่งมีมวล $12 + 2 + 16 = 30$

ขั้นที่ 3: หา n

$$n = \frac{180}{30} = 6$$

สูตรโมเลกุลคือ $\mathrm{C_6H_{12}O_6}$ — กลูโคสนั่นเอง

เคล็ดลับปัดเศษ: ถ้าหารแล้วได้ 1.5, 1.33, 1.25 อย่าปัดทิ้ง! ให้คูณทั้งแถวด้วย 2, 3, 4 ตามลำดับให้กลายเป็นจำนวนเต็ม เช่น 1 : 1.5 ต้องคูณ 2 เป็น 2 : 3

6. สูตรไฮเดรต (Hydrates)

สารประกอบไอออนิกบางชนิดตกผลึกจากสารละลายโดยมีโมเลกุลน้ำ "ติด" อยู่ในโครงผลึกด้วยจำนวนคงที่ เรียกว่า **น้ำผลึก (water of crystallization)** และเรียกสารประกอบชนิดนี้ว่า **ไฮเดรต (hydrate)** เขียนสูตรเป็น

$$(\text{anhydrous}) \cdot n\mathrm{H_2O}$$

โดย n เป็นจำนวนเต็มบวกเสมอ (สัดส่วนโมลของน้ำต่อ 1 หน่วยสูตร) ตัวอย่างไฮเดรตที่พบบ่อย: $\mathrm{CuSO_4 \cdot 5H_2O}$ (จุนสี สีฟ้า), $\mathrm{MgSO_4 \cdot 7H_2O}$ (ดีเกลือ), $\mathrm{CaSO_4 \cdot 2H_2O}$ (ยิปซัม)

เมื่อให้ความร้อนแก่ไฮเดรต น้ำผลึกจะระเหยออกจนหมด เหลือเกลือที่ไม่มีน้ำผลึกเรียกว่า **เกลือแอนไฮดรัส (anhydrous salt)** — หลักสำคัญที่ใช้คำนวณทุกโจทย์ไฮเดรตคือ

$$m_{\text{water lost}} = m_{\text{hydrate}} - m_{\text{anhydrous}}$$

6.1 หา n จากมวลก่อน-หลังเผา

แปลงทั้งมวลน้ำที่หายไปและมวลแอนไฮดรัสที่เหลือให้เป็นโมล แล้วหาอัตราส่วน

$$n = \frac{n_{\text{water lost}}}{n_{\text{anhydrous}}}$$

ตัวอย่าง 6.1 เผาเกลือไฮเดรต $\mathrm{CaCl_2} \cdot n\mathrm{H_2O}$ หนัก 21.9 g จนน้ำผลึกระเหยออกหมด เหลือเกลือแอนไฮดรัส $\mathrm{CaCl_2}$ หนัก 11.1 g จงหาค่า n (Ca = 40, Cl = 35.5, H = 1, O = 16)

วิธีทำ — $M_{\mathrm{CaCl_2}} = 40 + 2(35.5) = 111$ g/mol

ขั้นที่ 1: โมลของแอนไฮดรัสที่เหลือ

$$n_{\mathrm{CaCl_2}} = \frac{11.1}{111} = 0.1 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: มวลน้ำที่หายไป และโมลของน้ำ

$$m_{\mathrm{H_2O}} = 21.9 - 11.1 = 10.8 \text{ g} \qquad n_{\mathrm{H_2O}} = \frac{10.8}{18} = 0.6 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 3: หาอัตราส่วนโมล

$$n = \frac{0.6}{0.1} = 6$$

สูตรไฮเดรตคือ $\mathrm{CaCl_2 \cdot 6H_2O}$

6.2 หา n จากร้อยละโดยมวลของน้ำในไฮเดรต

โจทย์บางข้อให้ %มวลของน้ำในไฮเดรตมาแทน ให้ตั้งมวลสูตรไฮเดรตทั้งก้อนเป็น $M_{\text{anhydrous}} + 18n$ แล้วแก้สมการจากนิยามร้อยละโดยมวล

$$\%\ \mathrm{H_2O} = \frac{18n}{M_{\text{anhydrous}} + 18n} \times 100$$

ตัวอย่าง 6.2 เกลือไฮเดรต $\mathrm{BaCl_2 \cdot nH_2O}$ มีน้ำผลึกอยู่ร้อยละ 14.75 โดยมวล จงหาค่า n (Ba = 137, Cl = 35.5, H = 1, O = 16)

วิธีทำ — $M_{\mathrm{BaCl_2}} = 137 + 2(35.5) = 208$ g/mol ตั้งสมการ

$$0.1475 = \frac{18n}{208 + 18n}$$

$$18n = 0.1475(208 + 18n) \quad \Rightarrow \quad 18n(1 - 0.1475) = 0.1475 \times 208$$

$$18n = \frac{30.68}{0.8525} \approx 36 \quad \Rightarrow \quad n = 2$$

สูตรไฮเดรตคือ $\mathrm{BaCl_2 \cdot 2H_2O}$

เคล็ดลับ: โจทย์ไฮเดรตชอบผูกกับสูตรเอมพิริคัลในข้อเดียวกัน (เช่น หาสูตรแอนไฮดรัสจาก %ธาตุก่อน แล้วค่อยหา n) และมักมีตัวลวงที่เอามวลไฮเดรตทั้งก้อนไปหารมวลโมลาร์แอนไฮดรัสตรงๆ (ลืมลบมวลน้ำออกก่อน) หรือตอบเป็นค่า n ของไฮเดรตชื่อดังที่คุ้นตา (5, 7, 10) โดยไม่ได้คำนวณจริง — ต้องคำนวณทุกครั้ง

✏️ ฝึกทันที 13 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 10 ★☆☆☆☆

นำเกลือไฮเดรต $\mathrm{CuSO_4 \cdot 5H_2O}$ (จุนสี) หนัก 24.95 กรัม ไปเผาจนน้ำผลึกระเหยออกหมด จะมีมวลน้ำผลึกที่หายไปกี่กรัม (กำหนด Cu = 63.5, S = 32, O = 16, H = 1)

ก. 9.00 กรัม

ข. 15.95 กรัม

ค. 4.99 กรัม

ง. 18.00 กรัม

ข้อ 11 ★☆☆☆☆

เบนซีนมีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_6 สูตรเอมพิริคัลของเบนซีนคือข้อใด

ก. CH
ข. C_6H_6
ค. C_2H_2
ง. C_3H_3

ข้อ 12 ★★☆☆☆

จุนสี $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ มีน้ำผลึกอยู่ร้อยละโดยมวลเท่าใด (กำหนด Cu = 63.5, S = 32, O = 16, H = 1)

ก. 10.14
ข. 36.07
ค. 63.93
ง. 18.00

ข้อ 13 ★★★☆☆

นำเกลือไฮเดรต $MgSO_4 \cdot nH_2O$ หนัก 24.6 กรัม ไปเผาจนน้ำผลึกระเหยออกหมด เหลือเกลือแอนไฮดรัส $MgSO_4$ หนัก 12.0 กรัม ค่า n ในสูตรไฮเดรตนี้เท่ากับข้อใด (กำหนด Mg = 24, S = 32, O = 16, H = 1)

ก. 3
ข. 5
ค. 7
ง. 10

ข้อ 14 ★★★☆☆

ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ มีธาตุไนโตรเจนอยู่ร้อยละโดยมวลเท่าใด (กำหนด N = 14, H = 1, S = 32, O = 16)

ก. 10.61
ข. 21.21
ค. 24.24
ง. 48.48

ข้อ 15 ★★★☆☆

ออกไซด์ของเหล็กชนิดหนึ่งมีเหล็กร้อยละ 70 โดยมวล สูตรเอมพิริคัลของออกไซด์นี้คือข้อใด (กำหนด Fe = 56, O = 16)

ก. FeO
ข. Fe_3O_4
ค. Fe_2O_3
ง. Fe_3O_2

ข้อ 16 ★★★☆☆

สารประกอบชนิดหนึ่งมีสูตรเอมพิริคัลเป็น CH_2O และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 180 สูตรโมเลกุลของสารนี้คือข้อใด (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16)

ก. $C_6H_{12}O_6$
ข. $C_3H_6O_3$
ค. $C_5H_{10}O_5$
ง. CH_2O

ข้อ 17 ★★★★☆

แก๊สไฮโดรคาร์บอน C_xH_y ปริมาตร 10 cm³ เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ พบว่าใช้แก๊สออกซิเจนไป 45 cm³ และเกิดแก๊ส CO_2 30 cm³ (วัดปริมาตรแก๊สทุกชนิดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน โดยน้ำที่เกิดขึ้นควบแน่นเป็นของเหลว) สูตรโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนนี้คือข้อใด

ก. C_2H_6
ข. C_3H_4
ค. C_3H_6
ง. C_3H_8

ข้อ 18 ★★★★☆

เชื้อเพลิงเหลวไร้สีชนิดหนึ่งที่ใช้ผสมในน้ำมันแก๊สโซฮอล์ ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O เท่านั้น เมื่อนำตัวอย่างเชื้อเพลิงนี้ 2.30 กรัม ไปเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอ ได้ CO_2 4.40 กรัม และ H_2O 2.70 กรัม เชื้อเพลิงนี้มีธาตุออกซิเจนอยู่ร้อยละโดยมวลเท่าใด (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16)

ก. 13.0
ข. 34.8
ค. 52.2
ง. 65.2

ข้อ 19 ★★★★☆

โซดาแอช (โซเดียมคาร์บอเนตไฮเดรต) สูตร $Na_2CO_3 \cdot nH_2O$ มีน้ำผลึกอยู่ร้อยละ 62.94 โดยมวล ค่า n ในสูตรไฮเดรตนี้เท่ากับข้อใด (กำหนด Na = 23, C = 12, O = 16, H = 1)

ก. 5
ข. 7
ค. 10
ง. 12

ข้อ 20 ★★★★★

เกลือไฮเดรตซัลเฟตของโลหะชนิดหนึ่ง สูตร $MSO_4 \cdot 7H_2O$ หนัก 27.8 กรัม เมื่อเผาจนน้ำผลึกระเหยออกหมด เหลือเกลือแอนไฮดรัสหนัก 15.2 กรัม มวลอะตอมของ M เท่ากับข้อใด (กำหนด S = 32, O = 16, H = 1)

ก. 24
ข. 56
ค. 65
ง. 88

ข้อ 21 ★★★★★

กรดอะมิโนชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุ C, H, N และ O เมื่อเผาไหม้ตัวอย่างสาร 15.0 กรัมอย่างสมบูรณ์ ได้แก๊ส CO_2 17.6 กรัม ไอน้ำ H_2O 9.0 กรัม และแก๊ส N_2 ปริมาตร 2.24 ลิตร ที่ STP (ไนโตรเจนทั้งหมดในสารถูกปลดปล่อยเป็นแก๊ส N_2) ถ้ากรดอะมิโนนี้มีมวลโมเลกุล 75 จงหาสูตรโมเลกุล (C = 12, H = 1, N = 14, O = 16)

ก. $C_2H_5NO_2$
ข. C_2H_5NO
ค. $C_4H_{10}N_2O_4$
ง. CH_3NO_2

ข้อ 22 ★★★★★

เผาสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยธาตุ C, H และ O เท่านั้น หนัก 0.90 กรัม อย่างสมบูรณ์ในแก๊สออกซิเจน ได้ CO_2 1.32 กรัม และ H_2O 0.54 กรัม สูตรเอมพิริคัลของสารนี้คือข้อใด (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16)

ก. CH_2O

ข. C_2H_4O

ค. CH_4O

ง. C_2H_6O

4 ความเข้มข้นของสารละลาย

7. ความเข้มข้นของสารละลาย

หน่วยที่ต้องแม่นสำหรับค่าย 1 มี 5 แบบ:

หน่วย	นิยาม	สูตร
โมลาริตี (mol/L, M)	โมลตัวถูกละลายต่อลิตรสารละลาย	$C = \frac{n}{V_{\mathrm{L}}}$
ร้อยละโดยมวล (%w/w)	กรัมตัวถูกละลายต่อสารละลาย 100 g	$\% = \frac{m_{\text{solute}}}{m_{\text{solution}}} \times 100$
ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v)	กรัมตัวถูกละลายต่อสารละลาย 100 mL	$\% = \frac{m_{\text{solute}}}{V_{\mathrm{mL}}} \times 100$
ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v)	มิลลิลิตรตัวถูกละลายต่อสารละลาย 100 mL (ใช้เมื่อตัวถูกละลายเป็นของเหลว/แก๊ส เช่น เอทานอลในน้ำ)	$\% = \frac{V_{\text{solute}}}{V_{\text{solution}}} \times 100$
ppm	ส่วนในล้านส่วน (นิยมใช้กับสารปริมาณน้อยมาก)	$\text{ppm} = \frac{m_{\text{solute}}}{m_{\text{solution}}} \times 10^6$

การเจือจาง: เติมน้ำ → โมลตัวถูกละลายเท่าเดิม จึงได้สูตรทองคำ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

การผสมสารละลายชนิดเดียวกัน: โมลรวมกัน ปริมาตรรวมกัน

$$C_{\text{mix}} = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2}$$

ตัวอย่าง 7.1 ละลาย NaOH 8 g ในน้ำจนได้สารละลาย 500 mL ความเข้มข้นกี่ mol/L (Na = 23, O = 16, H = 1)

วิธีทำ — $M_{\text{NaOH}} = 23 + 16 + 1 = 40$ g/mol

$$C = \frac{8\ \cancel{g} \times \frac{1\ \text{mol}}{40\ \cancel{g}}}{0.500\ \text{L}} = \frac{0.2\ \text{mol}}{0.500\ \text{L}} = 0.4\ \text{mol/L}$$

อย่าลืมแปลง mL → L ก่อนหารเสมอ

ตัวอย่าง 7.2 ต้องการเตรียม $\mathrm{H_2SO_4}$ เข้มข้น 3 mol/L ปริมาตร 500 mL จากกรดเข้มข้น 18 mol/L ต้องตวงกรดเข้มข้นมากี่ mL

วิธีทำ — ใช้ $C_1V_1 = C_2V_2$

$$18 \times V_1 = 3 \times 500 \quad \Rightarrow \quad V_1 = \frac{1500}{18} = 83.33\ \text{mL}$$

ขั้นตอนปฏิบัติจริง: ใส่น้ำประมาณครึ่งภาชนะก่อน แล้วค่อยๆ เทกรดเข้มข้น 83.33 mL ลงในน้ำ จากนั้นเติมน้ำปรับปริมาตรจนครบ 500 mL (**เทกรดลงน้ำ** เสมอ ห้ามเทน้ำลงกรดเข้มข้นโดยตรง เพราะความร้อนจากการละลายอาจทำให้กรดกระเด็น)

ตัวอย่าง 7.3 ผสมสารละลาย HCl 0.1 mol/L ปริมาตร 200 mL กับ HCl 0.4 mol/L ปริมาตร 300 mL ความเข้มข้นสุดท้ายเป็นเท่าใด

วิธีทำ

$$C_{\text{mix}} = \frac{(0.1)(200) + (0.4)(300)}{200 + 300} = \frac{20 + 120}{500} = 0.28\ \text{mol/L}$$

(หน่วย mL ใช้ได้เลยเพราะตัดกันเองบน-ล่าง)

ตัวอย่าง 7.4 น้ำตัวอย่าง 500 g ตรวจพบตะกั่ว 0.01 g คิดเป็นกี่ ppm

วิธีทำ

$$\text{ppm} = \frac{0.01}{500} \times 10^6 = 20\ \text{ppm}$$

✏️ ฝึกทันที 5 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 23 ★★☆☆☆

นำ NaOH 8 กรัม มาละลายน้ำจนได้สารละลายปริมาตร 500 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร (กำหนด Na = 23, O = 16, H = 1)

- **ก.** 0.2 mol/L
- **ข.** 0.4 mol/L
- **ค.** 0.1 mol/L
- **ง.** 16 mol/L

ข้อ 24 ★★★☆☆

น้ำดื่มตัวอย่างมวล 500 กรัม ตรวจพบฟลูออไรด์ไอออนละลายอยู่ 2.5 มิลลิกรัม น้ำตัวอย่างนี้มีฟลูออไรด์เข้มข้นกี่ ppm

- **ก.** 0.5 ppm
- **ข.** 2.5 ppm
- **ค.** 5 ppm
- **ง.** 50 ppm

ข้อ 25 ★★★☆☆

ต้องการเตรียมสารละลาย HCl เข้มข้น 0.2 mol/L ปริมาตร 500 mL จากสารละลาย HCl เข้มข้น 5 mol/L จะต้องตวงสารละลายเข้มข้นมากี่มิลลิลิตร

- **ก.** 10 mL
- **ข.** 20 mL
- **ค.** 25 mL
- **ง.** 50 mL

ข้อ 26 ★★★★☆

ผสมสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.2 mol/L ปริมาตร 100 mL กับสารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้น 0.1 mol/L ปริมาตร 400 mL โดยถือว่าปริมาตรรวมกันได้พอดี ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน Cl^- ในสารละลายผสมเป็นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.10 mol/L

ข. 0.12 mol/L

ค. 0.15 mol/L

ง. 0.20 mol/L

ข้อ 27 ★★★★☆

สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 49 โดยมวล มีความหนาแน่น 1.2 g/mL สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร (กำหนด H = 1, S = 32, O = 16)

ก. 0.6 mol/L

ข. 5.0 mol/L

ค. 6.0 mol/L

ง. 7.2 mol/L

5 การดุลสมการและการคำนวณจากสมการเคมี (พื้นฐาน)

8. การดุลสมการเคมี

หลักการเดียว: **อะตอมแต่ละชนิดต้องเท่ากันสองข้าง** (กฎทรงมวล) ปรับได้เฉพาะ "เลขสัมประสิทธิ์หน้าสาร" ห้ามแก้เลขห้อยในสูตรเด็ดขาด

ลำดับที่แนะนำสำหรับสมการเผาไหม้: **ดุล C → ดุล H → ดุล O ทีหลังสุด** (เพราะ O_2 อยู่ตัวเดียว ปรับง่าย)

ตัวอย่าง 8.1 จงดุลสมการเผาไหม้โพรเพน: $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

วิธีทำ

ขั้นที่ 1: ดุล C — ซ้ายมี C 3 อะตอม จึงใส่ 3 หน้า CO_2

ขั้นที่ 2: ดุล H — ซ้ายมี H 8 อะตอม จึงใส่ 4 หน้า H_2O (ได้ H = 8)

ขั้นที่ 3: นับ O ขวา = $3(2) + 4(1) = 10$ อะตอม จึงใส่ 5 หน้า O_2

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

ตรวจ: C 3 = 3 ✓, H 8 = 8 ✓, O 10 = 10 ✓

ถ้าดุลแล้วเจอเศษครึ่ง เช่น $\frac{7}{2}O_2$ ให้คูณทั้งสมการด้วย 2 เพื่อให้เป็นจำนวนเต็มต่ำสุด

9. การคำนวณจากสมการเคมี

เลขสัมประสิทธิ์ในสมการที่ดุลแล้วคือ **อัตราส่วนโมล** — นี่คือสะพานเชื่อมระหว่างสาร แผนที่การเดินทางเป็นแบบนี้เสมอ:

$$\text{g (A)} \rightarrow \text{mol (A)} \xrightarrow{\text{mole ratio}} \text{mol (B)} \rightarrow \text{g / L / particles (B)}$$

ตัวอย่าง 9.1 เผาโพรเพน C_3H_8 11 g อย่างสมบูรณ์ จะได้ CO_2 กี่กรัม และต้องใช้ O_2 กี่ลิตรที่ STP (C = 12, H = 1, O = 16)

วิธีทำ — จากสมการ $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ และ $M_{C_3H_8} = 3(12) + 8(1) = 44$ g/mol

หามวล CO_2 (เดินทาง g → mol → mol → g ในบรรทัดเดียว):

$$m_{CO_2} = 11\ \cancel{\text{g } C_3H_8} \times \frac{1\ \cancel{\text{mol } C_3H_8}}{44\ \cancel{\text{g } C_3H_8}} \times \frac{3\ \cancel{\text{mol } CO_2}}{1\ \cancel{\text{mol } C_3H_8}} \times \frac{44\ \text{g } CO_2}{1\ \cancel{\text{mol } CO_2}} = 33\ \text{g}$$

หาปริมาตร O_2 ที่ STP:

$$V_{O_2} = 0.25\ \cancel{\text{mol } C_3H_8} \times \frac{5\ \cancel{\text{mol } O_2}}{1\ \cancel{\text{mol } C_3H_8}} \times \frac{22.4\ \text{L}}{1\ \cancel{\text{mol } O_2}} = 28\ \text{L}$$

สังเกตว่ามวลโมลาร์ของ C_3H_8 กับ CO_2 บังเอิญเท่ากัน (44) แต่ตำแหน่งในการคูณ-หารต่างกัน — ถ้าตัดหน่วยเป็นระบบจะไม่มีทางสับสน

ฝึกทันที 3 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 28 ★★★☆☆

บรรจุแก๊ส N_2O_4 1.0 โมล ในภาชนะปิด เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า N_2O_4 สลายตัวไปร้อยละ 20 ตามสมการ $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$ เศษส่วนโมลของ NO_2 ในแก๊สผสมขณะนั้นเท่ากับข้อใด

ก. 0.20
ข. 0.33
ค. 0.40
ง. 0.50

ข้อ 29 ★★★☆☆

เมื่อดุลสมการ $C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ ด้วยเลขสัมประสิทธิ์ที่เป็นจำนวนเต็มต่ำสุด ผลรวมของเลขสัมประสิทธิ์ทั้งหมดในสมการเท่ากับข้อใด

ก. 13
ข. 15
ค. 17
ง. 19

ข้อ 30 ★★★☆☆

เผาหินปูน $CaCO_3$ บริสุทธิ์ 25 กรัม จนสลายตัวอย่างสมบูรณ์ตามสมการ $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ จะเกิดแก๊ส CO_2 กี่ลิตรที่ STP (กำหนด Ca = 40, C = 12, O = 16 และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

ก. 5.6 L
ข. 2.8 L
ค. 11.2 L
ง. 22.4 L

6 สารกำหนดปริมาณและผลได้ร้อยละ

12. สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

โจทย์ให้สารตั้งต้น **มากกว่า 1 ตัวพร้อมปริมาณ** = สัญญาณเตือนว่าต้องหาสารกำหนดปริมาณก่อน ห้ามหยิบตัวไหนมาคิดมั่วๆ

วิธีหา: แปลงทุกสารเป็นโมล แล้วหารโมลของแต่ละสารด้วยสัมประสิทธิ์ของมันเอง — **ตัวที่ได้ค่าน้อยสุดคือสารกำหนดปริมาณ** และต้องใช้ตัวนี้เท่านั้นคำนวณผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง 12.1 ผสม N_2 28 g กับ H_2 9 g ให้ทำปฏิกิริยา $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ จะได้ NH_3 มากที่สุดกี่กรัม และเหลือสารใดกี่กรัม (N = 14, H = 1)

วิธีทำ

ขั้นที่ 1: แปลงเป็นโมล

$$n_{N_2} = \frac{28}{28} = 1 \text{ mol} \qquad n_{H_2} = \frac{9}{2} = 4.5 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: หารด้วยสัมประสิทธิ์ของตัวเอง

$$N_2 : \frac{1}{1} = 1 \qquad H_2 : \frac{4.5}{3} = 1.5$$

ค่าของ N_2 น้อยกว่า → N_2 **คือสารกำหนดปริมาณ** (หมดก่อน) แม้มวลของมันจะมากกว่า H_2 ก็ตาม!

ขั้นที่ 3: คิดผลิตภัณฑ์จาก N_2

$$m_{NH_3} = 1 \cancel{\text{mol } N_2} \times \frac{2 \cancel{\text{mol } NH_3}}{1 \cancel{\text{mol } N_2}} \times \frac{17 \text{ g}}{1 \cancel{\text{mol } NH_3}} = 34 \text{ g}$$

ขั้นที่ 4: หาสารที่เหลือ — H_2 ถูกใช้ไป $1 \times 3 = 3$ mol เหลือ $4.5 - 3 = 1.5$ mol

$$m_{H_2 \text{ left}} = 1.5 \cancel{\text{mol}} \times \frac{2 \text{ g}}{1 \cancel{\text{mol}}} = 3 \text{ g}$$

ตอบ: ได้ NH_3 34 g และเหลือ H_2 3 g

13. ผลได้ร้อยละ (Percent Yield)

ในชีวิตจริง ปฏิกิริยาไม่เคยได้ผลิตภัณฑ์ครบ 100% (สารระเหย ปฏิกิริยาข้างเคียง แยกสารไม่หมด ฯลฯ)

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{actual yield}}{\text{theoretical yield}} \times 100$$

- **ผลได้ตามทฤษฎี (theoretical):** ค่าที่คำนวณจากสมการ (ผ่านสารกำหนดปริมาณถ้ามี)
- **ผลได้จริง (actual):** ค่าที่โจทย์บอกว่า "ได้จริง / เก็บได้ / วัดได้"

ตัวอย่าง 13.1 เผาหินปูน $CaCO_3$ 50 g ตามสมการ $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ ได้ CaO จริง 22.4 g จงหาผลได้ร้อยละ (Ca = 40, C = 12, O = 16)

วิธีทำ

ขั้นที่ 1: หาผลได้ตามทฤษฎี $-\ M_{CaCO_3} = 40 + 12 + 3(16) = 100,\ M_{CaO} = 40 + 16 = 56$

$$m_{\text{theoretical}} = 50\ \cancel{\text{g CaCO}_3} \times \frac{1\ \cancel{\text{mol CaCO}_3}}{100\ \cancel{\text{g CaCO}_3}} \times \frac{1\ \cancel{\text{mol CaO}}}{1\ \cancel{\text{mol CaCO}_3}} \times \frac{56\ \text{g CaO}}{1\ \cancel{\text{mol CaO}}} = 28\ \text{g}$$

ขั้นที่ 2: คิดร้อยละ

$$\%\ \text{yield} = \frac{22.4}{28} \times 100 = 80\%$$

โจทย์ขั้นสูงชอบกลับทาง: ให้ %yield มา แล้วถามว่าต้องใช้สารตั้งต้นกี่กรัมจึงจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ — ให้หาผลได้ตามทฤษฎีที่ต้องการก่อนจาก $m_{\text{theoretical}} = \frac{m_{\text{actual}}}{\%} \times 100$ แล้วค่อยย้อนกลับไปหาสารตั้งต้น

📝 ฝึกทันที 8 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 31 ★☆☆☆☆

ปฏิกิริยา $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ ถ้านำแก๊ส H_2 4 โมล มาทำปฏิกิริยากับแก๊ส O_2 1 โมล ข้อใดถูกต้อง

- **ก.** H_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ
- **ข.** สารทั้งสองทำปฏิกิริยาหมดพอดี
- **ค.** H_2O เป็นสารกำหนดปริมาณ
- **ง.** O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ

ข้อ 32 ★★☆☆☆

เผาผงสังกะสี 13 กรัม กับกำมะถันมากเกินพอ เกิดปฏิกิริยา $Zn + S \rightarrow ZnS$ ได้ ZnS จริง 15.52 กรัม ผลได้ร้อยละของปฏิกิริยานี้เท่ากับข้อใด (กำหนด Zn = 65, S = 32)

- **ก.** 80.0
- **ข.** 119.4
- **ค.** 97.0
- **ง.** 64.0

ข้อ 33 ★★★☆☆

สาร A ทำปฏิกิริยากับสาร B ได้สาร C เพียงชนิดเดียว จากการทดลองในภาชนะปิดพบว่า A 4.0 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ B 6.0 กรัม พิจารณาข้อความต่อไปนี้

(ก) การทดลองนี้ได้สาร C 10.0 กรัม ตามกฎทรงมวล

(ข) ถ้าใช้ A 6.0 กรัม กับ B 6.0 กรัม จะได้สาร C 12.0 กรัม

(ค) ไม่ว่าจะเตรียมสาร C ด้วยวิธีใด อัตราส่วนมวลของ A : B ที่รวมตัวกันจะเป็น 2 : 3 เสมอ

ข้อความใดถูกต้อง

- **ก.** (ก) และ (ข)
- **ข.** (ข) และ (ค)
- **ค.** (ก) (ข) และ (ค)
- **ง.** (ก) และ (ค)

ข้อ 34 ★★★★☆

นำโลหะแมกนีเซียม 4.8 กรัม ใส่ลงในภาชนะที่มี HCl อยู่ 0.3 โมล เกิดปฏิกิริยา $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ จนสิ้นสุด พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (กำหนด Mg = 24 และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

(ก) HCl เป็นสารกำหนดปริมาณ

(ข) เกิดแก๊ส H_2 3.36 ลิตรที่ STP

(ค) เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด เหลือแมกนีเซียม 2.4 กรัม

ข้อความใดถูกต้อง

ก. (ก) และ (ข)

ข. (ก) และ (ค)

ค. (ข) และ (ค)

ง. (ก) (ข) และ (ค)

ข้อ 35 ★★★★☆

กรดอะซิติก CH_3COOH 30.0 กรัม ทำปฏิกิริยากับเอทานอล C_2H_5OH 27.6 กรัม เกิดเอสเทอริฟิเคชันได้เอทิลแอซีเทตและน้ำ ตามสมการ

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

ถ้าปฏิกิริยานี้ให้ผลได้ร้อยละ 75 จะได้เอทิลแอซีเทตกี่กรัม (C = 12, H = 1, O = 16)

ก. 44.0 g

ข. 39.6 g

ค. 33.0 g

ง. 25.0 g

ข้อ 36 ★★★★☆

นำแก๊ส N_2 28 กรัม มาทำปฏิกิริยากับแก๊ส H_2 9 กรัม ตามสมการ $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ จะเกิดแก๊ส NH_3 ได้มากที่สุดกี่กรัม (กำหนด N = 14, H = 1)

ก. 17 g

ข. 34 g

ค. 51 g

ง. 68 g

ข้อ 37 ★★★★☆

การถลุงเหล็กเกิดตามสมการ $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ เมื่อใช้ Fe_2O_3 บริสุทธิ์ 32 กรัม ทำปฏิกิริยากับ CO ที่มากเกินพอ ได้เหล็กจริง 16.8 กรัม ผลได้ร้อยละ (percent yield) ของปฏิกิริยานี้เท่ากับข้อใด (กำหนด Fe = 56, O = 16, C = 12)

ก. 37.5%

ข. 52.5%

ค. 75.0%

ง. 150%

ข้อ 38 ★★★★★

ปฏิกิริยาเทอร์ไมต์ $2Al + Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe + Al_2O_3$ นำผงอะลูมิเนียม 10.8 กรัม ผสมกับ Fe_2O_3 48 กรัม แล้วจุดปฏิกิริยา ถ้าปฏิกิริยานี้มีผลได้ร้อยละ 85 จะได้เหล็กกี่กรัม (กำหนด Al = 27, Fe = 56, O = 16)

ก. 22.40 g

ข. 19.04 g

ค. 28.56 g

ง. 26.35 g

7 ปริมาณสัมพันธ์หลายขั้นตอนและอุตสาหกรรม

10. ปฏิกิริยาหลายขั้นตอนต่อเนื่อง

โจทย์อุตสาหกรรมมักเขียนสมการมาให้ 2-3 ขั้นตอนต่อกัน (เช่น การถลุงโลหะ การผลิตกรด) โดยผลิตภัณฑ์ของสมการแรกเป็นสารตั้งต้นของสมการถัดไป สารตัวนี้เรียกว่า **สารร่วม (intermediate)** — กุญแจสำคัญคือ **โมลของสารร่วมที่เกิดจากสมการแรก เท่ากับโมลของสารร่วมที่ใช้ในสมการถัดไปเป๊ะ** จึงใช้เป็นสะพานเชื่อมสองสมการเข้าด้วยกันได้:

$$\text{g (A)} \rightarrow \text{mol (A)} \xrightarrow{\text{eq. 1}} \text{mol (intermediate)} \xrightarrow{\text{eq. 2}} \text{mol (B)} \rightarrow \text{g (B)}$$

ตัวอย่าง 10.1 โซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ตามสมการที่ 1 แล้วนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ทั้งหมดไปทำปฏิกิริยาสะเทินกับกรดไฮโดรคลอริกมากเกินพอตามสมการที่ 2 ดังนี้

สมการ 1: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$

สมการ 2: $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

ถ้าเริ่มจากโซเดียม 4.6 g และปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ทุกขั้น จะได้ NaCl กี่กรัม (Na = 23, Cl = 35.5)

วิธีทำ — $M_{\text{Na}} = 23$ g/mol, สารร่วมคือ NaOH

ขั้นที่ 1: g (Na) → mol (Na)

$$n_{\text{Na}} = \frac{4.6}{23} = 0.2 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: ใช้สมการ 1 หาโมลสารร่วม NaOH (อัตราส่วน Na : NaOH = 2 : 2 = 1 : 1)

$$n_{\text{NaOH}} = 0.2 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 3: ใช้สมการ 2 หาโมล NaCl (อัตราส่วน NaOH : NaCl = 1 : 1)

$$n_{\text{NaCl}} = 0.2 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 4: โมล → กรัม ($M_{\text{NaCl}} = 23 + 35.5 = 58.5$)

$$m_{\text{NaCl}} = 0.2 \times 58.5 = 11.7 \text{ g}$$

ถ้าโจทย์ให้ %yield แต่ละขั้นมาด้วย ต้องคูณ %yield สะสมทีละขั้น (ไม่ใช่คูณรวมตอนท้ายทีเดียว) เพราะปริมาณจริงของขั้นก่อนหน้าคือสารตั้งต้นจริงของขั้นถัดไป

ตัวอย่าง 10.2 การผลิตเมทานอลจากมีเทนเกิดต่อเนื่อง 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ (ผลได้ร้อยละ 90)

ขั้นที่ 2: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ (ผลได้ร้อยละ 80)

ถ้าเริ่มจากมีเทนบริสุทธิ์ 32 g (มี H_2 มากเกินพอในขั้นที่ 2) จะได้เมทานอลจริงกี่กรัม (C = 12, H = 1, O = 16)

วิธีทำ — $M_{\text{CH}_4} = 16$ g/mol

ขั้นที่ 1: g → mol มีเทน

$$n_{\mathrm{CH_4}} = \frac{32}{16} = 2 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: หาโมลสารร่วม CO ตามทฤษฎีจากอัตราส่วนโมล (1 : 1) แล้วคูณด้วยผลได้ร้อยละของขั้นที่ 1 เพื่อได้ปริมาณที่ **ได้จริง**

$$n_{\mathrm{CO,\ actual}} = 2 \times 0.90 = 1.8 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 3: CO 1.8 mol ที่ได้จริงนี้คือสารตั้งต้นจริงของขั้นที่ 2 หาโมล $\mathrm{CH_3OH}$ ตามทฤษฎีจากอัตราส่วนโมล (1 : 1) แล้วคูณด้วยผลได้ร้อยละของขั้นที่ 2

$$n_{\mathrm{CH_3OH,\ actual}} = 1.8 \times 0.80 = 1.44 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 4: โมล → กรัม ($M_{\mathrm{CH_3OH}} = 12 + 4(1) + 16 = 32$)

$$m_{\mathrm{CH_3OH}} = 1.44 \times 32 = 46.08 \text{ g}$$

สังเกตว่าผลได้ร้อยละรวมสองขั้นคือ $0.90 \times 0.80 = 0.72$ หรือ 72% — นี่คือเหตุผลที่ %yield ต้อง "ทวีคูณ" ไปทีละขั้น ไม่ใช่บวกกันหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย

ฝึกทันที 9 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 39 ★☆☆☆☆

การถลุงสังกะสีจากแร่ซิงค์เบลนด์เกิด 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: $2\mathrm{ZnS} + 3\mathrm{O_2} \rightarrow 2\mathrm{ZnO} + 2\mathrm{SO_2}$

ขั้นที่ 2: $\mathrm{ZnO} + \mathrm{C} \rightarrow \mathrm{Zn} + \mathrm{CO}$

ถ้าเริ่มต้นจาก ZnS 2 โมล และปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ทุกขั้น จะได้โลหะสังกะสีกี่โมล

ก. 2 โมล
ข. 1 โมล
ค. 3 โมล
ง. 4 โมล

ข้อ 40 ★★☆☆☆

การผลิตปูนขาว (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) จากหินปูนเกิด 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: $\mathrm{CaCO_3} \rightarrow \mathrm{CaO} + \mathrm{CO_2}$

ขั้นที่ 2: $\mathrm{CaO} + \mathrm{H_2O} \rightarrow \mathrm{Ca(OH)_2}$

ถ้าเผาหินปูนบริสุทธิ์ 50 กรัม และทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ จะได้ $\mathrm{Ca(OH)_2}$ กี่กรัม (กำหนด Ca = 40, C = 12, O = 16, H = 1)

ก. 28.0 g
ข. 74.0 g
ค. 18.5 g
ง. 37.0 g

ข้อ 41 ★★★☆☆

การผลิตกรดซัลฟิวริกในอุตสาหกรรมเกิดต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน ดังนี้

$S + O_2 \rightarrow SO_2$

$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

ถ้าเริ่มจากกำมะถันบริสุทธิ์ 6.4 กิโลกรัม และทุกขั้นตอนเกิดสมบูรณ์ จะผลิต H_2SO_4 ได้กี่กิโลกรัม (กำหนด H = 1, S = 32, O = 16)

ก. 4.9 kg

ข. 9.8 kg

ค. 19.6 kg

ง. 39.2 kg

ข้อ 42 ★★★★☆

การผลิตแก๊สไฮโดรเจนในอุตสาหกรรมใช้กระบวนการรีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ (steam reforming) เกิดต่อเนื่อง 2 ขั้นตอน ดังสมการ

ขั้นที่ 1: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$

ขั้นที่ 2: $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

ถ้าเริ่มจากแก๊สมีเทนบริสุทธิ์ 8.0 กรัม (มีไอน้ำมากเกินพอทุกขั้นตอน และปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์) จะได้แก๊ส H_2 รวมกี่ลิตรที่ STP (C = 12, H = 1)

ก. 33.6 L

ข. 44.8 L

ค. 11.2 L

ง. 67.2 L

ข้อ 43 ★★★★☆

อุตสาหกรรมผลิตกรดฟอสฟอริกบริสุทธิ์สูงด้วยกระบวนการเผาฟอสฟอรัส เกิดต่อเนื่อง 2 ขั้นตอน ดังสมการ

ขั้นที่ 1: $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$

ขั้นที่ 2: $P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$

ถ้าเริ่มจากฟอสฟอรัส P_4 บริสุทธิ์ 62.0 กรัม (มี O_2 และ H_2O มากเกินพอ และปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ทุกขั้น) จะได้กรดฟอสฟอริก H_3PO_4 กี่กรัม (P = 31, H = 1, O = 16)

ก. 196 g

ข. 98 g

ค. 49 g

ง. 392 g

ข้อ 44 ★★★★☆

การผลิตกรดไนตริกในอุตสาหกรรม (กระบวนการออสต์วาลด์) เกิดต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

ขั้นที่ 2: $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

ขั้นที่ 3: $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$

ถ้าเริ่มจากแอมโมเนีย 6.8 กรัม และทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่นำ NO ที่เกิดในขั้นที่ 3 กลับมาใช้ซ้ำ) จะได้กรดไนตริกกี่กรัม (กำหนด N = 14, H = 1, O = 16)

ก. 16.8 g

ข. 25.2 g

ค. 37.8 g

ง. 12.6 g

ข้อ 45 ★★★★★

โลหะผสมชนิดหนึ่งประกอบด้วยอะลูมิเนียมกับสังกะสีเท่านั้น หนัก 9.2 กรัม เมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับกรด HCl ที่มากเกินพอ โลหะทั้งสองละลายหมดตามสมการ

$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

ได้แก๊ส H_2 ทั้งหมด 5.6 ลิตรที่ STP โลหะผสมนี้มีอะลูมิเนียมอยู่ร้อยละโดยมวลเท่าใด (กำหนด Al = 27, Zn = 65 และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

ก. 29.3

ข. 50.0

ค. 54.4

ง. 70.7

ข้อ 46 ★★★★★

การผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์จากหินปูนเกิดต่อเนื่อง 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ (ผลได้ร้อยละ 80)

ขั้นที่ 2: $CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO$ (ผลได้ร้อยละ 75)

ถ้าเริ่มจาก $CaCO_3$ บริสุทธิ์ 50 กรัม โดยนำ CaO ที่ได้จริงจากขั้นที่ 1 ทั้งหมดไปทำปฏิกิริยาขั้นที่ 2 กับถ่านคาร์บอนที่มากเกินพอ จะได้ CaC_2 กี่กรัม (กำหนด Ca = 40, C = 12, O = 16)

ก. 19.2 g

ข. 24.0 g

ค. 25.6 g

ง. 32.0 g

ข้อ 47 ★★★★★

การผลิตปุ๋ยยูเรียในอุตสาหกรรมเกิดต่อเนื่อง 2 ขั้นตอน ดังสมการ

ขั้นที่ 1: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (ผลได้ร้อยละ 80)

ขั้นที่ 2: $2NH_3 + CO_2 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$ (ผลได้ร้อยละ 90)

ถ้าเริ่มจากแก๊ส N_2 14.0 กรัม (มี H_2 และ CO_2 มากเกินพอ) จะผลิตยูเรียได้จริงกี่กรัม (C = 12, H = 1, N = 14, O = 16)

ก. 30.0 g

ข. 27.0 g

ค. 24.0 g

ง. 21.6 g

8 หามวลอะตอม/มวลโมเลกุลจากข้อมูลปฏิกิริยา

11. หามวลอะตอม/มวลโมเลกุลย้อนกลับจากข้อมูลปฏิกิริยา

โจทย์แนวนี้ให้ **มวลของสารตั้งต้นที่ไม่ทราบมวลอะตอม/มวลโมเลกุล** มาพร้อมกับ **มวลของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้จริง** (เช่น ตะกอนที่ชั่งได้ หรือแก๊สที่วัดปริมาตรที่ STP ได้) กลยุทธ์คือ **เริ่มจากผลิตภัณฑ์ที่ทราบสูตรครบ** เพื่อหาโมลก่อน แล้วค่อยย้อนอัตราส่วนโมลจากสมการที่ดุลแล้วกลับไปหาโมลของสารตั้งต้นที่ไม่ทราบมวล จากนั้นหารมวลสารตั้งต้นด้วยโมลที่ได้:

$$\text{g (product)} \rightarrow \text{mol (product)} \xrightarrow{\text{reverse mole ratio}} \text{mol (reactant)} \qquad M_{\text{reactant}} = \frac{m_{\text{reactant}}}{n_{\text{reactant}}}$$

ตัวอย่าง 11.1 โลหะ M (เวเลนซ์ 2) หนัก 2.4 g ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดซัลฟิวริกเจือจางมากเกินพอ ตามสมการ $\mathrm{M} + \mathrm{H_2SO_4} \rightarrow \mathrm{MSO_4} + \mathrm{H_2}$ เกิดแก๊ส $\mathrm{H_2}$ ปริมาตร 2.24 L ที่ STP จงหามวลอะตอมของ M

วิธีทำ

ขั้นที่ 1: หาโมลของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้ ($\mathrm{H_2}$ ทราบสูตรและปริมาตรที่ STP)

$$n_{\mathrm{H_2}} = \frac{2.24}{22.4} = 0.1 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: ย้อนอัตราส่วนโมลจากสมการ (M : $\mathrm{H_2}$ = 1 : 1)

$$n_{\mathrm{M}} = 0.1 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 3: หามวลอะตอมของ M

$$M_{\mathrm{M}} = \frac{2.4}{0.1} = 24 \text{ g/mol}$$

(นี่คือแมกนีเซียม) จุดที่ต้องระวัง: ห้ามเริ่มคำนวณจากมวลของ M ก่อน เพราะยังไม่ทราบมวลโมลาร์ของมัน — ต้องไต่จากผลิตภัณฑ์ฝั่งที่ทราบสูตรครบเสมอ

ฝึกทันที 6 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 48 ★★★☆☆

ธาตุ M หนัก 5.4 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน 4.8 กรัม ได้ออกไซด์สูตร $\mathrm{M_2O_3}$ เพียงชนิดเดียว มวลอะตอมของ M เท่ากับข้อใด (กำหนด O = 16)

ก. 18 **ข.** 27

ค. 36 **ง.** 54

ข้อ 49 ★★★☆☆

เกลือคาร์บอเนตของโลหะหมู่ 1 สูตร M_2CO_3 หนัก 2.12 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรด HCl ที่มากเกินพอตามสมการ $M_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2MCl + H_2O + CO_2$ เกิดแก๊ส CO_2 0.448 ลิตรที่ STP มวลอะตอมของ M เท่ากับข้อใด (กำหนด C = 12, O = 16 และที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

ก. 23
ข. 39
ค. 46
ง. 53

ข้อ 50 ★★★☆☆

โลหะคาร์บอเนต MCO_3 หนัก 10.0 กรัม สลายตัวเมื่อเผาอย่างสมบูรณ์ตามสมการ $MCO_3 \rightarrow MO + CO_2$ ได้แก๊ส CO_2 ปริมาตร 2.24 ลิตร ที่ STP จงหามวลอะตอมของ M (C = 12, O = 16)

ก. 100
ข. 40
ค. 52
ง. 88

ข้อ 51 ★★★★☆

ออกไซด์ของโลหะ M สูตร MO หนัก 7.2 กรัม ทำปฏิกิริยารีดักชันกับแก๊ส H_2 มากเกินพอตามสมการ

$MO + H_2 \rightarrow M + H_2O$

ได้น้ำเกิดขึ้น 1.8 กรัม จงหามวลอะตอมของ M (H = 1, O = 16)

ก. 72
ข. 88
ค. 24
ง. 56

ข้อ 52 ★★★★☆

โลหะ M หนัก 1.2 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรด HCl มากเกินพอตามสมการ $M + 2HCl \rightarrow MCl_2 + H_2$ ได้แก๊ส H_2 ปริมาตร 1.12 ลิตรที่ STP มวลอะตอมของโลหะ M เท่ากับข้อใด (กำหนดที่ STP แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 L)

ก. 12
ข. 48
ค. 65
ง. 24

ข้อ 53 ★★★★★

เกลือคลอไรด์ของโลหะหมู่ 2 สูตร MCl_2 หนัก 1.11 กรัม ละลายน้ำแล้วเติมสารละลาย $AgNO_3$ มากเกินพอ ได้ตะกอน AgCl หนัก 2.87 กรัม มวลอะตอมของโลหะ M เท่ากับข้อใด (กำหนด Ag = 108, Cl = 35.5)

ก. 40
ข. 20
ค. 111
ง. 55.5

9 การไทเทรตและการตกตะกอนเชิงปริมาณ

14. การไทเทรตและการตกตะกอนเชิงปริมาณแบบรวมสูตร

โจทย์แนวนี้เอาสูตรความเข้มข้น ($C = n/V$) มาผูกกับอัตราส่วนโมลจากสมการที่ดุลแล้ว — เป็นโจทย์รวมทักษะของบทนี้ที่ออกสอบบ่อยในรูปการไทเทรตกรด-เบสและการตกตะกอน ขั้นตอนตายตัว 3 ขั้น:

1. **(ความเข้มข้น × ปริมาตร)** หาโมลของสารที่รู้ค่าครบ ($n = CV$)
2. **ใช้อัตราส่วนโมล** จากสัมประสิทธิ์ในสมการที่ดุลแล้ว แปลงเป็นโมลของสารที่โจทย์ถาม
3. **แปลงกลับ** เป็นความเข้มข้น มวล หรือปริมาตรตามที่โจทย์ต้องการ

ระวังจุดต่างจาก $C_1V_1 = C_2V_2$: สูตรเจือจางใช้ได้เฉพาะ "สารตัวเดียวกัน ก่อน-หลังเติมน้ำ" เท่านั้น (โมลคงที่) ส่วนการไทเทรต/ตกตะกอนคือ **สองสารต่างชนิดกัน** ทำปฏิกิริยากัน จึงห้ามตั้ง $C_1V_1 = C_2V_2$ ตรงๆ ถ้าสัมประสิทธิ์ในสมการไม่ใช่ 1 : 1 ต้องคูณอัตราส่วนโมลเข้าไปเสมอ

ตัวอย่าง 14.1 ไทเทรตสารละลาย $\mathrm{H_2SO_4}$ ปริมาตร 25.0 mL ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.150 mol/L ใช้ไป 40.0 mL พอดี ตามสมการ $\mathrm{H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O}$ จงหาความเข้มข้นของ $\mathrm{H_2SO_4}$

วิธีทำ

ขั้นที่ 1: หาโมลของ NaOH (สารที่รู้ค่าครบ)

$$n_{\mathrm{NaOH}} = C \times V = 0.150 \times 0.0400 = 0.006 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: ใช้อัตราส่วนโมลจากสมการ ($\mathrm{H_2SO_4 : NaOH} = 1 : 2$)

$$n_{\mathrm{H_2SO_4}} = \frac{0.006}{2} = 0.003 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 3: แปลงกลับเป็นความเข้มข้น

$$C_{\mathrm{H_2SO_4}} = \frac{0.003}{0.0250} = 0.12 \text{ mol/L}$$

จุดพลาดคลาสสิกคือลืมหารด้วย 2 ในขั้นที่ 2 (เผลอตั้ง $C_1V_1 = C_2V_2$ แบบสูตรเจือจาง) ทำให้ได้คำตอบผิดสองเท่า

ตัวอย่าง 14.2 ผสมสารละลาย $\mathrm{BaCl_2}$ เข้มข้น 0.20 mol/L ปริมาตร 50.0 mL กับสารละลาย $\mathrm{Na_2SO_4}$ ที่มากเกินพอ เกิดตะกอนตามสมการ $\mathrm{BaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2NaCl}$ จะได้ตะกอน $\mathrm{BaSO_4}$ กี่กรัม (Ba = 137, S = 32, O = 16)

วิธีทำ

ขั้นที่ 1: หาโมลของ $\mathrm{BaCl_2}$ (สารที่รู้ค่าครบ — $\mathrm{Na_2SO_4}$ มากเกินพอจึงไม่ใช่สารกำหนดปริมาณ)

$$n_{\mathrm{BaCl_2}} = 0.20 \times 0.0500 = 0.01 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2: ใช้อัตราส่วนโมล ($\mathrm{BaCl_2 : BaSO_4} = 1 : 1$)

$$n_{\mathrm{BaSO_4}} = 0.01 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 3: แปลงเป็นมวล ($M_{\mathrm{BaSO_4}} = 137 + 32 + 4(16) = 233$)

$$m_{\mathrm{BaSO_4}} = 0.01 \times 233 = 2.33\ \mathrm{g}$$

ฝึกทันที 7 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 54 ★☆☆☆☆

ไทเทรตสารละลาย HCl ปริมาตร 20 mL ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 mol/L พบว่าถึงจุดยุติพอดีเมื่อใช้ NaOH ไป 40 mL สารละลาย HCl มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.05 mol/L
ข. 0.2 mol/L
ค. 0.1 mol/L
ง. 4 mol/L

ข้อ 55 ★★☆☆☆

ไทเทรตสารละลายกรดซัลฟิวริก $\mathrm{H_2SO_4}$ เข้มข้น 0.05 mol/L ปริมาตร 20 mL ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 mol/L ตามสมการ $\mathrm{H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O}$ ต้องใช้ NaOH กี่มิลลิลิตรจึงถึงจุดยุติพอดี

ก. 10 mL
ข. 40 mL
ค. 20 mL
ง. 5 mL

ข้อ 56 ★★★☆☆

ไทเทรตสารละลายกรดออกซาลิก $\mathrm{H_2C_2O_4}$ ปริมาตร 25.0 mL ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.100 mol/L ใช้ไป 30.0 mL พอดี ตามสมการ

$$\mathrm{H_2C_2O_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O}$$

จงหาความเข้มข้นของสารละลายกรดออกซาลิก

ก. 0.12 mol/L
ข. 0.03 mol/L
ค. 0.06 mol/L
ง. 0.05 mol/L

ข้อ 57 ★★★☆☆

ผสมสารละลาย $\mathrm{AgNO_3}$ เข้มข้น 0.2 mol/L ปริมาตร 50 mL กับสารละลาย $\mathrm{CaCl_2}$ เข้มข้น 0.1 mol/L ปริมาตร 40 mL เกิดตะกอน AgCl จะได้ตะกอนกี่กรัม (กำหนด Ag = 108, Cl = 35.5, Ca = 40, N = 14, O = 16)

ก. 0.574 g
ข. 1.435 g
ค. 2.583 g
ง. 1.148 g

ข้อ 58 ★★★★☆

ผสมสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ เข้มข้น 0.10 mol/L ปริมาตร 40.0 mL กับสารละลาย KI เข้มข้น 0.30 mol/L ปริมาตร 40.0 mL เกิดตะกอน PbI_2 ตามสมการ

$$Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2 + 2KNO_3$$

หลังปฏิกิริยาสิ้นสุด (ปริมาตรรวม 80.0 mL) ข้อใดถูกต้อง

ก. I^- เหลือเกินพอ มีความเข้มข้น 0.05 mol/L

ข. I^- เหลือเกินพอ มีความเข้มข้น 0.10 mol/L

ค. Pb^{2+} เหลือเกินพอ มีความเข้มข้น 0.05 mol/L

ง. ทำปฏิกิริยาพอดีกัน ไม่มีไอออนใดเหลือเกินพอ

ข้อ 59 ★★★★☆

โซดาแอชตัวอย่าง (มี Na_2CO_3 ปนสิ่งเจือปนที่ไม่ทำปฏิกิริยา) หนัก 2.00 กรัม ละลายน้ำแล้วไทเทรตด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 mol/L ใช้ไป 60 mL พอดี ตามสมการ $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$ ตัวอย่างนี้มี Na_2CO_3 บริสุทธิ์อยู่ร้อยละเท่าใดโดยมวล (กำหนด Na = 23, C = 12, O = 16)

ก. 79.5

ข. 159.0

ค. 39.75

ง. 53.0

ข้อ 60 ★★★★★

หินปูนตัวอย่าง (มี $CaCO_3$ ปนสิ่งเจือปนที่ไม่ทำปฏิกิริยา) หนัก 1.00 กรัม นำไปละลายในสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 mol/L ปริมาตร 50 mL (มากเกินพอ) ตามสมการ $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$ จากนั้นไทเทรตกรดที่เหลือด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2 mol/L ใช้ไป 45 mL พอดี ตัวอย่างนี้มี $CaCO_3$ อยู่ร้อยละเท่าใดโดยมวล (กำหนด Ca = 40, C = 12, O = 16)

ก. 125

ข. 80

ค. 160

ง. 45

10 สรุปและจุดพลาดบ่อย

📌 สรุปสูตรและประเด็นต้องจำ

เรื่อง	สูตร / ค่า	หมายเหตุ
เลขอาโวกาโดร	$N_A = 6.02 \times 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$	อนุภาคต่อ 1 โมล
โมลจากมวล	$n = \dfrac{m}{M}$	M = มวลโมลาร์ (g/mol)
โมลจากอนุภาค	$n = \dfrac{N}{N_A}$	—
โมลจากแก๊สที่ STP	$n = \dfrac{V}{22.4}$	เฉพาะแก๊ส + STP (0°C = 273 K, 1 atm) เท่านั้น
แก๊สทั่วไป	$PV = nRT$	$R = 0.0821\ \mathrm{L{\cdot}atm/(mol{\cdot}K)}, T$ เป็น K
มวลอะตอมเฉลี่ย	$\bar{A} = \dfrac{\sum A_i \times \%_i}{100}$	ถ่วงน้ำหนักตามความชุก
ร้อยละโดยมวล	$\% = \dfrac{m_{\text{part}}}{m_{\text{whole}}} \times 100$	—
สูตรโมเลกุล	$n = \dfrac{M_{\text{molecular}}}{M_{\text{empirical}}}$	สูตรโมเลกุล = (เอมพิริคัล)$\times n$
หาค่า n ในไฮเดรต (จากมวล)	$n = \dfrac{n_{\text{water lost}}}{n_{\text{anhydrous}}}$	$m_{\text{water}} = m_{\text{hydrate}} - m_{\text{anhydrous}}$
หาค่า n ในไฮเดรต (จาก %น้ำ)	$\%\ \mathrm{H_2O} = \dfrac{18n}{M_{\text{anhydrous}} + 18n} \times 100$	แก้สมการหา n
โมลาริตี	$C = \dfrac{n}{V_{\mathrm{L}}}$	ปริมาตรเป็นลิตรเสมอ
เจือจาง	$C_1V_1 = C_2V_2$	โมลตัวถูกละลายคงที่ (สารเดียวกัน)
ผสมสารละลาย	$C_{\text{mix}} = \dfrac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2}$	ชนิดเดียวกัน ไม่ทำปฏิกิริยา
ppm	$\mathrm{ppm} = \dfrac{m_{\text{solute}}}{m_{\text{solution}}} \times 10^6$	หรือ mg/kg, mg/L (สารละลายเจือจางมาก)
ผลได้ร้อยละ	$\% = \dfrac{\text{actual}}{\text{theoretical}} \times 100$	theoretical คิดจากสารกำหนดปริมาณ

เรื่อง	สูตร / ค่า	หมายเหตุ
ไทเทรต/ตกตะกอน (สองสารต่างกัน)	$n = CV \rightarrow$ คูณอัตราส่วนโมล $\rightarrow$ แปลงกลับ	ห้ามใช้ $C_1V_1 = C_2V_2$ ข้ามสาร

มวลอะตอมที่ใช้บ่อย: H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5, K = 39, Ca = 40

⚠️ จุดที่เด็กพลาดบ่อย

- **ใช้ 22.4 L/mol กับของเหลว/ของแข็ง หรือกับแก๊สที่ไม่ใช่ STP** — ท่องไว้: 22.4 ใช้ได้เฉพาะ "แก๊ส + STP" นอกนั้นต้อง $PV = nRT$ และอย่าลืมแปลงอุณหภูมิเป็นเคลวิน
- **สับสนอนุภาคย่อย** — ถามจำนวน "อะตอม H ใน H_2O" ต้องคูณ 2 จากจำนวนโมเลกุล, ถามจำนวนไอออนใน $CaCl_2$ 1 โมล คือ 3 โมลไอออน (1 Ca^{2+} + 2 Cl^-) อ่านโจทย์ให้ชัดว่าถามโมเลกุล อะตอม หรือไอออน
- **ลืมคูณเลขหน้าวงเล็บในสูตร** — $(NH_4)_2SO_4$ มี H 8 อะตอม ไม่ใช่ 4 วิธีเลี่ยง: แตกวงเล็บเขียนจำนวนอะตอมทุกธาตุก่อนคิดเลขเสมอ
- **หารด้วยปริมาตร mL ตรงๆ ตอนหาโมลาริตี** — ได้คำตอบผิดพันเท่า วิธีเลี่ยง: เขียนหน่วยกำกับทุกบรรทัดแล้วเช็กว่า mol/L จริง
- **ปัดเศษอัตราส่วนสูตรเอมพิริคัลแบบมักง่าย** — 1.33 ไม่ใช่ 1! ต้องคูณ 3 ให้เป็น 4 จำคู่ตัวเลข: 0.5 → คูณ 2, 0.33 → คูณ 3, 0.25 → คูณ 4
- **ข้ามขั้นสารกำหนดปริมาณ** — เห็นสารตั้งต้นสองตัวพร้อมปริมาณเมื่อไร ต้องเทียบ (โมล ÷ สัมประสิทธิ์) ก่อนเสมอ ห้ามเดาจากมวลว่าใครน้อยกว่า เพราะสารมวลมากอาจหมดก่อนก็ได้ (ดูตัวอย่าง 12.1)
- **คิดผลิตภัณฑ์จากสารที่เหลือเฟือ** — ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดต้องคำนวณจากสารกำหนดปริมาณเท่านั้น
- **ดุลสมการโดยแก้เลขห้อย** — เปลี่ยน H_2O เป็น H_2O_2 คือเปลี่ยนสารเลย! ปรับได้เฉพาะสัมประสิทธิ์ข้างหน้า และอย่าลืมตรวจนับอะตอมทุกธาตุซ้ำหลังดุลเสร็จ
- **ไฮเดรต: ใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อนแทนมวลแอนไฮดรัสตอนหาโมล** — ต้องลบมวลน้ำที่ระเหยออกก่อนเสมอ แล้วค่อยหาโมลของเกลือแอนไฮดรัสที่เหลือ (ดูตัวอย่าง 6.1)
- **ปฏิกิริยาหลายขั้นตอน: ลืมว่าสารร่วมต้องมีโมลเท่ากันทั้งสองสมการ** หรือถ้ามี %yield หลายขั้น เผลอคูณ %yield รวมทีเดียวตอนท้ายแทนที่จะคูณสะสมทีละขั้น (ดูตัวอย่าง 10.2)
- **หามวลอะตอมย้อนกลับ: เริ่มคิดจากสารที่ไม่ทราบมวลโมลาร์ก่อน** — ต้องเริ่มจากผลิตภัณฑ์ฝั่งที่ทราบสูตรและมวลอะตอมครบเสมอ แล้วค่อยย้อนอัตราส่วนโมลกลับไปหาสารตั้งต้น (ดูตัวอย่าง 11.1)
- **ไทเทรต/ตกตะกอนสองสารต่างกัน: ใช้ $C_1V_1 = C_2V_2$ ตรงๆ โดยไม่คูณอัตราส่วนโมล** — ใช้ได้เฉพาะสารเดียวกันก่อน-หลังเจือจางเท่านั้น ถ้าสัมประสิทธิ์ไม่ใช่ 1 : 1 ต้องคูณอัตราส่วนโมลจากสมการเสมอ (ดูตัวอย่าง 14.1)
- **จำสูตรเจือจางผิดฝั่ง** — $C_1V_1 = C_2V_2$ ใช้กับ "สารเดียวกัน ก่อน-หลังเติมน้ำ" เท่านั้น ถ้าเป็นการไทเทรตกรด-เบสต้องคูณจำนวนโปรตอน/ไฮดรอกไซด์ด้วย อย่าเหมารวม
- **สลับเศษส่วนใน %yield** — actual อยู่บน theoretical อยู่ล่าง ถ้าคำนวณแล้วได้เกิน 100% แสดงว่าสลับกัน (หรือคิด theoretical ผิด) ให้ย้อนตรวจทันที

เฉลยย่อ บทที่ 5

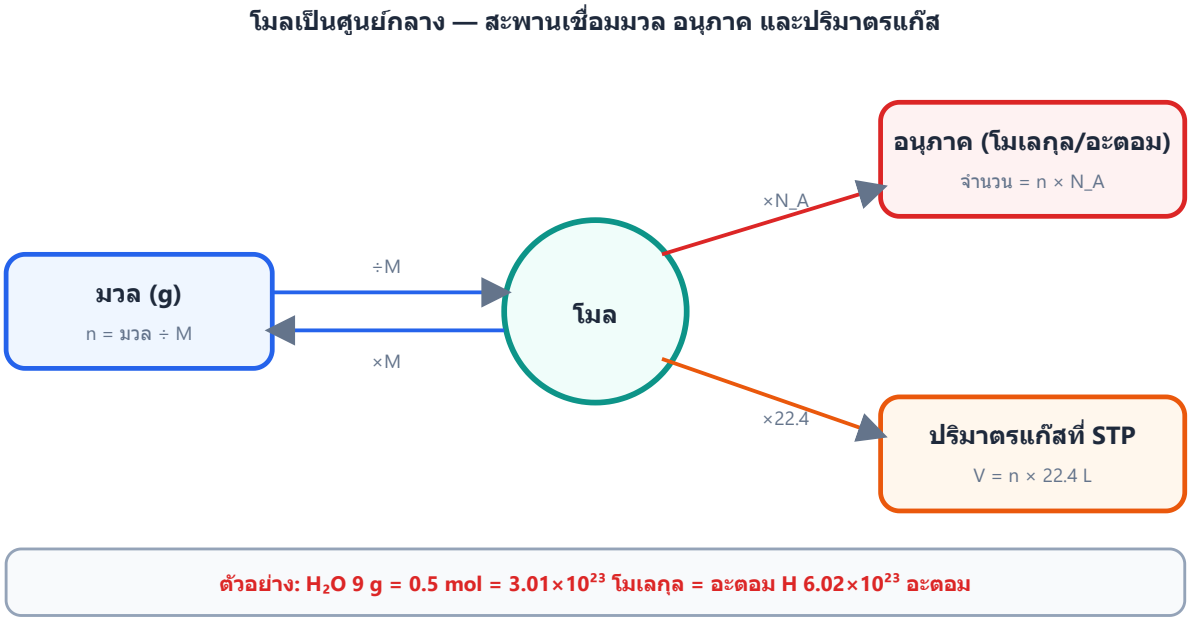
1. ข	2. ก	3. ข	4. ง	5. ง	6. ค	7. ค	8. ค	9. ง	10. ก	11. ก	12. ข	13. ค
14. ข	15. ค	16. ก	17. ค	18. ข	19. ค	20. ข	21. ก	22. ก	23. ข	24. ค	25. ข	26. ง
27. ค	28. ข	29. ง	30. ก	31. ง	32. ก	33. ง	34. ก	35. ค	36. ข	37. ค	38. ข	39. ก
40. ง	41. ค	42. ข	43. ก	44. ก	45. ก	46. ก	47. ง	48. ข	49. ก	50. ข	51. ง	52. ง
53. ก	54. ข	55. ค	56. ค	57. ง	58. ก	59. ก	60. ข					

เฉลยละเอียด บทที่ 5

ข้อ 1 — ตอบ ข.

N

1 ขั้นที่ 1: หามวลโมเลกุลของแก๊ส



$M = \frac{14}{0.5} = 28\ \mathrm{g/mol}$

2 ขั้นที่ 2: แก๊สเป็น X_2 ดังนั้นมวลอะตอมของ X

$\frac{28}{2} = 14$

ตรงกับไนโตรเจน (N = 14) แก๊สนี้คือ N_2

ระวัง: ตอบ O คือรีบนึกถึงแก๊สอะตอมคู่ที่คุ้นเคยโดยไม่คำนวณ — ถ้าเป็น O_2 มวลโมเลกุลต้องเป็น 32 ไม่ใช่ 28 ส่วนตอบ Cl หรือ H มวลโมเลกุลของ $Cl_2 = 71$ และ $H_2 = 2$ ไม่ตรงกับ 28

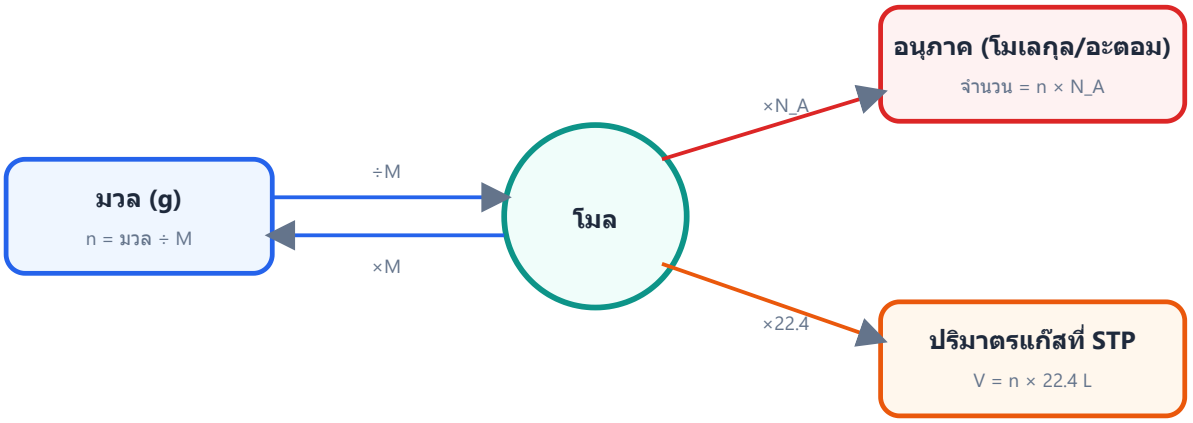
ตอบ: ข้อ ข. N

ข้อ 2 — ตอบ ก.

1.505×10^{23} โมเลกุล

หลักคิด: จำนวนอนุภาค = จำนวนโมล $\times N_A$

โมลเป็นศูนย์กลาง — สะพานเชื่อมมวล อนุภาค และปริมาตรแก๊ส



ตัวอย่าง: H_2O 9 g = 0.5 mol = 3.01×10^{23} โมเลกุล = อะตอม H 6.02×10^{23} อะตอม

คำนวณ พร้อมตัดหน่วย:

$0.25\,\cancel{\text{mol}} \times \frac{6.02\times10^{23}}{1\,\cancel{\text{mol}}} = 1.505 \times 10^{23}$

ดังนั้นมี 1.505×10^{23} โมเลกุล

ระวัง: ถ้าลืมคูณ 0.25 จะได้ 6.02×10^{23} และถ้าเผลอหารด้วย 0.25 จะได้ 2.408×10^{24} ซึ่งผิดทั้งคู่

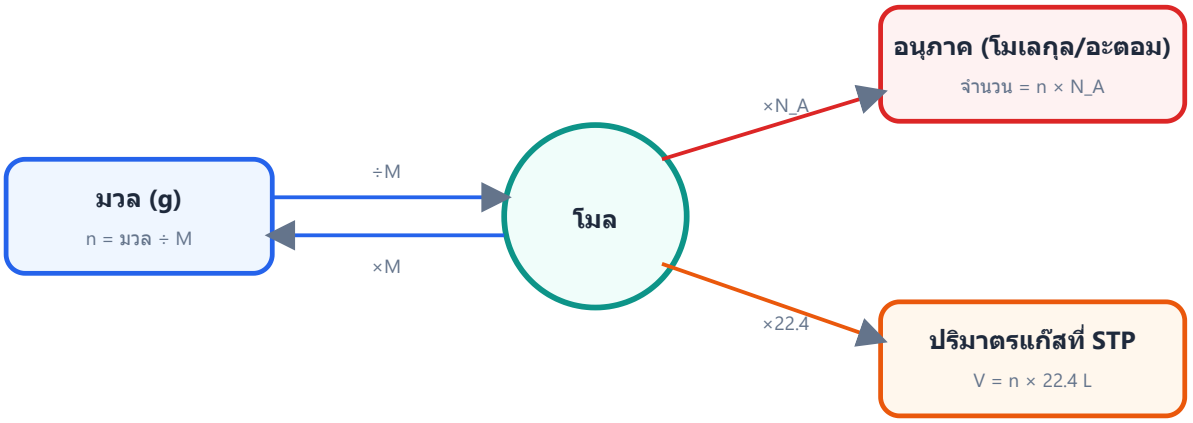
ตอบ: ข้อ ก. 1.505×10^{23} โมเลกุล

ข้อ 3 — ตอบ ข.

3.612×10^{23} อะตอม

1 ขั้นที่ 1: มวลโมเลกุลของ $NH_3 = 14 + 3(1) = 17$ g/mol

โมลเป็นศูนย์กลาง — สะพานเชื่อมมวล อนุภาค และปริมาตรแก๊ส



ตัวอย่าง: H_2O 9 g = 0.5 mol = 3.01×10^{23} โมเลกุล = อะตอม H 6.02×10^{23} อะตอม

2 ขั้นที่ 2: หาโมลของ NH_3

$$\frac{3.4\ \cancel{g}}{17\ \cancel{g}/\mathrm{mol}} = 0.2\ \mathrm{mol}$$

3 ขั้นที่ 3: 1 โมเลกุล NH_3 มี H 3 อะตอม ดังนั้นโมลอะตอม H $= 0.2 \times 3 = 0.6$ mol

4 ขั้นที่ 4: จำนวนอะตอม $= 0.6 \times 6.02 \times 10^{23} = 3.612 \times 10^{23}$ อะตอม

ระวัง: ตอบ 1.204×10^{23} คือนับเป็นจำนวน "โมเลกุล" โดยลืมคูณ 3 · ตอบ 4.816×10^{23} คือเผลอนับอะตอมทั้งหมด (N + H รวม 4 อะตอมต่อโมเลกุล) · ตอบ 6.02×10^{23} คือเผลอคิดว่ามีสาร 1 โมลพอดี

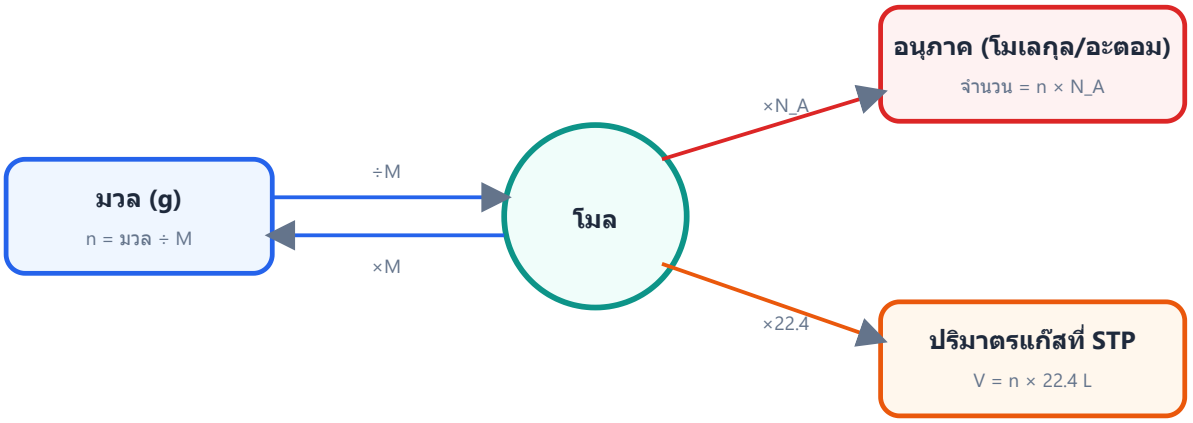
ตอบ: ข้อ ข. 3.612×10^{23} อะตอม

ข้อ 4 — ตอบ ง.

N_2

หลักคิด: ที่ STP แก๊ส 1 โมลมีปริมาตร 22.4 L ดังนั้นมวลโมเลกุล = ความหนาแน่น $\times$ 22.4

โมลเป็นศูนย์กลาง — สะพานเชื่อมมวล อนุภาค และปริมาตรแก๊ส



ตัวอย่าง: H_2O 9 g = 0.5 mol = 3.01×10^{23} โมเลกุล = อะตอม H 6.02×10^{23} อะตอม

คำนวณ:

$$M = 1.25\ \frac{\mathrm{g}}{\cancel{\mathrm{L}}} \times 22.4\ \frac{\cancel{\mathrm{L}}}{\mathrm{mol}} = 28\ \mathrm{g/mol}$$

เทียบมวลโมเลกุลของตัวเลือก: $CH_4 = 16, N_2 = 28, O_2 = 32, CO_2 = 44$

แก๊สที่มีมวลโมเลกุล 28 คือ N_2

ระวัง: ถ้าเผลอหาร $22.4 \div 1.25 = 17.92$ จะหลงไปตอบ CH_4 (ใกล้ 16) ที่ถูกต้องคูณ เพราะความหนาแน่นคือมวลของแก๊สเพียง 1 L แต่ 1 โมลมีปริมาตรถึง 22.4 L

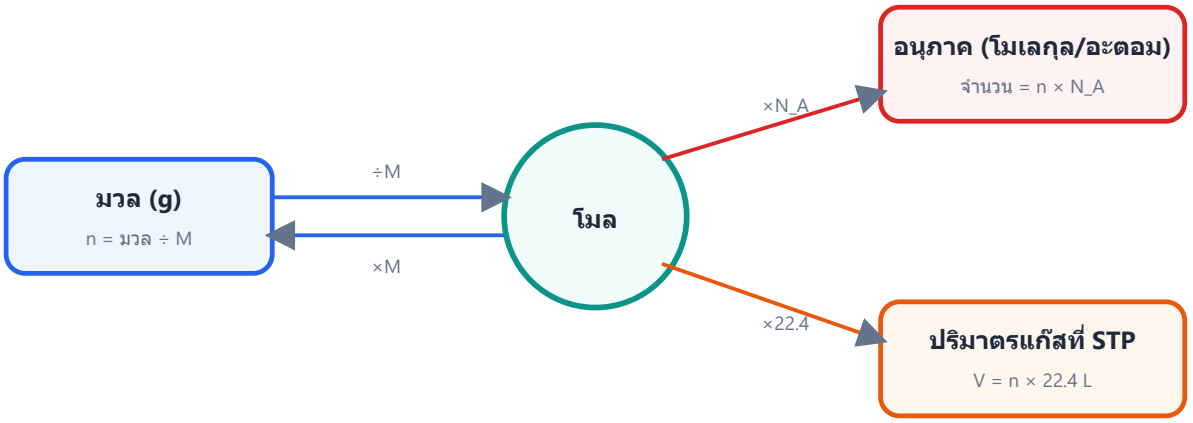
ตอบ: ข้อ ง. N_2

ข้อ 5 — ตอบ ง.

มีจำนวนอะตอมออกซิเจนทั้งหมดเท่ากับ 3.01×10^{23} อะตอม

ตรวจแต่ละข้อ

โมลเป็นศูนย์กลาง — สะพานเชื่อมมวล อนุภาค และปริมาตรแก๊ส



ตัวอย่าง: H_2O 9 g = 0.5 mol = 3.01×10^{23} โมเลกุล = อะตอม H 6.02×10^{23} อะตอม

1 ขั้นที่ 1: หามวลโมเลกุลของ $CO_2 = 12 + 2(16) = 44$ g/mol และจำนวนโมล

$n = \dfrac{22}{44} = 0.5$ mol → ข้อ (ก) ถูก

2 ขั้นที่ 2: จำนวนโมเลกุล

$N = 0.5 \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$ molecules → ข้อ (ข) ถูก

3 ขั้นที่ 3: ปริมาตรที่ STP

$V = 0.5 \times 22.4 = 11.2$ L → ข้อ (ค) ถูก

4 ขั้นที่ 4: จำนวนอะตอมออกซิเจน — ใน 1 โมเลกุล CO_2 มีออกซิเจน 2 อะตอม ต้องคูณ 2 จากจำนวนโมเลกุล

$N_O = 2 \times 3.01 \times 10^{23} = 6.02 \times 10^{23}$ atoms

ไม่ใช่ 3.01×10^{23} ตามที่ข้อ (ง) กล่าว → **ข้อ (ง) ผิด** (ลืมคูณจำนวนอะตอมออกซิเจนต่อโมเลกุล)

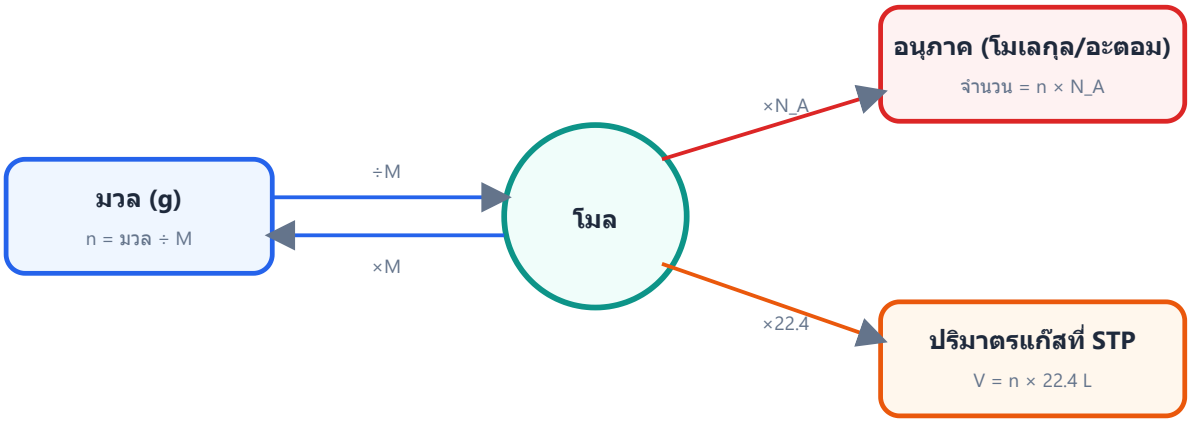
ตอบ: ข้อ ง. มีจำนวนอะตอมออกซิเจนทั้งหมดเท่ากับ 3.01×10^{23} อะตอม

ข้อ 6 — ตอบ ค.

11.2 L

❶ **ขั้นที่ 1:** หามวลโมเลกุลของ $CH_4 = 12 + 4(1) = 16$ g/mol

โมลเป็นศูนย์กลาง — สะพานเชื่อมมวล อนุภาค และปริมาตรแก๊ส



ตัวอย่าง: H_2O 9 g = 0.5 mol = 3.01×10^{23} โมเลกุล = อะตอม H 6.02×10^{23} อะตอม

❷ **ขั้นที่ 2:** แปลงกรัมเป็นโมล

$$8\,\cancel{g} \times \frac{1\,\text{mol}}{16\,\cancel{g}} = 0.5\,\text{mol}$$

❸ **ขั้นที่ 3:** แปลงโมลเป็นปริมาตรที่ STP

$$0.5\,\cancel{\text{mol}} \times \frac{22.4\,\text{L}}{1\,\cancel{\text{mol}}} = 11.2\,\text{L}$$

ระวัง: ตอบ 22.4 L คือลืมคิดจำนวนโมล ส่วน 5.6 L มักเกิดจากใช้มวลโมเลกุลผิดเป็น 32

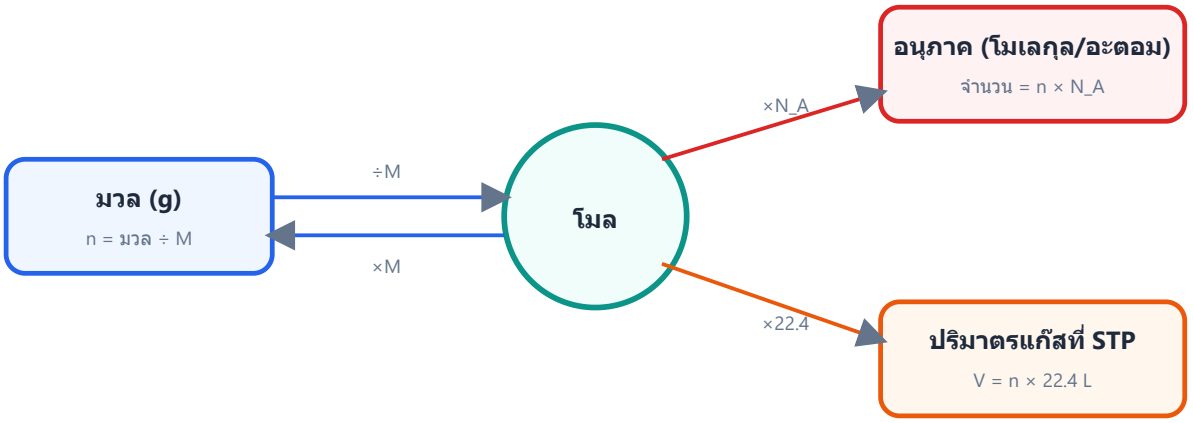
ตอบ: ข้อ ค. 11.2 L

ข้อ 7 — ตอบ ค.

(ก) และ (ข)

ตรวจ (ก): โมล $CO_2 = \frac{11}{44} = 0.25$ mol และโมล $N_2 = \frac{7}{28} = 0.25$ mol เท่ากัน จำนวนโมเลกุลจึงเท่ากัน — **ถูก**

โมลเป็นศูนย์กลาง — สะพานเชื่อมมวล อนุภาค และปริมาตรแก๊ส



ตัวอย่าง: H_2O 9 g = 0.5 mol = 3.01×10^{23} โมเลกุล = อะตอม H 6.02×10^{23} อะตอม

ตรวจ (ข): โมล $O_2 = \frac{5.6}{22.4} = 0.25$ mol มวล $= 0.25 \times 32 = 8$ g — **ถูก**

ตรวจ (ค): โมลน้ำ $= \frac{9}{18} = 0.5$ mol แต่ 1 โมเลกุล H_2O มี 3 อะตอม (H 2 อะตอม + O 1 อะตอม)

จำนวนอะตอมทั้งหมด $= 0.5 \times 3 \times 6.02 \times 10^{23} = 9.03 \times 10^{23}$ อะตอม — **ผิด**

(ค่า 3.01×10^{23} คือจำนวน "โมเลกุล" ของน้ำ 0.5 โมล — ตัวลวงมาจากการสับสนระหว่างโมเลกุลกับอะตอม)

ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) และ (ข)

ตอบ: ข้อ ค. (ก) และ (ข)

ข้อ 8 — ตอบ ค.

37.6 g

หลักคิด: ตั้งตัวแปรจากข้อมูล 2 เงื่อนไข คือโมลรวมและโมลอะตอมรวม แล้วแก้ระบบสมการ

โลหะผสม Al+Zn 9.2 g + HCl มากเกินพอ → H_2 รวม 5.6 L ที่ STP

$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$ (Al : H_2 = 2 : 3)

$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ (Zn : H_2 = 1 : 1)

สมการที่ 1: มวลรวม

$27x + 65y = 9.2$

(x = mol Al, y = mol Zn)

มวลอะตอม Al=27, Zn=65

สมการที่ 2: โมลแก๊สรวม

$1.5x + y = 0.25$

($n(H_2)$ รวม = 5.6/22.4 = 0.25 mol)

Al ให้ H_2 1.5 เท่าของโมลตัวเอง

แก้ระบบสมการ 2 ตัวแปร 2 สมการ

แทน $y = 0.25 - 1.5x$ ลงในสมการมวล → x = 0.1 mol, y = 0.1 mol

มวล Al = 0.1×27 = 2.7 g

%Al โดยมวล = (2.7/9.2)×100 = 29.3%

1 ขั้นที่ 1: ให้ $CO_2 = a$ โมล และ $CO = 1 - a$ โมล

2 ขั้นที่ 2: CO_2 1 โมเลกุลมี 3 อะตอม ส่วน CO มี 2 อะตอม ดังนั้น

$$3a + 2(1 - a) = 2.6$$

$$a + 2 = 2.6 \Rightarrow a = 0.6$$

จึงมี CO_2 0.6 โมล และ CO 0.4 โมล

3 ขั้นที่ 3: หามวลรวม (มวลโมเลกุล $CO_2 = 44, CO = 28$)

$$0.6 \times 44 + 0.4 \times 28 = 26.4 + 11.2 = 37.6 \text{ g}$$

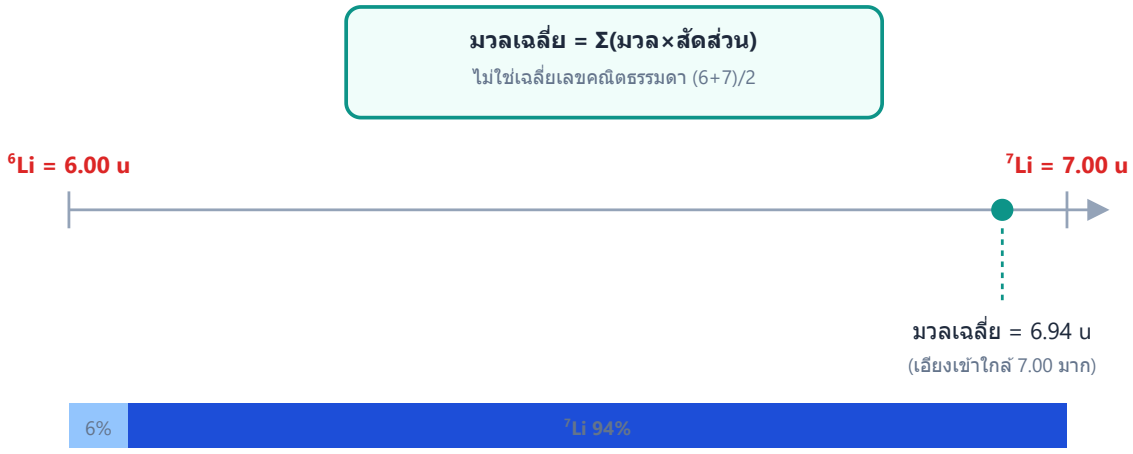
ระวัง: ตอบ 44.0 คือเผลอคิดว่าเป็น CO_2 ทั้งหมด ตอบ 36.0 คือเดาว่าแก๊สทั้งสองมีอย่างละ 0.5 โมลโดยไม่ใช้เงื่อนไขจำนวนอะตอม และตอบ 34.4 คือสลับจำนวนโมลของแก๊สทั้งสอง

ตอบ: ข้อ ค. 37.6 g

ข้อ 9 — ตอบ ง.

63.55

หลักคิด: มวลอะตอมเฉลี่ย = ผลรวมของ (มวลไอโซโทป × สัดส่วนความชุกชุม)



แถบสัดส่วนความอุดมสมบูรณ์ — ^{7}Li มีมากกว่ามาก มวลเฉลี่ยจึงเอียงเข้าหา 7.00

คำนวณ:

$$\frac{(62.93)(69.2)+(64.93)(30.8)}{100} = \frac{4354.76+1999.84}{100} = \frac{6354.60}{100} = 63.55$$

มวลอะตอมเฉลี่ยของทองแดง = 63.55 amu (ค่าจะเอียงเข้าหาไอโซโทปที่มีปริมาณมากกว่า)

ระวัง: ตอบ 63.93 คือเฉลี่ยแบบธรรมดาโดยไม่ถ่วงน้ำหนักด้วยร้อยละ และตอบ 64.31 เกิดจากสลับร้อยละของไอโซโทปทั้งสอง

ตอบ: ข้อ ง. 63.55

ข้อ 10 — ตอบ ก.

9.00 กรัม

1 ขั้นที่ 1: หามวลสูตรของ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

เผาไฮเดรตจนน้ำผลึกระเหยหมด: $CaCl_2 \cdot nH_2O \rightarrow CaCl_2 + nH_2O\uparrow$

หลักการ: มวลน้ำที่หายไป = มวลไฮเดรต − มวลแอนไฮดรัส

มวลน้ำ = 21.9 − 11.1 = 10.8 g → $n(H_2O)$ = 10.8/18 = 0.6 mol

$n(CaCl_2)$ = 11.1/111 = 0.1 mol (M ของ $CaCl_2$ = 40+2×35.5 = 111)

n = $n(H_2O)/n(CaCl_2)$ = 0.6/0.1 = 6 → สูตรคือ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$

ข้อควรระวัง: ต้องลบมวลน้ำออกก่อนเสมอ แล้วหาโมลเกลือจากมวลแอนไฮดรัสที่เหลือ (11.1 g) ไม่ใช่มวลไฮเดรตทั้งก้อน

ถ้าโจทย์ถามร้อยละน้ำผลึกแทน (ไม่ต้องเผาจริง): % น้ำ = (มวลน้ำ ÷ มวลไฮเดรตทั้งก้อน) × 100

= (10.8/21.9)×100 = 49.3% (ใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อนเป็นตัวหาร ไม่ใช่มวลแอนไฮดรัส)

$$M = 63.5 + 32 + 4(16) + 5(18) = 63.5 + 32 + 64 + 90 = 249.5 \text{ g/mol}$$

2 ขั้นที่ 2: หาโมลของไฮเดรตทั้งก้อน

$$n = \frac{24.95}{249.5} = 0.1 \text{ mol}$$

3 ขั้นที่ 3: ใน 1 โมลไฮเดรตมีน้ำผลึก 5 โมล ดังนั้นมวลน้ำผลึกที่หายไป

$$m_{H_2O} = 0.1 \times 5 \times 18 = 9.00 \text{ กรัม}$$

ระวัง: ตอบ 15.95 กรัม คือมวลเกลือแอนไฮดรัส $CuSO_4$ ที่เหลืออยู่ (ตอบผิดโจทย์ที่ถามหามวลน้ำ) · ตอบ 4.99 กรัม คือเผลอเอามวลไฮเดรตทั้งก้อนหารด้วย 5 ตรงๆ โดยไม่ผ่านมวลสูตร · ตอบ 18.00 กรัม คือตอบเป็นมวลโมเลกุลของน้ำ 1 โมเลกุล โดยไม่คิดปริมาณที่มีอยู่จริง

ตอบ: ข้อ ก. 9.00 กรัม

ข้อ 11 — ตอบ ก.

CH

หลักคิด: สูตรเอมพิริคัลคืออัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมแต่ละธาตุ

สูตรเอมพิริคัล → สูตรโมเลกุล (ตัวอย่าง: C 40.0%, H 6.7%, O 53.3%, M = 180)

1. **สมมติมวลรวม 100 g → ร้อยละกลายเป็นกรัมโดยตรง**
   C = 40.0 g, H = 6.7 g, O = 53.3 g
2. **หาโมลแต่ละธาตุ (÷มวลอะตอม)**
   C: 40.0/12 = 3.33 mol, H: 6.7/1 = 6.7 mol, O: 53.3/16 = 3.33 mol
3. **หารทุกค่าด้วยค่าน้อยที่สุด (3.33) เพื่อได้อัตราส่วนต่ำสุด**
   C : H : O = 1 : 2 : 1
4. **เขียนสูตรเอมพิริคัล — คำนวณมวลสูตร**
   CH_2O มวล = 12+2(1)+16 = 30
5. **หา n = มวลโมเลกุล ÷ มวลสูตร แล้วคูณทุกตัวห้อยด้วย n**
   n = 180/30 = 6 → สูตรโมเลกุล = $C_6H_{12}O_6$

คำนวณ: C : H $= 6 : 6$ หารด้วย 6 ตลอด ได้ $1 : 1$

สูตรเอมพิริคัลคือ CH

ระวัง: ตอบ $\mathrm{C_6H_6}$ คือสับสนว่าสูตรโมเลกุลกับสูตรเอมพิริคัลเป็นสิ่งเดียวกัน ส่วน $\mathrm{C_2H_2}$ และ $\mathrm{C_3H_3}$ เป็นการหารที่ยังไม่ต่ำสุด (หารด้วย 3 หรือ 2 แทนที่จะหารด้วย 6)

ตอบ: ข้อ ก. CH

ข้อ 12 — ตอบ ข.

36.07

1 ขั้นที่ 1: หามวลสูตรของ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

เผาไฮเดรตจนน้ำผลึกระเหยหมด: $CaCl_2{\cdot}nH_2O \rightarrow CaCl_2 + nH_2O\uparrow$

หลักการ: มวลน้ำที่หายไป = มวลไฮเดรต − มวลแอนไฮดรัส

มวลน้ำ = 21.9 − 11.1 = 10.8 g → $n(H_2O)$ = 10.8/18 = 0.6 mol

$n(CaCl_2)$ = 11.1/111 = 0.1 mol (M ของ $CaCl_2$ = 40+2×35.5 = 111)

$n = n(H_2O)/n(CaCl_2) = 0.6/0.1 = 6$ → สูตรคือ $CaCl_2{\cdot}6H_2O$

ข้อควรระวัง: ต้องลบมวลน้ำออกก่อนเสมอ แล้วหาโมลเกลือจากมวลแอนไฮดรัสที่เหลือ (11.1 g) ไม่ใช่มวลไฮเดรตทั้งก้อน

ถ้าโจทย์ถามร้อยละน้ำผลึกแทน (ไม่ต้องเผาจริง): % น้ำ = (มวลน้ำ ÷ มวลไฮเดรตทั้งก้อน) × 100

= (10.8/21.9)×100 = 49.3% (ใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อนเป็นตัวหาร ไม่ใช่มวลแอนไฮดรัส)

$$63.5 + 32 + 4(16) + 5(18) = 63.5 + 32 + 64 + 90 = 249.5$$

2 ขั้นที่ 2: มวลของน้ำผลึก $= 5 \times 18 = 90$

3 ขั้นที่ 3: หาร้อยละโดยมวล

$$\frac{90}{249.5} \times 100 = 36.07$$

ดังนั้นมีน้ำผลึกร้อยละ 36.07 โดยมวล

ระวัง: ตอบ 10.14 คือคิดน้ำเพียง 1 โมเลกุลทั้งในตัวเศษและในมวลสูตร ($18/177.5$ — ลืมคูณ 5 ทั้งสองที่) ตอบ 63.93 คือร้อยละของส่วน $CuSO_4$ ไม่ใช่ของน้ำ และตอบ 18.00 คือจำมวลโมเลกุลของน้ำมาตอบโดยไม่ได้คิดร้อยละ

ตอบ: ข้อ ข. 36.07

ข้อ 13 — ตอบ ค.

7

❶ **ขั้นที่ 1:** มวลสูตรของ $\mathrm{MgSO_4} = 24 + 32 + 4(16) = 120$ g/mol

เผาไฮเดรตจนน้ำผลึกระเหยหมด: $CaCl_2 \cdot nH_2O \rightarrow CaCl_2 + nH_2O\uparrow$

หลักการ: มวลน้ำที่หายไป = มวลไฮเดรต − มวลแอนไฮดรัส

มวลน้ำ = 21.9 − 11.1 = 10.8 g → $n(H_2O)$ = 10.8/18 = 0.6 mol

$n(CaCl_2)$ = 11.1/111 = 0.1 mol (M ของ $CaCl_2$ = 40+2×35.5 = 111)

$n = n(H_2O)/n(CaCl_2) = 0.6/0.1 = 6$ → สูตรคือ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$

ข้อควรระวัง: ต้องลบมวลน้ำออกก่อนเสมอ แล้วหาโมลเกลือจากมวลแอนไฮดรัสที่เหลือ (11.1 g) ไม่ใช่มวลไฮเดรตทั้งก้อน

ถ้าโจทย์ถามร้อยละน้ำผลึกแทน (ไม่ต้องเผาจริง): % น้ำ = (มวลน้ำ ÷ มวลไฮเดรตทั้งก้อน) × 100

= (10.8/21.9)×100 = 49.3% (ใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อนเป็นตัวหาร ไม่ใช่มวลแอนไฮดรัส)

โมลของ $\mathrm{MgSO_4} = \frac{12.0}{120} = 0.1$ mol

❷ **ขั้นที่ 2:** มวลน้ำผลึกที่ระเหยไป $= 24.6 - 12.0 = 12.6$ g

โมลของ $\mathrm{H_2O} = \frac{12.6}{18} = 0.7$ mol

❸ **ขั้นที่ 3:** หาอัตราส่วนโมล

$n = \frac{0.7}{0.1} = 7$

สูตรไฮเดรตคือ $\mathrm{MgSO_4 \cdot 7H_2O}$

ระวัง: ตอบ 3 เกิดจากเผลอใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อน 24.6 g หารด้วย 120 เป็นโมลเกลือ ($0.7 \div 0.205 \approx 3.4$) — ต้องใช้มวลเกลือแอนไฮดรัส 12.0 g เท่านั้น · ตอบ 5 หรือ 10 คือจำสูตรไฮเดรตที่คุ้นตา ($\mathrm{CuSO_4 \cdot 5H_2O}, \mathrm{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O}$) มาตอบโดยไม่คำนวณ

ตอบ: ข้อ ค. 7

ข้อ 14 — ตอบ ข.

21.21

1 ขั้นที่ 1: หามวลสูตรของ $(NH_4)_2SO_4$

สูตรเอมพิริคัล → สูตรโมเลกุล (ตัวอย่าง: C 40.0%, H 6.7%, O 53.3%, M = 180)

1. **สมมติมวลรวม 100 g → ร้อยละกลายเป็นกรัมโดยตรง**
   C = 40.0 g, H = 6.7 g, O = 53.3 g
2. **หาโมลแต่ละธาตุ (÷มวลอะตอม)**
   C: 40.0/12 = 3.33 mol, H: 6.7/1 = 6.7 mol, O: 53.3/16 = 3.33 mol
3. **หารทุกค่าด้วยค่าน้อยที่สุด (3.33) เพื่อได้อัตราส่วนต่ำสุด**
   C : H : O = 1 : 2 : 1
4. **เขียนสูตรเอมพิริคัล — คำนวณมวลสูตร**
   CH_2O มวล = 12+2(1)+16 = 30
5. **หา n = มวลโมเลกุล ÷ มวลสูตร แล้วคูณทุกตัวห้อยด้วย n**
   n = 180/30 = 6 → สูตรโมเลกุล = $C_6H_{12}O_6$

$$2(14) + 8(1) + 32 + 4(16) = 28 + 8 + 32 + 64 = 132$$

2 ขั้นที่ 2: มวลของไนโตรเจนใน 1 หน่วยสูตร มี N 2 อะตอม $= 2 \times 14 = 28$

3 ขั้นที่ 3: หาร้อยละโดยมวล

$$\frac{28}{132} \times 100 = 21.21$$

ดังนั้นมีไนโตรเจนร้อยละ 21.21 โดยมวล

ระวัง: ตอบ 10.61 คือลืมคูณ 2 (คิด N เพียงอะตอมเดียว) ส่วน 24.24 และ 48.48 คือร้อยละของ S และ O ตามลำดับ

ตอบ: ข้อ ข. 21.21

ข้อ 15 — ตอบ ค.

Fe_2O_3

1 ขั้นที่ 1: สมมติสาร 100 g จะมี Fe 70 g และ O 30 g

สูตรเอมพิริคัล → สูตรโมเลกุล (ตัวอย่าง: C 40.0%, H 6.7%, O 53.3%, M = 180)

1. **สมมติมวลรวม 100 g → ร้อยละกลายเป็นกรัมโดยตรง**
   C = 40.0 g, H = 6.7 g, O = 53.3 g
2. **หาโมลแต่ละธาตุ (÷มวลอะตอม)**
   C: 40.0/12 = 3.33 mol, H: 6.7/1 = 6.7 mol, O: 53.3/16 = 3.33 mol
3. **หารทุกค่าด้วยค่าน้อยที่สุด (3.33) เพื่อได้อัตราส่วนต่ำสุด**
   C : H : O = 1 : 2 : 1
4. **เขียนสูตรเอมพิริคัล — คำนวณมวลสูตร**
   CH_2O มวล = 12+2(1)+16 = 30
5. **หา n = มวลโมเลกุล ÷ มวลสูตร แล้วคูณทุกตัวห้อยด้วย n**
   n = 180/30 = 6 → สูตรโมเลกุล = $C_6H_{12}O_6$

2 ขั้นที่ 2: แปลงเป็นโมล

Fe: $\frac{70}{56} = 1.25$ mol และ O: $\frac{30}{16} = 1.875$ mol

3 ขั้นที่ 3: หารด้วยค่าที่น้อยที่สุด (1.25)

Fe : O $= 1 : 1.5$

4 ขั้นที่ 4: คูณ 2 ตลอดให้เป็นจำนวนเต็ม ได้ Fe : O $= 2 : 3$

สูตรเอมพิริคัลคือ Fe_2O_3

ตรวจสอบ: $\frac{2(56)}{2(56)+3(16)} \times 100 = \frac{112}{160} \times 100 = 70$ ตรงกับโจทย์พอดี

ตอบ: ข้อ ค. Fe_2O_3

ข้อ 16 — ตอบ ก.

$C_6H_{12}O_6$

1 ขั้นที่ 1: หามวลของหน่วยสูตรเอมพิริคัล CH_2O

สูตรเอมพิริคัล → สูตรโมเลกุล (ตัวอย่าง: C 40.0%, H 6.7%, O 53.3%, M = 180)

1. **สมมติมวลรวม 100 g → ร้อยละกลายเป็นกรัมโดยตรง**
   C = 40.0 g, H = 6.7 g, O = 53.3 g
2. **หาโมลแต่ละธาตุ (÷มวลอะตอม)**
   C: 40.0/12 = 3.33 mol, H: 6.7/1 = 6.7 mol, O: 53.3/16 = 3.33 mol
3. **หารทุกค่าด้วยค่าน้อยที่สุด (3.33) เพื่อได้อัตราส่วนต่ำสุด**
   C : H : O = 1 : 2 : 1
4. **เขียนสูตรเอมพิริคัล — คำนวณมวลสูตร**
   CH_2O มวล = 12+2(1)+16 = 30
5. **หา n = มวลโมเลกุล ÷ มวลสูตร แล้วคูณทุกตัวห้อยด้วย n**
   n = 180/30 = 6 → สูตรโมเลกุล = $C_6H_{12}O_6$

$12 + 2(1) + 16 = 30$

2 ขั้นที่ 2: หาจำนวนหน่วย

$n = \frac{180}{30} = 6$

3 ขั้นที่ 3: สูตรโมเลกุล $= (CH_2O)_6 = C_6H_{12}O_6$

ตรวจสอบ: $6(12) + 12(1) + 6(16) = 72 + 12 + 96 = 180$ ตรงกับมวลโมเลกุลที่กำหนด

ระวัง: ตอบ CH_2O คือสับสนระหว่างสูตรเอมพิริคัลกับสูตรโมเลกุล ส่วนตัวเลือกอื่นมีมวลโมเลกุลไม่ถึง 180

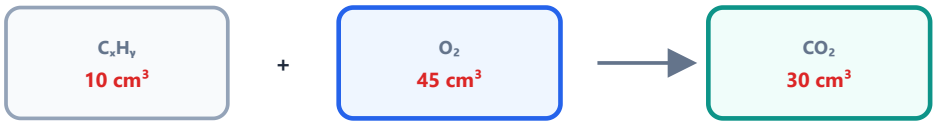
ตอบ: ข้อ ก. $C_6H_{12}O_6$

ข้อ 17 — ตอบ ค.

C_3H_6

หลักคิด: ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน อัตราส่วนปริมาตรแก๊ส = อัตราส่วนโมล (กฎของเกย์-ลูสแซกและหลักอาโวกาโดร)

C_xH_y 10 cm³ + O_2 45 cm³ → CO_2 30 cm³ + H_2O(ล.) (T,P เดียวกันทุกแก๊ส)



กฎของอาโวกาโดร: ที่ T,P เดียวกัน ปริมาตรแก๊สเป็นสัดส่วนตรงกับจำนวนโมล

จึงใช้ "อัตราส่วนปริมาตร" แทน "อัตราส่วนโมล" ได้โดยตรง ไม่ต้องแปลงเป็นโมล/มวลก่อน

หา x จากอัตราส่วน $C_xH_y : CO_2 = 10 : 30 = 1 : 3 \rightarrow x = 3$

หา y จากอัตราส่วน $C_xH_y : O_2 = 10 : 45 = 1 : 4.5 \rightarrow x+y/4 = 4.5 \rightarrow y = 6$

สูตรโมเลกุลคือ C_3H_6

ต่างจากการวิเคราะห์การเผาไหม้แบบมวล (C,H,O compound) ที่ต้องหามวล O จากผลต่างมวล — ที่นี่ไม่มี O ในเชื้อเพลิงเลย

สมการเผาไหม้: $C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 \rightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2}H_2O$

1 ขั้นที่ 1: หา x จากอัตราส่วนปริมาตร $C_xH_y : CO_2 = 10 : 30 = 1 : 3$

ดังนั้น $x = 3$

2 ขั้นที่ 2: หา y จากอัตราส่วน $C_xH_y : O_2 = 10 : 45 = 1 : 4.5$

$$x + \frac{y}{4} = 4.5 \quad \Rightarrow \quad 3 + \frac{y}{4} = 4.5 \quad \Rightarrow \quad y = 6$$

สูตรโมเลกุลคือ C_3H_6

ตรวจสอบ: $C_3H_6 + 4.5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 3\,H_2O$ ใช้ O_2 45 cm³ เกิด CO_2 30 cm³ ตรงกับโจทย์

ระวัง: ตอบ C_3H_8 คือเผลอปัดสัมประสิทธิ์ออกซิเจนเป็น 5 · ตอบ C_3H_4 คือลบเลขพลาดตอนย้ายข้าง: คิด $4.5 - 3$ เป็น 1 (ที่ถูกคือ 1.5) จึงได้ $y = 4$ · ตอบ C_2H_6 คืออ่านอัตราส่วน CO_2 ผิด

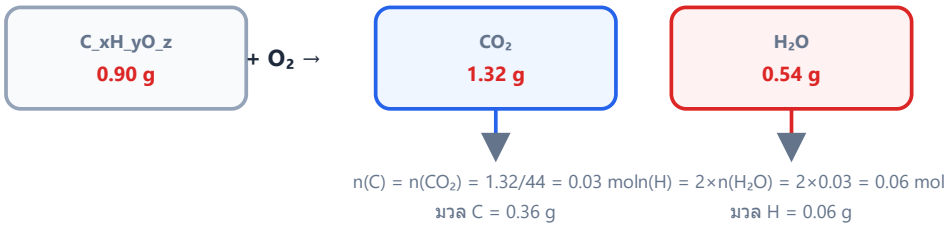
ตอบ: ข้อ ค. C_3H_6

ข้อ 18 — ตอบ ข.

34.8

1 ขั้นที่ 1: หามวล C จาก CO_2 (มวลโมเลกุล 44)

วิเคราะห์การเผาไหม้: C_xH_yO_z 0.90 g + O_2 → CO_2 1.32 g + H_2O 0.54 g



หา O ด้วยวิธีผลต่างมวลเท่านั้น (ห้ามคิดจาก CO_2/H_2O ตรงๆ)

เพราะออกซิเจนใน CO_2 และ H_2O บางส่วนมาจากแก๊ส O_2 ที่ใช้เผา ไม่ได้มาจากสารตัวอย่างทั้งหมด

มวล O = 0.90 − 0.36 − 0.06 = 0.48 g → n(O) = 0.48/16 = 0.03 mol

C : H : O = 0.03 : 0.06 : 0.03 = 1 : 2 : 1 → สูตรเอมพิริคัล CH_2O

โมล C $=$ โมล CO_2 $= \frac{4.40}{44} = 0.10$ mol ดังนั้นมวล C $= 0.10 \times 12 = 1.20$ g

2 ขั้นที่ 2: หามวล H จาก H_2O (มวลโมเลกุล 18) โดย 1 โมเลกุลน้ำมี H 2 อะตอม

โมล H $= \frac{2.70}{18} \times 2 = 0.30$ mol ดังนั้นมวล H $= 0.30 \times 1 = 0.30$ g

3 ขั้นที่ 3: หามวล O ด้วยวิธีผลต่าง — จะคิดมวล O จาก CO_2 และ H_2O โดยตรงไม่ได้ เพราะ O ส่วนหนึ่งมาจากแก๊สออกซิเจนที่ใช้เผา

มวล O ในสาร $= 2.30 - 1.20 - 0.30 = 0.80$ g

4 ขั้นที่ 4: หาร้อยละโดยมวล

$\frac{0.80}{2.30} \times 100 = 34.8$

ตรวจสอบ: อัตราส่วนโมล C : H : O $= 0.10 : 0.30 : \frac{0.80}{16} = 0.10 : 0.30 : 0.05 = 2 : 6 : 1$ สอดคล้องกับเอทานอล C_2H_6O ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ผสมในแก๊สโซฮอล์จริง

ระวัง: ตอบ 52.2 คือร้อยละของ C และตอบ 13.0 คือร้อยละของ H (อ่านโจทย์ไม่ครบว่าถามธาตุใด) · ตอบ 65.2 คือร้อยละของ C กับ H รวมกัน (ลืมนำไปลบออกจาก 100)

ตอบ: ข้อ ข. 34.8

ข้อ 19 — ตอบ ค.

10

❶ **ขั้นที่ 1:** หามวลสูตรของ $Na_2CO_3 = 2(23) + 12 + 3(16) = 106$ g/mol

เผาไฮเดรตจนน้ำผลึกระเหยหมด: $CaCl_2 \cdot nH_2O \rightarrow CaCl_2 + nH_2O\uparrow$

หลักการ: มวลน้ำที่หายไป = มวลไฮเดรต − มวลแอนไฮดรัส

มวลน้ำ = 21.9 − 11.1 = 10.8 g → $n(H_2O)$ = 10.8/18 = 0.6 mol

$n(CaCl_2)$ = 11.1/111 = 0.1 mol (M ของ $CaCl_2$ = 40+2×35.5 = 111)

$n = n(H_2O)/n(CaCl_2) = 0.6/0.1 = 6$ → สูตรคือ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$

ข้อควรระวัง: ต้องลบมวลน้ำออกก่อนเสมอ แล้วหาโมลเกลือจากมวลแอนไฮดรัสที่เหลือ (11.1 g) ไม่ใช่มวลไฮเดรตทั้งก้อน

ถ้าโจทย์ถามร้อยละน้ำผลึกแทน (ไม่ต้องเผาจริง): % น้ำ = (มวลน้ำ ÷ มวลไฮเดรตทั้งก้อน) × 100

= (10.8/21.9)×100 = 49.3% (ใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อนเป็นตัวหาร ไม่ใช่มวลแอนไฮดรัส)

❷ **ขั้นที่ 2:** ตั้งสมการร้อยละโดยมวลของน้ำ โดยมวลสูตรไฮเดรตทั้งก้อนคือ $106 + 18n$

$$0.6294 = \frac{18n}{106 + 18n}$$

❸ **ขั้นที่ 3:** แก้สมการ

$$18n = 0.6294(106 + 18n) \;\Rightarrow\; 18n(1 - 0.6294) = 0.6294 \times 106$$

$$18n = \frac{66.72}{0.3706} \approx 180 \;\Rightarrow\; n = 10$$

สูตรไฮเดรตคือ $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

ระวัง: ตอบ 5 และ 7 คือจำค่า n ของไฮเดรตชื่อดังอื่น ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) มาตอบโดยไม่คำนวณ · ตอบ 12 มาจากปัดเศษขั้นแก้สมการผิดจังหวะ (ลืมกระจาย 0.6294 เข้าไปคูณ $18n$ ในวงเล็บก่อนย้ายข้าง)

ตอบ: ข้อ ค. 10

ข้อ 20 — ตอบ ข.

56

1 ขั้นที่ 1: มวลน้ำผลึกที่หายไป $= 27.8 - 15.2 = 12.6$ กรัม

เผาไฮเดรตจนน้ำผลึกระเหยหมด: $CaCl_2 \cdot nH_2O \rightarrow CaCl_2 + nH_2O\uparrow$

หลักการ: มวลน้ำที่หายไป = มวลไฮเดรต − มวลแอนไฮดรัส

มวลน้ำ = 21.9 − 11.1 = 10.8 g → $n(H_2O)$ = 10.8/18 = 0.6 mol

$n(CaCl_2)$ = 11.1/111 = 0.1 mol (M ของ $CaCl_2$ = 40+2×35.5 = 111)

$n = n(H_2O)/n(CaCl_2) = 0.6/0.1 = 6$ → สูตรคือ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$

ข้อควรระวัง: ต้องลบมวลน้ำออกก่อนเสมอ แล้วหาโมลเกลือจากมวลแอนไฮดรัสที่เหลือ (11.1 g) ไม่ใช่มวลไฮเดรตทั้งก้อน

ถ้าโจทย์ถามร้อยละน้ำผลึกแทน (ไม่ต้องเผาจริง): % น้ำ = (มวลน้ำ ÷ มวลไฮเดรตทั้งก้อน) × 100

= (10.8/21.9)×100 = 49.3% (ใช้มวลไฮเดรตทั้งก้อนเป็นตัวหาร ไม่ใช่มวลแอนไฮดรัส)

$$\text{โมลของน้ำ} = \frac{12.6}{18} = 0.7 \text{ mol}$$

2 ขั้นที่ 2: สูตรไฮเดรตกำหนด $n = 7$ ดังนั้นโมลของเกลือแอนไฮดรัส MSO_4

$$n_{MSO_4} = \frac{0.7}{7} = 0.1 \text{ mol}$$

3 ขั้นที่ 3: หามวลสูตรของเกลือแอนไฮดรัส

$$M_{MSO_4} = \frac{15.2}{0.1} = 152 \text{ g/mol}$$

4 ขั้นที่ 4: หามวลอะตอมของ M

$$M_M = 152 - 32 - 4(16) = 152 - 32 - 64 = 56$$

(ตรงกับเหล็ก Fe ในเกลือ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ หรือแร่กรีนวิทริออลที่พบจริง)

ระวัง: ตอบ 24 และ 65 คือเดามวลอะตอมของโลหะที่คุ้นเคย (Mg, Zn) โดยไม่คำนวณ · ตอบ 88 คือลืมลบมวลของ S ออกจาก M_{MSO_4} (ลบเฉพาะออกซิเจน 4 อะตอมเท่านั้น)

ตอบ: ข้อ ข. 56

ข้อ 21 — ตอบ ก.

$C_2H_5NO_2$

1 ขั้นที่ 1: หาโมลธาตุจากผลิตภัณฑ์การเผาไหม้

วิเคราะห์การเผาไหม้: C_xH_yO_z 0.90 g + O_2 → CO_2 1.32 g + H_2O 0.54 g

C_xH_yO_z 0.90 g + O_2 → CO_2 1.32 g | H_2O 0.54 g

n(C) = n(CO_2) = 1.32/44 = 0.03 mol | n(H) = 2×n(H_2O) = 2×0.03 = 0.06 mol

มวล C = 0.36 g | มวล H = 0.06 g

หา O ด้วยวิธีผลต่างมวลเท่านั้น (ห้ามคิดจาก CO_2/H_2O ตรงๆ)

เพราะออกซิเจนใน CO_2 และ H_2O บางส่วนมาจากแก๊ส O_2 ที่ใช้เผา ไม่ได้มาจากสารตัวอย่างทั้งหมด

มวล O = 0.90 − 0.36 − 0.06 = 0.48 g → n(O) = 0.48/16 = 0.03 mol

C : H : O = 0.03 : 0.06 : 0.03 = 1 : 2 : 1 → สูตรเอมพิริคัล CH_2O

โมล C จาก CO_2: $n_C = \frac{17.6}{44} = 0.4 \text{ mol}$

โมล H จาก H_2O: $n_H = 2 \times \frac{9.0}{18} = 1.0 \text{ mol}$

โมล N จาก N_2: $n_N = 2 \times \frac{2.24}{22.4} = 0.2 \text{ mol}$

2 ขั้นที่ 2: หามวล O โดยลบมวลธาตุอื่นออกจากมวลตัวอย่าง

$$m_O = 15.0 - (0.4 \times 12 + 1.0 \times 1 + 0.2 \times 14) = 15.0 - (4.8 + 1.0 + 2.8) = 6.4 \text{ g}$$

$$n_O = \frac{6.4}{16} = 0.4 \text{ mol}$$

3 ขั้นที่ 3: หาอัตราส่วนโมล (หารด้วยค่าน้อยสุด 0.2)

$$\text{C} : \text{H} : \text{N} : \text{O} = \frac{0.4}{0.2} : \frac{1.0}{0.2} : \frac{0.2}{0.2} : \frac{0.4}{0.2} = 2 : 5 : 1 : 2$$

สูตรเอมพิริคัลคือ $C_2H_5NO_2$ ซึ่งมีมวล $2(12) + 5(1) + 14 + 2(16) = 75$

4 ขั้นที่ 4: หา $n = \frac{M_{\text{molecular}}}{M_{\text{empirical}}} = \frac{75}{75} = 1$ ดังนั้นสูตรโมเลกุลคือ $C_2H_5NO_2$ เช่นเดิม (นี่คือไกลซีน)

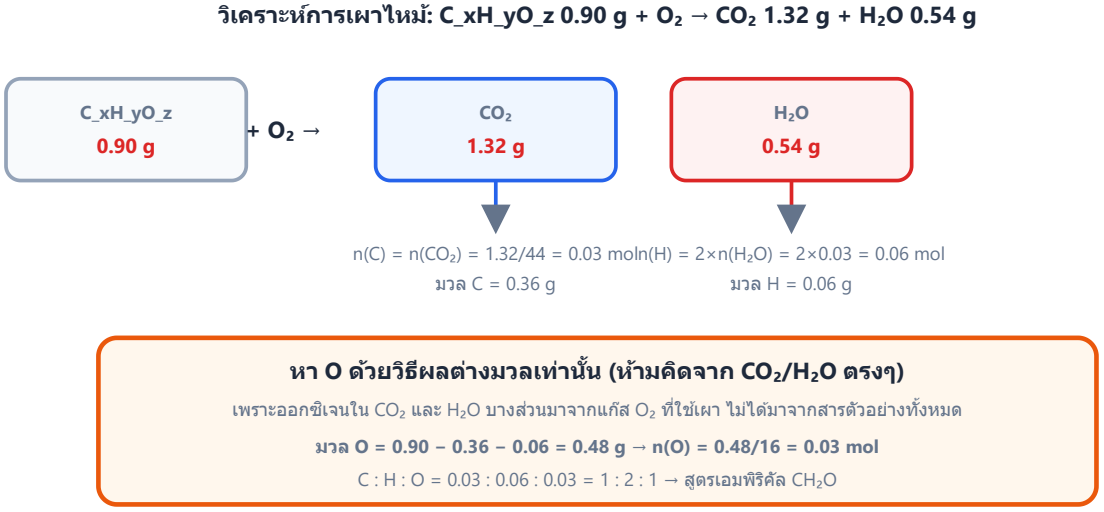
ระวัง: ข้อ C_2H_5NO ขาดออกซิเจนไป 1 อะตอม (ลืมคำนวณ O จากผลต่างมวล) ข้อ $C_4H_{10}N_2O_4$ คือสูตรคูณ 2 ซึ่งจะมีมวลโมเลกุล 150 ไม่ตรงกับที่โจทย์กำหนด และข้อ CH_3NO_2 มีอัตราส่วนอะตอมผิดจากที่คำนวณได้

ตอบ: ข้อ ก. $C_2H_5NO_2$

ข้อ 22 — ตอบ ก.

CH_2O

1 ขั้นที่ 1: หาโมลและมวลของ C จาก CO_2 (มวลโมเลกุล 44)



โมล C $=$ โมล CO_2 $= \frac{1.32}{44} = 0.03$ mol ดังนั้นมวล C $= 0.03 \times 12 = 0.36$ g

2 ขั้นที่ 2: หาโมลและมวลของ H จาก H_2O (มวลโมเลกุล 18) โดย 1 โมเลกุลน้ำมี H 2 อะตอม

โมล H $= 2 \times \frac{0.54}{18} = 2 \times 0.03 = 0.06$ mol ดังนั้นมวล H $= 0.06 \times 1 = 0.06$ g

3 ขั้นที่ 3: หามวลของ O ในสารตัวอย่างโดยวิธีผลต่าง (จะนำมวล O จาก CO_2 กับ H_2O มาคิดตรง ๆ ไม่ได้ เพราะ O ส่วนหนึ่งมาจากแก๊สออกซิเจนที่ใช้เผา)

มวล O $= 0.90 - 0.36 - 0.06 = 0.48$ g ดังนั้นโมล O $= \frac{0.48}{16} = 0.03$ mol

4 ขั้นที่ 4: หาอัตราส่วนโมลอย่างต่ำ

C : H : O $= 0.03 : 0.06 : 0.03 = 1 : 2 : 1$

สูตรเอมพิริคัลคือ CH_2O

ตอบ: ข้อ ก. CH_2O

ข้อ 23 — ตอบ ข.

0.4 mol/L

1 ขั้นที่ 1: มวลสูตรของ NaOH $= 23 + 16 + 1 = 40$ g/mol

3 วิธีหาความเข้มข้นของสารละลาย

จากมวลตัวถูกละลาย

NaOH 8 g ในสารละลาย 500 mL

n = มวล÷M = 8/40 = 0.2 mol

C = n÷V = 0.2/0.5

C = 0.4 mol/L

(ต้องแปลง mL เป็น L ก่อนหารเสมอ)

ppm (ส่วนในล้านส่วน)

F^- 2.5 mg ในน้ำ 500 g (0.5 kg)

ppm = มก.ตัวถูกละลาย ÷ กก.สารละลาย

= 2.5/0.5

ppm = 5

(ห้ามสมมติว่าสารละลาย 500 g = 1 kg พอดี)

%w/w + ความหนาแน่น

H_2SO_4 49%w/w, ρ=1.2 g/mL

สมมติสารละลาย 1 L = 1000 mL

มวลสารละลาย = 1000×1.2 = 1200 g

มวลกรด = 1200×0.49 = 588 g

n = 588/98 = 6 mol

C = 6.0 mol/L

หลักการร่วม: หาโมล (หรือมวล) ของตัวถูกละลายให้ได้ก่อนเสมอ แล้วจึงหารด้วยปริมาตรสารละลายเป็นลิตร

ทั้ง 3 วิธีต่างกันแค่ "ข้อมูลที่ให้มา" (มวลตรงๆ / ปริมาณน้อยมากแบบ ppm / ร้อยละที่ต้องอาศัยความหนาแน่นแปลงเป็นมวล)

แต่ปลายทางเหมือนกันหมด: n(ตัวถูกละลาย) ÷ V(สารละลายเป็นลิตร) = ความเข้มข้น

ข้อควรระวัง: ต่างจากการเจือจาง ($C_1V_1=C_2V_2$) ซึ่งใช้เมื่อสารเดียวกันเปลี่ยนแค่ปริมาตร ไม่ใช่คำนวณจากมวลใหม่

2 ขั้นที่ 2: หาจำนวนโมล

$$8\,\cancel{g} \times \frac{1\,\text{mol}}{40\,\cancel{g}} = 0.2\,\text{mol}$$

3 ขั้นที่ 3: แปลงปริมาตร 500 mL $= 0.5$ L แล้วหาความเข้มข้น

$$C = \frac{0.2\,\text{mol}}{0.5\,\text{L}} = 0.4\,\text{mol/L}$$

ระวัง: ตอบ 0.2 คือลืมหารด้วยปริมาตร, ตอบ 0.1 คือเผลอคูณปริมาตรแทนที่จะหาร และตอบ 16 คือลืมหารด้วยมวลสูตร

ตอบ: ข้อ ข. 0.4 mol/L

ข้อ 24 — ตอบ ค.

5 ppm

หลักคิด: ppm (ส่วนในล้านส่วน) = มิลลิกรัมของตัวถูกละลายต่อกิโลกรัมของสารละลาย

3 วิธีหาความเข้มข้นของสารละลาย

จากมวลตัวถูกละลาย

NaOH 8 g ในสารละลาย 500 mL

n = มวล÷M = 8/40 = 0.2 mol

C = n÷V = 0.2/0.5

C = 0.4 mol/L

(ต้องแปลง mL เป็น L ก่อนหารเสมอ)

ppm (ส่วนในล้านส่วน)

F^- 2.5 mg ในน้ำ 500 g (0.5 kg)

ppm = มก.ตัวถูกละลาย ÷ กก.สารละลาย

= 2.5/0.5

ppm = 5

(ห้ามสมมติว่าสารละลาย 500 g = 1 kg พอดี)

%w/w + ความหนาแน่น

H_2SO_4 49%w/w, ρ=1.2 g/mL

สมมติสารละลาย 1 L = 1000 mL

มวลสารละลาย = 1000×1.2 = 1200 g

มวลกรด = 1200×0.49 = 588 g

n = 588/98 = 6 mol

C = 6.0 mol/L

หลักการร่วม: หาโมล (หรือมวล) ของตัวถูกละลายให้ได้ก่อนเสมอ แล้วจึงหารด้วยปริมาตรสารละลายเป็นลิตร

ทั้ง 3 วิธีต่างกันแค่ "ข้อมูลที่ให้มา" (มวลตรงๆ / ปริมาณน้อยมากแบบ ppm / ร้อยละที่ต้องอาศัยความหนาแน่นแปลงเป็นมวล)

แต่ปลายทางเหมือนกันหมด: n(ตัวถูกละลาย) ÷ V(สารละลายเป็นลิตร) = ความเข้มข้น

ข้อควรระวัง: ต่างจากการเจือจาง ($C_1V_1=C_2V_2$) ซึ่งใช้เมื่อสารเดียวกันเปลี่ยนแค่ปริมาตร ไม่ใช่คำนวณจากมวลใหม่

1 ขั้นที่ 1: แปลงมวลสารละลาย 500 g $= 0.5$ kg

2 ขั้นที่ 2: คำนวณ

$$\frac{2.5\ \text{mg}}{0.5\ \text{kg}} = 5\ \text{ppm}$$

หรือคิดจากนิยามโดยตรง:

$$\frac{2.5\times10^{-3}\ \cancel{g}}{500\ \cancel{g}} \times 10^6 = 5$$

ระวัง: ตอบ 2.5 คือเผลอคิดว่ามวลสารละลายเป็น 1 kg พอดี ทั้งที่จริงมีเพียง 0.5 kg

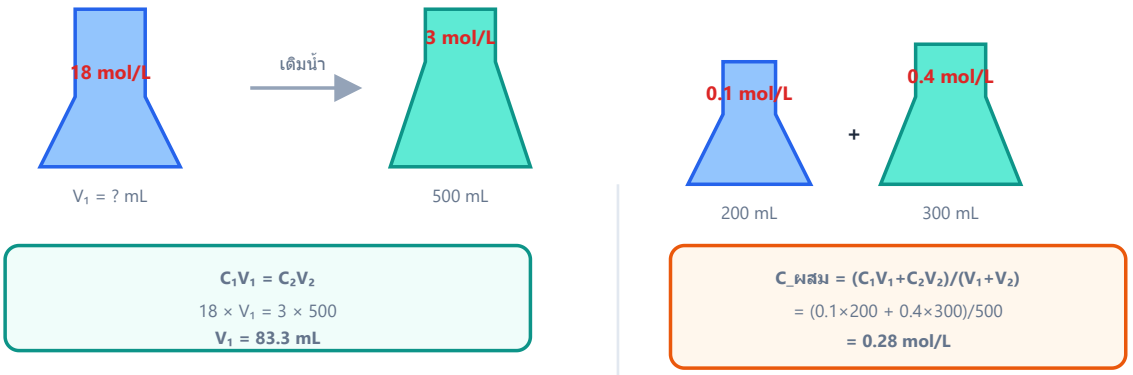
ตอบ: ข้อ ค. 5 ppm

ข้อ 25 — ตอบ ข.

20 mL

หลักคิด: การเจือจางไม่เปลี่ยนจำนวนโมลของตัวถูกละลาย จึงใช้ $C_1V_1 = C_2V_2$

การเจือจาง $C_1V_1 = C_2V_2$ กับการผสมสารละลาย



ข้อควรระวัง: สารเดียวกันก่อน-หลังเจือจางใช้ $C_1V_1=C_2V_2$ ตรงๆ ได้ แต่สารต่างชนิดที่ทำปฏิกิริยากันต้องผ่านอัตราส่วนโมลจากสมการเสมอ

คำนวณ:

$$5 \times V_1 = 0.2 \times 500$$

$$V_1 = \frac{0.2 \times 500}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{ mL}$$

ดังนั้นตวงสารละลายเข้มข้น 20 mL แล้วเติมน้ำจนปริมาตรครบ 500 mL

ตรวจสอบ: โมลก่อนเจือจาง $= 5 \times 0.020 = 0.1$ mol เท่ากับโมลหลังเจือจาง $= 0.2 \times 0.500 = 0.1$ mol

ระวัง: ตอบ 25 มักเกิดจากคิดแค่อัตราส่วน $\frac{5}{0.2}$ โดยไม่นำปริมาตรมาคูณให้ถูกวิธี

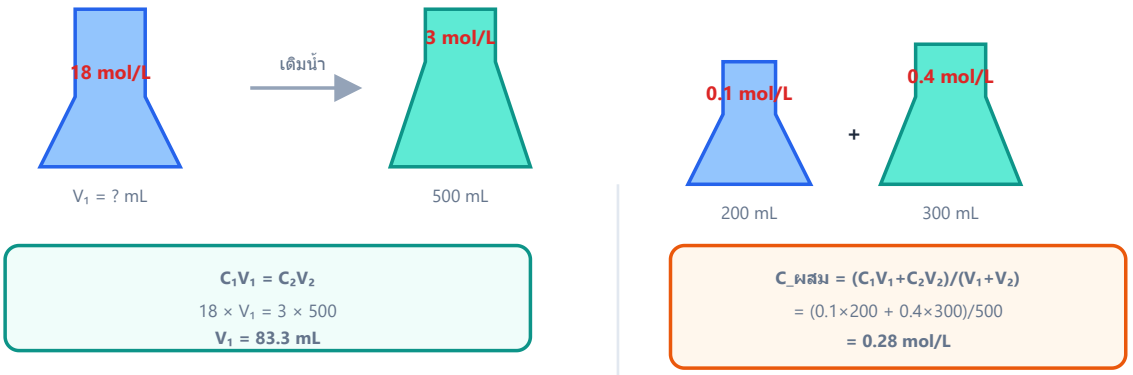
ตอบ: ข้อ ข. 20 mL

ข้อ 26 — ตอบ ง.

0.20 mol/L

❶ **ขั้นที่ 1:** หาโมล Cl^- จาก NaCl ซึ่งแตกตัวให้ Cl^- 1 ไอออนต่อหน่วยสูตร

การเจือจาง $C_1V_1 = C_2V_2$ กับการผสมสารละลาย



ข้อควรระวัง: สารเดียวกันก่อน-หลังเจือจางใช้ $C_1V_1=C_2V_2$ ตรงๆ ได้ แต่สารต่างชนิดที่ทำปฏิกิริยากันต้องผ่านอัตราส่วนโมลจากสมการเสมอ

$0.2 \times 0.100 \times 1 = 0.02$ mol

❷ **ขั้นที่ 2:** หาโมล Cl^- จาก $CaCl_2$ ซึ่งแตกตัวให้ Cl^- 2 ไอออนต่อหน่วยสูตร

$0.1 \times 0.400 \times 2 = 0.08$ mol

❸ **ขั้นที่ 3:** รวมโมลแล้วหารด้วยปริมาตรรวม $100 + 400 = 500$ mL $= 0.500$ L

$\frac{0.02+0.08}{0.500} = \frac{0.10}{0.500} = 0.20\ \mathrm{mol/L}$

ระวัง: ตอบ 0.12 คือลืมคูณ 2 ให้ $CaCl_2$ ตอบ 0.15 คือนำความเข้มข้นมาเฉลี่ยตรง ๆ โดยไม่ถ่วงด้วยปริมาตร และ 0.10 คือจำนวนโมลรวมที่ยังไม่ได้หารปริมาตร

ตอบ: ข้อ ง. 0.20 mol/L

ข้อ 27 — ตอบ ค.

6.0 mol/L

1 ขั้นที่ 1: คิดจากสารละลาย 1 L $= 1000$ mL หามวลสารละลายจากความหนาแน่น

3 วิธีหาความเข้มข้นของสารละลาย

จากมวลตัวถูกละลาย

NaOH 8 g ในสารละลาย 500 mL

n = มวล÷M = 8/40 = 0.2 mol

C = n÷V = 0.2/0.5

C = 0.4 mol/L

(ต้องแปลง mL เป็น L ก่อนหารเสมอ)

ppm (ส่วนในล้านส่วน)

F^- 2.5 mg ในน้ำ 500 g (0.5 kg)

ppm = มก.ตัวถูกละลาย ÷ กก.สารละลาย

= 2.5/0.5

ppm = 5

(ห้ามสมมติว่าสารละลาย 500 g = 1 kg พอดี)

%w/w + ความหนาแน่น

H_2SO_4 49%w/w, ρ=1.2 g/mL

สมมติสารละลาย 1 L = 1000 mL

มวลสารละลาย = 1000×1.2 = 1200 g

มวลกรด = 1200×0.49 = 588 g

n = 588/98 = 6 mol

C = 6.0 mol/L

หลักการร่วม: หาโมล (หรือมวล) ของตัวถูกละลายให้ได้ก่อนเสมอ แล้วจึงหารด้วยปริมาตรสารละลายเป็นลิตร

ทั้ง 3 วิธีต่างกันแค่ "ข้อมูลที่ให้มา" (มวลตรงๆ / ปริมาณน้อยมากแบบ ppm / ร้อยละที่ต้องอาศัยความหนาแน่นแปลงเป็นมวล)

แต่ปลายทางเหมือนกันหมด: n(ตัวถูกละลาย) ÷ V(สารละลายเป็นลิตร) = ความเข้มข้น

ข้อควรระวัง: ต่างจากการเจือจาง ($C_1V_1=C_2V_2$) ซึ่งใช้เมื่อสารเดียวกันเปลี่ยนแค่ปริมาตร ไม่ใช่คำนวณจากมวลใหม่

$$1000\ \cancel{\text{mL}} \times \frac{1.2\ \text{g}}{1\ \cancel{\text{mL}}} = 1200\ \text{g}$$

2 ขั้นที่ 2: หามวล H_2SO_4 จากร้อยละ 49 โดยมวล

$$1200 \times \frac{49}{100} = 588\ \text{g}$$

3 ขั้นที่ 3: มวลโมเลกุล $H_2SO_4 = 2(1) + 32 + 4(16) = 98$ แล้วหาโมล

$$588\ \cancel{g} \times \frac{1\ \text{mol}}{98\ \cancel{g}} = 6\ \text{mol}$$

สารละลาย 1 L มีกรด 6 mol ความเข้มข้นจึงเท่ากับ 6.0 mol/L

ระวัง: ตอบ 5.0 คือลืมใช้ความหนาแน่น (เผลอคิดว่าสารละลาย 1 L หนัก 1000 g) ส่วน 7.2 คือเผลอคูณความหนาแน่นซ้ำสองครั้ง

ตอบ: ข้อ ค. 6.0 mol/L

ข้อ 28 — ตอบ ข.

0.33

1 **ขั้นที่ 1:** N_2O_4 สลายตัวไป $1.0 \times \frac{20}{100} = 0.2$ mol จึงเหลือ $1.0 - 0.2 = 0.8$ mol

ลำดับดุลสมการ: ดุล C ก่อน → ดุล H → ดุล O ทีหลังสุด

0 **สมการยังไม่ดุล: $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$**

1 **ดุล C: มี C 3 อะตอมฝั่งซ้าย → ใส่ 3 หน้า CO_2**
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 + H_2O$

2 **ดุล H: มี H 8 อะตอมฝั่งซ้าย → ใส่ 4 หน้า H_2O**
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

3 **ดุล O สุดท้าย: ฝั่งขวามี O = 3(2)+4(1) = 10 อะตอม**
ต้องใส่ 5 หน้า O_2 (5×2=10) → $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

ผลรวมสัมประสิทธิ์ = 1+5+3+4 = 13 (สัมประสิทธิ์คืออัตราส่วนโมลของปฏิกิริยาโดยตรง)

2 **ขั้นที่ 2:** จากอัตราส่วน $N_2O_4 : NO_2 = 1 : 2$ เกิด $NO_2 = 0.2 \times 2 = 0.4$ mol

3 **ขั้นที่ 3:** โมลรวมของแก๊สผสม $= 0.8 + 0.4 = 1.2$ mol (โมลรวมเพิ่มขึ้น เพราะ 1 โมเลกุลแตกเป็น 2 โมเลกุล)

4 **ขั้นที่ 4:** เศษส่วนโมลของ NO_2

$$X_{NO_2} = \frac{0.4}{1.2} = \frac{1}{3} \approx 0.33$$

ระวัง: ตอบ 0.40 คือเผลอหารด้วยโมลตั้งต้น 1.0 mol โดยลืมว่าโมลรวมเปลี่ยนเป็น 1.2 mol · ตอบ 0.20 คือตอบร้อยละการสลายตัวตรง ๆ · ตอบ 0.50 คือคิดอัตราส่วน $\frac{0.4}{0.8}$ ซึ่งเทียบกับ N_2O_4 ที่เหลือ ไม่ใช่เทียบกับแก๊สผสมทั้งหมด

ตอบ: ข้อ ข. 0.33

ข้อ 29 — ตอบ ง.

19

1 ขั้นที่ 1: ดุล C ก่อน: C 2 อะตอม ให้เป็น $2CO_2$

ลำดับดุลสมการ: ดุล C ก่อน → ดุล H → ดุล O ทีหลังสุด

0 **สมการยังไม่ดุล: $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$**

1 **ดุล C: มี C 3 อะตอมฝั่งซ้าย → ใส่ 3 หน้า CO_2**
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 + H_2O$

2 **ดุล H: มี H 8 อะตอมฝั่งซ้าย → ใส่ 4 หน้า H_2O**
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

3 **ดุล O สุดท้าย: ฝั่งขวามี O = 3(2)+4(1) = 10 อะตอม**
ต้องใส่ 5 หน้า O_2 (5×2=10) → $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

ผลรวมสัมประสิทธิ์ = 1+5+3+4 = 13 (สัมประสิทธิ์คืออัตราส่วนโมลของปฏิกิริยาโดยตรง)

2 ขั้นที่ 2: ดุล H: H 6 อะตอม ให้เป็น $3H_2O$

3 ขั้นที่ 3: นับ O ด้านผลิตภัณฑ์ $= 2(2) + 3(1) = 7$ อะตอม จึงต้องใช้ $\frac{7}{2}O_2$

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

4 ขั้นที่ 4: คูณ 2 ตลอดสมการเพื่อให้เป็นจำนวนเต็มต่ำสุด

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

ตรวจสอบ: C: $4 = 4$, H: $12 = 12$, O: $14 = 8 + 6$ ดุลครบทุกธาตุ

5 ขั้นที่ 5: ผลรวมสัมประสิทธิ์ $= 2 + 7 + 4 + 6 = 19$

ระวัง: ตอบ 13 มักเกิดจากคูณ 2 เฉพาะ O_2 $(1 + 7 + 2 + 3)$ โดยลืมคูณสารตัวอื่นด้วย

ตอบ: ข้อ ง. 19

ข้อ 30 — ตอบ ก.

5.6 L

1 ขั้นที่ 1: หามวลสูตรของ $CaCO_3 = 40 + 12 + 3(16) = 100$ g/mol

ลำดับดุลสมการ: ดุล C ก่อน → ดุล H → ดุล O ทีหลังสุด

0 **สมการยังไม่ดุล: $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$**

1 **ดุล C: มี C 3 อะตอมฝั่งซ้าย → ใส่ 3 หน้า CO_2**
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 + H_2O$

2 **ดุล H: มี H 8 อะตอมฝั่งซ้าย → ใส่ 4 หน้า H_2O**
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

3 **ดุล O สุดท้าย: ฝั่งขวามี O = 3(2)+4(1) = 10 อะตอม**
ต้องใส่ 5 หน้า O_2 (5×2=10) → $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

ผลรวมสัมประสิทธิ์ = 1+5+3+4 = 13 (สัมประสิทธิ์คืออัตราส่วนโมลของปฏิกิริยาโดยตรง)

2 ขั้นที่ 2: หาโมลของ $CaCO_3$

$$25\,\cancel{g} \times \frac{1\,\text{mol}}{100\,\cancel{g}} = 0.25\ \text{mol}$$

3 ขั้นที่ 3: จากสมการ อัตราส่วนโมล $CaCO_3 : CO_2 = 1 : 1$ จึงเกิด CO_2 0.25 mol

4 ขั้นที่ 4: แปลงเป็นปริมาตรที่ STP

$$0.25\,\cancel{\text{mol}} \times \frac{22.4\,\text{L}}{1\,\cancel{\text{mol}}} = 5.6\ \text{L}$$

ระวัง: ตอบ 22.4 L คือลืมคิดจำนวนโมล ส่วน 11.2 L มักมาจากคิดโมลผิดเป็น 0.5 mol

ตอบ: ข้อ ก. 5.6 L

ข้อ 31 — ตอบ ง.

O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ

หลักคิด: สารกำหนดปริมาณคือสารตั้งต้นที่หมดก่อน โดยเทียบโมลที่มีกับอัตราส่วนตามสมการ

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

คำนวณ: ตามสมการ $H_2 : O_2 = 2 : 1$

ถ้าจะใช้ H_2 4 โมลให้หมด ต้องใช้ $O_2 = \frac{4}{2} = 2$ โมล แต่มีเพียง 1 โมล

ดังนั้น O_2 หมดก่อน จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ (และเหลือ H_2 อีก $4 - 2 = 2$ โมล)

ระวัง: ตอบ H_2 คือเห็นว่าอัตราส่วนของ H_2 ในสมการมากกว่าจึงคิดว่าหมดก่อน ต้องเทียบกับปริมาณที่มีจริงเสมอ ส่วน H_2O เป็นผลิตภัณฑ์ ไม่มีทางเป็นสารกำหนดปริมาณ

ตอบ: ข้อ ง. O_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ

ข้อ 32 — ตอบ ก.

80.0

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของ Zn

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

$\frac{13}{65} = 0.2 \text{ mol}$

2 ขั้นที่ 2: อัตราส่วน Zn : ZnS $= 1 : 1$ ดังนั้นผลได้ตามทฤษฎีของ ZnS (มวลสูตร $= 65 + 32 = 97$)

$0.2 \times 97 = 19.4 \text{ g}$

3 ขั้นที่ 3: ผลได้ร้อยละ

$\frac{15.52}{19.4} \times 100 = 80.0$

ระวัง: ตอบ 119.4 คือเผลอหารผลได้จริงด้วยมวล Zn ที่ใส่ (13 g) แทนที่จะหารด้วยผลได้ตามทฤษฎี ผลได้ร้อยละเกิน 100 ควรสะกิดใจว่าคิดผิด ส่วน 97.0 คือมวลสูตรของ ZnS ไม่ใช่คำตอบ

ตอบ: ข้อ ก. 80.0

ข้อ 33 — ตอบ ง.

(ก) และ (ค)

ตรวจ (ก): ระบบปิดและสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาพอดีทั้งหมด มวลผลิตภัณฑ์ $= 4.0 + 6.0 = 10.0$ g ตามกฎทรงมวล — **ถูก**

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

ตรวจ (ข): A กับ B รวมตัวกันด้วยอัตราส่วนมวลคงที่ $4.0 : 6.0 = 2 : 3$ เสมอ

ถ้ามี B 6.0 g จะใช้ A เพียง $6.0 \times \frac{2}{3} = 4.0$ g ดังนั้น B หมดก่อน (เป็นสารกำหนดปริมาณ) ได้ C เพียง 10.0 g และเหลือ A อีก 2.0 g — **ผิด** (ตัวลวง 12.0 g มาจากการจับมวลที่ใส่ลงไปบวกกันตรง ๆ โดยลืมว่าสารรวมตัวตามสัดส่วนคงที่ ไม่ใช่ตามปริมาณที่ใส่)

ตรวจ (ค): สารประกอบชนิดเดียวกันมีอัตราส่วนมวลของธาตุองค์ประกอบคงที่ตามกฎสัดส่วนคงที่ — **ถูก**

ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) และ (ค)

ตอบ: ข้อ ง. (ก) และ (ค)

ข้อ 34 — ตอบ ก.

(ก) และ (ข)

ตรวจ (ก): โมล Mg $= \frac{4.8}{24} = 0.2$ mol ถ้าจะใช้ Mg หมดต้องมี HCl $= 0.2 \times 2 = 0.4$ mol แต่มีเพียง 0.3 mol ดังนั้น HCl หมดก่อนเป็นสารกำหนดปริมาณ — **ถูก**

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

ตรวจ (ข): คิดจากสารกำหนดปริมาณ อัตราส่วน $\mathrm{HCl} : \mathrm{H_2} = 2 : 1$

โมล $\mathrm{H_2} = \frac{0.3}{2} = 0.15$ mol ปริมาตรที่ STP $= 0.15 \times 22.4 = 3.36$ L — **ถูก**

ตรวจ (ค): Mg ที่ทำปฏิกิริยา $= \frac{0.3}{2} = 0.15$ mol จึงเหลือ $0.2 - 0.15 = 0.05$ mol คิดเป็น $0.05 \times 24 = 1.2$ g ไม่ใช่ 2.4 g — **ผิด**

(ตัวลวง 2.4 g มาจากการนำ $0.3 - 0.2 = 0.1$ mol มาลบกันตรง ๆ โดยข้ามอัตราส่วนโมล Mg : HCl $= 1 : 2$ ในสมการ)

ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) และ (ข)

ตอบ: ข้อ ก. (ก) และ (ข)

ข้อ 35 — ตอบ ค.

33.0 g

❶ **ขั้นที่ 1:** มวลโมลาร์ $M_{\mathrm{CH_3COOH}} = 60$ g/mol, $M_{\mathrm{C_2H_5OH}} = 46$ g/mol, $M_{\mathrm{CH_3COOC_2H_5}} = 88$ g/mol

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

❷ **ขั้นที่ 2:** แปลงเป็นโมล

$$n_{\text{acid}} = \frac{30.0}{60} = 0.5 \text{ mol}, n_{\text{ethanol}} = \frac{27.6}{46} = 0.6 \text{ mol}$$

❸ **ขั้นที่ 3:** หาสารกำหนดปริมาณ (สัมประสิทธิ์ 1:1 ทั้งคู่ จึงเทียบโมลตรงๆ) — กรดอะซิติก (0.5 mol) น้อยกว่า จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ

❹ **ขั้นที่ 4:** หาผลได้ตามทฤษฎีจากสารกำหนดปริมาณ

$$m_{\text{theoretical}} = 0.5 \times 88 = 44.0 \text{ g}$$

❺ **ขั้นที่ 5:** คิดผลได้ร้อยละ

$$m_{\text{actual}} = 44.0 \times 0.75 = 33.0 \text{ g}$$

ระวัง: ตอบ 44.0 g คือลืมคูณผลได้ร้อยละ ตอบ 39.6 g เกิดจากใช้เอทานอลผิดเป็นสารกำหนดปริมาณ ($0.6 \times 88 \times 0.75$) และ 25.0 g เป็นค่าที่คำนวณผิดพลาดจากการหารซ้ำ

ตอบ: ข้อ ค. 33.0 g

ข้อ 36 — ตอบ ข.

34 g

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของสารตั้งต้นแต่ละตัว

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

N_2: $\frac{28}{28} = 1$ mol และ H_2: $\frac{9}{2} = 4.5$ mol

2 ขั้นที่ 2: หาสารกำหนดปริมาณ — ถ้าใช้ N_2 ทั้งหมด 1 mol ต้องใช้ $H_2 = 1 \times 3 = 3$ mol แต่มี H_2 ถึง 4.5 mol แสดงว่า H_2 เหลือ ดังนั้น N_2 คือสารกำหนดปริมาณ

3 ขั้นที่ 3: คิดผลิตภัณฑ์จากสารกำหนดปริมาณ อัตราส่วน $N_2 : NH_3 = 1 : 2$

ได้ $NH_3 = 1 \times 2 = 2$ mol

4 ขั้นที่ 4: มวลโมเลกุล $NH_3 = 14 + 3(1) = 17$

มวล $NH_3 = 2 \times 17 = 34$ g

ระวัง: ตอบ 51 g เกิดจากเผลอใช้ H_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ ($4.5 \times \frac{2}{3} \times 17 = 51$) ซึ่งผิดเพราะ H_2 มีมากเกินพอ

ตอบ: ข้อ ข. 34 g

ข้อ 37 — ตอบ ค.

75.0%

1 ขั้นที่ 1: หามวลสูตร $Fe_2O_3 = 2(56) + 3(16) = 160$ แล้วหาโมล

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

$\frac{32}{160} = 0.2 \text{ mol}$

2 ขั้นที่ 2: หาผลได้ตามทฤษฎี — จากสมการ $Fe_2O_3 : Fe = 1 : 2$

โมล Fe $= 0.2 \times 2 = 0.4$ mol ดังนั้นมวลตามทฤษฎี $= 0.4 \times 56 = 22.4$ g

3 ขั้นที่ 3: หาผลได้ร้อยละ

$\frac{16.8\,g}{22.4\,g} \times 100 = 75.0$

ระวัง: ตอบ 150% เกิดจากลืมคูณ 2 (คิดผลได้ทฤษฎีเป็น 11.2 g) ซึ่งเป็นไปไม่ได้เพราะผลได้เกิน 100% ส่วน 52.5% คือเอามวลเหล็กจริงไปหารด้วยมวลแร่ 32 g โดยตรง

ตอบ: ข้อ ค. 75.0%

ข้อ 38 — ตอบ ข.

19.04 g

หลักคิด: ต้องหาสารกำหนดปริมาณก่อน แล้วจึงคิดผลได้ตามทฤษฎีและคูณด้วยผลได้ร้อยละ

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

1 **ขั้นที่ 1:** หาโมลสารตั้งต้น

Al: $\frac{10.8}{27} = 0.4$ mol และ Fe_2O_3: $\frac{48}{160} = 0.3$ mol

2 **ขั้นที่ 2:** Al 0.4 mol ต้องการ Fe_2O_3 เพียง $\frac{0.4}{2} = 0.2$ mol แต่มีถึง 0.3 mol ดังนั้น **Al เป็นสารกำหนดปริมาณ**

3 **ขั้นที่ 3:** ผลได้ตามทฤษฎีของ Fe (อัตราส่วน Al : Fe $= 2:2 = 1:1$)

$0.4 \times 56 = 22.4$ g

4 **ขั้นที่ 4:** คิดผลได้ร้อยละ 85

$22.4 \times 0.85 = 19.04$ g

ระวัง: ตอบ 22.40 คือลืมคูณผลได้ร้อยละ ตอบ 28.56 คือใช้ Fe_2O_3 เป็นสารกำหนดปริมาณ ($0.3 \times 2 \times 56 \times 0.85$) ทั้งที่มันเหลือ และตอบ 26.35 คือเผลอหารด้วย 0.85 แทนที่จะคูณ

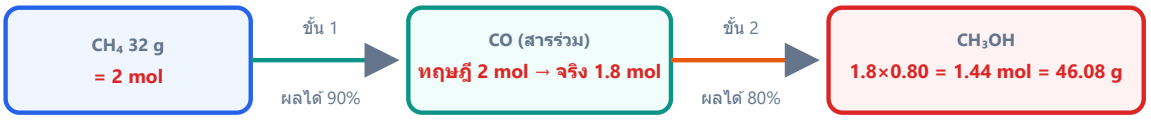
ตอบ: ข้อ ข. 19.04 g

ข้อ 39 — ตอบ ก.

2 โมล

หลักคิด: ไล่อัตราส่วนโมลผ่านสารตัวกลางทีละขั้น

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: $CH_4 \rightarrow CO$ (สารร่วม) $\rightarrow CH_3OH$



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: $n(CO) = n(CH_4) = 2$ mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): $n(CH_3OH) = 1.8$ mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

$m(CH_3OH) = 1.44 \times 32 = 46.08$ g (M ของ CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

1. **ขั้นที่ 1:** $\mathrm{ZnS} : \mathrm{ZnO} = 2 : 2 = 1 : 1$ ดังนั้น ZnS 2 โมล ให้ ZnO 2 โมล

2. **ขั้นที่ 2:** $\mathrm{ZnO} : \mathrm{Zn} = 1 : 1$ ดังนั้นได้โลหะ Zn 2 โมล

ระวัง: ตอบ 1 โมล คือเผลอหารสองจากสัมประสิทธิ์ 2 ในสมการขั้นที่ 1 ทั้งที่อัตราส่วนจริงคือ 1 : 1 ตอบ 3 โมล คือหลงใช้สัมประสิทธิ์ของ O_2 และตอบ 4 โมล คือเผลอคูณสองซ้ำจากสัมประสิทธิ์ทั้งสองขั้น

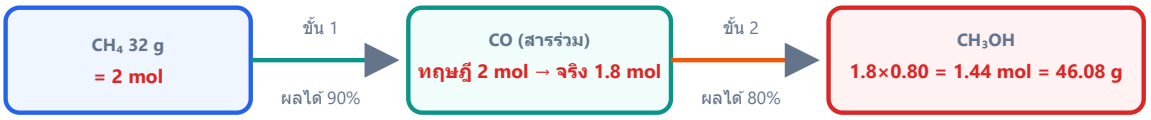
ตอบ: ข้อ ก. 2 โมล

ข้อ 40 — ตอบ ง.

37.0 g

❶ **ขั้นที่ 1:** หาโมลของ $CaCO_3$ (มวลสูตร $= 40 + 12 + 48 = 100$)

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: $CH_4 \rightarrow CO$ (สารร่วม) $\rightarrow CH_3OH$



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: $n(CO) = n(CH_4) = 2$ mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): $n(CH_3OH) = 1.8$ mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

$m(CH_3OH) = 1.44 \times 32 = 46.08$ g (M ของ $CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32$)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

$\frac{50}{100} = 0.5$ mol

❷ **ขั้นที่ 2:** อัตราส่วนทุกขั้นเป็น $1:1$ ดังนั้น $CaCO_3$ 0.5 mol $\rightarrow$ CaO 0.5 mol $\rightarrow Ca(OH)_2$ 0.5 mol

❸ **ขั้นที่ 3:** มวลสูตรของ $Ca(OH)_2 = 40 + 2(16 + 1) = 74$

$0.5 \times 74 = 37.0$ g

ระวัง: ตอบ 28.0 คือหยุดที่ CaO (0.5×56) ไม่ได้ไปต่อขั้นที่ 2 ตอบ 74.0 คือลืมคูณจำนวนโมล และตอบ 18.5 คือเผลอหารสองซ้ำอีกครั้ง

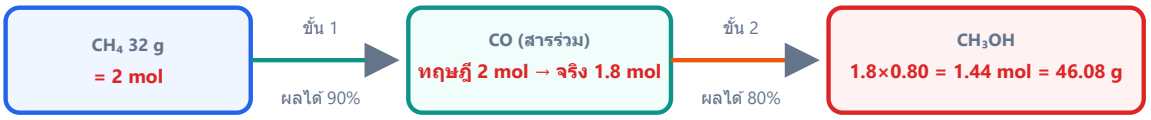
ตอบ: ข้อ ง. 37.0 g

ข้อ 41 — ตอบ ค.

19.6 kg

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของกำมะถัน

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: $CH_4 \rightarrow CO$ (สารร่วม) $\rightarrow CH_3OH$



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: $n(CO) = n(CH_4) = 2$ mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): $n(CH_3OH) = 1.8$ mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

$m(CH_3OH) = 1.44 \times 32 = 46.08$ g (M ของ CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

$$\frac{6400\ \cancel{g}}{32\ \cancel{g}/\text{mol}} = 200\ \text{mol}$$

2 ขั้นที่ 2: ไล่อัตราส่วนโมลทีละขั้น — อะตอมกำมะถันไม่หายไปไหน

$S : SO_2 = 1 : 1$ ได้ SO_2 200 mol

$SO_2 : SO_3 = 2 : 2 = 1 : 1$ ได้ SO_3 200 mol

$SO_3 : H_2SO_4 = 1 : 1$ ได้ H_2SO_4 200 mol

3 ขั้นที่ 3: มวลโมเลกุล $H_2SO_4 = 2(1) + 32 + 4(16) = 98$

มวลกรด $= 200 \times 98 = 19600$ g $= 19.6$ kg

ระวัง: ตอบ 9.8 kg เกิดจากเห็นสัมประสิทธิ์ 2 หน้า SO_2 ในขั้นที่สองแล้วเผลอหารสอง — ที่จริงอัตราส่วน $SO_2 : SO_3 = 2 : 2$ คือ $1 : 1$ · ตอบ 39.2 kg คือเผลอคูณ 2 จากความเข้าใจผิดเดียวกัน · ตอบ 4.9 kg คือหารสองซ้ำสองครั้ง

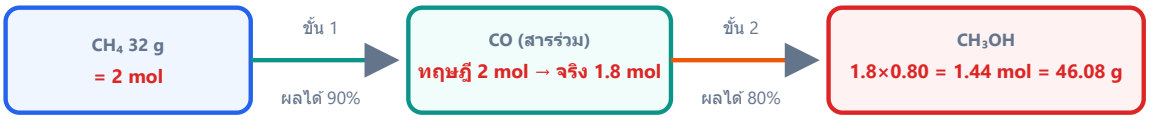
ตอบ: ข้อ ค. 19.6 kg

ข้อ 42 — ตอบ ข.

44.8 L

❶ **ขั้นที่ 1:** $M_{\mathrm{CH_4}} = 16$ g/mol

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: CH_4 → CO (สารร่วม) → CH_3OH



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: n(CO) = n(CH_4) = 2 mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): n(CH_3OH) = 1.8 mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

m(CH_3OH) = 1.44×32 = 46.08 g (M ของ CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

$$n_{\mathrm{CH_4}} = \frac{8.0}{16} = 0.5 \text{ mol}$$

❷ **ขั้นที่ 2:** ใช้สมการขั้นที่ 1 หาโมลสารร่วม CO และ H_2 ที่ได้จากขั้นนี้ (อัตราส่วน $\mathrm{CH_4 : CO : H_2} = 1 : 1 : 3$)

$$n_{\mathrm{CO}} = 0.5 \text{ mol}, n_{\mathrm{H_2,\,step1}} = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ mol}$$

❸ **ขั้นที่ 3:** CO ทั้งหมด 0.5 mol ที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นสารตั้งต้นของขั้นที่ 2 (อัตราส่วน $\mathrm{CO : H_2} = 1 : 1$)

$$n_{\mathrm{H_2,\,step2}} = 0.5 \text{ mol}$$

❹ **ขั้นที่ 4:** รวม H_2 ทั้งสองขั้น

$$n_{\mathrm{H_2,\,total}} = 1.5 + 0.5 = 2.0 \text{ mol}$$

$$V = 2.0 \times 22.4 = 44.8 \text{ L}$$

ระวัง: ตอบ 33.6 L คือคิดเฉพาะ H_2 จากขั้นที่ 1 (ลืมรวมขั้นที่ 2) ตอบ 11.2 L คือคิดเฉพาะขั้นที่ 2 และตอบ 67.2 L เกิดจากใช้อัตราส่วนรวมผิด

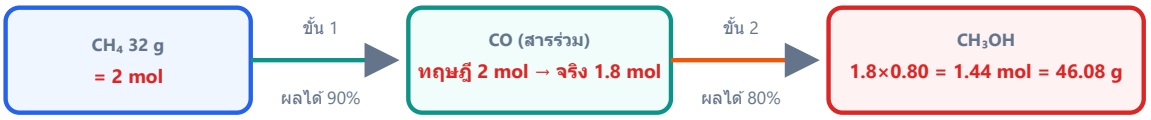
ตอบ: ข้อ ข. 44.8 L

ข้อ 43 — ตอบ ก.

196 g

❶ **ขั้นที่ 1:** $M_{P_4} = 4(31) = 124$ g/mol

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: $CH_4 \rightarrow CO$ (สารร่วม) $\rightarrow CH_3OH$



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: $n(CO) = n(CH_4) = 2$ mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): $n(CH_3OH) = 1.8$ mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

$m(CH_3OH) = 1.44 \times 32 = 46.08$ g (M ของ CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

$$n_{P_4} = \frac{62.0}{124} = 0.5 \text{ mol}$$

❷ **ขั้นที่ 2:** ใช้สมการขั้นที่ 1 หาโมลสารร่วม P_4O_{10} (อัตราส่วน $P_4 : P_4O_{10} = 1 : 1$)

$$n_{P_4O_{10}} = 0.5 \text{ mol}$$

❸ **ขั้นที่ 3:** ใช้สมการขั้นที่ 2 หาโมล H_3PO_4 (อัตราส่วน $P_4O_{10} : H_3PO_4 = 1 : 4$)

$$n_{H_3PO_4} = 0.5 \times 4 = 2.0 \text{ mol}$$

❹ **ขั้นที่ 4:** มวล H_3PO_4 ($M = 3(1) + 31 + 4(16) = 98$)

$$m = 2.0 \times 98 = 196 \text{ g}$$

ระวัง: ตอบ 49 g เกิดจากใช้อัตราส่วนขั้นที่ 2 เป็น 1:1 แทนที่จะเป็น 1:4 (ลืมคูณ 4) ตอบ 98 g คือคำนวณโมล H_3PO_4 ผิดเป็น 1 mol และตอบ 392 g เกิดจากคูณเกินสองเท่าโดยไม่ได้ตั้งใจ

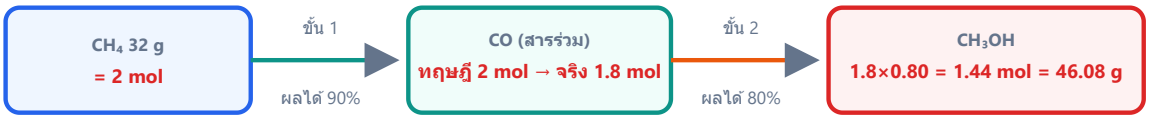
ตอบ: ข้อ ก. 196 g

ข้อ 44 — ตอบ ก.

16.8 g

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของ NH_3 (มวลโมเลกุล $= 14 + 3 = 17$)

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: $CH_4 \rightarrow CO$ (สารร่วม) $\rightarrow CH_3OH$



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: $n(CO) = n(CH_4) = 2$ mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): $n(CH_3OH) = 1.8$ mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

$m(CH_3OH) = 1.44 \times 32 = 46.08$ g (M ของ CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

$\frac{6.8}{17} = 0.4$ mol

2 ขั้นที่ 2: ไล่อัตราส่วนโมลผ่านทุกขั้น

$NH_3 \rightarrow NO$ อัตราส่วน $4 : 4 = 1 : 1$ ได้ NO 0.4 mol

$NO \rightarrow NO_2$ อัตราส่วน $2 : 2 = 1 : 1$ ได้ NO_2 0.4 mol

$NO_2 \rightarrow HNO_3$ อัตราส่วน $3 : 2$ ได้ $HNO_3 = 0.4 \times \frac{2}{3} = \frac{4}{15}$ mol

3 ขั้นที่ 3: มวลโมเลกุลของ $HNO_3 = 1 + 14 + 48 = 63$

$\frac{4}{15} \times 63 = 16.8$ g

ระวัง: ตอบ 25.2 คือคิดว่าอัตราส่วน $NO_2 : HNO_3$ เป็น $1 : 1$ ตอบ 37.8 คือกลับเศษส่วนเป็น $\frac{3}{2}$ และตอบ 12.6 คือเผลอหารสองจากสัมประสิทธิ์ของขั้นที่ 2

ตอบ: ข้อ ก. 16.8 g

ข้อ 45 — ตอบ ก.

29.3

❶ **ขั้นที่ 1:** โมล H_2 ทั้งหมด $= \frac{5.6}{22.4} = 0.25$ mol

โลหะผสม Al+Zn 9.2 g + HCl มากเกินพอ → H_2 รวม 5.6 L ที่ STP

$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$ (Al : H_2 = 2 : 3)

$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ (Zn : H_2 = 1 : 1)

สมการที่ 1: มวลรวม

27x + 65y = 9.2

(x = mol Al, y = mol Zn)

มวลอะตอม Al=27, Zn=65

สมการที่ 2: โมลแก๊สรวม

1.5x + y = 0.25

(n(H_2) รวม = 5.6/22.4 = 0.25 mol)

Al ให้ H_2 1.5 เท่าของโมลตัวเอง

แก้ระบบสมการ 2 ตัวแปร 2 สมการ

แทน y = 0.25−1.5x ลงในสมการมวล → x = 0.1 mol, y = 0.1 mol

มวล Al = 0.1×27 = 2.7 g

%Al โดยมวล = (2.7/9.2)×100 = 29.3%

❷ **ขั้นที่ 2:** ตั้งระบบสมการ ให้ Al $= x$ mol และ Zn $= y$ mol

สมการมวล: $27x + 65y = 9.2$

สมการแก๊ส (Al 1 mol ให้ H_2 $\frac{3}{2}$ mol ส่วน Zn 1 mol ให้ 1 mol): $1.5x + y = 0.25$

❸ **ขั้นที่ 3:** แก้ระบบสมการ — จากสมการแก๊ส $y = 0.25 - 1.5x$ แทนลงในสมการมวล

$$27x + 65(0.25 - 1.5x) = 9.2$$

$$27x + 16.25 - 97.5x = 9.2$$

$$-70.5x = -7.05 \quad \Rightarrow \quad x = 0.1 \text{ และ } y = 0.25 - 0.15 = 0.1$$

❹ **ขั้นที่ 4:** มวล Al $= 0.1 \times 27 = 2.7$ g

$$\frac{2.7}{9.2} \times 100 = 29.3$$

ตรวจสอบ: มวล Zn $= 0.1 \times 65 = 6.5$ g รวม $2.7 + 6.5 = 9.2$ g ตรงกับโจทย์

ระวัง: ตอบ 70.7 คือร้อยละของสังกะสี (อ่านโจทย์ไม่ครบ) · ตอบ 54.4 เกิดจากเผลอใช้อัตราส่วน Al : $H_2 = 1 : 1$ ทั้งที่จากสมการเป็น $2 : 3$ · ตอบ 50.0 คือเห็นว่าโมลของโลหะทั้งสองเท่ากันแล้วสรุปว่ามวลเท่ากัน ซึ่งผิดเพราะมวลอะตอมต่างกัน

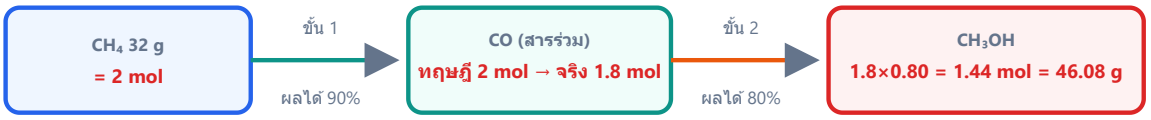
ตอบ: ข้อ ก. 29.3

ข้อ 46 — ตอบ ก.

19.2 g

❶ **ขั้นที่ 1:** โมล $CaCO_3 = \frac{50}{100} = 0.5$ mol (มวลสูตร $= 40 + 12 + 3(16) = 100$)

ปฏิกิริยาต่อเนื่อง: $CH_4 \rightarrow CO$ (สารร่วม) $\rightarrow CH_3OH$



กุญแจ: โมลของสารร่วม (CO) ที่เกิดจริงจากขั้น 1 = โมลที่เป็นสารตั้งต้นจริงของขั้น 2

ขั้น 1 ทฤษฎี: $n(CO) = n(CH_4) = 2$ mol (อัตราส่วน 1:1) → ได้จริง = 2×0.90 = 1.8 mol

ขั้น 2 ทฤษฎี (จากสารตั้งต้นจริง 1.8 mol): $n(CH_3OH) = 1.8$ mol → ได้จริง = 1.8×0.80 = 1.44 mol

ผลได้ร้อยละรวม = 0.90×0.80 = 72% (คูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่บวกหรือใช้แค่ค่าสุดท้าย)

$m(CH_3OH) = 1.44 \times 32 = 46.08$ g (M ของ CH_3OH = 12+4(1)+16 = 32)

ข้อผิดที่พบบ่อย: เอา %yield แต่ละขั้นมาบวกกัน หรือใช้แค่ %yield ขั้นสุดท้ายกับปริมาณทฤษฎีทั้งหมด

ถ้าโจทย์บอกว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ (ไม่มี %yield) ให้ไล่โมลผ่านสารร่วมตรงๆ ได้เลย ไม่ต้องคูณอะไรเพิ่ม

❷ **ขั้นที่ 2:** คิดผลได้จริงของขั้นแรก — อัตราส่วน $CaCO_3 : CaO = 1 : 1$

CaO ตามทฤษฎี $= 0.5$ mol แต่ได้จริง $= 0.5 \times \frac{80}{100} = 0.4$ mol

❸ **ขั้นที่ 3:** นำ CaO จริง 0.4 mol เข้าขั้นที่สอง — อัตราส่วน $CaO : CaC_2 = 1 : 1$

CaC_2 ตามทฤษฎี $= 0.4$ mol แต่ได้จริง $= 0.4 \times \frac{75}{100} = 0.3$ mol

❹ **ขั้นที่ 4:** มวลสูตร $CaC_2 = 40 + 2(12) = 64$

มวล $CaC_2 = 0.3 \times 64 = 19.2$ g

(สังเกต: ผลได้รวมของสองขั้นตอน $= 0.80 \times 0.75 = 0.60$ ต้องนำมาคูณกัน ไม่ใช่เลือกใช้ค่าใดค่าหนึ่ง)

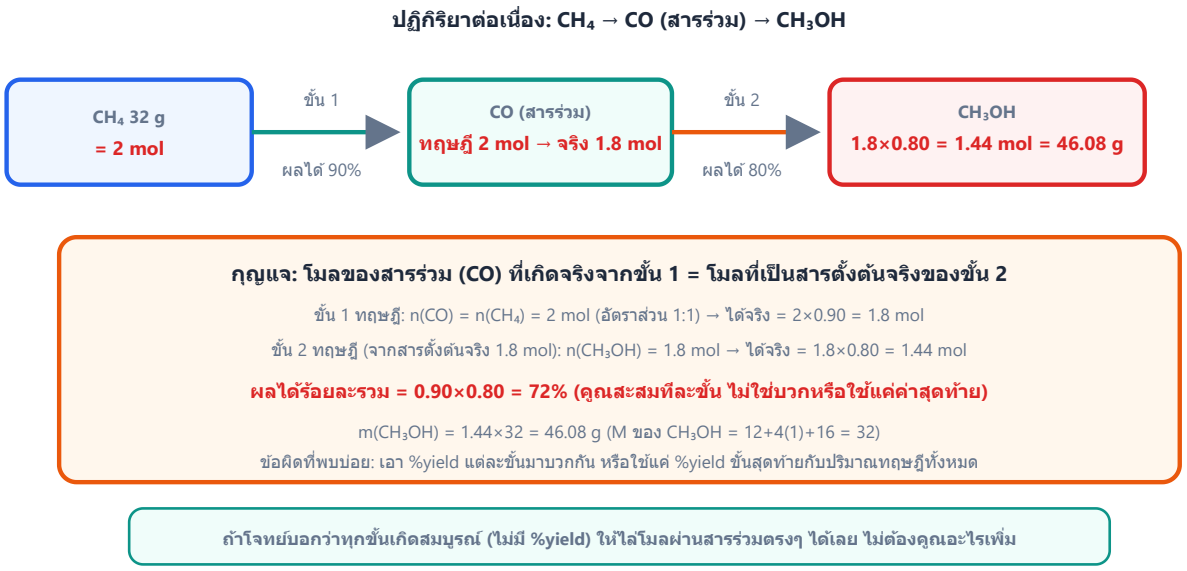
ระวัง: ตอบ 32.0 g คือคิดว่าทุกขั้นเกิดสมบูรณ์ 100% · ตอบ 25.6 g คือคิดเฉพาะผลได้ขั้นแรก (80%) แล้วลืมขั้นที่สอง · ตอบ 24.0 g คือคิดเฉพาะผลได้ขั้นที่สอง (75%) แล้วลืมขั้นแรก

ตอบ: ข้อ ก. 19.2 g

ข้อ 47 — ตอบ ง.

21.6 g

❶ **ขั้นที่ 1:** $M_{N_2} = 28$ g/mol



$$n_{N_2} = \frac{14.0}{28} = 0.5 \text{ mol}$$

❷ **ขั้นที่ 2:** หาโมลสารร่วม NH_3 ตามทฤษฎีจากขั้นที่ 1 (อัตราส่วน $N_2 : NH_3 = 1 : 2$) แล้วคูณผลได้ร้อยละของขั้นที่ 1

$$n_{NH_3,\,\text{theo}} = 0.5 \times 2 = 1.0 \text{ mol}$$

$$n_{NH_3,\,\text{actual}} = 1.0 \times 0.80 = 0.8 \text{ mol}$$

❸ **ขั้นที่ 3:** NH_3 0.8 mol ที่ได้จริงคือสารตั้งต้นจริงของขั้นที่ 2 หาโมลยูเรียตามทฤษฎี (อัตราส่วน $NH_3 : \text{urea} = 2 : 1$) แล้วคูณผลได้ร้อยละของขั้นที่ 2

$$n_{\text{urea},\,\text{theo}} = \frac{0.8}{2} = 0.4 \text{ mol}$$

$$n_{\text{urea},\,\text{actual}} = 0.4 \times 0.90 = 0.36 \text{ mol}$$

❹ **ขั้นที่ 4:** มวลยูเรีย ($M_{\text{urea}} = 12 + 16 + 2(14 + 2) = 60$)

$$m = 0.36 \times 60 = 21.6 \text{ g}$$

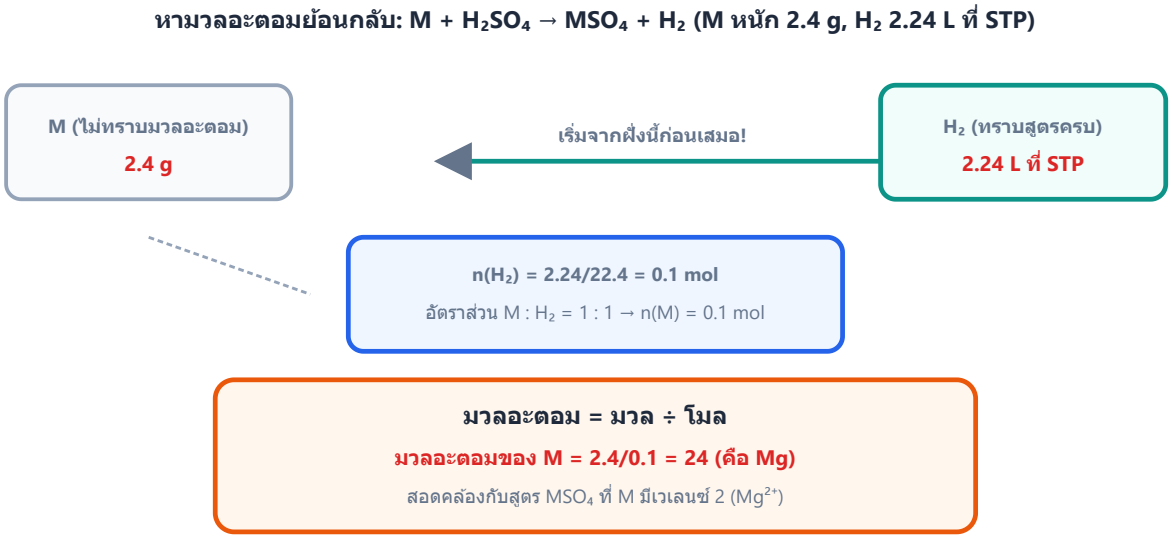
ระวัง: ตอบ 30.0 g คือไม่คิดผลได้ร้อยละเลยทั้งสองขั้น ตอบ 24.0 g คือคิดเฉพาะผลได้ร้อยละขั้นที่ 2 (ลืมขั้นที่ 1) และตอบ 27.0 g คือคิดเฉพาะผลได้ร้อยละขั้นที่ 1 (ลืมขั้นที่ 2) — ผลได้ร้อยละหลายขั้นต้องคูณสะสมทีละขั้น ไม่ใช่เลือกใช้แค่ค่าเดียว

ตอบ: ข้อ ง. 21.6 g

ข้อ 48 — ตอบ ข.

27

1 ขั้นที่ 1: หาโมลอะตอมออกซิเจน



โมล $O_2 = \frac{4.8}{32} = 0.15$ mol ดังนั้นโมลอะตอม O $= 0.15 \times 2 = 0.3$ mol

2 ขั้นที่ 2: จากสูตร M_2O_3 อัตราส่วนโมลอะตอม M : O $= 2 : 3$

โมล M $= 0.3 \times \frac{2}{3} = 0.2$ mol

3 ขั้นที่ 3: มวลอะตอม

$$M = \frac{5.4\ \text{g}}{0.2\ \text{mol}} = 27$$

ธาตุ M คืออะลูมิเนียม (ตรวจสอบด้วยกฎทรงมวล: ออกไซด์ที่เกิดหนัก $5.4 + 4.8 = 10.2$ g คิดเป็น 0.1 mol ของ Al_2O_3 ซึ่งมีมวลสูตร 102 พอดี)

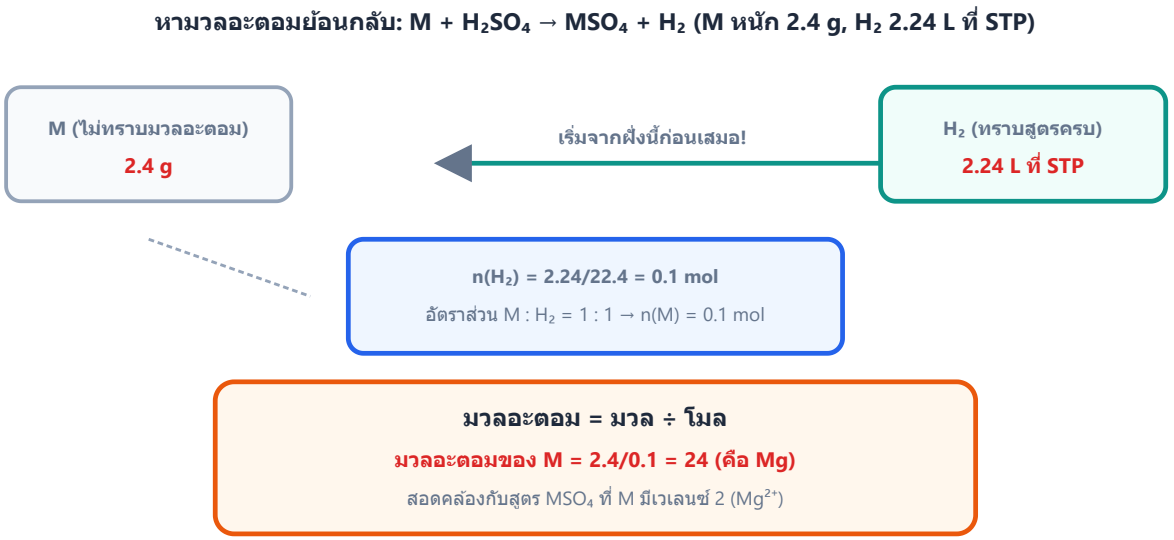
ระวัง: ตอบ 18 คือเผลอหารมวล M ด้วยโมลอะตอม O (0.3 mol) โดยไม่แปลงเป็นโมล M · ตอบ 36 คือหารด้วยโมล O_2 (0.15 mol) โดยลืมว่า 1 โมเลกุลมี O 2 อะตอม · ตอบ 54 คือเผลอหารมวล M ด้วยโมลของหน่วยสูตร M_2O_3 (0.1 mol) ได้ $5.4 \div 0.1 = 54$ ซึ่งเป็นมวลของ M ถึง 2 อะตอม โดยลืมหารด้วย 2

ตอบ: ข้อ ข. 27

ข้อ 49 — ตอบ ก.

23

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของ CO_2



$\frac{0.448\,\cancel{L}}{22.4\,\cancel{L}/\text{mol}} = 0.02$ mol

2 ขั้นที่ 2: จากสมการ $M_2CO_3 : CO_2 = 1 : 1$ ดังนั้นโมลเกลือ $= 0.02$ mol

มวลสูตรของเกลือ $= \frac{2.12}{0.02} = 106$ g/mol

3 ขั้นที่ 3: แยกส่วนของ CO_3 ออก: $12 + 3(16) = 60$

$2M + 60 = 106$

$M = \frac{106-60}{2} = 23$

โลหะ M คือโซเดียม (Na)

ระวัง: ตอบ 46 คือลืมหารด้วย 2 (ในสูตรมี M อยู่ 2 อะตอม) · ตอบ 53 คือเอามวลสูตร 106 หาร 2 ทันทีโดยลืมหักส่วนของ CO_3 ออกก่อน · ตอบ 39 คือเดาว่าเป็นโพแทสเซียมโดยไม่คำนวณ

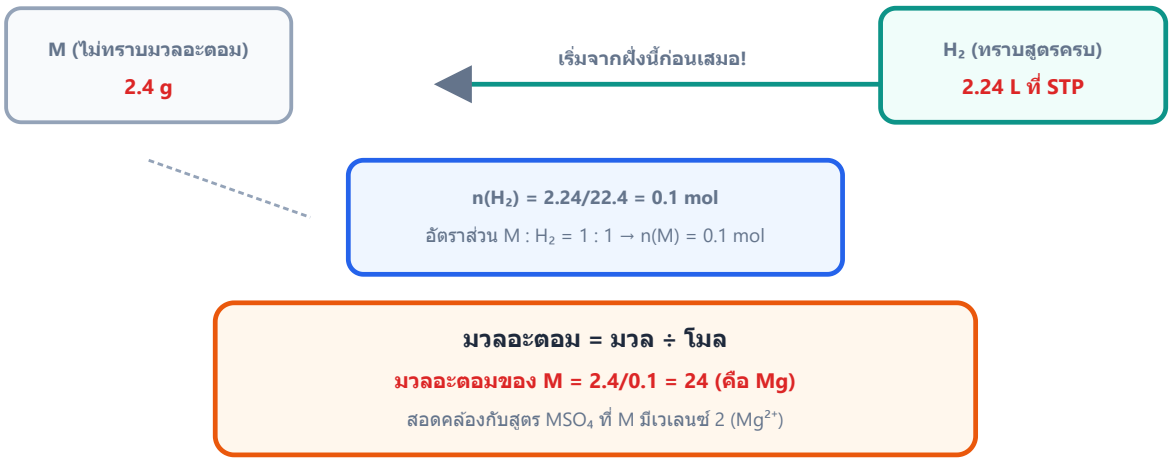
ตอบ: ข้อ ก. 23

ข้อ 50 — ตอบ ข.

40

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของแก๊ส CO_2 ที่วัดได้

หามวลอะตอมย้อนกลับ: M + H_2SO_4 → MSO_4 + H_2 (M หนัก 2.4 g, H_2 2.24 L ที่ STP)



$$n_{CO_2} = \frac{2.24}{22.4} = 0.1 \text{ mol}$$

2 ขั้นที่ 2: ใช้อัตราส่วนโมลจากสมการ ($MCO_3 : CO_2 = 1 : 1$)

$$n_{MCO_3} = 0.1 \text{ mol}$$

3 ขั้นที่ 3: หามวลโมลาร์ของ MCO_3

$$M_{MCO_3} = \frac{10.0}{0.1} = 100 \text{ g/mol}$$

4 ขั้นที่ 4: หามวลอะตอมของ M โดยลบมวลของ CO_3 ออก

$$M_M = 100 - 12 - 3(16) = 100 - 60 = 40 \text{ g/mol}$$

(นี่คือแคลเซียม)

ระวัง: ตอบ 100 คือลืมลบมวลของ CO_3 ออกทั้งหมด ตอบ 88 คือลบเฉพาะมวลคาร์บอน (12) และตอบ 52 คือลบเฉพาะมวลออกซิเจน (48) แต่ลืมลบคาร์บอน

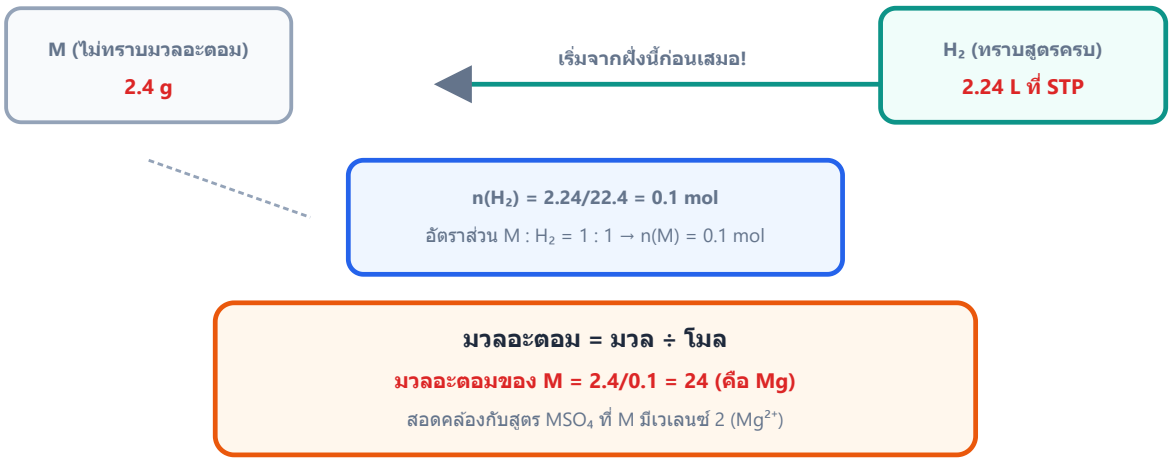
ตอบ: ข้อ ข. 40

ข้อ 51 — ตอบ ง.

56

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของน้ำที่วัดได้

หามวลอะตอมย้อนกลับ: M + H_2SO_4 → MSO_4 + H_2 (M หนัก 2.4 g, H_2 2.24 L ที่ STP)



$$n_{\mathrm{H_2O}} = \frac{1.8}{18} = 0.1\ \mathrm{mol}$$

2 ขั้นที่ 2: ใช้อัตราส่วนโมลจากสมการ ($\mathrm{MO} : \mathrm{H_2O} = 1 : 1$)

$$n_{\mathrm{MO}} = 0.1\ \mathrm{mol}$$

3 ขั้นที่ 3: หามวลโมลาร์ของ MO

$$M_{\mathrm{MO}} = \frac{7.2}{0.1} = 72\ \mathrm{g/mol}$$

4 ขั้นที่ 4: หามวลอะตอมของ M

$$M_{\mathrm{M}} = 72 - 16 = 56\ \mathrm{g/mol}$$

(นี่คือเหล็ก)

ระวัง: ตอบ 72 คือลืมลบมวลออกซิเจนออก ตอบ 88 เกิดจากบวกมวลออกซิเจนแทนที่จะลบ และตอบ 24 เป็นค่าที่คำนวณผิดพลาดจากมวลโมลาร์ผิด — จุดสำคัญคือต้องเริ่มคำนวณจากผลิตภัณฑ์ที่ทราบสูตรครบ ($\mathrm{H_2O}$) ก่อนเสมอ

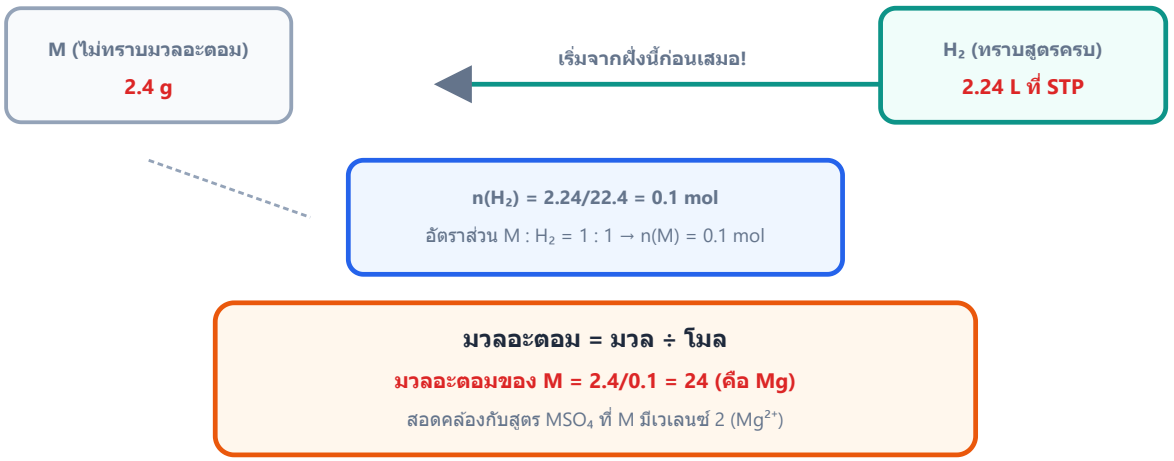
ตอบ: ข้อ ง. 56

ข้อ 52 — ตอบ ง.

24

หลักคิด: วัดโมลของแก๊สที่เกิด แล้วเทียบอัตราส่วนกลับไปหาโมลโลหะ จากนั้นมวลอะตอม = มวล ÷ โมล

หามวลอะตอมย้อนกลับ: M + H_2SO_4 → MSO_4 + H_2 (M หนัก 2.4 g, H_2 2.24 L ที่ STP)



1 ขั้นที่ 1: โมลของ H_2

$\frac{1.12}{22.4} = 0.05$ mol

2 ขั้นที่ 2: อัตราส่วน M : $H_2 = 1 : 1$ ดังนั้นโมลของ M $= 0.05$ mol

3 ขั้นที่ 3: มวลอะตอม

$\frac{1.2}{0.05} = 24$

โลหะ M คือแมกนีเซียม (Mg = 24) ซึ่งสอดคล้องกับการเกิด MCl_2 (เวเลนซ์ 2)

ระวัง: ตอบ 48 คือเผลอหารโมล H_2 ด้วย 2 ตามสัมประสิทธิ์ของ HCl (อัตราส่วนที่ถูกต้องคือ M ต่อ H_2 ไม่ใช่ M ต่อ HCl) และตอบ 12 คือเผลอคูณโมลเป็น 0.1

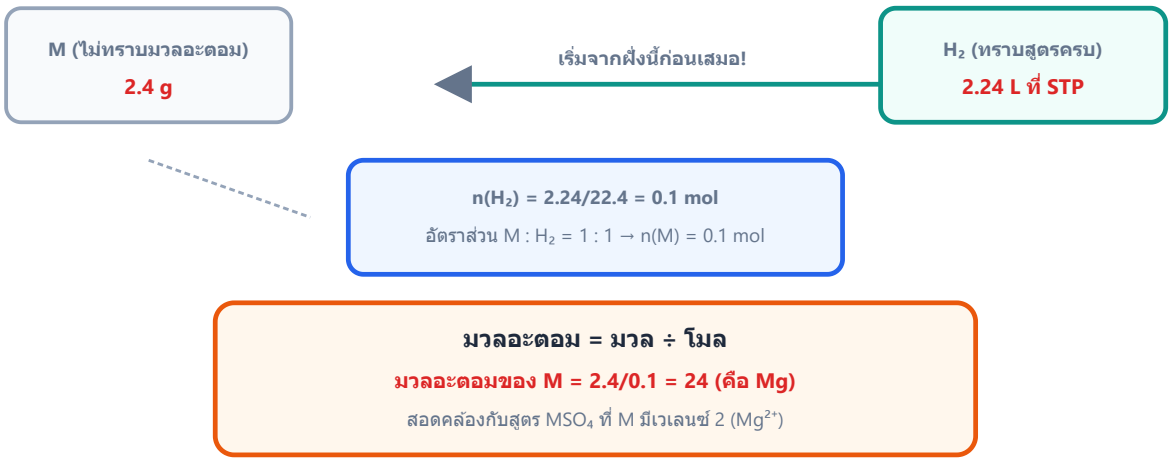
ตอบ: ข้อ ง. 24

ข้อ 53 — ตอบ ก.

40

หลักคิด: โมลของตะกอน AgCl บอกโมลของ Cl^- ซึ่งโยงกลับไปหาโมลของ MCl_2 (1 โมลให้ Cl^- 2 โมล)

หามวลอะตอมย้อนกลับ: M + H_2SO_4 → MSO_4 + H_2 (M หนัก 2.4 g, H_2 2.24 L ที่ STP)



1 ขั้นที่ 1: โมลของ AgCl (มวลสูตร $= 108 + 35.5 = 143.5$)

$\frac{2.87}{143.5} = 0.020$ mol

ดังนั้น $Cl^- = 0.020$ mol

2 ขั้นที่ 2: โมลของ $MCl_2 = \frac{0.020}{2} = 0.010$ mol

3 ขั้นที่ 3: มวลสูตรของ MCl_2

$\frac{1.11}{0.010} = 111$

4 ขั้นที่ 4: มวลอะตอมของ M

$111 - 2(35.5) = 111 - 71 = 40$

โลหะ M คือแคลเซียม (Ca = 40) สอดคล้องกับที่โจทย์บอกว่าเป็นโลหะหมู่ 2

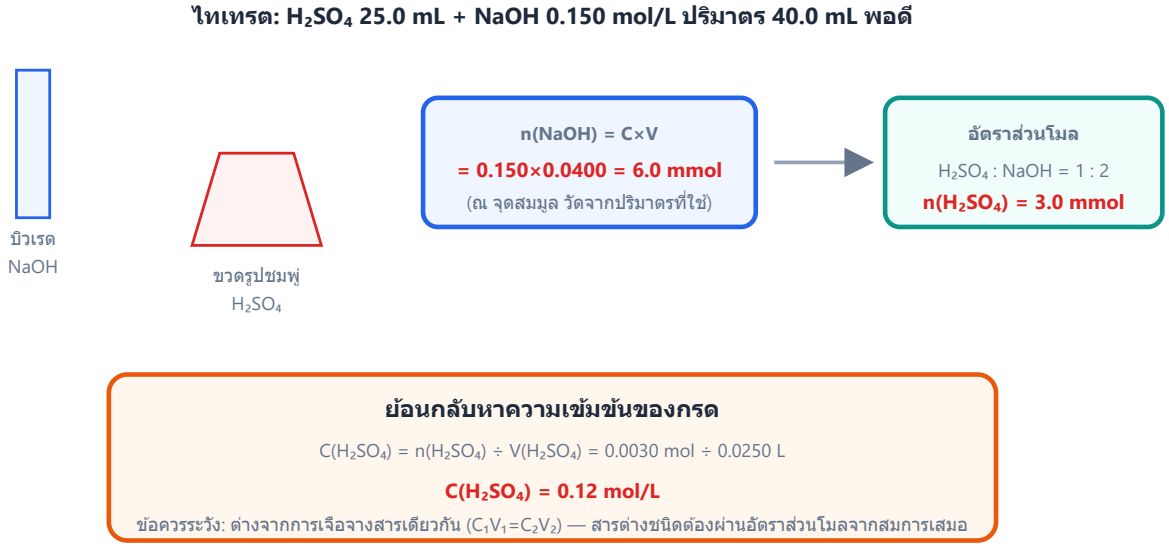
ระวัง: ตอบ 111 คือหยุดที่มวลสูตรของเกลือโดยลืมหักมวลของคลอรีน ตอบ 20 คือลืมหาร 2 ในขั้นที่ 2 (ได้มวลสูตร 55.5 แล้วหัก 35.5) และตอบ 55.5 คือลืมหาร 2 แล้วยังไม่หักคลอรีนอีกด้วย

ตอบ: ข้อ ก. 40

ข้อ 54 — ตอบ ข.

0.2 mol/L

หลักคิด: ที่จุดยุติ โมลกรด = โมลเบส (HCl กับ NaOH ทำปฏิกิริยา $1:1$) จึงใช้ $C_aV_a = C_bV_b$



คำนวณ:

$$C_a \times 20 = 0.1 \times 40$$

$$C_a = \frac{0.1 \times 40}{20} = 0.2\ \mathrm{mol/L}$$

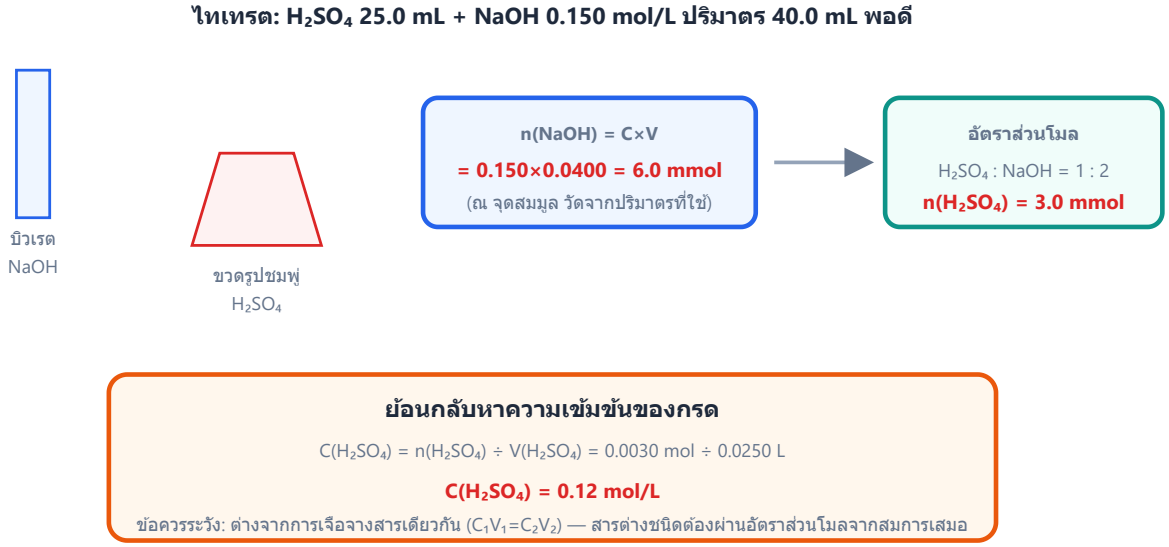
ระวัง: ตอบ 0.05 คือสลับข้างเอาปริมาตรกรดไปคูณฝั่งเบส ตอบ 0.1 คือคิดว่าความเข้มข้นต้องเท่ากันเสมอโดยไม่ดูปริมาตร และตอบ 4 คือลืมหารด้วยปริมาตรของกรด

ตอบ: ข้อ ข. 0.2 mol/L

ข้อ 55 — ตอบ ค.

20 mL

หลักคิด: กรดไดโปรติกให้ H^+ 2 ตัวต่อโมเลกุล จึงต้องใช้ NaOH เป็น 2 เท่าของโมลกรด



1 ขั้นที่ 1: โมลของ H_2SO_4

$$0.05 \times \frac{20}{1000} = 0.001 \text{ mol}$$

2 ขั้นที่ 2: โมล NaOH ที่ต้องใช้ $= 2 \times 0.001 = 0.002$ mol

3 ขั้นที่ 3: หาปริมาตร

$$V = \frac{0.002}{0.1} = 0.020 \text{ L} = 20 \text{ mL}$$

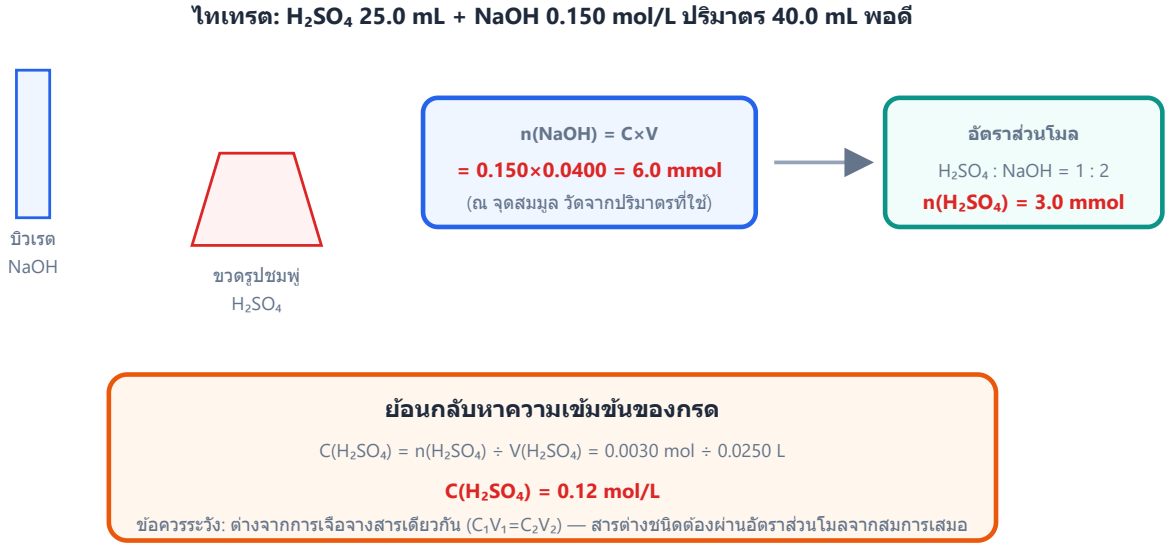
ระวัง: ตอบ 10 mL คือลืมคูณ 2 (ลืมว่ากรดไดโปรติก) ซึ่งเป็นจุดพลาดยอดฮิตของข้อไทเทรต H_2SO_4

ตอบ: ข้อ ค. 20 mL

ข้อ 56 — ตอบ ค.

0.06 mol/L

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของ NaOH (สารที่รู้ค่าครบ)



$$n_{\mathrm{NaOH}} = 0.100 \times 0.0300 = 0.003 \text{ mol}$$

2 ขั้นที่ 2: ใช้อัตราส่วนโมลจากสมการ ($\mathrm{H_2C_2O_4} : \mathrm{NaOH} = 1 : 2$)

$$n_{\mathrm{H_2C_2O_4}} = \frac{0.003}{2} = 0.0015 \text{ mol}$$

3 ขั้นที่ 3: แปลงกลับเป็นความเข้มข้น

$$C = \frac{0.0015}{0.0250} = 0.06 \text{ mol/L}$$

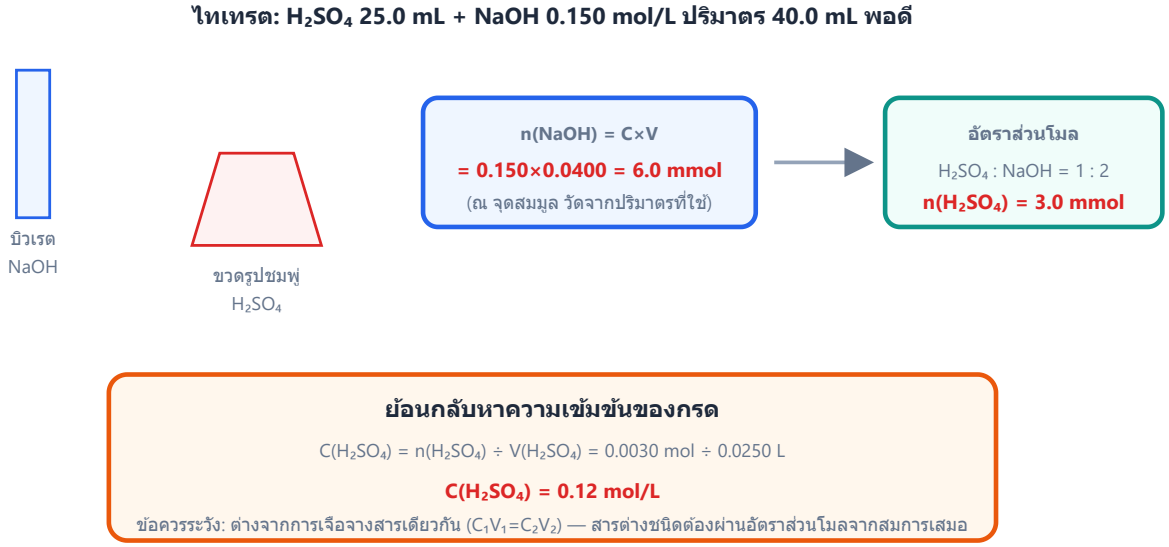
ระวัง: ตอบ 0.12 mol/L เกิดจากเผลอตั้ง $C_1V_1 = C_2V_2$ แบบสูตรเจือจาง (ไม่หารด้วยอัตราส่วนโมล 2) ซึ่งใช้ได้เฉพาะสารเดียวกันก่อน-หลังเจือจางเท่านั้น กรดออกซาลิกเป็นกรด 2 โปรตอน (diprotic) จึงต้องหารด้วย 2 เสมอ

ตอบ: ข้อ ค. 0.06 mol/L

ข้อ 57 — ตอบ ง.

1.148 g

หลักคิด: $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$ ต้องหาว่าไอออนใดหมดก่อน และอย่าลืมว่า $CaCl_2$ 1 โมล ให้ Cl^- 2 โมล



1 ขั้นที่ 1: หาโมลไอออน

$Ag^+: 0.2 \times 0.050 = 0.010$ mol

$Cl^-: 0.1 \times 0.040 \times 2 = 0.008$ mol

2 ขั้นที่ 2: Cl^- น้อยกว่า จึงเป็นตัวกำหนดปริมาณ ได้ AgCl $= 0.008$ mol

3 ขั้นที่ 3: มวลสูตรของ AgCl $= 108 + 35.5 = 143.5$

$0.008 \times 143.5 = 1.148$ g

ระวัง: ตอบ 1.435 คือใช้ Ag^+ เป็นตัวกำหนดทั้งที่มันเหลือ ตอบ 0.574 คือลืมคูณ 2 ของ Cl^- แล้วได้ 0.004 mol และตอบ 2.583 คือจับโมลไอออนทั้งสองบวกกันซึ่งผิดหลัก

ตอบ: ข้อ ง. 1.148 g

ข้อ 58 — ตอบ ก.

I^- เหลือเกินพอ มีความเข้มข้น 0.05 mol/L

1 ขั้นที่ 1: หาโมลเริ่มต้นของแต่ละสาร

สารกำหนดปริมาณ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (N_2 28 g, H_2 9 g)

N_2: 28 g = 1 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 1/1 = 1
ค่าน้อยกว่า → หมดก่อน (limiting)
ผลิต NH_3 ตามทฤษฎี = 2×1 = 2 mol = 34 g

H_2: 9 g = 4.5 mol
เทียบ mol ÷ สัมประสิทธิ์ = 4.5/3 = 1.5
ค่ามากกว่า → เหลือ (excess)
ใช้ไปจริง 3 mol = 6 g เหลือ 9−6 = 3 g

ผลได้ร้อยละ (Percent Yield): $CaCO_3$ 50 g → CaO

ผลได้ทฤษฎี = n($CaCO_3$)×M(CaO) = (50/100)×56 = 28 g
ผลได้จริง (ชั่งได้จากการทดลอง) = 22.4 g
% ผลได้ = (ผลได้จริง/ผลได้ทฤษฎี)×100 = (22.4/28)×100 = 80%
ผลได้จริงต้องมาจากการชั่ง/วัดจริงเสมอ ไม่ใช่ตัวเลขที่คำนวณจากสมการ

$n_{Pb(NO_3)_2} = 0.10 \times 0.0400 = 0.004 \text{ mol}$

$n_{KI} = 0.30 \times 0.0400 = 0.012 \text{ mol}$

2 ขั้นที่ 2: หาสารกำหนดปริมาณ — ต้องใช้ I^- ต่อ Pb^{2+} ในอัตราส่วน 2:1

ถ้าใช้ Pb^{2+} ทั้งหมด 0.004 mol จะต้องการ $I^- = 0.004 \times 2 = 0.008 \text{ mol}$

มี I^- อยู่ 0.012 mol ซึ่งมากกว่า 0.008 mol ที่ต้องการ → Pb^{2+} คือสารกำหนดปริมาณ (หมดก่อน) และ I^- เหลือเกินพอ

3 ขั้นที่ 3: หาโมล I^- ที่เหลือ

$n_{I^-,\,\text{left}} = 0.012 - 0.008 = 0.004 \text{ mol}$

4 ขั้นที่ 4: หาความเข้มข้นในปริมาตรรวม 80.0 mL

$$C = \frac{0.004}{0.0800} = 0.05 \text{ mol/L}$$

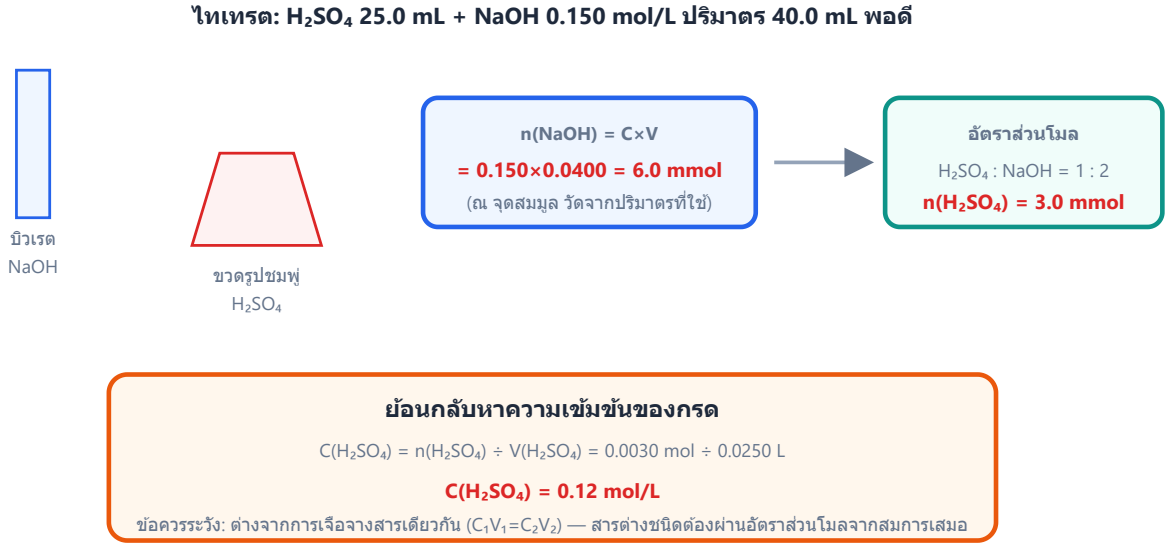
ระวัง: ตอบ 0.10 mol/L เกิดจากลืมใช้ปริมาตรรวม (หารด้วย 40 mL แทน 80 mL) ตอบ Pb^{2+} เหลือคือระบุสารกำหนดปริมาณผิดทาง และตัวเลือก 'พอดีกัน' ผิดเพราะ I^- มีมากกว่าที่ต้องการ

ตอบ: ข้อ ก. I^- เหลือเกินพอ มีความเข้มข้น 0.05 mol/L

ข้อ 59 — ตอบ ก.

79.5

หลักคิด: โมล HCl ที่ใช้บอกโมล Na_2CO_3 ผ่านอัตราส่วน $2:1$ แล้วเทียบกลับเป็นมวลต่อมวลตัวอย่าง



1 ขั้นที่ 1: โมล HCl

$0.5 \times \frac{60}{1000} = 0.030 \text{ mol}$

2 ขั้นที่ 2: โมล $Na_2CO_3 = \frac{0.030}{2} = 0.015$ mol

3 ขั้นที่ 3: มวลสูตรของ $Na_2CO_3 = 2(23) + 12 + 3(16) = 106$

มวล $= 0.015 \times 106 = 1.59$ g

4 ขั้นที่ 4: ร้อยละความบริสุทธิ์

$\frac{1.59}{2.00} \times 100 = 79.5$

ระวัง: ตอบ 159.0 คือใช้อัตราส่วน $1:1$ (ลืมหาร 2) ซึ่งได้ค่าเกิน 100 ควรสะกิดใจทันที ตอบ 39.75 คือเผลอหาร 2 ซ้ำสองครั้ง และตอบ 53.0 คือใช้มวลสูตรครึ่งเดียว

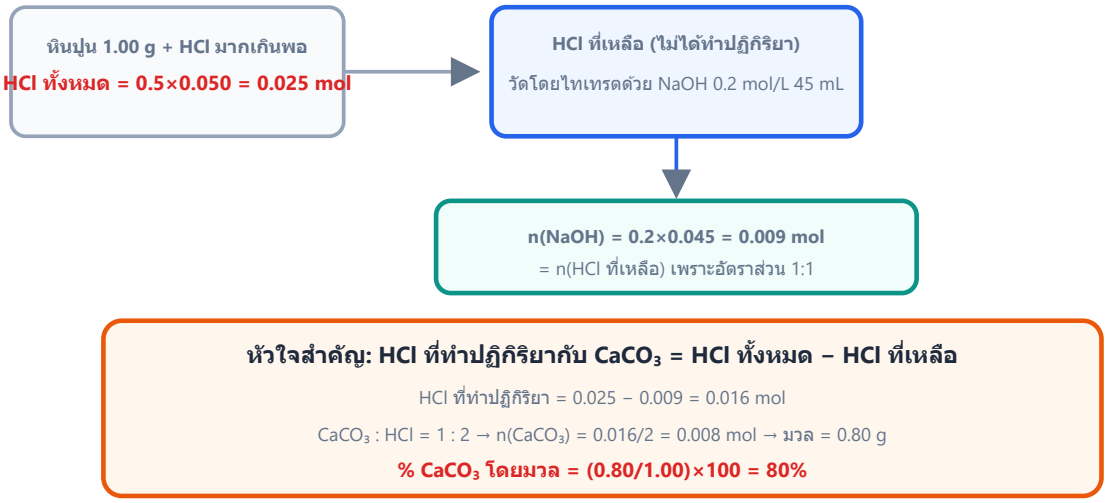
ตอบ: ข้อ ก. 79.5

ข้อ 60 — ตอบ ข.

80

หลักคิด: การไทเทรตย้อนกลับ (back titration) — HCl ที่ทำปฏิกิริยากับ $CaCO_3$ = HCl ทั้งหมด − HCl ที่เหลือ (วัดจาก NaOH)

ไทเทรตย้อนกลับ (back titration): หาความบริสุทธิ์ $CaCO_3$ ในหินปูน 1.00 g



1 ขั้นที่ 1: โมล HCl ทั้งหมด

$$0.5 \times 0.050 = 0.025 \text{ mol}$$

2 ขั้นที่ 2: โมล HCl ที่เหลือ = โมล NaOH

$$0.2 \times 0.045 = 0.009 \text{ mol}$$

3 ขั้นที่ 3: HCl ที่ทำปฏิกิริยากับ $CaCO_3$

$$0.025 - 0.009 = 0.016 \text{ mol}$$

4 ขั้นที่ 4: อัตราส่วน $CaCO_3 : HCl = 1 : 2$

โมล $CaCO_3 = \frac{0.016}{2} = 0.008$ mol มวล $= 0.008 \times 100 = 0.80$ g

5 ขั้นที่ 5: ร้อยละ $= \frac{0.80}{1.00} \times 100 = 80$

ระวัง: ตอบ 160 คือลืมหาร 2 ในขั้นที่ 4 ตอบ 125 คือคิดว่า HCl ทั้ง 0.025 mol ทำปฏิกิริยาหมด (ไม่หักส่วนที่เหลือ) ทั้งสองกรณีได้ค่าเกิน 100 ควรสะกิดใจ ส่วนตอบ 45 คือเอาโมล NaOH มาคิดเป็นโมลที่ทำปฏิกิริยาเสียเอง

ตอบ: ข้อ ข. 80