7 สารละลาย

ชีทเรียน+แบบฝึกหัด · ติวเคมี สอวน. ค่าย 1 · สอนสลับฝึกทีละช่วง

1 พื้นฐานสารละลาย: ชนิด พลังงานการละลาย และปัจจัยการละลาย (รวมเฮนรี)

1. สารละลายคืออะไร: ตัวละลาย ตัวทำละลาย และชนิดของสารละลาย

สารละลาย (solution) คือของผสมเนื้อเดียวของสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ประกอบด้วย

- **ตัวทำละลาย (solvent)** — สารที่มีปริมาณมากที่สุด หรือสารที่มีสถานะเดียวกับสารละลาย
- **ตัวละลาย (solute)** — สารที่เหลือทั้งหมด

สารละลายมีได้ทั้งสามสถานะ (ข้อสอบชอบหยอดตัวเลือกลวงตรงนี้):

สถานะสารละลาย	ตัวอย่าง	ตัวทำละลาย	ตัวละลาย
แก๊ส	อากาศ	N_2	O_2, Ar, CO_2
ของเหลว	น้ำเชื่อม	H_2O	น้ำตาล
ของเหลว	เอทานอล 95%	เอทานอล	น้ำ
ของแข็ง	ทองเหลือง	Cu	Zn

ข้อควรระวัง: ถ้าของเหลวผสมของเหลว ตัวที่**ปริมาณ (โดยมวล) มากกว่า**เป็นตัวทำละลาย เช่น น้ำ 40 g + เอทิลีนไกลคอล 60 g → ไกลคอลเป็นตัวทำละลาย (คิดตามมวล ตามเกณฑ์หลักสูตรไทย — ระวังว่าถ้านับโมล น้ำจะมากกว่า แต่เกณฑ์ที่ใช้คือมวล) (ข้อสอบเคยให้ระบุตัวละลายก่อน แล้วจึงให้คำนวณจุดเดือดต่อ)

แบ่งตามปริมาณตัวละลายได้ 3 แบบ: **ไม่อิ่มตัว** (ละลายเพิ่มได้อีก) · **อิ่มตัว** (ละลายได้มากสุด ณ อุณหภูมินั้น เกิดสมดุลละลาย–ตกผลึก) · **อิ่มตัวยิ่งยวด** (เกินจุดอิ่มตัว ไม่เสถียร เติมผลึกเล็กๆ ลงไปจะตกผลึกทันที)

2. กระบวนการละลายกับพลังงาน

การละลายของแข็งไอออนิกในน้ำ แบ่งเป็น 2 ขั้นพลังงาน:

1. **สลายโครงผลึก** — ดูดพลังงานเท่ากับพลังงานโครงผลึก (lattice energy) เพื่อแยกไอออนออกจากกัน
2. **ไฮเดรชัน** — โมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออน (ด้าน O ที่มีขั้วลบหันเข้าไอออนบวก ด้าน H หันเข้าไอออนลบ) **คาย**พลังงานไฮเดรชัน

$$\Delta H_{soln} = \Delta H_{lattice} + \Delta H_{hyd}$$

- คายมากกว่าดูด → $\Delta H_{soln} < 0$ **ละลายแบบคายความร้อน** สารละลายอุ่นขึ้น (NaOH, $CaCl_2$, การเจือจาง H_2SO_4)

- ดูดมากกว่าคาย → $\Delta H_{soln} > 0$ **ละลายแบบดูดความร้อน** สารละลายเย็นลง (NH_4NO_3, KNO_3 — หลักการถุงประคบเย็น)

สารที่ละลายแบบดูดความร้อนก็ยังละลายได้เอง เพราะการละลายทำให้ระบบไม่เป็นระเบียบมากขึ้น (เอนโทรปีเพิ่ม) — พลังงานอย่างเดียวไม่ได้ตัดสินทุกอย่าง

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย

3.1 ธรรมชาติของสาร — "like dissolves like" สารมีขั้วละลายในตัวทำละลายมีขั้ว สารไม่มีขั้วละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว: NaCl ละลายน้ำดีแต่ไม่ละลายในเฮกเซน ส่วน I_2 ละลายในเฮกเซนดีแต่แทบไม่ละลายน้ำ

3.2 อุณหภูมิ

- ตัวละลาย**ของแข็ง**: ส่วนใหญ่ละลายได้มากขึ้นเมื่อร้อนขึ้น (ดูจากกราฟการละลาย ซึ่งใช้ตอบโจทย์การตกผลึกเมื่อทำให้เย็นลง)
- ตัวละลาย**แก๊ส**: ละลายได้**น้อยลงเสมอ**เมื่อร้อนขึ้น (น้ำอัดลมอุ่นจึงหมดซ่า)

3.3 ความดัน — มีผลเฉพาะตัวละลายที่เป็นแก๊ส ตาม**กฎของเฮนรี**: สภาพละลายได้ของแก๊สแปรผันตรงกับความดันย่อยของแก๊สเหนือของเหลว $C = k_H P$ (เปิดฝาน้ำอัดลม ความดันลด แก๊สจึงหนีออก)

เพราะ $C = k_H P$ เป็นความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงที่อุณหภูมิ/ของเหลวเดียวกัน โจทย์ส่วนใหญ่จึงตั้งบัญญัติไตรยางศ์ตรง ๆ ได้เลยระหว่างสองสถานะความดัน โดยไม่ต้องรู้ค่า k_H จริง (หรือถ้าโจทย์ให้ k_H มา ก็แทนสูตรได้ทันที)

ตัวอย่างโจทย์ (กฎของเฮนรี) — แก๊ส CO_2 ละลายในน้ำอัดลมได้ 2.0×10^{-2} mol/L เมื่อความดันย่อยของ CO_2 เหนือของเหลวเท่ากับ 1.0 atm (ก่อนเปิดขวด) ถ้าปิดฝาขวดสนิทแล้วอัดความดัน CO_2 เหนือของเหลวจนเป็น 5.0 atm ที่อุณหภูมิเดียวกัน สภาพละลายได้ของ CO_2 ในขวดจะเป็นเท่าใด

วิธีทำ: ตั้งสัดส่วนตรงจาก $C = k_H P$ (ที่อุณหภูมิ/ของเหลวเดียวกัน k_H คงที่):

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad \Rightarrow \quad C_2 = C_1 \times \frac{P_2}{P_1} = 2.0 \times 10^{-2}\ \text{mol/L} \times \frac{5.0\ \text{atm}}{1.0\ \text{atm}} = 0.10\ \text{mol/L}$$

ระวัง: ความดันเพิ่มขึ้น สภาพละลายได้ต้อง**เพิ่มขึ้นตาม** (แปรผันตรง ไม่ใช่แปรผกผัน) — คนละทิศกับผลของอุณหภูมิที่ทำให้แก๊สละลายน้อยลงเมื่อร้อนขึ้น อย่าสับสนสองปัจจัยนี้

ฝึกทันที 2 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 1 ★★☆☆☆

แก๊ส CO_2 ละลายในน้ำอัดลมได้ 2.0×10^{-2} mol/L เมื่อความดันย่อยของ CO_2 เหนือของเหลวเท่ากับ 1.0 atm ถ้าปิดฝาขวดสนิทแล้วอัดความดัน CO_2 เหนือของเหลวให้เป็น 5.0 atm ที่อุณหภูมิเดียวกัน สภาพละลายได้ของ CO_2 ในขวดจะเป็นเท่าใด (กำหนดว่าเป็นไปตามกฎของเฮนรี)

ก. 4.0×10^{-3} mol/L

ข. 2.0×10^{-2} mol/L

ค. 8.0×10^{-2} mol/L

ง. 1.0×10^{-1} mol/L

ข้อ 2 ★★★☆☆

ค่าคงที่เฮนรีของแก๊สออกซิเจนในน้ำที่ 25°C เท่ากับ $k_H = 1.3 \times 10^{-3}$ mol/(L·atm) ถ้าความดันย่อยของ O_2 ในอากาศเหนือน้ำเท่ากับ 0.21 atm ที่ภาวะสมดุล น้ำจะมี O_2 ละลายอยู่กี่ mol/L

ก. 1.3×10^{-3} mol/L

ข. 6.2×10^{-3} mol/L

ค. 2.7×10^{-4} mol/L

ง. 2.7×10^{-3} mol/L

2 หน่วยความเข้มข้นและการแปลงหน่วยด้วยความหนาแน่น

4. หน่วยความเข้มข้น — หัวใจของหมวดนี้

จำนิยามเป็น "เศษส่วน" ให้แม่น แล้วทุกโจทย์คือการตั้งเศษส่วนตัดหน่วย

หน่วย	นิยาม	จุดสังเกต
โมลาริตี C (mol/L หรือ M)	$\frac{\text{mol solute}}{\text{L solution}}$	ตัวหารคือปริมาตร**สารละลาย** เปลี่ยนตามอุณหภูมิ
โมแลลิตี m (mol/kg)	$\frac{\text{mol solute}}{\text{kg solvent}}$	ตัวหารคือมวล**ตัวทำละลาย** ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ
%w/w	$\frac{\text{g solute}}{\text{g solution}} \times 100$	มวลต่อมวล 100
%w/v	$\frac{\text{g solute}}{\text{mL solution}} \times 100$	กรัมต่อสารละลาย 100 mL
%v/v	$\frac{\text{mL solute}}{\text{mL solution}} \times 100$	ใช้กับของเหลวผสมของเหลว (ดีกรีแอลกอฮอล์)
ppm	$\frac{\text{mg solute}}{\text{kg solution}}$	สารละลายเจือจางมาก: mg/kg = mg/L (น้ำ) · ppb = µg/kg
เศษส่วนโมล X_A	$\frac{n_A}{n_{total}}$	ผลรวมเศษส่วนโมลทุกองค์ประกอบ = 1

ตัวอย่างที่ 1 (โมลาริตี) — ละลาย NaOH 8.0 g (Na = 23, O = 16, H = 1) ในน้ำจนได้สารละลาย 500 mL จงหาความเข้มข้นเป็น mol/L

วิธีทำ: มวลโมลาร์ NaOH = 40 g/mol

$$C = \frac{8.0\,\cancel{g} \times \frac{1\text{ mol}}{40\,\cancel{g}}}{0.500\text{ L}} = \frac{0.20\text{ mol}}{0.500\text{ L}} = 0.40\text{ mol/L}$$

ตัวอย่างที่ 2 (โมแลลิตี) — ละลายกลูโคส $C_6H_{12}O_6$ 18 g (C = 12, H = 1, O = 16) ในน้ำ 200 g จงหาโมแลลิตี

วิธีทำ: มวลโมลาร์กลูโคส = 180 g/mol → โมล = $\frac{18}{180} = 0.10$ mol

$$m = \frac{0.10\text{ mol}}{0.200\text{ kg}} = 0.50\text{ mol/kg}$$

สังเกต: ตัวหารคือน้ำ 200 g ไม่ใช่สารละลาย 218 g — นี่คือจุดต่างระหว่าง m กับหน่วยร้อยละ

ตัวอย่างที่ 3 (เศษส่วนโมล) — สารละลายเอทานอล C_2H_5OH 46 g ในน้ำ 54 g (C = 12, H = 1, O = 16) จงหาเศษส่วนโมลของเอทานอล

วิธีทำ: $n_{ethanol} = \frac{46}{46} = 1.0$ mol, $n_{water} = \frac{54}{18} = 3.0$ mol

$$X_{ethanol} = \frac{1.0}{1.0 + 3.0} = 0.25$$

ตัวอย่างที่ 4 (ppm) — น้ำดื่มตัวอย่าง 500 g มีฟลูออไรด์ (F^-) ละลายอยู่ 2.5 mg ความเข้มข้นเป็นกี่ ppm

วิธีทำ:

$$\text{ppm} = \frac{2.5\ \text{mg}}{0.500\ \text{kg}} = 5.0\ \text{ppm}$$

เทคนิคจำ: ppm = mg/kg และสำหรับสารละลายในน้ำที่เจือจางมาก (ความหนาแน่น ≈ 1.00 g/mL) ppm = mg/L ได้เลย

5. การแปลงข้ามหน่วยด้วยความหนาแน่น — แนวข้อสอบยอดฮิต

หลักคิดเดียวจบทุกโจทย์: **สมมติสารละลายมา 1 หน่วยที่คำนวณง่าย** (1 L ถ้าเริ่มจากโมลาร์, 100 g ถ้าเริ่มจากร้อยละโดยมวล) แล้วแตกเป็น "มวลสารละลาย → มวลตัวละลาย → มวลตัวทำละลาย" จากนั้นประกอบเป็นหน่วยใหม่ ตัวเชื่อมระหว่างโลก "ปริมาตร" กับโลก "มวล" คือ**ความหนาแน่น**

สูตรลัดที่ควรพิสูจน์เองได้ (แปลง %w/w + ความหนาแน่น d เป็นโมลาร์):

$$C = \frac{10\, d \times (\%\text{w/w})}{M}$$

ตัวอย่างที่ 5 (%w/w → โมลาร์) — กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 49% โดยมวล ความหนาแน่น 1.4 g/mL (H = 1, S = 32, O = 16) มีความเข้มข้นกี่ mol/L

วิธีทำ: คิดจากสารละลาย 1 L = 1000 mL

มวลสารละลาย:

$$1000\ \cancel{\text{mL}} \times 1.4\ \frac{\text{g}}{\cancel{\text{mL}}} = 1400\ \text{g}$$

มวล H_2SO_4:

$$1400 \times \frac{49}{100} = 686\ \text{g} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{686}{98} = 7.0\ \text{mol}$$

ดังนั้นความเข้มข้น = **7.0 mol/L** (ตรวจด้วยสูตรลัด: $\frac{10 \times 1.4 \times 49}{98} = 7.0$ ✓)

ตัวอย่างที่ 6 (โมลาร์ → โมแลล) — สารละลาย NaOH 2.0 mol/L ความหนาแน่น 1.08 g/mL (NaOH = 40) จงหาโมแลลิตี

วิธีทำ: คิดจากสารละลาย 1 L

- มวลสารละลาย = $1000 \times 1.08 = 1080$ g
- มวล NaOH = $2.0 \times 40 = 80$ g
- มวลน้ำ (ตัวทำละลาย) = $1080 - 80 = 1000$ g = 1.000 kg

$$m = \frac{2.0\ \text{mol}}{1.000\ \text{kg}} = 2.0\ \text{mol/kg}$$

จุดสอบชอบถาม: การแปลงคู่ไหน**ไม่ต้อง**ใช้ความหนาแน่น? — คู่ที่อยู่ "โลกเดียวกัน" ทั้งคู่ ได้แก่ ฝั่งฐานมวล: %w/w ↔ โมแลล ↔ เศษส่วนโมล ↔ ppm(โดยมวล) และฝั่งฐานปริมาตรสารละลาย: โมลาร์ ↔ %w/v (ดูตัวอย่างที่ 10 — แปลงกันตรง ๆ ได้เลย) ส่วนการแปลง**ข้ามโลก** ระหว่างฐานมวลกับฐานปริมาตร (เช่น %w/w → โมลาร์, โมลาร์ → โมแลล) ต้องใช้ความหนาแน่นเสมอ

✏️ ฝึกทันที 13 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 3 ★☆☆☆☆

น้ำจากแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีตะกั่ว (Pb^{2+}) ปนเปื้อนอยู่ 2.5 ppm ถ้าความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1.00 g/mL น้ำตัวอย่างปริมาตร 4.0 ลิตร จะมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่กี่มิลลิกรัม

- **ก.** 0.625 mg
- **ข.** 2.5 mg
- **ค.** 10 mg
- **ง.** 25 mg

ข้อ 4 ★★☆☆☆

แร่ตัวอย่างหนัก 500 g วิเคราะห์พบทองคำ (Au) ปนอยู่ 0.015 g เนื้อแร่นี้มีทองคำปนอยู่กี่ ppm โดยมวล

- **ก.** 0.030 ppm
- **ข.** 3.0 ppm
- **ค.** 30 ppm
- **ง.** 300 ppm

ข้อ 5 ★★☆☆☆

สารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้น 11.1% โดยมวลต่อปริมาตร (w/v) ความเข้มข้นของไอออน Cl^- ในสารละลายนี้เป็นกี่โมลต่อลิตร (กำหนด Ca = 40, Cl = 35.5 และ $CaCl_2$ แตกตัวสมบูรณ์)

- **ก.** 0.10 mol/L
- **ข.** 0.50 mol/L
- **ค.** 1.00 mol/L
- **ง.** 2.00 mol/L

ข้อ 6 ★★★☆☆

แหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ละลายอยู่ 10.0 ppm (ความหนาแน่นน้ำ ≈ 1.00 g/mL) นำน้ำตัวอย่างปริมาตร 500 mL มาต้มระเหยจนเหลือปริมาตร 100 mL ความเข้มข้นของ Ca^{2+} ในน้ำที่เหลือเป็นกี่ไมโครโมลาร์ (μM) (กำหนด Ca = 40)

- **ก.** 250 μM
- **ข.** 1250 μM
- **ค.** 1.25×10^{6} μM
- **ง.** 1.25×10^{-3} μM

ข้อ 7 ★★★☆☆

สารละลายกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) เข้มข้น 3.00 mol/L มีความหนาแน่น 1.14 g/mL สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมลต่อกิโลกรัมของตัวทำละลาย (mol/kg) (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16)

- **ก.** 2.63 mol/kg
- **ข.** 3.00 mol/kg
- **ค.** 5.00 mol/kg
- **ง.** 5.56 mol/kg

ข้อ 8 ★★★☆☆

ผสมเอทานอล (C_2H_5OH) 46 g กับน้ำ 72 g เศษส่วนโมลของเอทานอลในสารละลายนี้เท่ากับเท่าใด (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16)

- **ก.** 0.20
- **ข.** 0.25
- **ค.** 0.39
- **ง.** 0.80

ข้อ 9 ★★★☆☆

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เข้มข้น 20.0% โดยมวล มีความเข้มข้นกี่โมลต่อกิโลกรัมของตัวทำละลาย (กำหนด Na = 23, O = 16, H = 1)

ก. 3.13 mol/kg
ข. 5.00 mol/kg
ค. 6.25 mol/kg
ง. 25.0 mol/kg

ข้อ 10 ★★★☆☆

น้ำทะเลแหล่งหนึ่งมีไอออนแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ละลายอยู่ 1200 ppm ถ้าความหนาแน่นของน้ำทะเลประมาณ 1.00 g/mL ความเข้มข้นของ Mg^{2+} เป็นกี่โมลต่อลิตร (กำหนด Mg = 24)

ก. 0.050 mol/L
ข. 0.10 mol/L
ค. 1.2 mol/L
ง. 50 mol/L

ข้อ 11 ★★★☆☆

พิจารณาการแปลงหน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่อไปนี้ (ก) โมลาริตี (mol/L) เป็นโมแลลิตี (mol/kg) ทำได้โดยไม่ต้องทราบความหนาแน่นของสารละลาย (ข) ร้อยละโดยมวล เป็นโมแลลิตี ทำได้โดยไม่ต้องทราบความหนาแน่นของสารละลาย (ค) ร้อยละโดยมวล เป็นโมลาริตี ทำได้โดยไม่ต้องทราบความหนาแน่นของสารละลาย (ง) โมแลลิตี เป็นเศษส่วนโมล ทำได้โดยไม่ต้องทราบความหนาแน่นของสารละลาย ข้อความใดถูกต้อง

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

ข้อ 12 ★★★★☆

ผสมเอทานอล (C_2H_5OH ความหนาแน่น 0.80 g/mL) ปริมาตร 230 mL กับน้ำ แล้วเติมน้ำจนสารละลายที่ได้มีปริมาตรรวม 400 mL พอดี (ปริมาตรหดตัวเล็กน้อยเมื่อผสมของเหลวสองชนิด) ความเข้มข้นของเอทานอลในสารละลายนี้เป็นกี่ mol/L (C = 12, H = 1, O = 16)

ก. 6.35 mol/L
ข. 10.0 mol/L
ค. 12.5 mol/L
ง. 17.4 mol/L

ข้อ 13 ★★★★☆

ต้องละลายยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) 30.0 g ในน้ำกี่กรัม เพื่อให้ได้สารละลายที่มีเศษส่วนโมลของยูเรียเท่ากับ 0.050 (กำหนด C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)

ก. 162 g
ข. 171 g
ค. 180 g
ง. 342 g

ข้อ 14 ★★★★★

สารละลาย KOH เข้มข้น 25.0% โดยมวล มีความเข้มข้น 5.35 mol/L จงหาความหนาแน่นของสารละลายนี้ (K = 39, O = 16, H = 1)

ก. 0.835 g/mL
ข. 1.20 g/mL
ค. 12.0 g/mL
ง. 26.2 g/mL

ข้อ 15 ★★★★★

กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 49.0% โดยมวล มีความหนาแน่น 1.20 g/mL พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) สารละลายนี้มีความเข้มข้น 6.00 mol/L (ข) เศษส่วนโมลของ H_2SO_4 ในสารละลายเท่ากับ 0.49 (ค) เศษส่วนโมลของ H_2SO_4 ในสารละลายเท่ากับ 0.15 (ง) ถ้าไม่ทราบความหนาแน่น จะหาความเข้มข้นเป็น mol/L ไม่ได้ แต่ยังหาเศษส่วนโมลได้ ข้อความใดถูกต้อง (กำหนด H = 1, S = 32, O = 16)

ก. (ก) และ (ข) เท่านั้น

ข. (ก) (ค) และ (ง)

ค. (ข) และ (ง) เท่านั้น

ง. (ค) และ (ง) เท่านั้น

3 เตรียม เจือจาง และผสมสารละลาย (รวมเกลือไฮเดรตและการตกตะกอน)

6. การเตรียมสารละลาย (รวมเกลือไฮเดรต)

ขั้นตอนมาตรฐาน: คำนวณโมลที่ต้องการ → ชั่งสาร → ละลายในน้ำปริมาณน้อยก่อน → เทใส่**ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)** → เติมน้ำจนถึงขีดบอกปริมาตร (ห้ามใช้บีกเกอร์วัดปริมาตรสุดท้าย — ข้อสอบเคยถามเลือกอุปกรณ์)

เกลือไฮเดรต คือเกลือที่มีน้ำผลึกติดมาในสูตร เช่น $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ต้องใช้**มวลโมลาร์รวมน้ำผลึก**ตอนชั่งสาร แต่โมลของเกลือ = โมลของไฮเดรต (น้ำผลึกกลายเป็นส่วนหนึ่งของตัวทำละลายเมื่อละลาย)

ตัวอย่างที่ 7 (เตรียมจากเกลือไฮเดรต) — จงหามวล $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ที่ต้องใช้เตรียมสารละลาย $CuSO_4$ 0.10 mol/L ปริมาตร 250 mL (Cu = 63.5, S = 32, O = 16, H = 1)

วิธีทำ: โมลที่ต้องการ = $0.10 \times 0.250 = 0.025$ mol

มวลโมลาร์ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ = $63.5 + 32 + 64 + 5(18) = 249.5$ g/mol

มวลที่ต้องชั่ง:

$$0.025\,\cancel{\text{mol}} \times 249.5\,\frac{\text{g}}{\cancel{\text{mol}}} = 6.24\ \text{g}$$

กับดัก: ถ้าเผลอชั่งด้วยมวลโมลาร์ $CuSO_4$ เปล่าๆ (159.5) จะได้ 3.99 g — เกลือไม่พอ ความเข้มข้นจริงจะต่ำกว่าที่ต้องการ

7. การเจือจางและการผสมสารละลาย

การเจือจาง — เติมน้ำ ปริมาตรเพิ่ม แต่**โมลตัวละลายเท่าเดิม**:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

ตัวอย่างที่ 8 (เจือจางกรดเข้มข้น) — ต้องใช้ H_2SO_4 เข้มข้น 18 mol/L กี่ mL เพื่อเตรียมสารละลาย 3.0 mol/L ปริมาตร 600 mL

วิธีทำ:

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{3.0\,\cancel{\text{M}} \times 600\ \text{mL}}{18\,\cancel{\text{M}}} = 100\ \text{mL}$$

ปฏิบัติจริงต้อง "**เทกรดลงน้ำ**" เท่านั้น (การเจือจางกรดเข้มข้นคายความร้อนรุนแรง ถ้าเทน้ำลงกรดจะกระเด็นอันตราย) — ข้อสอบเคยเอาไปเป็นตัวเลือกถูก/ผิด

การผสมสารละลาย — โมลรวมกัน ปริมาตรรวมกัน (ถือว่าปริมาตรรวมได้):

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

โจทย์ยอดฮิตคือถาม**ความเข้มข้นไอออนรวม** — ต้องแตกเกลือแต่ละตัวเป็นไอออนก่อน แล้วนับโมลไอออนทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 9 (ความเข้มข้นไอออนรวมหลังผสม) — ผสมสารละลาย NaCl 0.20 mol/L ปริมาตร 100 mL กับสารละลาย $CaCl_2$ 0.10 mol/L ปริมาตร 400 mL ความเข้มข้นไอออนรวมเป็นกี่ mol/L

วิธีทำ:

- NaCl: $0.20 \times 0.100 = 0.020$ mol → ให้ Na^+ 0.020 + Cl^- 0.020 = 0.040 mol ไอออน
- $CaCl_2$: $0.10 \times 0.400 = 0.040$ mol → ให้ Ca^{2+} 0.040 + Cl^- 0.080 = 0.120 mol ไอออน (1 สูตรแตกเป็น 3 ไอออน)

$$C_{ion} = \frac{(0.040 + 0.120)\ \text{mol}}{(0.100 + 0.400)\ \text{L}} = \frac{0.16\ \text{mol}}{0.500\ \text{L}} = 0.32\ \text{mol/L}$$

ตัวอย่างที่ 10 (%w/v → โมลาร์ของไอออน) — สารละลาย $CaCl_2$ 11.1% w/v (Ca = 40, Cl = 35.5) มีความเข้มข้นของ Cl^- กี่ mol/L

วิธีทำ: 11.1% w/v = 11.1 g ต่อ 100 mL = 111 g ต่อ 1 L และมวลโมลาร์ $CaCl_2$ = 111 g/mol

$$C_{\text{CaCl}_2} = \frac{111\ \cancel{\text{g}}}{111\ \frac{\cancel{\text{g}}}{\text{mol}} \times 1\ \text{L}} = 1.0\ \text{mol/L} \quad \Rightarrow \quad [\text{Cl}^-] = 2 \times 1.0 = 2.0\ \text{mol/L}$$

✏️ ฝึกทันที 20 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 16 ★☆☆☆☆

มีสารละลาย NaOH เข้มข้น 2.0 mol/L อยู่ 100 mL ต้องเติมน้ำอีกกี่มิลลิลิตรจึงจะได้สารละลายเข้มข้น 0.50 mol/L (สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี)

ก. 150 mL
ข. 250 mL
ค. 300 mL
ง. 400 mL

ข้อ 17 ★☆☆☆☆

ผสมสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.40 mol/L ปริมาตร 100 mL กับสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.20 mol/L ปริมาตร 100 mL สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี ความเข้มข้นของ NaCl ในสารละลายผสมเป็นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.20 mol/L
ข. 0.30 mol/L
ค. 0.40 mol/L
ง. 0.60 mol/L

ข้อ 18 ★★☆☆☆

ต้องการเตรียมสารละลาย KMnO_4 เข้มข้น 0.0200 mol/L ปริมาตร 1.00 L จากสารละลายเข้มข้น 0.500 mol/L ต้องใช้สารละลายเข้มข้นตั้งต้นกี่มิลลิลิตร และควรใช้อุปกรณ์ใดตวงปริมาตรสารละลายเข้มข้นนี้ให้แม่นยำที่สุด

ก. 40.0 mL โดยใช้บีกเกอร์
ข. 40.0 mL โดยใช้ปิเปตต์
ค. 4.00 mL โดยใช้ปิเปตต์
ง. 400 mL โดยใช้ปิเปตต์

ข้อ 19 ★★☆☆☆

ผสมสารละลาย HCl เข้มข้น 0.30 mol/L ปริมาตร 100 mL, สารละลาย HCl เข้มข้น 0.60 mol/L ปริมาตร 150 mL และน้ำกลั่น 250 mL เข้าด้วยกัน (สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี) ความเข้มข้นของสารละลายสุดท้ายเป็นกี่ mol/L

ก. 0.06 mol/L

ข. 0.24 mol/L

ค. 0.30 mol/L

ง. 0.48 mol/L

ข้อ 20 ★★☆☆☆

ผสมสารละลาย Na_2SO_4 เข้มข้น 0.10 mol/L ปริมาตร 100 mL กับสารละลาย $NaCl$ เข้มข้น 0.20 mol/L ปริมาตร 100 mL สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี ไม่เกิดตะกอน และเกลือทั้งสองแตกตัวสมบูรณ์ ความเข้มข้นของ Na^+ ในสารละลายผสมเป็นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.15 mol/L

ข. 0.20 mol/L

ค. 0.30 mol/L

ง. 0.40 mol/L

ข้อ 21 ★★☆☆☆

พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) การละลายของ KNO_3 ในน้ำเป็นกระบวนการดูดความร้อน ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ KNO_3 จะละลายน้ำได้มากขึ้น (ข) แก๊สออกซิเจนละลายในน้ำได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น (ค) การเพิ่มความดันของแก๊สเหนือของเหลวทำให้แก๊สนั้นละลายในของเหลวได้มากขึ้น (ง) การบดของแข็งให้เป็นผงละเอียดทำให้สภาพละลายได้ (solubility) ของของแข็งนั้นเพิ่มขึ้น ข้อความใดถูกต้อง

ก. (ก) และ (ค)

ข. (ก) และ (ง)

ค. (ข) และ (ค)

ง. (ข) และ (ง)

ข้อ 22 ★★★☆☆

ต้องชั่งจุนสีเหล็ก ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) กี่กรัม เพื่อเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นของ Fe^{2+} เท่ากับ 500 ppm โดยมวลต่อปริมาตร (w/v) ปริมาตร 250 mL (Fe = 56, S = 32, O = 16, H = 1)

ก. 0.125 g

ข. 0.339 g

ค. 0.621 g

ง. 620 g

ข้อ 23 ★★★☆☆

สารละลาย $NaCl$ เข้มข้นไม่ทราบค่า ปริมาตร 200 mL ถูกเติมด้วยสารละลาย $AgNO_3$ เข้มข้น 0.250 mol/L ปริมาตร 150 mL ซึ่งมากเกินพอ (ทำให้ Cl^- ทำปฏิกิริยาหมดพอดี) เกิดตะกอน $AgCl$ 2.870 g ความเข้มข้นของสารละลาย $NaCl$ เดิมเป็นเท่าใด (Ag = 108, Cl = 35.5)

ก. 0.057 mol/L

ข. 0.100 mol/L

ค. 0.133 mol/L

ง. 0.188 mol/L

ข้อ 24 ★★★☆☆

ต้องชั่งจุนสี ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) กี่กรัม เพื่อเตรียมสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 0.200 mol/L ปริมาตร 500 mL (กำหนด Cu = 63.5, S = 32, O = 16, H = 1)

- **ก.** 12.48 g
- **ข.** 15.95 g
- **ค.** 24.95 g
- **ง.** 49.90 g

ข้อ 25 ★★★☆☆

กรดไนตริกเข้มข้นมี HNO_3 63% โดยมวล และมีความหนาแน่น 1.40 g/mL ต้องใช้กรดเข้มข้นนี้กี่มิลลิลิตร เพื่อเตรียมสารละลาย HNO_3 เข้มข้น 0.70 mol/L ปริมาตร 500 mL (กำหนด H = 1, N = 14, O = 16)

- **ก.** 25 mL
- **ข.** 35 mL
- **ค.** 50 mL
- **ง.** 250 mL

ข้อ 26 ★★★☆☆

ผสมสารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้น 0.30 mol/L ปริมาตร 200 mL กับสารละลาย $NaCl$ เข้มข้น 0.20 mol/L ปริมาตร 300 mL สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดีและเกลือทั้งสองแตกตัวสมบูรณ์ ความเข้มข้นของ Cl^- ในสารละลายผสมเป็นกี่โมลต่อลิตร

- **ก.** 0.18 mol/L
- **ข.** 0.24 mol/L
- **ค.** 0.36 mol/L
- **ง.** 0.50 mol/L

ข้อ 27 ★★★★☆

สารละลายเกลือแกง ($NaCl$) เข้มข้น 10.0% โดยมวล หนัก 200 g ต้องเติม $NaCl$ บริสุทธิ์กี่กรัม เพื่อให้ความเข้มข้นเพิ่มเป็น 25.0% โดยมวล (สมมติเติมแล้วละลายหมด ไม่มีการระเหยของน้ำ)

- **ก.** 4.00 g
- **ข.** 30.0 g
- **ค.** 40.0 g
- **ง.** 66.7 g

ข้อ 28 ★★★★☆

ผสมสารละลาย $Al_2(SO_4)_3$ เข้มข้น 0.10 mol/L ปริมาตร 200 mL กับสารละลาย $BaCl_2$ เข้มข้น 0.15 mol/L ปริมาตร 200 mL เกิดตะกอน $BaSO_4$ อย่างสมบูรณ์ตามปริมาณสารที่มี (สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี) ความเข้มข้นของ SO_4^{2-} ที่เหลือในสารละลายเป็นกี่ mol/L

- **ก.** 0 mol/L
- **ข.** 0.075 mol/L
- **ค.** 0.15 mol/L
- **ง.** 0.30 mol/L

ข้อ 29 ★★★★☆

ผสมสารละลาย $BaCl_2$ เข้มข้น 0.30 mol/L ปริมาตร 100 mL กับสารละลาย Na_2SO_4 เข้มข้น 0.20 mol/L ปริมาตร 100 mL เกิดตะกอน $BaSO_4$ อย่างสมบูรณ์ สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี ความเข้มข้นของ Ba^{2+} ที่เหลือในสารละลายเป็นกี่โมลต่อลิตร

- **ก.** 0.025 mol/L
- **ข.** 0.050 mol/L
- **ค.** 0.10 mol/L
- **ง.** 0.15 mol/L

ข้อ 30 ★★★★☆

นำโซดาซักผ้า ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) 28.6 g มาละลายน้ำจนได้สารละลายปริมาตร 250 mL จากนั้นปิเปตต์สารละลายนี้มา 50.0 mL แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 200 mL ความเข้มข้นของไอออน Na^+ ในสารละลายสุดท้ายเป็นกี่โมลต่อลิตร (กำหนด Na = 23, C = 12, O = 16, H = 1 และเกลือแตกตัวสมบูรณ์)

ก. 0.10 mol/L
ข. 0.20 mol/L
ค. 0.40 mol/L
ง. 0.80 mol/L

ข้อ 31 ★★★★☆

ปิเปตต์สารละลาย $NaOH$ เข้มข้น 2.00% โดยมวลต่อปริมาตร (w/v) มา 10.0 mL เติมน้ำจนได้ปริมาตร 250 mL จากนั้นปิเปตต์สารละลายที่ได้มา 25.0 mL แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 500 mL ความเข้มข้นของ $NaOH$ ในสารละลายสุดท้ายเป็นกี่ ppm (สมมติความหนาแน่นของสารละลายสุดท้ายเท่ากับ 1.00 g/mL)

ก. 4 ppm
ข. 40 ppm
ค. 400 ppm
ง. 800 ppm

ข้อ 32 ★★★★★

กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) เข้มข้น 85.0% โดยมวล ความหนาแน่น 1.685 g/mL ปิเปตต์มา 10.0 mL แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 500 mL จากนั้นปิเปตต์สารละลายที่ได้มา 25.0 mL แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 250 mL ความเข้มข้นของสารละลายสุดท้ายเป็นกี่ mol/L (H = 1, P = 31, O = 16)

ก. 0.0146 mol/L
ข. 0.0173 mol/L
ค. 0.0292 mol/L
ง. 0.0924 mol/L

ข้อ 33 ★★★★★

แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) 5.00 g ถูกละลายอย่างสมบูรณ์ในสารละลาย HCl ส่วนเกิน ตามสมการ $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$ นำสารละลายที่ได้ (มี $CaCl_2$ ละลายอยู่) เติมน้ำจนได้ปริมาตร 500 mL ความเข้มข้นของ Cl^- ในสารละลายสุดท้ายเป็นกี่ mol/L (Ca = 40, C = 12, O = 16)

ก. 0.050 mol/L
ข. 0.10 mol/L
ค. 0.20 mol/L
ง. 0.40 mol/L

ข้อ 34 ★★★★★

นำเกลือ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ มา x กรัม ละลายน้ำจนได้สารละลายปริมาตร 250 mL จากนั้นปิเปตต์มา 25.0 mL แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 500 mL พบว่าสารละลายสุดท้ายมีความเข้มข้นของ Cl^- เท่ากับ 0.020 mol/L ค่า x เท่ากับเท่าใด (กำหนด Mg = 24, Cl = 35.5, H = 1, O = 16 และเกลือแตกตัวสมบูรณ์)

ก. 4.75 g
ข. 10.15 g
ค. 20.30 g
ง. 40.60 g

ข้อ 35 ★★★★★

ผสมสารละลาย Na_3PO_4 เข้มข้น 0.25 mol/L ปริมาตร 100 mL กับสารละลาย $CaCl_2$ เข้มข้น 0.30 mol/L ปริมาตร 150 mL เกิดตะกอนตามสมการ $3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$ อย่างสมบูรณ์ สมมติปริมาตรรวมกันได้พอดี ความเข้มข้นของ Ca^{2+} ที่เหลือในสารละลายเป็นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.030 mol/L

ข. 0.050 mol/L

ค. 0.080 mol/L

ง. 0.18 mol/L

4 สมบัติคอลลิเกทีฟ: จุดเดือดสูงขึ้นและจุดเยือกแข็งต่ำลง

8. สมบัติคอลลิเกทีฟ: สมบัติที่ขึ้นกับ "จำนวนอนุภาค" ไม่ใช่ชนิด

เมื่อเติมตัวละลายที่**ระเหยยาก**ลงในตัวทำละลาย สมบัติของสารละลายจะเปลี่ยนไปตาม*จำนวนอนุภาค*ของตัวละลาย (ไม่สนว่าเป็นสารอะไร):

8.1 ความดันไอลดลง — อนุภาคตัวละลายกีดขวางผิวหน้า ทำให้ตัวทำละลายระเหยได้น้อยลง ตาม**กฎของราอูลต์**:

$$P_{solution} = X_{solvent}\, P^{\circ}_{solvent}$$

เช่น ละลายกลูโคส 0.10 mol ในน้ำ 16.2 g (0.90 mol) ที่ 25°C ซึ่งน้ำบริสุทธิ์มีความดันไอ 23.8 torr → $X_{water} = \frac{0.90}{1.00} = 0.90$ → $P = 0.90 \times 23.8 = 21.4$ torr

8.2 จุดเดือดสูงขึ้น และ 8.3 จุดเยือกแข็งต่ำลง — ความดันไอที่ลดลงทำให้ต้องร้อนกว่าเดิมจึงเดือด และเย็นกว่าเดิมจึงแข็งตัว ทั้งคู่ใช้สูตรเดียวกัน:

$$\Delta T_b = K_b\, m \qquad \Delta T_f = K_f\, m$$

- m = โมแลลิตี (นี่คือเหตุผลว่าทำไมต้องแม่นหน่วยโมแลล!)
- K_b, K_f = ค่าคงที่ของ**ตัวทำละลาย** (โจทย์ให้เสมอ เช่น น้ำ: $K_b = 0.51$, $K_f = 1.86$ °C·kg/mol)
- จุดเดือดสารละลาย = จุดเดือดตัวทำละลาย + ΔT_b · จุดเยือกแข็งสารละลาย = จุดเยือกแข็งตัวทำละลาย – ΔT_f

ตัวอย่างที่ 11 (หาจุดเดือด) — ละลายกลูโคส 18 g (มวลโมลาร์ 180) ในน้ำ 250 g จงหาจุดเดือดของสารละลาย (น้ำเดือด 100.00°C, $K_b = 0.51$ °C·kg/mol)

วิธีทำ:

$$m = \frac{18/180 \text{ mol}}{0.250 \text{ kg}} = 0.40 \text{ mol/kg}$$

$$\Delta T_b = 0.51 \times 0.40 = 0.204\ ^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_b = 100.00 + 0.20 = 100.20\ ^{\circ}\text{C}$$

ตัวอย่างที่ 12 (ขากลับ: หามวลโมเลกุล) — ละลายสาร X (ไม่แตกตัว ระเหยยาก) 12.0 g ในน้ำ 200 g พบว่าสารละลายแข็งตัวที่ −1.86°C จงหามวลโมเลกุลของ X (น้ำแข็งตัวที่ 0.00°C, $K_f = 1.86$ °C·kg/mol)

วิธีทำ: $\Delta T_f = 0 - (-1.86) = 1.86$ °C

$$m = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1.86}{1.86} = 1.0 \text{ mol/kg} \quad \Rightarrow \quad n_X = 1.0 \times 0.200 = 0.20 \text{ mol}$$

$$M_X = \frac{12.0 \text{ g}}{0.20 \text{ mol}} = 60 \text{ g/mol}$$

โจทย์ตระกูลนี้ต่อยอดได้อีก: ถ้าโจทย์ให้สูตรเอมพิริคัล (เช่น CH_2O มวล 30) ก็หารต่อ $\frac{60}{30} = 2$ → สูตรโมเลกุลคือ $C_2H_4O_2$ — ข้อสอบจริงเคยผูกแบบนี้หลายครั้ง

8.4 สารอิเล็กโทรไลต์ — คูณจำนวนไอออนก่อนเสมอ

สมบัติคอลลิเกทีฟนับ*อนุภาค* ดังนั้นสารที่แตกตัวเป็นไอออนให้ผลแรงกว่าที่ความเข้มข้นโมแลลเท่ากัน (ในระดับ ค่าย 1 ให้ถือว่าแตกตัวสมบูรณ์):

$$\Delta T = i\,K\,m$$

โดย i = จำนวนไอออนต่อหนึ่งหน่วยสูตร (เช่น NaCl → 2, $CaCl_2$ → 3, $Al_2(SO_4)_3$ → 5)

ตัวอย่างที่ 13 (เปรียบเทียบจุดเยือกแข็ง) — เรียงจุดเยือกแข็งของสารละลายในน้ำ 0.10 mol/kg สามชนิด: กลูโคส, NaCl, $CaCl_2$ (K_f ของน้ำ = 1.86)

วิธีทำ: คิดโมแลลอนุภาครวม: กลูโคส (ไม่แตกตัว, $i = 1$) → 0.10 · NaCl ($i = 2$) → 0.20 · $CaCl_2$ ($i = 3$) → 0.30

$$\Delta T_f = 0.186,\ 0.372,\ 0.558\ ^\circ\mathrm{C}$$

ตามลำดับ ดังนั้นจุดเยือกแข็ง: กลูโคส (–0.186°C) > NaCl (–0.372°C) > $CaCl_2$ (–0.558°C) — **ยิ่งไอออนเยอะ จุดเยือกแข็งยิ่งต่ำ จุดเดือดยิ่งสูง** (นี่คือหลักการโรยเกลือละลายน้ำแข็ง และ $CaCl_2$ ได้ผลดีกว่า NaCl ต่อโมล)

ข้อควรรู้เพิ่ม: โจทย์บางข้อให้จุดเยือกแข็ง/จุดเดือดในตัวทำละลายหนึ่ง (เช่น น้ำ) แล้วถามในอีกตัวทำละลาย (เช่น เบนซีน) — เส้นทางคือ ΔT ตัวแรก → โมแลล → โมลตัวละลาย (ค่าคงที่ไม่ว่าตัวทำละลายไหน) → คิดโมแลลใหม่ในตัวทำละลายที่สอง → ΔT ตัวที่สอง

✏️ ฝึกทันที 14 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 36 ★☆☆☆☆

สารละลายกลูโคส (ไม่ระเหย ไม่แตกตัวเป็นไอออน) เข้มข้น 0.50 mol/kg จะเดือดที่อุณหภูมิใด (กำหนด K_b ของน้ำ = 0.52 องศาเซลเซียสต่อโมแลล น้ำบริสุทธิ์เดือดที่ 100.00 องศาเซลเซียส)

ก. 99.74 องศาเซลเซียส
ข. 100.26 องศาเซลเซียส
ค. 100.52 องศาเซลเซียส
ง. 101.04 องศาเซลเซียส

ข้อ 37 ★★☆☆☆

สารละลายกลูโคส (ไม่แตกตัวเป็นไอออน) เข้มข้น 0.40 mol/kg ในตัวทำละลายชนิดหนึ่ง มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าตัวทำละลายบริสุทธิ์อยู่ 2.928 องศาเซลเซียส จงหาค่าคงที่ K_f ของตัวทำละลายนี้

ก. 0.137 °C·kg/mol
ข. 0.732 °C·kg/mol
ค. 1.171 °C·kg/mol
ง. 7.32 °C·kg/mol

ข้อ 38 ★★☆☆☆

สารละลาย NaCl เข้มข้น 0.25 mol/kg (แตกตัวสมบูรณ์ให้ 2 ไอออน) จะแข็งตัวที่อุณหภูมิใด (กำหนด K_f ของน้ำ = 1.86 องศาเซลเซียสต่อโมแลล น้ำบริสุทธิ์แข็งตัวที่ 0.00 องศาเซลเซียส)

ก. -0.465 องศาเซลเซียส
ข. -0.93 องศาเซลเซียส
ค. -1.395 องศาเซลเซียส
ง. +0.93 องศาเซลเซียส

ข้อ 39 ★★★☆☆

สาร X (ไม่ระเหย ไม่แตกตัวเป็นไอออน) 6.00 g ละลายในน้ำ 200 g พบว่าจุดเยือกแข็งของสารละลายต่ำกว่าน้ำบริสุทธิ์อยู่ 0.930 องศาเซลเซียส ถ้านำสาร X มวลเท่ากันไปละลายในเบนซีน 250 g แทน จุดเดือดของสารละลายในเบนซีนจะสูงกว่าเบนซีนบริสุทธิ์อยู่กี่องศาเซลเซียส (กำหนด K_f ของน้ำ = 1.86, K_b ของเบนซีน = 2.53 °C·kg/mol)

ก. 0.744 °C

ข. 0.930 °C

ค. 1.01 °C

ง. 1.27 °C

ข้อ 40 ★★★☆☆

นำเอทิลีนไกลคอล ($C_2H_6O_2$ ซึ่งไม่ระเหยและไม่แตกตัวเป็นไอออน) 31.0 g ละลายในน้ำ 250 g สารละลายนี้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิใด (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16, K_f ของน้ำ = 1.86 องศาเซลเซียสต่อโมแลล และน้ำบริสุทธิ์แข็งตัวที่ 0 องศาเซลเซียส)

ก. -7.44 องศาเซลเซียส

ข. -3.72 องศาเซลเซียส

ค. -0.93 องศาเซลเซียส

ง. +3.72 องศาเซลเซียส

ข้อ 41 ★★★☆☆

พิจารณาข้อความเกี่ยวกับสารละลายที่มีตัวละลายไม่ระเหยต่อไปนี้ (ก) สารละลายมีจุดเดือดสูงกว่าตัวทำละลายบริสุทธิ์ (ข) สารละลาย $NaCl$ 0.1 mol/kg (แตกตัวสมบูรณ์ให้ 2 ไอออน) ทำให้จุดเยือกแข็งลดลงมากกว่าสารละลายกลูโคส 0.1 mol/kg (ค) สารละลายมีความดันไอสูงกว่าตัวทำละลายบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน (ง) จุดเยือกแข็งที่ลดลงของสารละลายขึ้นอยู่กับชนิดของตัวละลายเป็นหลัก ไม่ขึ้นกับจำนวนอนุภาคของตัวละลาย ข้อความใดถูกต้อง

ก. (ก) และ (ข)

ข. (ก) และ (ค)

ค. (ข) และ (ง)

ง. (ค) และ (ง)

ข้อ 42 ★★★☆☆

สารละลายในน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายยูเรีย ($CO(NH_2)_2$ มวลโมเลกุล 60) สารละลายกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$ มวลโมเลกุล 180) และสารละลายซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$ มวลโมเลกุล 342) แต่ละชนิดเข้มข้น 10.0% โดยมวลเท่ากัน และตัวละลายทุกตัวไม่ระเหยไม่แตกตัว พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) สารละลายทั้งสามชนิดมีโมแลลิตีเท่ากัน เพราะมีความเข้มข้นร้อยละโดยมวลเท่ากัน (ข) สารละลายกลูโคสมีจุดเดือดสูงกว่าสารละลายยูเรีย (ค) สารละลายยูเรียมีโมแลลิตีสูงที่สุด (ง) สารละลายซูโครสมีจุดเยือกแข็งสูงที่สุด ข้อความใดถูกต้อง

ก. (ก) และ (ข)

ข. (ก) และ (ค)

ค. (ข) และ (ง)

ง. (ค) และ (ง)

ข้อ 43 ★★★★☆

สารละลายของตัวละลายชนิดหนึ่งในน้ำ (ไม่ระเหย ไม่แตกตัวเป็นไอออน) มีจุดเดือดสูงกว่าจุดเยือกแข็งของสารละลายนี้อยู่ 101.19 องศาเซลเซียส (คือค่าจุดเดือดลบจุดเยือกแข็งของสารละลาย) จงหาโมแลลิตีของสารละลายนี้ (น้ำบริสุทธิ์เดือดที่ 100.00°C แข็งตัวที่ 0.00°C กำหนด $K_b = 0.52$, $K_f = 1.86$ °C·kg/mol)

ก. 0.500 mol/kg

ข. 0.640 mol/kg

ค. 2.29 mol/kg

ง. 42.5 mol/kg

ข้อ 44 ★★★★☆

ละลายสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งไม่ระเหยและไม่แตกตัวเป็นไอออน 12.0 g ในน้ำ 200 g พบว่าสารละลายเดือดที่ 100.26 องศาเซลเซียส สารนี้มีมวลโมเลกุลเท่าใด (กำหนด K_b ของน้ำ = 0.52 องศาเซลเซียสต่อโมแลล น้ำบริสุทธิ์เดือดที่ 100.00 องศาเซลเซียส)

ก. 24
ข. 60
ค. 120
ง. 240

ข้อ 45 ★★★★☆

สารละลายในน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ สารละลาย A: กลูโคส (ไม่แตกตัว) เข้มข้น 0.20 mol/kg สารละลาย B: NaCl เข้มข้น 0.15 mol/kg (แตกตัวสมบูรณ์ให้ 2 ไอออน) สารละลาย C: $\mathrm{CaCl_2}$ เข้มข้น 0.10 mol/kg (แตกตัวสมบูรณ์ให้ 3 ไอออน) พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) สารละลาย B มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าสารละลาย A (ข) สารละลาย B และสารละลาย C มีจุดเยือกแข็งเท่ากัน (ค) สารละลาย C มีจุดเยือกแข็งต่ำที่สุดเพียงชนิดเดียว (ง) สารละลาย A มีจุดเดือดสูงที่สุด ข้อความใดถูกต้อง

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

ข้อ 46 ★★★★☆

สารละลายของตัวละลายชนิดหนึ่งซึ่งไม่ระเหยและไม่แตกตัวเป็นไอออนในน้ำ เดือดที่ 100.13 องศาเซลเซียส สารละลายนี้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิใด (กำหนด K_b = 0.52 และ K_f = 1.86 องศาเซลเซียสต่อโมแลล น้ำบริสุทธิ์เดือดที่ 100.00 และแข็งตัวที่ 0.00 องศาเซลเซียส)

ก. -0.13 องศาเซลเซียส
ข. -0.465 องศาเซลเซียส
ค. -0.93 องศาเซลเซียส
ง. -1.86 องศาเซลเซียส

ข้อ 47 ★★★★★

สาร A (ไม่ระเหย ไม่แตกตัวเป็นไอออน) มวล 12.0 g ละลายในน้ำ 300 g ทำให้จุดเยือกแข็งลดลงเท่ากับที่เกิดจากการละลายกลูโคส ($\mathrm{C_6H_{12}O_6}$ มวลโมเลกุล 180) มวล 9.00 g ในน้ำ 300 g (มวลน้ำเท่ากันทั้งสองกรณี) จงหามวลโมเลกุลของสาร A

ก. 135 g/mol
ข. 180 g/mol
ค. 240 g/mol
ง. 320 g/mol

ข้อ 48 ★★★★★

สารละลายกลูโคส ($\mathrm{C_6H_{12}O_6}$ ไม่ระเหย ไม่แตกตัว) 27.0 g ในน้ำ 300 g เดือดที่ 100.26 องศาเซลเซียส เมื่อต้มสารละลายนี้ให้น้ำระเหยออกไปส่วนหนึ่ง พบว่าสารละลายที่เหลือเดือดที่ 100.65 องศาเซลเซียส จงหามวลน้ำที่ระเหยออกไป (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16, K_b ของน้ำ = 0.52 องศาเซลเซียสต่อโมแลล)

ก. 90 g
ข. 120 g
ค. 150 g
ง. 180 g

ข้อ 49 ★★★★★

สารประกอบชนิดหนึ่งมีสูตรเอมพิริคัลเป็น CH_2O เมื่อละลายสารนี้ 9.00 g ในน้ำ 250 g พบว่าสารละลายแข็งตัวที่ -0.372 องศาเซลเซียส สารนี้มีสูตรโมเลกุลเป็นอย่างไร (กำหนด C = 12, H = 1, O = 16, K_f ของน้ำ = 1.86 องศาเซลเซียสต่อโมแลล น้ำบริสุทธิ์แข็งตัวที่ 0 องศาเซลเซียส และสารนี้ไม่ระเหยไม่แตกตัวเป็นไอออน)

ก. CH_2O

ข. $C_2H_4O_2$

ค. $C_3H_6O_3$

ง. $C_6H_{12}O_6$

5 ความดันออสโมติกและกฎของเฮนรี

9. ความดันออสโมติก: สมบัติคอลลิเกทีฟตัวที่ 4

ออสโมซิส (osmosis) คือการแพร่ของตัวทำละลาย (ไม่ใช่ตัวละลาย) ผ่าน**เยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane)** จากด้านที่มีความเข้มข้นตัวละลายต่ำกว่าไปยังด้านที่มีความเข้มข้นสูงกว่า (เยื่อเลือกผ่านยอมให้โมเลกุลตัวทำละลายขนาดเล็กผ่านได้ แต่กันโมเลกุล/ไอออนตัวละลายที่ใหญ่กว่าไว้)

ความดันออสโมติก (π) คือความดันภายนอกที่ต้องให้กับด้านสารละลาย เพื่อ**หยุด**การไหลสุทธิของตัวทำละลายบริสุทธิ์เข้าสู่สารละลายผ่านเยื่อเลือกผ่าน (จุดสมดุลพอดี ไม่มีการแพร่สุทธิไปทางใดทางหนึ่งอีก)

$$\pi = MRT$$

- M = โมลาริตีของสารละลาย (mol/L) — สังเกตว่าความดันออสโมติกใช้**โมลาริตี** ไม่ใช่โมแลลิตีเหมือนสมบัติคอลลิเกทีฟตัวอื่น (เพราะเป็นความดัน จึงผูกกับปริมาตรของสารละลายโดยตรง)
- $R = 0.082$ L·atm/(mol·K) (ค่าคงที่แก๊สตัวเดียวกับที่ใช้ใน $PV = nRT$)
- T = อุณหภูมิเป็นเคลวิน (ต้องแปลง °C + 273 เสมอ)

ความดันออสโมติกเป็น**สมบัติคอลลิเกทีฟตัวที่ 4** (คู่กับความดันไอลด, จุดเดือดสูงขึ้น, จุดเยือกแข็งลดลง) — ขึ้นกับ**จำนวนอนุภาค**ของตัวละลายเช่นเดียวกัน ถ้าตัวละลายเป็นอิเล็กโทรไลต์ที่แตกตัวเป็นไอออน ต้องคูณจำนวนไอออน i เหมือนสูตร $\Delta T = iKm$:

$$\pi = iMRT$$

ตัวอย่างที่ 14 (ความดันออสโมติกของสารที่ไม่แตกตัว) — สารละลายซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$ ไม่แตกตัวเป็นไอออน) เข้มข้น 0.20 mol/L ที่อุณหภูมิ 27°C จะมีความดันออสโมติกเท่าใด (กำหนด $R = 0.082$ L·atm/(mol·K))

วิธีทำ: แปลงอุณหภูมิเป็นเคลวิน: $T = 27 + 273 = 300$ K

$$\pi = MRT = 0.20 \times 0.082 \times 300 = 4.92 \text{ atm}$$

ตัวอย่างที่ 15 (ความดันออสโมติกของอิเล็กโทรไลต์) — สารละลาย NaCl (แตกตัวสมบูรณ์ให้ 2 ไอออน) เข้มข้น 0.15 mol/L ที่อุณหภูมิ 37°C (อุณหภูมิร่างกาย) จะมีความดันออสโมติกเท่าใด

วิธีทำ: $T = 37 + 273 = 310$ K, $i = 2$

$$\pi = iMRT = 2 \times 0.15 \times 0.082 \times 310 = 7.63 \text{ atm}$$

สังเกตว่าความดันออสโมติกของสารละลายในร่างกาย (เช่น น้ำเกลือ) สูงกว่าสารที่ไม่แตกตัวที่ความเข้มข้นโมลาร์เท่ากันมาก เพราะนับอนุภาคหลังแตกตัว ไม่ใช่นับหน่วยสูตร

การประยุกต์ในชีวิตจริง (เชิงคุณภาพ ไม่ต้องคำนวณ):

- **รากพืชดูดน้ำ** — สารละลายในเซลล์รากมีความเข้มข้นตัวละลายสูงกว่าน้ำในดิน น้ำจึงออสโมซิสเข้าสู่รากเอง (แรงดันเต่ง)
- **รีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis, RO)** — เครื่องกรองน้ำ RO ให้ความดันภายนอกที่**มากกว่า**ความดันออสโมติกของสารละลาย (เช่น น้ำทะเล) ผลักน้ำบริสุทธิ์ให้ไหล**สวนทาง**กับทิศทางออสโมซิสตามธรรมชาติ ผ่านเยื่อเลือกผ่านออกมา ทิ้งเกลือ/สิ่งเจือปนไว้อีกด้าน — หลักการเดียวกับการทำน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด

- **ผักสด/ผลไม้เหี่ยวเมื่อโรยเกลือหรือน้ำตาล** — น้ำในเซลล์พืชออสโมซิสออกสู่สารละลายเข้มข้นภายนอก (หลักการถนอมอาหารแบบแช่อิ่ม/ดอง)

✏️ ฝึกทันที 3 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 50 ★★☆☆☆

สารละลายซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$ ไม่แตกตัวเป็นไอออน) เข้มข้น 0.20 mol/L ที่อุณหภูมิ 27°C มีความดันออสโมติกเท่าใด (กำหนด $R = 0.082$ L·atm/(mol·K))

ก. 0.443 atm
ข. 4.48 atm
ค. 4.92 atm
ง. 9.84 atm

ข้อ 51 ★★★☆☆

สารละลาย $NaCl$ (แตกตัวสมบูรณ์ให้ไอออน 2 ชนิด) เข้มข้น 0.15 mol/L ที่อุณหภูมิ 37°C จะมีความดันออสโมติกเท่าใด (กำหนด $R = 0.082$ L·atm/(mol·K))

ก. 0.91 atm
ข. 3.81 atm
ค. 7.63 atm
ง. 11.4 atm

ข้อ 52 ★★★★☆

พิจารณาข้อความต่อไปนี้เกี่ยวกับกฎของเฮนรีและความดันออสโมติก (ก) กฎของเฮนรีใช้อธิบายสภาพละลายได้ของแก๊สในของเหลวที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับตัวทำละลาย (ข) ความดันออสโมติกเป็นสมบัติคอลลิเกทีฟที่ขึ้นกับชนิดของตัวละลายเป็นหลัก ไม่ได้ขึ้นกับจำนวนอนุภาค (ค) ที่ความดันย่อยของแก๊สคงที่ เมื่ออุณหภูมิของของเหลวสูงขึ้น สภาพละลายได้ของแก๊สนั้นจะลดลง (ง) เครื่องกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซิสทำงานโดยให้ความดันภายนอกมากกว่าความดันออสโมติกของสารละลาย เพื่อดันตัวทำละลายบริสุทธิ์ออกจากสารละลาย ข้อความใดถูกต้อง

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

6 สมการไอออนิกสุทธิและการไทเทรต

บทเรียนยังไม่มีหัวข้อสอนสมการไอออนิกสุทธิ/การไทเทรตแยกโดยตรง จึงฝึกเป็นคลังข้อสอบอย่างเดียว (step ไม่มี headings)

ฝึกทันที 8 ข้อ (ง่าย→ยาก)

ข้อ 53 ★☆☆☆☆

เมื่อผสมสารละลาย HCl กับสารละลาย $NaOH$ ซึ่งเป็นกรดแก่และเบสแก่ที่แตกตัวสมบูรณ์ทั้งคู่ สมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยานี้คือข้อใด

ก. $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$
ข. $Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$
ค. $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$
ง. $H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$

ข้อ 54 ★★☆☆☆

เมื่อผสมสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ กับสารละลาย KI เกิดตะกอนสีเหลืองของ PbI_2 สมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยานี้คือข้อใด

ก. $Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2 + 2KNO_3$
ข. $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2$
ค. $Pb^{2+} + I^- \rightarrow PbI_2$
ง. $Pb^{2+} + 2NO_3^- + 2K^+ + 2I^- \rightarrow PbI_2 + 2K^+ + 2NO_3^-$

ข้อ 55 ★★☆☆☆

ไทเทรตสารละลาย $Ba(OH)_2$ ปริมาตร 25.0 mL ด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 0.10 mol/L พบว่าถึงจุดยุติพอดีเมื่อใช้กรดไป 40.0 mL สารละลาย $Ba(OH)_2$ มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.040 mol/L
ข. 0.080 mol/L
ค. 0.16 mol/L
ง. 0.32 mol/L

ข้อ 56 ★★★☆☆

น้ำส้มสายชูตัวอย่างปริมาตร 10.0 mL (ความหนาแน่น 1.01 g/mL) ถูกไทเทรตด้วยสารละลาย $NaOH$ เข้มข้น 0.100 mol/L จนถึงจุดยุติพอดีเมื่อใช้เบสไป 32.5 mL (กรดอะซิติกเป็นกรดโมโนโปรติก มวลโมเลกุล 60) น้ำส้มสายชูนี้มีกรดอะซิติกอยู่กี่ % โดยมวล

ก. 0.0322%
ข. 1.93%
ค. 1.95%
ง. 19.3%

ข้อ 57 ★★★☆☆

การไทเทรตกรดแอซีติก (CH_3COOH ซึ่งเป็นกรดอ่อนแตกตัวได้เพียงบางส่วน) ด้วยสารละลาย $NaOH$ สมการไอออนิกสุทธิที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

ข. $CH_3COOH + Na^+ + OH^- \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

ค. $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

ง. $CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$

ข้อ 58 ★★★★☆

ปิเปตต์กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นมา 10.0 mL เติมน้ำจนได้ปริมาตร 250 mL จากนั้นปิเปตต์สารละลายเจือจางนี้มา 25.0 mL ไปไทเทรตกับสารละลาย $NaOH$ เข้มข้น 0.15 mol/L พบว่าถึงจุดยุติพอดีเมื่อใช้เบสไป 20.0 mL กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นตั้งต้นมีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร

ก. 0.12 mol/L

ข. 1.2 mol/L

ค. 3.0 mol/L

ง. 6.0 mol/L

ข้อ 59 ★★★★★

แอนทาซิดชนิดหนึ่งมี $Mg(OH)_2$ เป็นสารออกฤทธิ์ ชั่งแอนทาซิด 0.500 g ละลายในสารละลาย HCl เข้มข้น 0.200 mol/L ปริมาตร 50.0 mL ซึ่งมากเกินพอ หลังปฏิกิริยาสมบูรณ์ นำ HCl ส่วนเกินไปไทเทรตกลับด้วยสารละลาย $NaOH$ เข้มข้น 0.150 mol/L ใช้ไป 20.0 mL พอดี จงหาร้อยละโดยมวลของ $Mg(OH)_2$ ในแอนทาซิดนี้ (Mg = 24, O = 16, H = 1)

ก. 28.0%

ข. 40.6%

ค. 58.0%

ง. 81.2%

ข้อ 60 ★★★★★

กรดไดโปรติกชนิดหนึ่ง (H_2A) หนัก 1.26 g ถูกละลายน้ำจนได้สารละลายปริมาตร 100 mL เมื่อปิเปตต์สารละลายนี้มา 25.0 mL ไปไทเทรตกับสารละลาย $NaOH$ เข้มข้น 0.125 mol/L จนสะเทินโปรตอนทั้งสองตัวพอดี ต้องใช้เบส 40.0 mL กรดนี้มีมวลโมเลกุลเท่าใด

ก. 63

ข. 126

ค. 252

ง. 504

7 สรุปและจุดพลาดบ่อย

📌 สรุปสูตรและประเด็นต้องจำ

เรื่อง	สูตร/ประเด็น	หมายเหตุ
โมลาริตี	$C = \frac{n}{V(\mathrm{L})}$	หารด้วยปริมาตร*สารละลาย*
โมแลลิตี	$m = \frac{n}{\text{kg solvent}}$	หารด้วยมวล*ตัวทำละลาย* ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ
ร้อยละ	%w/w = g/100 g · %w/v = g/100 mL · %v/v = mL/100 mL	ดูตัวหารให้ดีว่ามวลหรือปริมาตร
ppm / ppb	mg/kg · µg/kg (น้ำเจือจาง: mg/L · µg/L)	ใช้กับสารปริมาณน้อยมาก
เศษส่วนโมล	$X_A = \frac{n_A}{n_{total}}$	$\sum X = 1$
สูตรลัด %w/w → M	$C = \frac{10\,d\,(\%)}{M}$	d = ความหนาแน่น g/mL
แปลงหน่วยไม่ใช้ d	%w/w ↔ m ↔ X ↔ ppm(มวล) และ M ↔ %w/v	ใช้ d เฉพาะข้ามฝั่งฐานมวล ↔ ฐานปริมาตร (M, %w/v)
เจือจาง	$C_1V_1 = C_2V_2$	โมลตัวละลายคงเดิม
ผสม	$C_{mix} = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2}$	ถามไอออน → แตกไอออนคูณเลขห้อยก่อน
เกลือไฮเดรต	ชั่งด้วยมวลโมลาร์*รวมน้ำผลึก*	โมลเกลือ = โมลไฮเดรต
ความดันไอ	$P = X_{solvent}P^\circ$	กฎของราอูลต์
จุดเดือด/เยือกแข็ง	$\Delta T = i\,K\,m$	K เป็นของตัวทำละลาย · i = จำนวนไอออน
หามวลโมเลกุล	$M = \frac{\text{g solute} \times K}{\Delta T \times \text{kg solvent}}$	เส้นทาง: ΔT → m → mol → M
กฎของเฮนรี	$C = k_H P$	ตั้งบัญญัติไตรยางศ์ตรงได้ที่อุณหภูมิ/ของเหลวเดียวกัน
ความดันออสโมติก	$\pi = i\,M\,R\,T$	ใช้*โมลาริตี* (ไม่ใช่โมแลล) · T เป็นเคลวินเสมอ

⚠️ จุดที่เด็กพลาดบ่อย

1. **สับสนโมลาร์กับโมแลล** — M หารด้วย "ลิตรสารละลาย" แต่ m หารด้วย "กิโลกรัมตัวทำละลาย" โจทย์ให้ "ละลายในน้ำ 500 g" กับ "ได้สารละลาย 500 mL" คือคนละเรื่องกัน
2. **ลืมหักมวลตัวละลายตอนหาโมแลล** — จากสารละลาย 1 L: มวลน้ำ = (มวลสารละลาย) – (มวลตัวละลาย) ไม่ใช่มวลสารละลายทั้งก้อน
3. **เกลือไฮเดรตชั่งด้วยมวลโมลาร์เกลือเปล่า** — $CuSO_4{\cdot}5H_2O$ ต้องใช้ 249.5 ไม่ใช่ 159.5 (ได้เกลือขาด ความเข้มข้นต่ำกว่าเป้า)
4. **นับไอออนผิดตอนผสมสารละลาย** — $CaCl_2$ 1 หน่วยสูตรให้ 3 ไอออน (Ca^{2+} 1 + Cl^- 2) และอย่าลืมรวมปริมาตรใหม่เป็นตัวหาร
5. **ใช้โมลาร์แทนโมแลลใน $\Delta T = Km$** — สูตรคอลลิเกทีฟใช้*โมแลล*เท่านั้น ถ้าโจทย์ให้โมลาร์กับความหนาแน่น ต้องแปลงก่อน
6. **ลืมคูณ i ของอิเล็กโทรไลต์** — NaCl 0.1 m ให้อนุภาค 0.2 m เปรียบเทียบกับกลูโคสตรงๆ ไม่ได้
7. **ทิศทางของ ΔT_f** — จุดเยือกแข็ง*ลบ* ΔT_f ออกจากค่าตัวทำละลายบริสุทธิ์ (เด็กชอบบวก) ส่วนจุดเดือดจึงเป็นบวก
8. **%w/v อ่านเป็น %w/w** — 10% w/v คือ 10 g ต่อสารละลาย 100 *mL* ถ้าโจทย์ถามต่อเป็นโมลาร์ ไม่ต้องใช้ความหนาแน่น (ปริมาตรมาแล้ว) แต่ถ้าเป็น %w/w ต้องใช้
9. **เทน้ำลงกรดเข้มข้น** — ผิดหลักปฏิบัติการ ต้องเทกรดลงน้ำช้าๆ พร้อมกวน
10. **ปัดเศษกลางทาง** — โจทย์หลายขั้น (เช่น ΔT → M → สูตรโมเลกุล) ให้เก็บทศนิยมไว้ยาวๆ ปัดครั้งเดียวตอนตอบ
11. **ความดันเพิ่ม สภาพละลายแก๊สก็เพิ่มตาม (กฎของเฮนรี)** — อย่าสับสนกับผลของอุณหภูมิที่ทำให้แก๊สละลายน้อยลงเมื่อร้อนขึ้น สองปัจจัยนี้ให้ผลตรงข้ามกันโดยสิ้นเชิง
12. **ความดันออสโมติกใช้โมลาริตี ไม่ใช่โมแลลิตี** — ต่างจากสูตร $\Delta T = Km$ ตัวอื่นในหมวดนี้ที่ใช้โมแลล อย่าเผลอใช้สูตรเดียวกันทั้งหมด

บทเรียนนี้เป็นฉบับร่าง — รอเจ้าของคอร์สรีวิวก่อนเผยแพร่

เฉลยย่อ บทที่ 7

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

เฉลยละเอียด บทที่ 7

ข้อ 1 — ตอบ ง.

1.0×10^{-1} mol/L

กฎของเฮนรี: $C = k_H P$ ที่อุณหภูมิ/ของเหลวเดียวกัน k_H คงที่ จึงตั้งสัดส่วนตรงได้ $\frac{C_2}{C_1} = \frac{P_2}{P_1}$ $C_2 = 2.0 \times 10^{-2} \times \frac{5.0}{1.0} = 1.0 \times 10^{-1}$ mol/L ตัวลวง: 2.0×10^{-2} mol/L คือค่าเดิม (ลืมปรับตามความดันที่เพิ่มขึ้น), 4.0×10^{-3} mol/L มาจากการหารด้วย 5 แทนที่จะคูณ (สลับทิศทางสัดส่วน), 8.0×10^{-2} mol/L มาจากการคูณด้วยผลต่างความดัน (5.0–1.0=4.0) แทนอัตราส่วนความดัน (5.0/1.0=5.0)

ข้อ 2 — ตอบ ค.

2.7×10^{-4} mol/L

จากกฎของเฮนรี $C = k_H P = 1.3 \times 10^{-3} \times 0.21 = 2.73 \times 10^{-4}$ mol/L ตัวลวง: 1.3×10^{-3} mol/L คือค่า k_H เฉย ๆ (ลืมคูณด้วยความดัน), 6.2×10^{-3} mol/L มาจากการหาร k_H ด้วย P แทนการคูณ, 2.7×10^{-3} mol/L มาจากการคำนวณถูกวิธีแต่เลื่อนจุดทศนิยมผิดตำแหน่ง

ข้อ 3 — ตอบ ค.

10 mg

ppm (มวล/มวล) หมายถึง มก. ของตัวละลายต่อสารละลาย 1 กก. เมื่อความหนาแน่นน้ำ = 1.00 g/mL สารละลาย 1 L มีมวล 1 กก. ดังนั้น 2.5 ppm = 2.5 mg/L น้ำ 4.0 L มี Pb^{2+} = 2.5 × 4.0 = 10 mg ตัวลวง: 2.5 mg มาจากการลืมคูณปริมาตร, 0.625 mg มาจากการนำ 2.5 ไปหารด้วย 4 (สลับการคูณ-หาร), 25 mg มาจากการคูณ 10 พลาดหลักทศนิยม

ข้อ 4 — ตอบ ค.

30 ppm

ppm โดยมวล คำนวณจากมวลตัวที่สนใจหารด้วยมวลทั้งหมด แล้วคูณด้วย 10^6: $\frac{0.015}{500} \times 10^6 = 30$ ppm ตัวลวง: 0.030 ppm มาจากการคูณด้วย 10^3 แทน 10^6 (สับสนกับหน่วยส่วนในพัน), 3.0 ppm และ 300 ppm มาจากการเลื่อนจุดทศนิยมผิดตำแหน่ง

ข้อ 5 — ตอบ ง.

2.00 mol/L

11.1% w/v หมายถึง $CaCl_2$ 11.1 g ในสารละลาย 100 mL = 111 g ต่อ 1 L มวลโมเลกุล $CaCl_2$ = 40 + 2(35.5) = 111 g/mol ดังนั้น [$CaCl_2$] = 111/111 = 1.00 mol/L $CaCl_2$ 1 โมล แตกตัวให้ Cl^- 2 โมล ดังนั้น [Cl^-] = 2 × 1.00 = 2.00 mol/L ตัวลวง: 1.00 mol/L คือความเข้มข้นของ $CaCl_2$ (ลืมคูณจำนวนไอออน), 0.50 mol/L มาจากการหารสองแทนคูณสอง, 0.10 mol/L มาจากการเข้าใจผิดว่า 11.1 g อยู่ในสารละลาย 1 L (ลืมว่า %w/v คิดต่อ 100 mL)

ข้อ 6 — ตอบ ข.

1250 μM

มวล Ca^{2+} เดิม = 10.0 mg/L × 0.500 L = 5.00 mg หลังระเหยเหลือ 100 mL: ความเข้มข้นใหม่ = 5.00 mg / 0.100 L = 50.0 mg/L = 50.0 ppm แปลงเป็นโมลาร์: $\frac{50.0/1000}{40} = 1.25 \times 10^{-3}$ mol/L $= 1250$ μM ตัวลวง: 250 μM มาจากการลืมคิดผลของการระเหย (ใช้ 10.0 ppm เดิมตรง ๆ), 1.25×10^{6} μM มาจากการลืมแปลง mg เป็น g (ลืมหาร 1000), 1.25×10^{-3} μM มาจากการลืมแปลง mol/L เป็น μmol/L (ลืมคูณ 10^6)

ข้อ 7 — ตอบ ค.

5.00 mol/kg

คิดจากสารละลาย 1 L (มีกลูโคส 3.00 โมล) มวลสารละลาย = 1000 mL × 1.14 g/mL = 1140 g มวลกลูโคส = 3.00 × 180 = 540 g มวลน้ำ (ตัวทำละลาย) = 1140 – 540 = 600 g = 0.600 kg โมแลลิตี = 3.00/0.600 = 5.00 mol/kg ตัวลวง: 3.00 มาจากการเข้าใจผิดว่าโมลาริตีเท่ากับโมแลลิตี, 2.63 มาจากการหารด้วยมวลสารละลายทั้งหมด (3.00/1.14) แทนที่จะหักมวลตัวละลายออกก่อน, 5.56 มาจากการหารด้วยมวลกลูโคส (3.00/0.540) แทนมวลน้ำ

ข้อ 8 — ตอบ ก.

0.20

โมลเอทานอล = 46/46 = 1.0 mol (มวลโมเลกุล C_2H_5OH = 24 + 6 + 16 = 46) โมลน้ำ = 72/18 = 4.0 mol เศษส่วนโมลเอทานอล = 1.0/(1.0 + 4.0) = 0.20 ตัวลวง: 0.25 มาจากการหารด้วยโมลของน้ำอย่างเดียว (1/4) แทนที่จะหารด้วยโมลรวม — เป็นความเข้าใจผิดเรื่องนิยามเศษส่วนโมลที่พบบ่อยที่สุด, 0.39 มาจากการใช้เศษส่วนโดยมวล (46/118), 0.80 คือเศษส่วนโมลของน้ำ (อ่านโจทย์ไม่ครบ)

ข้อ 9 — ตอบ ค.

6.25 mol/kg

คิดจากสารละลาย 100 g: มี NaOH 20.0 g และน้ำ 100 − 20 = 80.0 g = 0.0800 kg โมล NaOH = 20.0/40 = 0.500 mol (มวลโมเลกุล = 23 + 16 + 1 = 40) โมแลลิตี = 0.500/0.0800 = 6.25 mol/kg ตัวลวง: 5.00 mol/kg มาจากการหารด้วยมวลสารละลายทั้งหมด (0.500/0.100) — สับสนระหว่างมวลสารละลายกับมวลตัวทำละลาย, 3.13 mol/kg มาจากการใช้มวลโมเลกุลผิดเป็น 80, 25.0 mol/kg มาจากการหารด้วยมวลตัวละลาย (0.500/0.020) แทนมวลตัวทำละลาย

ข้อ 10 — ตอบ ก.

0.050 mol/L

1200 ppm = 1200 mg ต่อสารละลาย 1 kg เมื่อความหนาแน่น = 1.00 g/mL สารละลาย 1 L มีมวล 1 kg ดังนั้นมี $\mathrm{Mg^{2+}}$ = 1200 mg/L = 1.20 g/L ความเข้มข้น = 1.20/24 = 0.050 mol/L ตัวลวง: 50 mol/L มาจากการลืมแปลง mg เป็น g (นำ 1200 หาร 24 ตรง ๆ), 0.10 mol/L มาจากการคูณประจุ 2 ของ $\mathrm{Mg^{2+}}$ ซึ่งไม่เกี่ยวกับการแปลงหน่วยนี้, 1.2 mol/L คือค่ามวลเป็น g/L ที่ยังไม่ได้หารมวลอะตอม

ข้อ 11 — ตอบ ค.

(ข) และ (ง)

หลักคิด: ความหนาแน่นจำเป็นเมื่อต้องเชื่อม "ปริมาตรสารละลาย" กับ "มวล" — หน่วยที่อิงปริมาตร (โมลาริตี, %w/v) จะแปลงข้ามไปหน่วยที่อิงมวล (โมแลลิตี, %w/w, เศษส่วนโมล) ได้ต้องใช้ความหนาแน่น (ก) ผิด — โมลาริตีอิงปริมาตรสารละลาย ส่วนโมแลลิตีอิงมวลตัวทำละลาย ต้องใช้ความหนาแน่นแปลงปริมาตรเป็นมวลก่อน (ข) ถูก — ร้อยละโดยมวลให้มวลตัวละลายและมวลตัวทำละลายครบ คำนวณโมแลลิตีได้ทันที เช่น สารละลาย 100 g มีตัวละลาย x g น้ำ (100−x) g (ค) ผิด — ต้องแปลงมวลสารละลายเป็นปริมาตร จึงต้องใช้ความหนาแน่น (ง) ถูก — โมแลลิตีให้โมลตัวละลายต่อน้ำ 1 kg ซึ่งคิดโมลน้ำได้จาก 1000/18 จึงหาเศษส่วนโมลได้โดยตรง ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ข) และ (ง) — ทั้งคู่เป็นการแปลงระหว่างหน่วยที่อิงมวลด้วยกันเอง

ข้อ 12 — ตอบ ข.

10.0 mol/L

มวลเอทานอล = 230 mL × 0.80 g/mL = 184 g โมลเอทานอล = 184/46 = 4.00 mol (มวลโมเลกุล $\mathrm{C_2H_5OH}$ = 24+6+16=46) ปริมาตรสารละลาย (ค่าที่โจทย์ให้จริงหลังผสมแล้ว) = 400 mL = 0.400 L $C = 4.00/0.400 = 10.0$ mol/L ตัวลวง: 12.5 mol/L มาจากการลืมใช้ความหนาแน่น (คิดมวลเอทานอล = 230 g ตรง ๆ), 6.35 mol/L มาจากการใช้ปริมาตรรวมผิดเป็น 230+400=630 mL, 17.4 mol/L มาจากการหารด้วยปริมาตรเอทานอลเดิม (230 mL) แทนปริมาตรสารละลายสุดท้าย

ข้อ 13 — ตอบ ข.

171 g

มวลโมเลกุลยูเรีย = 12 + 16 + 2(14 + 2) = 60 g/mol ดังนั้นโมลยูเรีย = 30.0/60 = 0.500 mol จากนิยามเศษส่วนโมล: $X = 0.050 = \dfrac{0.500}{0.500 + n}$ เมื่อ n คือโมลน้ำ โมลรวม = 0.500/0.050 = 10.0 mol จึงได้โมลน้ำ = 10.0 − 0.500 = 9.50 mol มวลน้ำ = 9.50 × 18 = 171 g ตัวลวง: 180 g มาจากการใช้นิยามผิดเป็นโมลตัวละลายต่อโมลตัวทำละลาย (ได้โมลน้ำ 10 โดยไม่หักโมลยูเรียออกจากโมลรวม), 162 g มาจากการลบโมลผิดเป็น 10 − 1 = 9 mol, 342 g มาจากการคิดโมลยูเรียผิดเป็น 1 โมล (ได้น้ำ 19 โมล)

ข้อ 14 — ตอบ ข.

1.20 g/mL

มวลโมเลกุล KOH = 39+16+1=56 จากสูตรลัด $C = \dfrac{10\,d\,(\%)}{M}$ จัดรูปหา d: $d = \dfrac{C\,M}{10\,(\%)} = \dfrac{5.35 \times 56}{10 \times 25.0} = 1.20$ g/mL ตัวลวง: 12.0 g/mL มาจากการลืมตัวคูณ 10 ในสูตร, 0.835 g/mL มาจากการใช้มวลโมเลกุลผิดเป็น 39 (นับเฉพาะ K), 26.2 g/mL มาจากการสลับค่า C กับร้อยละในสูตร

ข้อ 15 — ตอบ ข.

(ก) (ค) และ (ง)

> **หลักคิด** คิดจากสารละลาย 1 L (= 1200 g) สำหรับหน่วยที่อิงปริมาตร และคิดจากสารละลาย 100 g สำหรับหน่วยที่อิงมวล **ขั้นที่ 1** (ก): สารละลาย 1 L มีมวล 1000 × 1.20 = 1200 g มี $\mathrm{H_2SO_4}$ = 1200 × 0.490 = 588 g มวลโมเลกุล $\mathrm{H_2SO_4}$ = 2 + 32 + 64 = 98 ดังนั้นความเข้มข้น = 588/98 = 6.00 mol/L — (ก) ถูก **ขั้นที่ 2** (ข)(ค): จากสารละลาย 100 g มีกรด 49.0 g = 49.0/98 = 0.500 mol และน้ำ 51.0 g = 51.0/18 = 2.83 mol เศษส่วนโมลกรด = 0.500/(0.500 + 2.83) = 0.15 — (ค) ถูก ส่วน (ข) ผิด เพราะ 0.49 คือ "เศษส่วนโดยมวล" ไม่ใช่เศษส่วนโมล **ขั้นที่ 3** (ง): เศษส่วนโมลอิงมวลล้วน คำนวณจากร้อยละโดยมวลได้โดยตรง แต่ mol/L ต้องเชื่อมมวลกับปริมาตรจึงขาดความหนาแน่นไม่ได้ — (ง) ถูก **ระวัง** ตัวลวงหลักคือ (ข) — การเอาร้อยละโดยมวลมาใช้เป็นเศษส่วนโมลตรง ๆ โดยไม่แปลงเป็นโมลก่อน

ข้อ 16 — ตอบ ค.

300 mL

> **หลักคิด** การเจือจางไม่เปลี่ยนจำนวนโมลของตัวละลาย ใช้ $C_1V_1 = C_2V_2$ **ขั้นที่ 1** หาปริมาตรสุดท้าย: $V_2 = C_1V_1/C_2$ = (2.0 × 100)/0.50 = 400 mL **ขั้นที่ 2** น้ำที่ต้องเติม = ปริมาตรสุดท้าย − ปริมาตรเดิม = 400 − 100 = 300 mL **ระวัง** ตัวลวง 400 mL คือ "ปริมาตรสุดท้าย" ไม่ใช่ปริมาตรน้ำที่เติม (อ่านคำถามไม่ครบ) ส่วน 150 mL มาจากการคิดสัดส่วนผิดเป็นเติมน้ำ 1.5 เท่า และ 250 mL มาจากการลบผิดเป็น 350 − 100

ข้อ 17 — ตอบ ข.

0.30 mol/L

หลักคิด ความเข้มข้นหลังผสม = โมลรวม ÷ ปริมาตรรวม **ขั้นที่ 1** โมลรวม = (0.100 × 0.40) + (0.100 × 0.20) = 0.040 + 0.020 = 0.060 mol **ขั้นที่ 2** ปริมาตรรวม = 100 + 100 = 200 mL = 0.200 L ดังนั้นความเข้มข้น = 0.060/0.200 = 0.30 mol/L **ระวัง** ตัวลวง 0.60 mol/L มาจากการบวกความเข้มข้นตรง ๆ (0.40 + 0.20) โดยลืมว่าสารละลายทั้งสองเจือจางซึ่งกันและกัน ส่วน 0.40 และ 0.20 คือความเข้มข้นเดิมของแต่ละส่วน (สังเกตว่าค่าที่ถูกต้องอยู่ระหว่างสองค่านี้เสมอเมื่อผสมสารเดียวกัน)

ข้อ 18 — ตอบ ข.

40.0 mL โดยใช้ปิเปตต์

จาก $C_1V_1 = C_2V_2$: $V_1 = \dfrac{C_2V_2}{C_1} = \dfrac{0.0200 \times 1000}{0.500} = 40.0$ mL อุปกรณ์ที่ตวงปริมาตรของเหลวปริมาณคงที่ค่าเดียวได้แม่นยำที่สุดคือ**ปิเปตต์** (บีกเกอร์มีความคลาดเคลื่อนสูง ใช้กะปริมาณคร่าว ๆ เท่านั้น) ตัวลวง: 40.0 mL โดยใช้บีกเกอร์ คำนวณปริมาตรถูกแต่เลือกอุปกรณ์ผิด, 4.00 mL มาจากการคำนวณผิดตำแหน่งทศนิยม, 400 mL มาจากการสลับ C_1 กับ C_2 ในสูตร

ข้อ 19 — ตอบ ข.

0.24 mol/L

โมล HCl รวม = (0.100×0.30) + (0.150×0.60) = 0.030+0.090 = 0.120 mol ปริมาตรรวม = 100+150+250 = 500 mL = 0.500 L $C = 0.120/0.500 = 0.24$ mol/L ตัวลวง: 0.48 mol/L มาจากการลืมรวมปริมาตรน้ำกลั่น 250 mL เข้าไปในตัวหาร (หารด้วย 250 mL แทน 500 mL), 0.30 mol/L มาจากการเฉลี่ยความเข้มข้นทั้งสามส่วนอย่างง่าย ๆ โดยไม่ถ่วงน้ำหนักด้วยปริมาตร, 0.06 mol/L คือโมลของ HCl จากสารละลายแรกอย่างเดียวหารด้วยปริมาตรรวม (ลืมรวมส่วนที่สอง)

ข้อ 20 — ตอบ ข.

0.20 mol/L

หลักคิด รวมโมล $\mathrm{Na^+}$ จากทุกแหล่ง (อย่าลืมจำนวนไอออนต่อสูตร) แล้วหารด้วยปริมาตรรวม **ขั้นที่ 1** โมล $\mathrm{Na^+}$ จาก $\mathrm{Na_2SO_4}$ = 0.100 × 0.10 × 2 = 0.020 mol (1 โมลเกลือให้ $\mathrm{Na^+}$ 2 โมล) **ขั้นที่ 2** โมล $\mathrm{Na^+}$ จาก NaCl = 0.100 × 0.20 × 1 = 0.020 mol **ขั้นที่ 3** [$\mathrm{Na^+}$] = (0.020 + 0.020)/0.200 = 0.20 mol/L **ระวัง** ตัวลวง 0.15 mol/L มาจากการลืมคูณ 2 ของ $\mathrm{Na_2SO_4}$, 0.30 mol/L มาจากการบวกความเข้มข้นเกลือตรง ๆ, 0.40 mol/L มาจากการลืมหารด้วยปริมาตรรวมที่เพิ่มเป็น 2 เท่า

ข้อ 21 — ตอบ ก.

(ก) และ (ค)

(ก) ถูก — การละลายแบบดูดความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ สมดุลจะเลื่อนไปทางละลายมากขึ้น (ตามหลักเลอชาเตอลิเอ) (ข) ผิด — แก๊สทุกชนิดละลายในน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะการละลายของแก๊สเป็นแบบคายความร้อน (นี่คือเหตุที่น้ำอุ่นมีออกซิเจนละลายน้อย) (ค) ถูก — ตามกฎของเฮนรี สภาพละลายได้ของแก๊สแปรผันตรงกับความดันของแก๊สเหนือของเหลว (ง) ผิด — การบดละเอียดเพิ่มพื้นที่ผิวจึงเพิ่ม "อัตราเร็ว" ในการละลายเท่านั้น ไม่ได้เพิ่มสภาพละลายได้สูงสุด ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของสารที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ (ตัวลวงยอดฮิต: สับสนระหว่างอัตราการละลายกับสภาพละลายได้) ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) และ (ค)

ข้อ 22 — ตอบ ค.

0.621 g

มวล Fe^{2+} ที่ต้องการ = 500 mg/L × 0.250 L = 125 mg = 0.125 g มวลโมเลกุล $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ = 56+32+4(16)+7(18) = 278 g/mol เกลือไฮเดรตให้ Fe 1 อะตอมต่อ 1 หน่วยสูตร จึงต้องใช้มวลเกลือ = $0.125 \times \frac{278}{56} = 0.621$ g ตัวลวง: 0.339 g มาจากการใช้มวลโมเลกุล $FeSO_4$ ไร้น้ำ (152) แทนที่จะรวมน้ำผลึก, 0.125 g มาจากการลืมคูณอัตราส่วนมวลโมลาร์ (คิดว่ามวลเกลือเท่ากับมวล Fe ที่ต้องการเลย), 620 g มาจากการลืมหาร 1000 ตอนแปลง ppm (มก.) เป็นกรัม

ข้อ 23 — ตอบ ข.

0.100 mol/L

มวลโมเลกุล $AgCl$ = 108+35.5=143.5 โมล $AgCl$ = 2.870/143.5 = 0.0200 mol เนื่องจาก Cl^- (จาก NaCl) ทำปฏิกิริยาหมดพอดี โมล $NaCl$ เดิม = โมล $AgCl$ ที่ตกตะกอน = 0.0200 mol $C_{NaCl} = 0.0200/0.200 = 0.100$ mol/L ตัวลวง: 0.133 mol/L มาจากการใช้มวลโมเลกุล $AgCl$ ผิดเป็นมวลอะตอม Ag เพียงตัวเดียว (108), 0.188 mol/L มาจากการใช้โมล $AgNO_3$ ทั้งหมดที่เติมลงไป (0.150×0.250=0.0375 mol) แทนโมลตะกอนจริงที่คำนวณจากมวล, 0.057 mol/L มาจากการหารด้วยปริมาตรรวม (350 mL) แทนปริมาตรสารละลาย $NaCl$ เดิม (200 mL)

ข้อ 24 — ตอบ ค.

24.95 g

โมล $CuSO_4$ ที่ต้องการ = 0.200 mol/L × 0.500 L = 0.100 mol เกลือไฮเดรต 1 โมลให้ $CuSO_4$ 1 โมล จึงต้องใช้ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.100 mol มวลโมเลกุล $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ = 63.5 + 32 + 4(16) + 5(18) = 249.5 g/mol มวลที่ต้องชั่ง = 0.100 × 249.5 = 24.95 g ตัวลวง: 15.95 g มาจากการใช้มวลโมเลกุลของ $CuSO_4$ ไร้น้ำ (159.5) โดยลืมรวมน้ำผลึก — เป็นข้อผิดพลาดคลาสสิกของโจทย์เกลือไฮเดรต, 49.90 g มาจากการคิดปริมาตรเป็น 1 L, 12.48 g มาจากการคูณโมลพลาดเป็น 0.05 mol

---

ข้อ 25 — ตอบ ก.

25 mL

ขั้นที่ 1 หาความเข้มข้นของกรดเข้มข้น: สารละลาย 1 L มีมวล 1000 × 1.40 = 1400 g มี $\mathrm{HNO_3}$ = 1400 × 0.63 = 882 g มวลโมเลกุล $\mathrm{HNO_3}$ = 1 + 14 + 48 = 63 g/mol ดังนั้นความเข้มข้น = 882/63 = 14.0 mol/L ขั้นที่ 2 เจือจาง: โมลที่ต้องการ = 0.70 × 0.500 = 0.35 mol ปริมาตรกรดเข้มข้น = 0.35/14.0 = 0.025 L = 25 mL ตัวลวง: 35 mL มาจากการลืมใช้ความหนาแน่น (คิดความเข้มข้นได้ 10 mol/L), 50 mL มาจากการคิดโมลที่ต้องการเป็น 0.70 mol โดยลืมแปลง 500 mL เป็นลิตร, 250 mL มาจากการนำค่าความหนาแน่น 1.40 ไปใช้เป็นความเข้มข้นโดยตรง

ข้อ 26 — ตอบ ค.

0.36 mol/L

โมล $\mathrm{Cl^-}$ จาก $\mathrm{CaCl_2}$ = 0.200 L × 0.30 mol/L × 2 = 0.12 mol (1 โมลเกลือให้ 2 ไอออนคลอไรด์) โมล $\mathrm{Cl^-}$ จาก NaCl = 0.300 L × 0.20 mol/L × 1 = 0.06 mol โมล $\mathrm{Cl^-}$ รวม = 0.12 + 0.06 = 0.18 mol ปริมาตรรวม = 200 + 300 = 500 mL = 0.500 L [$\mathrm{Cl^-}$] = 0.18/0.500 = 0.36 mol/L ตัวลวง: 0.24 mol/L มาจากการลืมคูณ 2 ของ $\mathrm{CaCl_2}$, 0.18 mol/L คือจำนวนโมล (ลืมหารปริมาตรรวม), 0.50 mol/L มาจากการบวกความเข้มข้นตรง ๆ โดยไม่คิดการเจือจางซึ่งกันและกัน

ข้อ 27 — ตอบ ค.

40.0 g

มวล NaCl เดิม = 200×0.10 = 20 g ให้เติมเกลือ x กรัม: $\dfrac{20+x}{200+x} = 0.25$ $20 + x = 50 + 0.25x \Rightarrow 0.75x = 30 \Rightarrow x = 40.0$ g ตัวลวง: 30.0 g มาจากการลืมว่ามวลรวมเปลี่ยนไปด้วย (แก้เป็น $0.25 \times 200 - 20 = 30$ โดยใช้ตัวหาร 200 คงที่), 66.7 g มาจากการลืมนับเกลือเดิม 20 g (แก้สมการ $x/(200+x) = 0.25$ ราวกับยังไม่มีเกลืออยู่เลย), 4.00 g มาจากการคำนวณผิดตำแหน่งทศนิยม

ข้อ 28 — ตอบ ข.

0.075 mol/L

โมล $\mathrm{Al_2(SO_4)_3}$ = 0.10×0.200=0.020 mol → ให้ $\mathrm{SO_4^{2-}}$ = 0.020×3 = 0.060 mol (1 หน่วยสูตรให้ซัลเฟต 3 ไอออน) โมล $\mathrm{BaCl_2}$ = 0.15×0.200=0.030 mol → ให้ $\mathrm{Ba^{2+}}$ = 0.030 mol ปฏิกิริยา $\mathrm{Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4}$ อัตราส่วน 1:1 — $\mathrm{Ba^{2+}}$ น้อยกว่า จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ ตกตะกอนดึง $\mathrm{SO_4^{2-}}$ ไป 0.030 mol เหลือ = 0.060–0.030=0.030 mol ปริมาตรรวม = 200+200=400 mL=0.400 L $[\mathrm{SO_4^{2-}}] = 0.030/0.400 = 0.075$ mol/L ตัวลวง: 0 mol/L มาจากการลืมคูณเลขห้อย 3 ของซัลเฟต (คิดว่าโมล $\mathrm{SO_4^{2-}}$ มีแค่ 0.020 mol ซึ่งน้อยกว่า $\mathrm{Ba^{2+}}$ จึงคิดว่าเหลือศูนย์), 0.15 mol/L มาจากการลืมหักส่วนที่ตกตะกอนออก (หาร 0.060 ด้วยปริมาตรรวมตรง ๆ), 0.30 mol/L มาจากการหารด้วยปริมาตรเดิมของสารละลาย $\mathrm{Al_2(SO_4)_3}$ (200 mL) แทนปริมาตรรวม

ข้อ 29 — ตอบ ข.

0.050 mol/L

> **หลักคิด** หาโมลของไอออนทั้งสอง แล้วให้ทำปฏิกิริยากันแบบ 1 : 1 ($Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$) ตัวที่น้อยกว่าหมดก่อน **ขั้นที่ 1** โมล Ba^{2+} = 0.100 × 0.30 = 0.030 mol และโมล SO_4^{2-} = 0.100 × 0.20 = 0.020 mol **ขั้นที่ 2** SO_4^{2-} เป็นสารกำหนดปริมาณ ตกตะกอนดึง Ba^{2+} ไป 0.020 mol เหลือ Ba^{2+} = 0.030 – 0.020 = 0.010 mol **ขั้นที่ 3** ปริมาตรรวม = 0.200 L ดังนั้น [Ba^{2+}] = 0.010/0.200 = 0.050 mol/L **ระวัง** ตัวลวง 0.10 mol/L มาจากการหารด้วยปริมาตรเดิม 100 mL (ลืมว่าปริมาตรรวมเป็น 200 mL), 0.15 mol/L มาจากการลืมหักส่วนที่ตกตะกอน (0.030/0.200), 0.025 mol/L มาจากการสลับสารกำหนดปริมาณแล้วคิดเศษผิด

ข้อ 30 — ตอบ ข.

0.20 mol/L

มวลโมเลกุล $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ = 2(23) + 12 + 3(16) + 10(18) = 286 g/mol โมลเกลือ = 28.6/286 = 0.100 mol ความเข้มข้นสารละลายแรก = 0.100/0.250 = 0.400 mol/L เจือจาง 50.0 mL เป็น 200 mL: $C_2 = C_1V_1/V_2$ = 0.400 × 50.0/200 = 0.100 mol/L Na_2CO_3 1 โมลแตกตัวให้ Na^+ 2 โมล ดังนั้น [Na^+] = 2 × 0.100 = 0.200 mol/L ตัวลวง: 0.10 mol/L คือความเข้มข้นของเกลือหลังเจือจาง (ลืมคูณ 2), 0.80 mol/L คือ [Na^+] ก่อนเจือจาง (ลืมขั้นเจือจาง), 0.40 mol/L คือความเข้มข้นเกลือก่อนเจือจาง (พลาดทั้งสองขั้น)

ข้อ 31 — ตอบ ข.

40 ppm

สารละลายตั้งต้น 2.00% w/v = 2.00 g/100 mL = 20.0 g/L ขั้นที่ 1: $NaOH$ ที่ปิเปตต์มา = 20.0 × 0.0100 = 0.200 g เจือจางเป็น 250 mL ได้ 0.200/0.250 = 0.800 g/L ขั้นที่ 2: $NaOH$ ที่ปิเปตต์มา = 0.800 × 0.0250 = 0.0200 g เจือจางเป็น 500 mL ได้ 0.0200/0.500 = 0.0400 g/L เมื่อความหนาแน่น = 1.00 g/mL: 0.0400 g/L = 40.0 mg/L = 40 ppm ตัวลวง: 800 ppm คือความเข้มข้นหลังเจือจางขั้นแรกเท่านั้น (0.800 g/L), 400 ppm มาจากการคิดตัวประกอบเจือจางขั้นที่สองผิดเป็น 2 เท่าแทน 20 เท่า (0.800/2 = 0.400 g/L), 4 ppm มาจากการแปลง g เป็น mg พลาดหนึ่งหลัก

ข้อ 32 — ตอบ ค.

0.0292 mol/L

ขั้นที่ 1 หาความเข้มข้นกรดเข้มข้นตั้งต้น: มวลโมเลกุล H_3PO_4 = 3+31+64=98 $C_0 = \frac{10 \times 1.685 \times 85.0}{98} = 14.6$ mol/L ขั้นที่ 2 เจือจางครั้งที่ 1: $C_1 = 14.6 \times \frac{10.0}{500} = 0.292$ mol/L ขั้นที่ 3 เจือจางครั้งที่ 2: $C_2 = 0.292 \times \frac{25.0}{250} = 0.0292$ mol/L ตัวลวง: 0.0173 mol/L มาจากการลืมใช้ความหนาแน่น (คำนวณความเข้มข้นกรดเข้มข้นผิดตั้งแต่ขั้นแรก), 0.0146 mol/L มาจากการใช้ตัวประกอบเจือจางขั้นที่สองผิด (25/500 แทน 25/250), 0.0924 mol/L มาจากการใช้มวลโมเลกุลผิดเป็น 31 (นับเฉพาะ P)

ข้อ 33 — ตอบ ค.

0.20 mol/L

มวลโมเลกุล $CaCO_3$ = 40+12+48=100 โมล $CaCO_3$ = 5.00/100=0.0500 mol → โมล $CaCl_2$ ที่เกิด = 0.0500 mol (อัตราส่วน 1:1) $CaCl_2$ 1 โมลให้ Cl^- 2 โมล: โมล Cl^- = 0.0500×2=0.100 mol $[Cl^-] = 0.100/0.500 = 0.20$ mol/L ตัวลวง: 0.10 mol/L คือความเข้มข้นของ $CaCl_2$ (ลืมคูณ 2 ของ Cl^-), 0.050 mol/L มาจากการคำนวณโมล $CaCO_3$ ผิดครึ่งหนึ่งและลืมคูณ 2, 0.40 mol/L มาจากการคูณ 2 ซ้ำสองรอบ (ทั้งจากสมการและจากไอออน)

ข้อ 34 — ตอบ ข.

10.15 g

หลักคิด คิดย้อนกลับจากสารละลายสุดท้ายไปหามวลเกลือ โดยผ่าน 3 ด่าน: ไอออน → เกลือ → ก่อนเจือจาง → มวล **ขั้นที่ 1** โมล Cl^- ในสารละลายสุดท้าย = 0.020 × 0.500 = 0.010 mol **ขั้นที่ 2** $MgCl_2$ 1 โมลให้ Cl^- 2 โมล ดังนั้นโมลเกลือใน 25.0 mL ที่ปิเปตต์มา = 0.010/2 = 0.0050 mol **ขั้นที่ 3** ความเข้มข้นสารละลายแรก = 0.0050/0.0250 = 0.200 mol/L ดังนั้นโมลเกลือทั้งหมดใน 250 mL = 0.200 × 0.250 = 0.0500 mol **ขั้นที่ 4** มวลโมเลกุล $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ = 24 + 2(35.5) + 6(18) = 203 g/mol ดังนั้น x = 0.0500 × 203 = 10.15 g **ระวัง** ตัวลวง 20.30 g มาจากการลืมหาร 2 (คิดว่าเกลือ 1 โมลให้ Cl^- 1 โมล), 4.75 g มาจากการใช้มวลโมเลกุลของ $MgCl_2$ ไร้น้ำ (95) โดยลืมน้ำผลึก, 40.60 g มาจากการพลาดทั้งสองอย่างพร้อมกัน

ข้อ 35 — ตอบ ก.

0.030 mol/L

หลักคิด ปฏิกิริยานี้ไม่ใช่ 1 : 1 — ต้องหาสารกำหนดปริมาณด้วยอัตราส่วน 3 : 2 ก่อน **ขั้นที่ 1** โมล PO_4^{3-} = 0.100 × 0.25 = 0.025 mol และโมล Ca^{2+} = 0.150 × 0.30 = 0.045 mol **ขั้นที่ 2** เทียบหาสารกำหนดปริมาณ: $Ca^{2+}/3$ = 0.015 มากกว่า $PO_4^{3-}/2$ = 0.0125 ดังนั้น PO_4^{3-} หมดก่อน **ขั้นที่ 3** Ca^{2+} ที่ถูกใช้ = (3/2) × 0.025 = 0.0375 mol เหลือ = 0.045 – 0.0375 = 0.0075 mol **ขั้นที่ 4** ปริมาตรรวม = 100 + 150 = 250 mL ดังนั้น [Ca^{2+}] = 0.0075/0.250 = 0.030 mol/L **ระวัง** ตัวลวง 0.080 mol/L มาจากการคิดอัตราส่วนผิดเป็น 1 : 1 (0.045 – 0.025 = 0.020 mol), 0.050 mol/L มาจากการหารด้วยปริมาตรเดิมของ $CaCl_2$ (150 mL) แทนปริมาตรรวม, 0.18 mol/L มาจากการลืมหักส่วนที่ตกตะกอนทั้งหมด (0.045/0.250)

ข้อ 36 — ตอบ ข.

100.26 องศาเซลเซียส

หลักคิด จุดเดือดที่สูงขึ้น $\Delta T_b = K_b \times m$ แล้วบวกเข้ากับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ **ขั้นที่ 1** ΔT_b = 0.52 × 0.50 = 0.26 องศาเซลเซียส **ขั้นที่ 2** จุดเดือดสารละลาย = 100.00 + 0.26 = 100.26 องศาเซลเซียส **ระวัง** ตัวลวง 99.74 มาจากการลบแทนบวก (ตัวละลายไม่ระเหยทำให้จุดเดือด "สูงขึ้น" ไม่ใช่ลดลง — ที่ลดลงคือจุดเยือกแข็ง), 100.52 มาจากการใช้ K_b ตรง ๆ โดยลืมคูณโมแลลิตี, 101.04 มาจากการคูณ 2 เกินมาราวกับกลูโคสแตกตัว

ข้อ 37 — ตอบ ง.

7.32 °C·kg/mol

จาก $\Delta T_f = K_f \times m$: $K_f = \Delta T_f / m = 2.928/0.40 = 7.32$ °C·kg/mol ตัวลวง: 1.171 °C·kg/mol มาจากการคูณแทนหาร ($m \times \Delta T_f$), 0.137 °C·kg/mol มาจากการกลับเศษ-ส่วน ($m/\Delta T_f$), 0.732 °C·kg/mol มาจากการคำนวณถูกวิธีแต่เลื่อนจุดทศนิยมผิดตำแหน่ง

ข้อ 38 — ตอบ ข.

-0.93 องศาเซลเซียส

> **หลักคิด** สมบัติคอลลิเกทีฟขึ้นกับจำนวนอนุภาครวม — เกลือที่แตกตัวต้องคูณจำนวนไอออนก่อนใช้สูตร **ขั้นที่ 1** โมแลลิตีประสิทธิผลของอนุภาค = 0.25 × 2 = 0.50 mol/kg (NaCl 1 โมลให้ $\mathrm{Na^+}$ กับ $\mathrm{Cl^-}$ รวม 2 อนุภาค) **ขั้นที่ 2** ΔT_f = 1.86 × 0.50 = 0.93 องศาเซลเซียส ดังนั้นจุดเยือกแข็ง = 0.00 – 0.93 = –0.93 องศาเซลเซียส **ระวัง** ตัวลวง –0.465 มาจากการลืมคูณจำนวนไอออน (ใช้ 0.25 ตรง ๆ), –1.395 มาจากการคูณผิดเป็น 3 ไอออน (สับสนกับ $\mathrm{CaCl_2}$), +0.93 มาจากการเข้าใจทิศทางผิด — ตัวละลายทำให้จุดเยือกแข็ง "ลดลง" เสมอ

ข้อ 39 — ตอบ ค.

1.01 °C

ขั้นที่ 1 หาโมล X จากข้อมูลในน้ำ: โมแลลในน้ำ $m_1 = \Delta T_f / K_f = 0.930/1.86 = 0.500$ mol/kg โมล X = 0.500×0.200=0.100 mol (ค่านี้คงที่ไม่ว่าจะเปลี่ยนตัวทำละลาย) ขั้นที่ 2 คิดโมแลลใหม่ในเบนซีน: $m_2 = 0.100/0.250 = 0.400$ mol/kg $\Delta T_b = K_b \times m_2 = 2.53 \times 0.400 = 1.01$ °C ตัวลวง: 0.930 °C มาจากการเข้าใจผิดว่า ΔT เดิมใช้ได้ทุกตัวทำละลาย (ไม่คำนวณโมแลลใหม่), 1.27 °C มาจากการใช้โมแลลเดิม 0.500 mol/kg คูณกับ K_b ของเบนซีนตรง ๆ (ลืมคำนวณโมแลลใหม่จากมวลเบนซีนที่เปลี่ยนไป), 0.744 °C มาจากการใช้ K_f ของน้ำผิดที่ (แทนที่จะใช้ K_b ของเบนซีน)

ข้อ 40 — ตอบ ข.

-3.72 องศาเซลเซียส

มวลโมเลกุลเอทิลีนไกลคอล = 24 + 6 + 32 = 62 g/mol โมลตัวละลาย = 31.0/62 = 0.500 mol โมแลลิตี = 0.500 mol / 0.250 kg = 2.00 mol/kg $\Delta T_f = K_f \times m$ = 1.86 × 2.00 = 3.72 องศาเซลเซียส จุดเยือกแข็งของสารละลาย = 0 – 3.72 = –3.72 องศาเซลเซียส ตัวลวง: –0.93 มาจากการใช้ 0.500 เป็นโมแลลิตีโดยลืมหารมวลน้ำ 0.250 kg, –7.44 มาจากการเข้าใจผิดว่าไกลคอลแตกตัวเป็น 2 อนุภาค (ไกลคอลเป็นสารไม่แตกตัว), +3.72 มาจากการเข้าใจผิดทิศทาง — การเติมตัวละลายทำให้จุดเยือกแข็ง "ลดลง" ไม่ใช่เพิ่มขึ้น

ข้อ 41 — ตอบ ก.

(ก) และ (ข)

(ก) ถูก — ตัวละลายไม่ระเหยทำให้ความดันไอของสารละลายต่ำลง จึงต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิมเพื่อให้ความดันไอเท่าความดันบรรยากาศ จุดเดือดจึงสูงขึ้น (ข) ถูก — NaCl 0.1 mol/kg แตกตัวให้อนุภาครวม 0.2 mol/kg ส่วนกลูโคสไม่แตกตัวมีอนุภาค 0.1 mol/kg สมบัติคอลลิเกทีฟขึ้นกับจำนวนอนุภาค NaCl จึงลดจุดเยือกแข็งได้มากกว่า (ค) ผิด — ความดันไอของสารละลายต้อง "ต่ำกว่า" ตัวทำละลายบริสุทธิ์ (ตัวลวงจากการจำสลับทิศ) (ง) ผิด — สมบัติคอลลิเกทีฟขึ้นกับ "จำนวนอนุภาค" ของตัวละลาย ไม่ได้ขึ้นกับชนิดของตัวละลาย (ข้อความนี้กลับความจริงพอดี) ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) และ (ข)

ข้อ 42 — ตอบ ง.

(ค) และ (ง)

คิดจากสารละลาย 100 g แต่ละชนิด: มีตัวละลาย 10.0 g ในน้ำ 90.0 g = 0.0900 kg โมแลลิตียูเรีย = (10/60)/0.0900 = 1.85 mol/kg โมแลลิตีกลูโคส = (10/180)/0.0900 = 0.617 mol/kg โมแลลิตีซูโครส = (10/342)/0.0900 = 0.325 mol/kg (ก) ผิด — ร้อยละโดยมวลเท่ากันแต่มวลโมเลกุลต่างกัน จำนวนโมลจึงต่างกัน โมแลลิตีจึงไม่เท่ากัน (ตัวลวงจากการเข้าใจว่าหน่วยความเข้มข้นทุกแบบสัมพันธ์กันตรง ๆ) (ข) ผิด — ยูเรียมีโมแลลิตีสูงกว่า จุดเดือดของสารละลายยูเรียจึงสูงกว่ากลูโคส (ค) ถูก — โมแลลิตีแปรผกผันกับมวลโมเลกุลเมื่อร้อยละโดยมวลเท่ากัน ยูเรียมวลโมเลกุลน้อยสุดจึงมีโมแลลิตีมากสุด (ง) ถูก — ซูโครสมีโมแลลิตีต่ำสุด จุดเยือกแข็งจึงลดลงน้อยที่สุด คือมีจุดเยือกแข็งสูงที่สุด (ใกล้ 0 องศาเซลเซียสที่สุด) ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ค) และ (ง)

ข้อ 43 — ตอบ ก.

0.500 mol/kg

จุดเดือดสารละลาย = $100.00 + K_b m$ · จุดเยือกแข็งสารละลาย = $0.00 - K_f m$ ผลต่าง = $(100.00 + K_b m) - (0.00 - K_f m) = 100.00 + (K_b + K_f)m$ $101.19 = 100.00 + (0.52 + 1.86)m \Rightarrow 1.19 = 2.38m \Rightarrow m = 0.500$ mol/kg ตัวลวง: 42.5 mol/kg มาจากการลืมลบ 100.00 ออกก่อน (แก้สมการ $101.19 = 2.38m$ ตรง ๆ), 2.29 mol/kg มาจากการใช้ K_b เพียงตัวเดียวหาร $(1.19/0.52)$, 0.640 mol/kg มาจากการใช้ K_f เพียงตัวเดียวหาร $(1.19/1.86)$

ข้อ 44 — ตอบ ค.

120

ΔT_b = 100.26 – 100.00 = 0.26 องศาเซลเซียส โมแลลิตี $m = \Delta T_b / K_b$ = 0.26/0.52 = 0.500 mol/kg โมลตัวละลาย = 0.500 mol/kg × 0.200 kg = 0.100 mol มวลโมเลกุล = 12.0 g / 0.100 mol = 120 ตัวลวง: 24 มาจากการใช้ 0.500 เป็นจำนวนโมลตรง ๆ โดยลืมคูณมวลตัวทำละลาย (12/0.5), 240 มาจากการคิดโมแลลิตีพลาดครึ่งหนึ่งเป็น 0.25 mol/kg (ได้ 0.05 mol), 60 มาจากการคูณมวลน้ำเป็น 2 เท่าพลาด (ได้ 0.2 mol)

ข้อ 45 — ตอบ ก.

(ก) และ (ข)

สมบัติคอลลิเกทีฟขึ้นกับความเข้มข้นรวมของอนุภาคทั้งหมด (โมแลลิตีประสิทธิผล) A: กลูโคสไม่แตกตัว = 0.20 mol/kg B: NaCl = 0.15 × 2 = 0.30 mol/kg C: $\mathrm{CaCl_2}$ = 0.10 × 3 = 0.30 mol/kg (ก) ถูก — B มีอนุภาครวม 0.30 มากกว่า A ที่มี 0.20 จุดเยือกแข็งของ B จึงลดลงมากกว่า (ต่ำกว่า) (ข) ถูก — B และ C มีความเข้มข้นอนุภาครวมเท่ากันพอดี (0.30 mol/kg) จุดเยือกแข็งจึงเท่ากัน (ค) ผิด — C ต่ำสุดจริงแต่ไม่ใช่เพียงชนิดเดียว เพราะ B ต่ำเท่ากัน (ตัวลวงสำหรับคนที่เห็น 3 ไอออนแล้วสรุปทันทีว่าเยอะสุดโดยไม่คูณความเข้มข้น) (ง) ผิด — A มีอนุภาครวมน้อยที่สุด จุดเดือดจึงสูงขึ้นน้อยที่สุด ไม่ใช่สูงที่สุด ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) และ (ข)

ข้อ 46 — ตอบ ข.

-0.465 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 1 หาโมแลลิตีจากจุดเดือด: ΔT_b = 100.13 – 100.00 = 0.13 องศาเซลเซียส $m = \Delta T_b / K_b$ = 0.13/0.52 = 0.250 mol/kg ขั้นที่ 2 ใช้โมแลลิตีเดียวกันหาจุดเยือกแข็ง: $\Delta T_f = K_f \times m$ = 1.86 × 0.250 = 0.465 องศาเซลเซียส จุดเยือกแข็ง = 0.00 – 0.465 = –0.465 องศาเซลเซียส ตัวลวง: –0.13 มาจากการเข้าใจผิดว่าจุดเยือกแข็งลดลงเท่ากับจุดเดือดที่เพิ่มขึ้น (ค่า K_f กับ K_b ไม่เท่ากัน), –0.93 มาจากการใช้โมแลลิตีผิดเป็น 0.50, –1.86 มาจากการใช้โมแลลิตีผิดเป็น 1.00 (ลืมหาโมแลลิตีจากข้อมูลจุดเดือดก่อน)

ข้อ 47 — ตอบ ค.

240 g/mol

จุดเยือกแข็งลดลงเท่ากันและมวลน้ำเท่ากัน แปลว่าโมแลลเท่ากัน ซึ่งแปลว่าจำนวนโมลของสาร A เท่ากับจำนวนโมลของกลูโคส (เพราะมวลน้ำเท่ากันทั้งคู่) โมลกลูโคส = 9.00/180=0.0500 mol = โมลสาร A มวลโมเลกุลสาร A = 12.0/0.0500 = 240 g/mol ตัวลวง: 180 g/mol มาจากการเข้าใจผิดว่า ΔT_f เท่ากันแปลว่ามวลโมเลกุลต้องเท่ากันด้วย (ลืมว่ามวลตัวละลายที่ใช้ต่างกัน คือ 12.0 g กับ 9.00 g), 135 g/mol มาจากการกลับสัดส่วนมวล ($9.00/12.0 \times 180$ แทน $12.0/9.00 \times 180$), 320 g/mol มาจากการคำนวณโมลผิดพลาดทางเลขคณิต

ข้อ 48 — ตอบ ง.

180 g

โมลกลูโคส = 27.0/180 = 0.150 mol (คงที่ตลอดเพราะกลูโคสไม่ระเหย) ตรวจสอบสถานะเริ่มต้น: m = 0.150/0.300 = 0.500 mol/kg ให้ ΔT_b = 0.52 × 0.500 = 0.26 ตรงกับโจทย์ (เดือดที่ 100.26) หลังระเหย: ΔT_b = 100.65 – 100.00 = 0.65 องศาเซลเซียส โมแลลิตีใหม่ = 0.65/0.52 = 1.25 mol/kg มวลน้ำที่เหลือ = 0.150 mol / 1.25 mol/kg = 0.120 kg = 120 g มวลน้ำที่ระเหย = 300 – 120 = 180 g ตัวลวง: 120 g คือมวลน้ำ "ที่เหลือ" ไม่ใช่ที่ระเหย (อ่านคำถามไม่ครบ — ตัวลวงหลักของข้อนี้), 150 g มาจากการเดาว่าระเหยไปครึ่งหนึ่ง, 90 g มาจากการตั้งสัดส่วนอุณหภูมิผิดทิศ

ข้อ 49 — ตอบ ง.

$C_6H_{12}O_6$

ΔT_f = 0 – (–0.372) = 0.372 องศาเซลเซียส โมแลลิตี = $\Delta T_f / K_f$ = 0.372/1.86 = 0.200 mol/kg โมลตัวละลาย = 0.200 × 0.250 kg = 0.0500 mol มวลโมเลกุล = 9.00/0.0500 = 180 มวลสูตรเอมพิริคัล CH_2O = 12 + 2 + 16 = 30 ดังนั้น n = 180/30 = 6 สูตรโมเลกุลคือ $C_6H_{12}O_6$ ตัวลวง: $C_3H_6O_3$ (มวลโมเลกุล 90) มาจากการใช้มวลน้ำผิดเป็น 0.500 kg ได้โมลเป็น 0.100 mol, CH_2O มาจากการสรุปว่าสูตรเอมพิริคัลคือสูตรโมเลกุลโดยไม่คำนวณ, $C_2H_4O_2$ (มวลโมเลกุล 60) มาจากการคำนวณโมลพลาดเป็น 0.15 mol

---

ข้อ 50 — ตอบ ค.

4.92 atm

แปลงอุณหภูมิเป็นเคลวิน: $T = 27 + 273 = 300$ K $\pi = MRT = 0.20 \times 0.082 \times 300 = 4.92$ atm ตัวลวง: 0.443 atm มาจากการลืมแปลงหน่วยอุณหภูมิเป็นเคลวิน (ใช้ $T = 27$ ตรง ๆ), 4.48 atm มาจากการใช้ $T = 273$ K (ลืมบวกอุณหภูมิที่กำหนด), 9.84 atm มาจากการคูณ 2 เกินมาราวกับซูโครสแตกตัวเป็นไอออน (ซูโครสไม่แตกตัว $i = 1$)

ข้อ 51 — ตอบ ค.

7.63 atm

$T = 37 + 273 = 310$ K, $NaCl$ แตกตัวให้ $i = 2$ $\pi = iMRT = 2 \times 0.15 \times 0.082 \times 310 = 7.63$ atm ตัวลวง: 3.81 atm มาจากการลืมคูณ i (คำนวณเหมือนสารไม่แตกตัว), 11.4 atm มาจากการใช้ $i = 3$ ผิด (สับสนกับเกลือที่ให้ 3 ไอออนเช่น $CaCl_2$), 0.91 atm มาจากการลืมแปลงอุณหภูมิเป็นเคลวิน (ใช้ $T = 37$ ตรง ๆ)

ข้อ 52 — ตอบ ข.

(ก) (ค) และ (ง)

(ก) ถูก — กฎของเฮนรีใช้ได้ดีกับแก๊สที่ละลายทางกายภาพ ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับตัวทำละลาย (ข) ผิด — ความดันออสโมติกเป็นสมบัติคอลลิเกทีฟ ขึ้นกับจำนวนอนุภาคของตัวละลาย ไม่ใช่ชนิด (เหมือนสมบัติคอลลิเกทีฟตัวอื่น) (ค) ถูก — ตัวละลายที่เป็นแก๊สละลายในของเหลวได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเสมอ (การละลายของแก๊สเป็นแบบคายความร้อน) (ง) ถูก — รีเวิร์สออสโมซิสให้ความดันภายนอกมากกว่าความดันออสโมติกของสารละลาย เพื่อผลักตัวทำละลายบริสุทธิ์ให้ไหลสวนทางออสโมซิสตามธรรมชาติ ดังนั้นข้อความที่ถูกคือ (ก) (ค) และ (ง)

ข้อ 53 — ตอบ ค.

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

หลักคิด สมการไอออนิกสุทธิ = เขียนสารที่แตกตัวได้ให้อยู่ในรูปไอออน แล้ว "ตัดไอออนที่ไม่เปลี่ยนแปลง (spectator ions)" ออกทั้งสองข้าง **ขั้นที่ 1** กรดแก่และเบสแก่แตกตัวสมบูรณ์: $H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$ **ขั้นที่ 2** Na^+ และ Cl^- ปรากฏเหมือนกันทั้งสองข้าง จึงเป็น spectator ตัดออกได้ เหลือ $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ **ระวัง** ตัวเลือกแรกคือสมการโมเลกุล (ยังไม่แยกไอออน), ตัวเลือกสุดท้ายคือสมการไอออนิกสมบูรณ์ที่ยังไม่ได้ตัด spectator, ส่วน $Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$ ผิดเพราะ $NaCl$ ละลายน้ำได้ดี ไม่รวมตัวกันเป็นของแข็งในสารละลาย

ข้อ 54 — ตอบ ข.

$Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2$

หลักคิด: เขียนสารที่แตกตัวได้ทั้งหมดเป็นไอออน แล้วตัด spectator ion (K^+ และ NO_3^- ปรากฏเหมือนกันทั้งสองข้าง) ออก Pb^{2+} กับ I^- รวมกันเป็นตะกอน PbI_2 ตามอัตราส่วน 1:2 (ต้องดุลประจุ: $2+$ กับ $1-$ คูณสอง = $2-$) ได้สมการไอออนิกสุทธิ: $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2$ ตัวลวง: ตัวเลือกแรกคือสมการโมเลกุล (ยังไม่แยกไอออน), ตัวเลือกที่มีอัตราส่วน 1:1 ผิดเพราะไม่ดุลประจุ, ตัวเลือกสุดท้ายคือสมการไอออนิกสมบูรณ์ที่ยังไม่ตัด spectator ion ออก

ข้อ 55 — ตอบ ข.

0.080 mol/L

หลักคิด ที่จุดยุติ โมล H^+ = โมล OH^- แต่ $Ba(OH)_2$ 1 โมลให้ OH^- 2 โมล **ขั้นที่ 1** โมล HCl = 0.0400 L × 0.10 mol/L = 0.0040 mol = โมล OH^- ที่ถูกสะเทิน **ขั้นที่ 2** โมล $Ba(OH)_2$ = 0.0040/2 = 0.0020 mol ดังนั้นความเข้มข้น = 0.0020/0.0250 = 0.080 mol/L **ระวัง** ตัวลวง 0.16 mol/L มาจากการลืมหาร 2 (คิดว่าเบส 1 โมลให้ OH^- 1 โมล) — เป็นข้อผิดพลาดคลาสสิกของเบสไดโปรติก, 0.32 mol/L มาจากการคูณ 2 แทนหาร 2, 0.040 mol/L มาจากการหาร 2 ซ้ำสองรอบ

ข้อ 56 — ตอบ ข.

1.93%

โมล $NaOH$ = 0.100×0.0325=0.00325 mol = โมลกรดอะซิติก (อัตราส่วน 1:1) มวลกรดอะซิติก = 0.00325×60=0.195 g มวลตัวอย่างน้ำส้มสายชู = 10.0×1.01=10.1 g % โดยมวล = 0.195/10.1×100 = 1.93% ตัวลวง: 1.95% มาจากการลืมใช้ความหนาแน่น (ใช้มวลตัวอย่าง = 10.0 g ตรง ๆ), 0.0322% มาจากการลืมคูณมวลโมเลกุลกรด (ใช้จำนวนโมลเป็นกรัมตรง ๆ), 19.3% มาจากการคำนวณผิดตำแหน่งทศนิยม

ข้อ 57 — ตอบ ค.

$$CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$$

หลักคิด ในสมการไอออนิกสุทธิ สารที่แตกตัว "ไม่สมบูรณ์" (กรดอ่อน เบสอ่อน สารไม่ละลาย น้ำ) ต้องเขียนทั้งโมเลกุล ห้ามแยกเป็นไอออน **ขั้นที่ 1** กรดแอซีติกเป็นกรดอ่อน จึงเขียนเป็น CH_3COOH ทั้งโมเลกุล ส่วน $NaOH$ เป็นเบสแก่ แยกเป็น Na^+ กับ OH^- **ขั้นที่ 2** ตัด Na^+ ซึ่งเป็น spectator ออก และเกลือ CH_3COONa ที่เกิดขึ้นละลายน้ำแตกตัวได้ดี จึงเขียนฝั่งผลิตภัณฑ์เป็น CH_3COO^- ได้สมการ $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$ **ระวัง** ตัวลวงหลักคือ $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ ซึ่งใช้ได้เฉพาะ "กรดแก่ + เบสแก่" เท่านั้น — กรดอ่อนแตกตัวน้อย H^+ อิสระมีน้อยมาก ตัวเลือกที่มี CH_3COONa ทั้งโมเลกุลผิดเพราะยังไม่ตัด spectator ส่วนตัวเลือกสุดท้ายคือปฏิกิริยาย้อนกลับ

ข้อ 58 — ตอบ ค.

3.0 mol/L

หลักคิด เดินย้อนจากผลไทเทรต → ความเข้มข้นหลังเจือจาง → ความเข้มข้นตั้งต้น (ผ่านตัวประกอบเจือจาง) **ขั้นที่ 1** โมล $NaOH$ = 0.0200 × 0.15 = 0.0030 mol เนื่องจาก HCl ทำปฏิกิริยากับ $NaOH$ แบบ 1 : 1 จึงมี HCl ในส่วนที่ไทเทรต = 0.0030 mol **ขั้นที่ 2** ความเข้มข้นของกรดหลังเจือจาง = 0.0030/0.0250 = 0.12 mol/L **ขั้นที่ 3** ย้อนการเจือจาง 10.0 mL → 250 mL (เจือจาง 25 เท่า): ความเข้มข้นตั้งต้น = 0.12 × 250/10.0 = 3.0 mol/L **ระวัง** ตัวลวง 0.12 mol/L คือความเข้มข้นหลังเจือจาง (ลืมย้อนขั้นเจือจาง — ตัวลวงหลักของข้อนี้), 1.2 mol/L มาจากการใช้ตัวประกอบเจือจางผิดเป็น 10 เท่า, 6.0 mol/L มาจากการคูณ 2 เกินมาราวกับกรดเป็นไดโปรติก

ข้อ 59 — ตอบ ข.

40.6%

โมล HCl ทั้งหมด = 0.200×0.0500=0.0100 mol โมล $NaOH$ ที่ใช้ไทเทรตกลับ = 0.150×0.0200=0.00300 mol = โมล HCl ส่วนเกิน โมล HCl ที่ทำปฏิกิริยากับ $Mg(OH)_2$ = 0.0100−0.00300=0.00700 mol $Mg(OH)_2 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + 2H_2O$ อัตราส่วน 1:2 → โมล $Mg(OH)_2$ = 0.00700/2=0.00350 mol มวลโมเลกุล $Mg(OH)_2$ = 24+2(17)=58 มวล $Mg(OH)_2$ = 0.00350×58=0.203 g % โดยมวล = 0.203/0.500×100=40.6% ตัวลวง: 81.2% มาจากการลืมหาร 2 ตามอัตราส่วนสมการ, 58.0% มาจากการลืมหักโมล HCl ส่วนเกินออกก่อน (ใช้โมล HCl ทั้งหมดคำนวณตรง ๆ), 28.0% มาจากการใช้มวลโมเลกุลผิดเป็น MgO (40) แทน $Mg(OH)_2$ (58)

ข้อ 60 — ตอบ ข.

126

หลักคิด สะเทินสมบูรณ์: โมล $NaOH$ = 2 × โมลกรด (กรดไดโปรติกให้โปรตอน 2 ตัว) แล้วอย่าลืมว่าไทเทรตแค่ 1 ใน 4 ของสารละลายทั้งหมด **ขั้นที่ 1** โมล $NaOH$ = 0.0400 × 0.125 = 0.00500 mol **ขั้นที่ 2** โมลกรดในส่วน 25.0 mL = 0.00500/2 = 0.00250 mol **ขั้นที่ 3** สารละลายทั้งหมด 100 mL มีกรด = 0.00250 × (100/25.0) = 0.0100 mol **ขั้นที่ 4** มวลโมเลกุล = 1.26/0.0100 = 126 **ระวัง** ตัวลวง 63 มาจากการลืมหาร 2 ของกรดไดโปรติก (คิด 1 : 1 ได้โมลกรด 0.0200 mol), 252 มาจากการลืมคูณ 4 กลับจากส่วนแบ่งปิเปตต์ (ใช้ 0.00500 mol), 504 มาจากการพลาดทั้งสองอย่างพร้อมกัน (ใช้ 0.00250 mol เป็นโมลทั้งหมด)