3 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุ

ชีทเรียน+แบบฝึกหัด · ติวเคมี สอวน. ค่าย 1

หมวดนี้คือ "หมวดทำคะแนน" ของ สอวน. ค่าย 1 — ข้อสอบชอบออก 2 แนวคือ (1) ให้เรียงลำดับสมบัติ (ขนาด, IE, EN) แล้วดูว่าเราเข้าใจ *เหตุผล* เบื้องหลังแนวโน้มจริงไหม และ (2) ให้ข้อมูลปริศนา เช่น ค่า IE หลายค่า แล้วให้ทายว่าเป็นธาตุหมู่อะไร ถ้าจำแค่แนวโน้มแบบท่องนก จะโดนข้อยกเว้นดักทันที ดังนั้นต้องแม่นทั้งแนวโน้มหลัก + ข้อยกเว้น + เหตุผลระดับโครงสร้างอิเล็กตรอน

1. การจัดตารางธาตุ: หมู่ คาบ และบล็อก s p d f

ตารางธาตุยุคปัจจุบันเรียงตาม **เลขอะตอม** (Z = จำนวนโปรตอน) ไม่ใช่มวลอะตอม (นี่คือจุดที่ Moseley แก้ปัญหาของ Mendeleev) หลักการอ่านตาราง:

- **คาบ (Period)** = แถวแนวนอน บอก "จำนวนระดับพลังงานหลัก" ที่มีอิเล็กตรอน → คาบ = ค่า n สูงสุดของอิเล็กตรอน
- **หมู่ (Group)** = แถวแนวตั้ง ธาตุหมู่เดียวกันมี **เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน** → สมบัติเคมีคล้ายกัน
- **บล็อก** = ดูว่าอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายเติมลงออร์บิทัลชนิดไหน

บล็อก	อิเล็กตรอนสุดท้ายลงที่	ตำแหน่งในตาราง	ตัวอย่าง
s	ออร์บิทัล s	หมู่ IA, IIA (+ He)	Na, Ca
p	ออร์บิทัล p	หมู่ IIIA–VIIIA	Cl, Ne
d	ออร์บิทัล d	ธาตุแทรนซิชัน (หมู่ B)	Fe, Cu
f	ออร์บิทัล f	แลนทาไนด์/แอกทิไนด์	Ce, U

เทคนิคหาหมู่/คาบจากการจัดเรียงอิเล็กตรอน: เขียน configuration ก่อนเสมอ แล้ว

- คาบ = n สูงสุด
- หมู่ A = จำนวนอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด (เฉพาะ $s + p$ ของ n สูงสุด)

ตัวอย่างโจทย์ 1.1

โจทย์: ธาตุ X มีเลขอะตอม 17 จงหาว่า X อยู่หมู่ใด คาบใด บล็อกใด และแนวโน้มจะเกิดไอออนประจุเท่าใด

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — จัดเรียงอิเล็กตรอน 17 ตัว:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$$

ขั้นที่ 2 — หาคาบ: ค่า n สูงสุดที่มีอิเล็กตรอนคือ $n = 3$ → **คาบ 3**

ขั้นที่ 3 — หาหมู่: เวเลนซ์อิเล็กตรอน = อิเล็กตรอนใน $3s$ และ $3p$ รวม $2 + 5 = 7$ → **หมู่ VIIA**

ขั้นที่ 4 — บล็อก: อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายลง $3p$ → **บล็อก p**

ขั้นที่ 5 — ไอออน: ขาดอีก 1 ตัวจะครบออกเตต ($3p^6$) → รับอิเล็กตรอน 1 ตัว เกิด X^- (ธาตุนี้คือ Cl นั่นเอง)

2. ตำแหน่งพิเศษของไฮโดรเจน

> **หลักคิด:** ไฮโดรเจนมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเพียง $1s^1$ ทำให้มีสมบัติบางส่วนคล้ายหมู่ IA และบางส่วนคล้ายหมู่ VIIA พร้อมกัน แต่ก็ไม่เหมือนทั้งสองหมู่อย่างสมบูรณ์ จึงจัดวางในตำแหน่งพิเศษ (บางตารางธาตุวาง H ไว้บนหมู่ IA, บางตารางวางไว้บนหมู่ VIIA, บางตารางวางลอยไว้ต่างหาก)

คล้ายหมู่ IA: มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 ตัวเหมือนกัน เสียอิเล็กตรอนนั้นได้เกิดไอออนบวก

$$\mathrm{H} \rightarrow \mathrm{H}^+ + e^-$$

คล้ายหมู่ VIIA: ขาดอิเล็กตรอนอีกเพียง 1 ตัวก็จะครบการจัดเรียงแบบแก๊สมีสกุล (He, $1s^2$) เหมือนหมู่ VIIA ที่ขาดอีก 1 ตัวจะครบออกเตต จึง **รับ** อิเล็กตรอนได้เกิดไฮไดรด์ไอออน (H^-) และอยู่เป็นโมเลกุลอะตอมคู่ $\mathrm{H_2}$ เหมือนแฮโลเจน

$$\mathrm{H} + e^- \rightarrow \mathrm{H}^- \qquad 2\mathrm{Na} + \mathrm{H_2} \rightarrow 2\mathrm{NaH}$$

จุดที่ต่างจากทั้งสองหมู่:

- ต่างจากหมู่ IA ตรงที่ **ไม่ใช่โลหะ** และมีพลังงานไอออไนเซชันสูงมาก (ประมาณ 1,312 kJ/mol) ไม่ได้เสียอิเล็กตรอนง่ายแบบโลหะแอลคาไล
- ต่างจากหมู่ VIIA ตรงที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำกว่ามาก (H = 2.1 เทียบกับ Cl = 3.0, F = 4.0) จึงไม่ได้ดึงอิเล็กตรอนแรงแบบแฮโลเจน และมีเลขออกซิเดชันได้เพียง $+1, 0, -1$ เท่านั้น (ไม่มีเลขออกซิเดชันสูงแบบ Cl ที่ไปถึง $+7$ ได้)

> **ระวัง:** โจทย์มักถามว่า "สมบัติใดของไฮโดรเจนคล้ายหมู่ VIIA" แล้วมีตัวลวงที่จริงเป็นสมบัติคล้ายหมู่ IA (เช่น การเสียอิเล็กตรอนเกิด H^+) ปนอยู่ ต้องแยกให้ชัดว่ากำลังพูดถึงด้าน "ให้อิเล็กตรอน" (คล้าย IA) หรือด้าน "รับอิเล็กตรอน/เป็นโมเลกุลคู่" (คล้าย VIIA)

3. ขนาดอะตอมและขนาดไอออน

ขนาดอะตอมถูกกำหนดโดยการชักเย่อระหว่าง 2 แรง:

1. **แรงดึงจากนิวเคลียส** — ยิ่งประจุนิวเคลียสสุทธิ (effective nuclear charge, Z_{eff}) มาก อิเล็กตรอนยิ่งถูกดึงเข้า → เล็กลง
2. **จำนวนระดับพลังงาน** — ยิ่ง n มาก อิเล็กตรอนนอกสุดยิ่งอยู่ไกล → ใหญ่ขึ้น

โดยประมาณ $Z_{eff} = Z - S$ เมื่อ S คือจำนวนอิเล็กตรอนชั้นใน (shielding)

แนวโน้ม:

- **ในคาบเดียวกัน (ซ้าย → ขวา):** n เท่าเดิม แต่ Z เพิ่ม อิเล็กตรอนชั้นในเท่าเดิม → Z_{eff} เพิ่ม → **ขนาดเล็กลง**
- **ในหมู่เดียวกัน (บน → ล่าง):** n เพิ่ม ชั้นอิเล็กตรอนเพิ่ม → **ขนาดใหญ่ขึ้น** (ชนะผลของ Z ที่เพิ่ม)

ขนาดไอออน — 3 กฎที่ต้องจำ:

1. ไอออนบวกเล็กกว่าอะตอมเดิมเสมอ ($\mathrm{Na}^+ <$ Na) เพราะเสียชั้นนอก + แรงดึงต่ออิเล็กตรอนที่เหลือมากขึ้น
2. ไอออนลบใหญ่กว่าอะตอมเดิมเสมอ ($\mathrm{Cl}^- >$ Cl) เพราะอิเล็กตรอนเพิ่มแต่โปรตอนเท่าเดิม แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนเพิ่ม
3. **ไอโซอิเล็กทรอนิก** (อิเล็กตรอนเท่ากัน): ตัวไหน Z มาก ตัวนั้นเล็ก — เพราะโปรตอนเยอะกว่าดึงอิเล็กตรอนชุดเดียวกันแรงกว่า

ตัวอย่างโจทย์ 3.1

โจทย์: จงเรียงลำดับขนาดจากใหญ่ไปเล็ก: $\mathrm{O}^{2-}, \mathrm{F}^-, \mathrm{Na}^+, \mathrm{Mg}^{2+}, \mathrm{Al}^{3+}$

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — นับอิเล็กตรอนทุกตัว:

- $\mathrm{O}^{2-}: 8 + 2 = 10$
- $\mathrm{F}^-: 9 + 1 = 10$
- $\mathrm{Na}^+: 11 - 1 = 10$
- $\mathrm{Mg}^{2+}: 12 - 2 = 10$
- $\mathrm{Al}^{3+}: 13 - 3 = 10$

ทุกตัวมี 10 อิเล็กตรอนเท่ากัน → เป็นชุดไอโซอิเล็กทรอนิก

ขั้นที่ 2 — ใช้กฎ "Z มาก = เล็ก": เรียง Z จากน้อยไปมากคือ O(8) < F(9) < Na(11) < Mg(12) < Al(13)

ขั้นที่ 3 — สรุป ขนาดใหญ่ → เล็ก:

$$\mathrm{O}^{2-} > \mathrm{F}^- > \mathrm{Na}^+ > \mathrm{Mg}^{2+} > \mathrm{Al}^{3+}$$

4. พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy, IE)

> **นิยาม:** พลังงานน้อยที่สุดที่ใช้ดึงอิเล็กตรอน 1 ตัวออกจากอะตอม (หรือไอออน) ใน **สถานะแก๊ส**

$$\mathrm{M}(g) + IE_1 \rightarrow \mathrm{M}^+(g) + e^-$$

IE เป็นบวกเสมอ (ต้องใส่พลังงานเข้าไป) และ $IE_1 < IE_2 < IE_3 < \cdots$ เสมอ เพราะดึงอิเล็กตรอนออกจากไอออนที่บวกมากขึ้นเรื่อยๆ ยากขึ้นเรื่อยๆ

แนวโน้ม: ตรงข้ามกับขนาดอะตอม — ในคาบ ซ้าย→ขวา IE **เพิ่ม** (อะตอมเล็ก ดึงแน่น), ในหมู่ บน→ล่าง IE **ลด** (อะตอมใหญ่ อิเล็กตรอนนอกสุดอยู่ไกล)

ข้อยกเว้นในคาบ 2-3 ที่ข้อสอบชอบออก:

- IE_1 ของ Be > B — เพราะ B ดึงจาก $2p$ ซึ่งพลังงานสูงกว่า (หลุดง่ายกว่า) $2s$ ที่เต็มของ Be
- IE_1 ของ N > O — เพราะ O มีอิเล็กตรอนคู่ใน $2p$ เกิดแรงผลักในออร์บิทัลเดียวกัน ส่วน N เป็น $2p^3$ ครึ่งเต็มเสถียร

ลำดับจริงในคาบ 2 จึงเป็น: Li < B < Be < C < O < N < F < Ne

ตัวอย่างโจทย์ 4.1 — คำนวณ IE จากแบบจำลองของโบร์

สำหรับอะตอม/ไอออนที่มีอิเล็กตรอนตัวเดียว พลังงานของอิเล็กตรอนคือ

$$E_n = -13.6 \times \frac{Z^2}{n^2}\ \text{eV}$$

โจทย์: จงหาพลังงานไอออไนเซชันของ He^+ ในหน่วย eV และ kJ/mol (กำหนด $1\ \text{eV} = 96.485\ \text{kJ/mol}$)

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — He^+ มีอิเล็กตรอน 1 ตัว ใช้สูตรโบร์ได้ โดย $Z = 2$, สถานะพื้น $n = 1$:

$$E_1 = -13.6 \times \frac{2^2}{1^2} = -13.6 \times 4 = -54.4\ \text{eV}$$

ขั้นที่ 2 — ไอออไนเซชันคือพาอิเล็กตรอนจาก $n = 1$ ไป $n = \infty$ (ที่ซึ่ง $E_\infty = 0$):

$$IE = E_\infty - E_1 = 0 - (-54.4) = 54.4\ \text{eV}$$

ขั้นที่ 3 — แปลงหน่วยแบบแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย:

$$IE = 54.4\cancel{\text{eV}} \times \frac{96.485\ \text{kJ/mol}}{1\cancel{\text{eV}}} \approx 5{,}249\ \text{kJ/mol}$$

สังเกตว่าโตกว่า IE ของ H (1,312 kJ/mol) ถึง 4 เท่า — มาจาก $Z^2 = 4$ พอดี

ตัวอย่างโจทย์ 4.2 — อ่านหมู่จากการกระโดดของ IE (ข้อสอบสุดคลาสสิก)

โจทย์: ธาตุ M มีค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับต่างๆ (kJ/mol) ดังนี้: $IE_1 = 578, IE_2 = 1{,}817, IE_3 = 2{,}745, IE_4 = 11{,}577$ จงระบุว่า M อยู่หมู่ใด และเมื่อเกิดสารประกอบคลอไรด์จะมีสูตรอย่างไร

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — หาว่า IE "กระโดด" ตรงไหน โดยดูอัตราส่วนค่าที่ติดกัน:

$$\frac{IE_2}{IE_1} = \frac{1{,}817}{578} \approx 3.14 \qquad \frac{IE_3}{IE_2} = \frac{2{,}745}{1{,}817} \approx 1.51 \qquad \frac{IE_4}{IE_3} = \frac{11{,}577}{2{,}745} \approx 4.22$$

ขั้นที่ 2 — ตีความ: ค่าเพิ่มแบบค่อยเป็นค่อยไปจนถึง IE_3 แล้ว **กระโดดพรวดตอน** IE_4 (เกิน 4 เท่า) แปลว่าอิเล็กตรอนตัวที่ 4 ถูกดึงจากชั้นในที่เสถียรแบบแก๊สมีสกุล ซึ่งยากมาก

ขั้นที่ 3 — สรุป: ดึงอิเล็กตรอนออกง่าย 3 ตัว → เวเลนซ์อิเล็กตรอน = 3 → **หมู่ IIIA** (ธาตุจริงคือ Al)

ขั้นที่ 4 — สารประกอบคลอไรด์: M ให้ 3 อิเล็กตรอน เกิด M^{3+} จับกับ Cl^- ได้สูตร MCl_3

> **กฎลัด:** จำนวนอิเล็กตรอนที่ดึงออก "ก่อนเจอการกระโดดครั้งใหญ่" = เลขหมู่ A

5. สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity, EA)

> **นิยาม:** พลังงานที่เปลี่ยนแปลงเมื่ออะตอมในสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอน 1 ตัว

$$\mathrm{X}(g) + e^- \rightarrow \mathrm{X}^-(g)$$

ธาตุส่วนใหญ่ **คายพลังงาน** เมื่อรับอิเล็กตรอน (EA เป็นลบตามอนุสัญญาเทอร์โมไดนามิกส์) ยิ่งคายมาก = ยิ่ง "อยากได้" อิเล็กตรอน

แนวโน้ม: คล้าย IE คือ ซ้าย→ขวา ชอบรับอิเล็กตรอนมากขึ้น, บน→ล่าง ลดลง — แต่มีข้อยกเว้นสำคัญมาก:

- **Cl คายพลังงานมากกว่า F** (-349 เทียบกับ -328 kJ/mol) เพราะ F อะตอมเล็กมาก อิเล็กตรอนแน่น รับตัวใหม่เข้าไปแล้วเกิดแรงผลักสูง → หมู่ VIIA ตัวที่ EA เด่นสุดคือ Cl ไม่ใช่ F
- หมู่ IIA และ VIIIA แทบไม่รับอิเล็กตรอน (บางค่าเป็นบวก) เพราะ configuration เดิมเสถียรอยู่แล้ว (ns^2 เต็ม / ครบออกเตต)

ข้อสอบมักถามเชิงเปรียบเทียบ เช่น "ธาตุใดรับอิเล็กตรอนแล้วคายพลังงานมากที่สุด" — คำตอบในตัวเลือกที่มี F กับ Cl ให้ตอบ **Cl**

6. อิเล็กโทรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)

> **นิยาม:** ความสามารถของอะตอมในการ **ดึงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ** เข้าหาตัวเอง — ต่างจาก EA ตรงที่ EN ใช้กับอะตอมที่ "อยู่ในพันธะแล้ว" และไม่มีหน่วย (สเกลพอลิง)

แนวโน้ม: ซ้าย→ขวา เพิ่ม, บน→ล่าง ลด → **F มากสุด (4.0)** และมุมล่างซ้าย (Cs, Fr) น้อยสุด (~0.7) — แก๊สมีสกุลส่วนใหญ่ไม่กำหนดค่าเพราะแทบไม่เกิดพันธะ

ค่าที่ควรจำ: F = 4.0, O = 3.5, N ≈ Cl = 3.0, C = 2.5, H = 2.1, Na = 0.9

ใช้ทำนายชนิดพันธะจาก ΔEN (เกณฑ์โดยประมาณ):

ΔEN	ชนิดพันธะ
< 0.5	โคเวเลนต์ไม่มีขั้ว (เกือบ)
$0.5 - 1.7$	โคเวเลนต์มีขั้ว
> 1.7	ไอออนิก (โดยประมาณ)

ตัวอย่างโจทย์ 6.1

โจทย์: จงเปรียบเทียบความมีขั้วของพันธะ H–Cl กับ Na–Cl และระบุชนิดพันธะ (กำหนด EN: H = 2.1, Na = 0.9, Cl = 3.0)

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — คำนวณ ΔEN ของแต่ละคู่:

$$\Delta EN_{\text{H-Cl}} = 3.0 - 2.1 = 0.9$$

$$\Delta EN_{\text{Na-Cl}} = 3.0 - 0.9 = 2.1$$

ขั้นที่ 2 — เทียบเกณฑ์: H–Cl ได้ 0.9 อยู่ช่วง 0.5–1.7 → **โคเวเลนต์มีขั้ว** (ขั้วลบอยู่ฝั่ง Cl) ส่วน Na–Cl ได้ 2.1 > 1.7 → **ไอออนิก**

ขั้นที่ 3 — สรุป: Na–Cl มีความเป็นขั้ว/ไอออนิกสูงกว่า H–Cl ชัดเจน เพราะผลต่าง EN มากกว่า

7. ความเป็นโลหะ–อโลหะ และภาพรวมแนวโน้มทั้งหมด

ความเป็นโลหะ = แนวโน้มการ *เสีย* อิเล็กตรอน ดังนั้นมันสวนทางกับ IE และ EN โดยตรง:

- ซ้าย→ขวา: ความเป็นโลหะ **ลด** (กลายเป็นอโลหะ)
- บน→ล่าง: ความเป็นโลหะ **เพิ่ม** → โลหะจัดสุดอยู่มุมล่างซ้าย (Cs, Fr), อโลหะจัดสุดอยู่มุมบนขวา (F)
- แนวรอยต่อคือ **ธาตุกึ่งโลหะ (metalloids)**: B, Si, Ge, As, Sb, Te — Si สำคัญสุด (สารกึ่งตัวนำ)

ผลต่อสมบัติออกไซด์ (ออกข้อสอบบ่อย):

- ออกไซด์ของโลหะ → **เบส** (เช่น $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$)
- ออกไซด์ของอโลหะ → **กรด** (เช่น $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$)
- ตรงรอยต่อเป็น **แอมโฟเทอริก** เช่น Al_2O_3, ZnO ทำปฏิกิริยาได้ทั้งกรดและเบส

ภาพรวมจำง่าย: ลากลูกศรจากมุมล่างซ้ายชี้ไปมุมบนขวา — ตามทิศลูกศรนี้ IE, EA, EN เพิ่ม / ขนาดอะตอม, ความเป็นโลหะ ลด

8. แนวโน้มจุดเดือด/จุดหลอมเหลว

จุดเดือด/จุดหลอมเหลวเป็นสมบัติที่ "ไม่เป็นแนวโน้มเดี่ยว" ทั้งตาราง (ต่างจาก IE/EN/ขนาดที่มีทิศทางเดียวชัดเจน) เพราะขึ้นกับ **ชนิดแรงยึดเหนี่ยว** ที่ต่างกันระหว่างโลหะกับอโลหะ จึงต้องแยกวิเคราะห์เป็น 2 กลุ่ม

> **หลักคิด — กลุ่มโลหะ (หมู่ main group):** อนุภาคยึดกันด้วย **พันธะโลหะ** ยิ่งอะตอมเล็กและมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระมาก พันธะยิ่งแน่น

- ในคาบเดียวกัน (ซ้าย → ขวา): จุดเดือด/หลอมเหลว **เพิ่มขึ้น** (อะตอมเล็กลง อิเล็กตรอนอิสระต่อพันธะมากขึ้น) เช่น Na (98 °C) < Mg (650 °C) < Al (660 °C)
- ในหมู่เดียวกัน (ล่าง → บน): จุดเดือด/หลอมเหลว **เพิ่มขึ้น** (อะตอมเล็กลง พันธะโลหะแน่นขึ้น) เช่นหมู่ IA: Cs (28 °C) < Rb (39 °C) < K (63 °C) < Na (98 °C) < Li (180 °C)

หลักคิด — กลุ่มอโลหะ (โดยเฉพาะแก๊ส/โมเลกุลไม่มีขั้ว): อนุภาคยึดกันด้วย **แรงลอนดอน** (แรงแวนเดอร์วาลส์) ซึ่งแรงขึ้นตามมวลอะตอม/จำนวนอิเล็กตรอนของโมเลกุล

- ในคาบเดียวกัน (ซ้าย → ขวา): จุดเดือด/หลอมเหลว **ลดลง** (อะตอมเล็กลง อิเล็กตรอนน้อยลง แรงลอนดอนอ่อนลง)
- ในหมู่เดียวกัน (ล่าง → บน): จุดเดือด/หลอมเหลว **ลดลง** (มวลโมเลกุลน้อยลง แรงลอนดอนอ่อนลง) เช่นหมู่ VIIA: I_2 (ของแข็ง) $>$ Br_2 (ของเหลว) $>$ Cl_2 (แก๊ส, จุดเดือด -34 °C) $>$ F_2 (แก๊ส, จุดเดือด -188 °C)

> **ข้อสรุปสำคัญที่ต้องจำ:**

- แนวโน้ม **ของโลหะกับอโลหะสวนทางกัน** ในทิศเดียวกันของตาราง — อย่าใช้กฎเดียวข้ามกลุ่ม
- **โดยทั่วไปโลหะมีจุดเดือด/หลอมเหลวสูงกว่าอโลหะ** เพราะพันธะโลหะแข็งแรงกว่าแรงลอนดอนมาก
- **ข้อยกเว้นสำคัญ:** อโลหะที่มีโครงผลึกร่างตาข่ายโควาเลนต์ (covalent network) เช่น **C** (เพชร ระเหิด/หลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่า 3500 °C) และ **Si** (หลอมเหลวที่ประมาณ 1414 °C) มีจุดหลอมเหลว **สูงมาก** สูงกว่าโลหะหลายชนิดด้วยซ้ำ เพราะอะตอมยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ทั่วทั้งผลึก ไม่ใช่โมเลกุลเดี่ยวที่ยึดกันด้วยแรงลอนดอนอ่อน ๆ

> **ระวัง:** โจทย์มักให้เลขอะตอม 3-4 ธาตุ (ผสมทั้งโลหะและอโลหะ) แล้วให้เรียงจุดหลอมเหลว — ต้องระบุก่อนว่าธาตุใดเป็นโลหะ/อโลหะ แล้วจึงเลือกใช้กฎที่สอดคล้องกัน อย่าเหมาทิศทางเดียวกับ IE/EN (ซึ่งเพิ่มซ้าย→ขวาเสมอไม่ว่าโลหะหรือ

อโลหะ)

9. ความสัมพันธ์เชิงแนวทแยง (Diagonal Relationship)

หลักคิด: ปกติธาตุในหมู่เดียวกันเท่านั้นที่สมบัติคล้ายกัน แต่มีบางคู่ธาตุที่อยู่ **ตำแหน่งทแยงมุม** (คาบติดกัน หมู่ติดกัน ในทิศจากบนซ้ายไปล่างขวา) กลับมีสมบัติทางเคมีคล้ายกันผิดปกติ เพราะเมื่อเลื่อนลง 1 คาบ ขนาดอะตอมมีแนวโน้มใหญ่ขึ้น แต่เมื่อเลื่อนไปทางขวา 1 หมู่ ขนาดอะตอมมีแนวโน้มเล็กลง สองผลนี้ **หักล้างกัน** ทำให้ธาตุคู่ทแยงมีขนาดอะตอมและประจุนิวเคลียสสุทธิ (Z_{eff}) ใกล้เคียงกันมาก จึงมีอำนาจโพลาไรซ์/ความเป็นโลหะ-อโลหะใกล้เคียงกันไปด้วย

คู่ธาตุแนวทแยงที่สำคัญ (ข้อสอบออกบ่อยที่สุด 3 คู่):

1) Li–Mg: ทั้งคู่ทำปฏิกิริยากับ N_2 โดยตรงได้ไนไตรด์ (ธาตุหมู่ IA ตัวอื่นทำไม่ได้ในสภาวะปกติ)

$$6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N \qquad 3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$$

2) Be–Al: ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของทั้งคู่เป็น **แอมโฟเทอริก** ทำปฏิกิริยาได้ทั้งกรดและเบส (ต่างจากธาตุหมู่ IIA อื่นที่ออกไซด์เป็นเบสล้วน)

$$BeO + 2HCl \rightarrow BeCl_2 + H_2O \qquad BeO + 2NaOH \rightarrow Na_2BeO_2 + H_2O$$

3) B–Si: ทั้งคู่เป็น **ธาตุกึ่งโลหะ** (metalloid) มีสมบัตินำไฟฟ้ากึ่งตัวนำ และมีจุดหลอมเหลวสูงมากเพราะเป็นโครงผลึกร่างตาข่ายโควาเลนต์เหมือนกัน (ต่างจากธาตุหมู่ IIIA อื่นอย่าง Al ที่เป็นโลหะเต็มตัว)

ระวัง: ความสัมพันธ์แนวทแยงเป็น **ข้อยกเว้นเฉพาะคู่** ไม่ใช่กฎทั่วไปที่ใช้ได้กับทุกคู่ธาตุแนวทแยง — ข้อสอบเน้นเฉพาะ 3 คู่ข้างต้น อย่าเผลอสรุปว่าธาตุแนวทแยงคู่ใดก็ตามต้องคล้ายกันเสมอ และอย่าสับสนกับแนวโน้มปกติในหมู่/คาบเดียวกัน

10. สมบัติของธาตุหมู่ IA และ IIA (โลหะแอลคาไล / แอลคาไลน์เอิร์ท)

หมู่ IA (Li Na K Rb Cs): configuration ลงท้าย ns^1 → เสีย 1 อิเล็กตรอนง่ายมาก เกิด M^+ เท่านั้น

- อ่อน ตัดได้ด้วยมีด จุดหลอมเหลวต่ำ (เทียบกับโลหะทั่วไป) ความหนาแน่นต่ำ (Li Na K ลอยน้ำ)
- ทำปฏิกิริยากับน้ำ **รุนแรง** ได้เบสแก่ + แก๊ส H_2 และรุนแรงขึ้นตามหมู่ (Cs ระเบิด)
- เก็บในน้ำมันเพื่อกันอากาศ/ความชื้น
- สีเปลวไฟ: Li แดง, Na เหลือง, K ม่วง

หมู่ IIA (Be Mg Ca Sr Ba): ลงท้าย ns^2 → เกิด M^{2+} แข็งกว่า จุดหลอมเหลวสูงกว่า และว่องไวน้อยกว่าหมู่ IA (เพราะต้องเสีย 2 อิเล็กตรอน พลังงานรวมที่ใช้สูงกว่า)

- Be แทบไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ, Mg ทำกับไอน้ำ, Ca ลงไปทำกับน้ำเย็นได้
- สีเปลวไฟ: Ca แดงอิฐ, Sr แดงเข้ม, Ba เขียว
- ไอออน Ca^{2+} และ Mg^{2+} คือตัวการน้ำกระด้าง

ออกไซด์ของหมู่ IA เมื่อเผาในออกซิเจน: แม้อยู่หมู่เดียวกันและเสียอิเล็กตรอนเป็น M^+ เหมือนกัน แต่เมื่อเผาโลหะหมู่ IA ในแก๊สออกซิเจนที่มากพอ ผลิตภัณฑ์ออกไซด์ที่ได้ **ไม่เหมือนกันทุกตัว** เพราะไอออนบวกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (ลงล่างของหมู่) ช่วยให้แอนไอออนของออกซิเจนที่มีขนาดใหญ่และไม่เสถียร เช่น เปอร์ออกไซด์ (O_2^{2-}) และซุปเปอร์ออกไซด์ (O_2^-) อยู่ตัวได้ (โครงตาข่ายไอออนิกเสถียรขึ้นเมื่อขนาดไอออนบวกกับไอออนลบใกล้เคียงกัน)

- **Li** ให้ **ออกไซด์ปกติ** (Li_2O) เท่านั้น (Li ตัวเล็ก ทำให้เฉพาะ O^{2-} ตัวเล็กเสถียรพอ) — ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกไซด์

$$4Li + O_2 \rightarrow 2Li_2O \qquad Li_2O + H_2O \rightarrow 2LiOH$$

- **Na** ให้ **เปอร์ออกไซด์** (Na_2O_2) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก — ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกไซด์ + ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$$2Na + O_2 \rightarrow Na_2O_2 \qquad Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2O_2$$

- **K, Rb, Cs** ให้ **ซุปเปอร์ออกไซด์** (KO_2 ฯลฯ) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก — ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกไซด์ + ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + แก๊สออกซิเจน

$$K + O_2 \rightarrow KO_2 \qquad 2KO_2 + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2O_2 + O_2$$

ระวัง: อย่าเขียนสมการเผาโลหะหมู่ IA ทุกตัวเป็น $4M + O_2 \rightarrow 2M_2O$ เหมือนกันหมด — ข้อสอบมักให้ผลิตภัณฑ์จริง (เปอร์ออกไซด์/ซุปเปอร์ออกไซด์) มาแล้วให้หาว่าเป็นโลหะตัวใด หรือให้เขียนสมการปฏิกิริยากับน้ำที่ต้องมีทั้ง 2 หรือ 3 ผลิตภัณฑ์ตามชนิดออกไซด์

ตัวอย่างโจทย์ 10.1

โจทย์: โซเดียม 4.6 g ทำปฏิกิริยากับน้ำจนหมด จะได้แก๊สไฮโดรเจนกี่ลิตรที่ STP (Na = 23)

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — เขียนสมการดุล:

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

ขั้นที่ 2 — หาโมล Na:

$$4.6\ \cancel{g\ Na} \times \frac{1\ mol\ Na}{23\ \cancel{g\ Na}} = 0.2\ mol\ Na$$

ขั้นที่ 3 — เทียบอัตราส่วนโมลจากสมการ (Na ต่อ H_2 = 2 ต่อ 1):

$$0.2\ \cancel{mol\ Na} \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ \cancel{mol\ Na}} = 0.1\ mol\ H_2$$

ขั้นที่ 4 — แปลงเป็นปริมาตรที่ STP:

$$0.1\ \cancel{mol} \times \frac{22.4\ L}{1\ \cancel{mol}} = 2.24\ L$$

ตอบ: ได้แก๊ส H_2 ปริมาตร **2.24 ลิตร** ที่ STP

ตัวอย่างโจทย์ 10.2

โจทย์: เผาแมกนีเซียม 4.8 g ในออกซิเจนส่วนเกินจนสมบูรณ์ จะได้ MgO กี่กรัม (Mg = 24, O = 16)

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — สมการดุล:

$$2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$$

ขั้นที่ 2 — โมล Mg:

$$4.8\ \cancel{\text{g Mg}} \times \frac{1\ \text{mol Mg}}{24\ \cancel{\text{g Mg}}} = 0.2\ \text{mol Mg}$$

ขั้นที่ 3 — อัตราส่วน Mg ต่อ MgO = 2 ต่อ 2 = 1 ต่อ 1 → ได้ MgO 0.2 mol

ขั้นที่ 4 — มวล MgO (มวลสูตร $= 24 + 16 = 40$):

$$0.2\ \cancel{\text{mol MgO}} \times \frac{40\ \text{g MgO}}{1\ \cancel{\text{mol MgO}}} = 8.0\ \text{g}$$

ตอบ: ได้ MgO หนัก **8.0 กรัม**

11. สมบัติของธาตุหมู่ VIIA (แฮโลเจน)

configuration ลงท้าย ns^2np^5 → อยากได้อิเล็กตรอนอีก 1 ตัว → เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี เกิด X^- และอยู่เป็นโมเลกุลอะตอมคู่ X_2 เสมอ

ธาตุ	สถานะที่อุณหภูมิห้อง	สี
F_2	แก๊ส	เหลืองอ่อน
Cl_2	แก๊ส	เขียวอมเหลือง
Br_2	**ของเหลว**	น้ำตาลแดง
I_2	ของแข็ง (ระเหิดได้)	ม่วงดำ

จุดเดือด/หลอมเหลวเพิ่มลงตามหมู่ เพราะแรงลอนดอนเพิ่มตามขนาดโมเลกุล — สวนทางกับความว่องไวปฏิกิริยาที่ **ลดลง** ตามหมู่ (F_2 ดุสุด)

กฎการแทนที่: แฮโลเจนตัวบน (ออกซิไดส์เก่งกว่า) แทนที่ไอออนของตัวล่างได้ แต่ย้อนกลับไม่ได้:

$$Cl_2 + 2Br^- \rightarrow 2Cl^- + Br_2$$

ส่วน I_2 ใส่ลงสารละลาย Br^- จะ **ไม่เกิดปฏิกิริยา** เพราะ I อยู่ล่างกว่า Br

ข้อสอบชอบให้สังเกตสี: เขย่า Cl_2 กับสารละลาย KBr แล้วชั้นตัวทำละลายอินทรีย์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง = เกิด Br_2

ตัวอย่างโจทย์ 11.1

โจทย์: ผ่านแก๊ส Cl_2 7.1 g ลงในสารละลาย KBr ที่มากเกินพอ จะเกิด Br_2 กี่กรัม (Cl = 35.5, Br = 80)

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — สมการดุล:

$$Cl_2 + 2KBr \rightarrow 2KCl + Br_2$$

ขั้นที่ 2 — โมล Cl_2 (มวลโมเลกุล $= 2 \times 35.5 = 71$):

$$7.1\ \cancel{g\ Cl_2} \times \frac{1\ \text{mol}\ Cl_2}{71\ \cancel{g\ Cl_2}} = 0.1\ \text{mol}\ Cl_2$$

ขั้นที่ 3 — อัตราส่วน Cl_2 ต่อ Br_2 = 1 ต่อ 1 → เกิด Br_2 0.1 mol

ขั้นที่ 4 — มวล Br_2 (มวลโมเลกุล $= 2 \times 80 = 160$):

$$0.1\ \cancel{\text{mol}\ Br_2} \times \frac{160\ \text{g}\ Br_2}{1\ \cancel{\text{mol}\ Br_2}} = 16\ \text{g}$$

ตอบ: เกิด Br_2 หนัก **16 กรัม**

12. แก๊สมีสกุล (หมู่ VIIIA)

He Ne Ar Kr Xe Rn — configuration ครบออกเตต (ns^2np^6 ยกเว้น He เป็น $1s^2$) จึง:

- เฉื่อยต่อปฏิกิริยาอย่างยิ่ง อยู่เป็น **อะตอมเดี่ยว** (monatomic) ไม่จับคู่แบบแฮโลเจน
- IE_1 สูงสุดในคาบของตัวเอง (He คือธาตุที่ IE สูงสุดในตารางธาตุ)
- จุดเดือดต่ำมาก (He เดือดที่ประมาณ 4 K) และเพิ่มขึ้นลงตามหมู่ตามแรงลอนดอน
- ไม่ได้เฉื่อย 100%: Xe ตัวใหญ่ IE ต่ำพอ เกิดสารประกอบกับธาตุ EN สูงจัดได้ เช่น XeF_2, XeF_4, XeO_3 — ประเด็นนี้ออกสอบแนว "ข้อใดผิด" บ่อย
- การใช้งาน: He เติมบอลลูน/หล่อเย็น, Ne หลอดไฟโฆษณา, Ar สร้างบรรยากาศเฉื่อยในหลอดไฟและงานเชื่อม

13. ธาตุแทรนซิชันเบื้องต้น (บล็อก d)

ธาตุแทรนซิชันคือธาตุที่อิเล็กตรอนกำลังเติมออร์บิทัล d (คาบ 4 คือ Sc–Zn เติม $3d$ ตามหลักสูตรไทย/สสวท. — แต่ตามนิยาม IUPAC เคร่งครัด Zn ไม่ใช่ธาตุแทรนซิชัน เพราะ $3d$ เต็มทั้งในอะตอม $[Ar]\ 3d^{10}\ 4s^2$ และไอออน $Zn^{2+} = [Ar]\ 3d^{10}$ — สอดคล้องกับที่ Zn^{2+} ไม่มีสีในข้อ 2 ด้านล่าง) สมบัติเด่นที่ต่างจากธาตุหมู่ A:

1. **เลขออกซิเดชันหลายค่า** เช่น Fe เป็น +2/+3, Mn เป็นได้ตั้งแต่ +2 ถึง +7 (ใน $KMnO_4$) — เพราะพลังงานของ $3d$ กับ $4s$ ใกล้กันมาก
2. **สารประกอบ/ไอออนมีสี** เช่น Cu^{2+} ฟ้า, Fe^{3+} เหลืองส้ม, MnO_4^- ม่วง, $Cr_2O_7^{2-}$ ส้ม — สีเกิดจากการดูดกลืนแสงของอิเล็กตรอน d (ไอออนที่เป็น d^0 หรือ d^{10} เช่น Sc^{3+}, Zn^{2+} จึง **ไม่มีสี**)
3. เป็น **ตัวเร่งปฏิกิริยา** ที่ดี (Fe ในกระบวนการ Haber, V_2O_5 ในกระบวนการ Contact, Ni ในไฮโดรจิเนชัน)
4. แข็ง จุดหลอมเหลวสูง นำไฟฟ้าดี ขนาดอะตอมในคาบเดียวกัน **เปลี่ยนน้อย** (ต่างจากหมู่ A ที่ลดชัดเจน)
5. เกิด **ไอออนเชิงซ้อน** เช่น $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ สีน้ำเงินเข้ม

กฎเหล็กเรื่อง configuration: ตอน "เติม" อิเล็กตรอน เติม $4s$ ก่อน $3d$ แต่ตอน "ดึงออกเป็นไอออนบวก" ต้อง **ดึง $4s$ ออกก่อนเสมอ**

ข้อยกเว้นครึ่งเต็ม/เต็ม: $Cr = [Ar]\ 3d^5\ 4s^1$ และ $Cu = [Ar]\ 3d^{10}\ 4s^1$

ตัวอย่างโจทย์ 13.1

โจทย์: จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Fe ($Z = 26$), Fe^{2+} และ Fe^{3+} พร้อมอธิบายว่าเหตุใด Fe^{3+} จึงเสถียรกว่า Fe^{2+}

วิธีทำทีละขั้น:

ขั้นที่ 1 — อะตอม Fe มี 26 อิเล็กตรอน:

$$\mathrm{Fe} : [\mathrm{Ar}]\ 3d^6\, 4s^2$$

ขั้นที่ 2 — เกิด Fe^{2+} ดึง 2 ตัวจาก $4s$ ก่อน (ห้ามดึง $3d$ ก่อนเด็ดขาด):

$$\mathrm{Fe}^{2+} : [\mathrm{Ar}]\ 3d^6$$

ขั้นที่ 3 — เกิด Fe^{3+} ดึงต่ออีก 1 ตัวจาก $3d$:

$$\mathrm{Fe}^{3+} : [\mathrm{Ar}]\ 3d^5$$

ขั้นที่ 4 — อธิบาย: $3d^5$ คือสภาวะ **ครึ่งเต็ม** (อิเล็กตรอนเดี่ยวครบทั้ง 5 ออร์บิทัล สมมาตร แรงผลักต่ำ) จึงเสถียรเป็นพิเศษ — นี่คือเหตุผลที่ Fe^{2+} ในอากาศค่อยๆ ถูกออกซิไดส์เป็น Fe^{3+}

📌 สรุปสูตรและประเด็นต้องจำ

หัวข้อ	สูตร / ข้อเท็จจริง	หมายเหตุ
พลังงานโบร์ (1 อิเล็กตรอน)	$E_n = -13.6 \times \dfrac{Z^2}{n^2}\ \mathrm{eV}$	ใช้ได้เฉพาะระบบอิเล็กตรอนเดียว เช่น H, He^+, Li^{2+}, Be^{3+}
นิยาม IE	$\mathrm{M}(g) \rightarrow \mathrm{M}^+(g) + e^-$	ต้องสถานะแก๊สเสมอ, $IE_1 < IE_2 < \cdots$
หาหมู่จาก IE	หมู่ = จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดก่อนค่ากระโดด	ดูอัตราส่วนค่าที่ติดกัน
ประจุนิวเคลียสสุทธิ	$Z_{eff} = Z - S$	อธิบายแนวโน้มในคาบ
ไอโซอิเล็กทรอนิก	Z มาก → ขนาดเล็ก	นับอิเล็กตรอนก่อนทุกครั้ง
เกณฑ์ ΔEN	< 0.5 ไม่มีขั้ว / 0.5–1.7 มีขั้ว / > 1.7 ไอออนิก	ค่าประมาณ ไม่ใช่เส้นแบ่งเด็ดขาด
แปลงหน่วยพลังงาน	$1\ \mathrm{eV} = 96.485\ \mathrm{kJ/mol}$	ใช้กับผลจากสูตรโบร์
STP	$1\ \mathrm{mol} = 22.4\ \mathrm{L}$	ใช้กับแก๊สเท่านั้น
ไม่ใช่ STP	$PV = nRT, R = 0.0821\ \mathrm{L{\cdot}atm/(mol{\cdot}K)}$	อุณหภูมิต้องเป็นเคลวิน
ลำดับ IE คาบ 2	Li < B < Be < C < O < N < F < Ne	ข้อยกเว้น Be > B และ N > O
EA เด่นสุด	Cl (ไม่ใช่ F)	F เล็กเกิน แรงผลักสูง

หัวข้อ	สูตร / ข้อเท็จจริง	หมายเหตุ
EN สุดขั้ว	F = 4.0 มากสุด, Cs/Fr ประมาณ 0.7 น้อยสุด	จำ F, O, N≈Cl = 4.0, 3.5, 3.0
config แทรนซิชัน	เติม $4s$ ก่อน $3d$ / ดึงออกจาก $4s$ ก่อน	Cr, Cu เป็นข้อยกเว้น $4s^1$

แนวโน้มรวมในหนึ่งบรรทัด: ไปทางขวา-ขึ้นบนของตาราง → ขนาดลด, IE/EA/EN เพิ่ม, ความเป็นโลหะลด — ทุกอย่างสวนทางกับขนาดอะตอม (ยกเว้นจุดหลอมเหลวที่ไม่เป็นแนวโน้มเดี่ยว)

⚠️ จุดที่เด็กพลาดบ่อย

- **ลืมว่า IE ต้องเป็นสถานะแก๊ส** — ถ้าโจทย์ให้สมการที่สารเป็น (s) หรือ (aq) นั่นไม่ใช่นิยาม IE ให้ตัดตัวเลือกทิ้งทันที
- **ท่องแนวโน้ม IE ในคาบแบบเส้นตรง** แล้วโดนข้อยกเว้นดัก — จำคู่ Be > B และ N > O ให้ขึ้นใจพร้อมเหตุผล ($2s$ เต็ม กับ $2p^3$ ครึ่งเต็ม) เพราะข้อสอบชอบถามเหตุผลด้วย
- **ตอบ F เมื่อถูกถามว่าธาตุใด EA มากสุด** — ที่ถูกคือ Cl; F ชนะเฉพาะเรื่อง EN ไม่ใช่ EA แยกสองคำนี้ให้ชัด: EA = รับอิเล็กตรอนตอนเป็นอะตอมเดี่ยวในสถานะแก๊ส, EN = ดึงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ
- **เรียงขนาดไอออนไอโซอิเล็กทรอนิกตามเลขหมู่** — วิธีที่ถูกคือนับอิเล็กตรอนยืนยันว่าเท่ากันก่อน แล้วใช้ Z ตัดสิน (Z มาก = เล็ก) อย่าเดาจากตำแหน่งในตาราง
- **ดึงอิเล็กตรอน $3d$ ออกก่อน $4s$ ตอนเขียน config ไอออนแทรนซิชัน** — ผิดคลาสสิก! เติม $4s$ ก่อนก็จริง แต่ดึงออกต้องเอา $4s$ ออกก่อนเสมอ เช่น Fe^{2+} คือ $[Ar]\,3d^6$ ไม่ใช่ $[Ar]\,3d^4\,4s^2$
- **สรุปว่าแก๊สมีสกุลไม่เกิดสารประกอบเลย** — Xe เกิด XeF_2, XeF_4 ได้ ข้อความ "เฉื่อยสมบูรณ์ 100%" คือตัวเลือกหลอกยอดนิยม
- **สับสนทิศความว่องไวของแฮโลเจนกับจุดเดือด** — ความว่องไว *ลดลง* ตามหมู่ (F_2 ดุสุด) แต่จุดเดือด *เพิ่มขึ้น* ตามหมู่ (I_2 เป็นของแข็ง) สองแนวโน้มนี้สวนทางกัน อย่าจำสลับ
- **ใช้ 22.4 L/mol กับสารที่ไม่ใช่แก๊สหรือไม่ใช่ STP** — เช็กเงื่อนไขโจทย์ก่อนคูณทุกครั้ง ถ้าไม่ใช่ STP ต้องใช้ $PV = nRT$ กับ $R = 0.0821\ \mathrm{L{\cdot}atm/(mol{\cdot}K)}$ และแปลงอุณหภูมิเป็นเคลวิน
- **ลืมดุลสมการก่อนเทียบโมล** — โดยเฉพาะ $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$ ที่อัตราส่วน Na ต่อ H_2 = 2 ต่อ 1 ไม่ใช่ 1 ต่อ 1 เด็กครึ่งห้องได้ปริมาตรเกินจริงสองเท่าเพราะจุดนี้

✏️ แบบฝึกหัดท้ายบท (46 ข้อ — เรียงตามหัวข้อ ง่าย→ยาก)

แนวโน้มสมบัติธาตุ (ขนาด IE EN EA)

ข้อ 1 ★☆☆☆☆

ธาตุหมู่ IA ได้แก่ Li, Na, K และ Rb ข้อใดมีขนาดอะตอมใหญ่ที่สุด

ก. K

ข. Rb

ค. Na

ง. Li

ข้อ 2 ★★☆☆☆

กำหนดธาตุในคาบ 3 ได้แก่ Na, Al, P และ Cl ข้อใดเรียงลำดับขนาดอะตอมจากใหญ่ไปเล็กได้ถูกต้อง

ก. Na > Al > P > Cl

ข. Cl > P > Al > Na

ค. Na > P > Al > Cl

ง. Al > Na > Cl > P

ข้อ 3 ★★★☆☆

อนุภาค O^{2-}, F^{-}, Na^{+} และ Mg^{2+} ต่างมีอิเล็กตรอน 10 ตัวเท่ากัน (isoelectronic) ข้อใดเรียงลำดับขนาดอนุภาคจากเล็กไปใหญ่ได้ถูกต้อง (กำหนดเลขอะตอม O = 8, F = 9, Na = 11, Mg = 12)

ก. $O^{2-} < F^{-} < Na^{+} < Mg^{2+}$

ข. $F^{-} < O^{2-} < Mg^{2+} < Na^{+}$

ค. $Na^{+} < Mg^{2+} < O^{2-} < F^{-}$

ง. $Mg^{2+} < Na^{+} < F^{-} < O^{2-}$

ข้อ 4 ★★★★☆

สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (พลังงานที่คายออกเมื่ออะตอมในสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอน 1 ตัว) ของ F เท่ากับ 328 kJ/mol แต่ของ Cl เท่ากับ 349 kJ/mol ทั้งที่ F อยู่เหนือ Cl ในหมู่ VIIA ข้อใดอธิบายความผิดปกตินี้ได้ถูกต้องที่สุด

ก. เพราะ Cl มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่า F จึงดึงดูดอิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้ามาได้ดีกว่า

ข. เพราะ Cl มีจำนวนโปรตอนมากกว่า แรงดึงดูดต่ออิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้ามาจึงมากกว่าเสมอไม่ว่ากรณีใด

ค. เพราะสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของธาตุทุกหมู่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากบนลงล่างเป็นปกติอยู่แล้ว

ง. เพราะอะตอม F มีขนาดเล็กมาก อิเล็กตรอนในออร์บิทัล 2p อยู่กันอย่างหนาแน่น อิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้ามาจึงถูกแรงผลักมาก ทำให้คายพลังงานน้อยกว่าที่ควร

ข้อ 5 ★★★★☆

กำหนดค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี: Na = 0.9, Al = 1.5, H = 2.1, S = 2.5, Cl = 3.0, F = 4.0 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. พันธะ H-S มีขั้วมากกว่าพันธะ H-Cl เพราะ S มีขนาดอะตอมใหญ่กว่า Cl

ข. อิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุในคาบเดียวกันมีแนวโน้มลดลงจากซ้ายไปขวา

ค. NaCl มีความเป็นไอออนิกมากกว่า $AlCl_3$ เพราะผลต่างอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ NaCl มากกว่า

ง. F มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงที่สุดเพราะมีขนาดอะตอมใหญ่ที่สุดในหมู่ VIIA

ข้อ 6 ★★★★★

กำหนดธาตุ Na (เลขอะตอม 11), Mg (เลขอะตอม 12) และ Al (เลขอะตอม 13) ข้อใดเรียงลำดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 2 (IE_2) จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. Na > Al > Mg

ข. Al > Mg > Na

ค. Na > Mg > Al

ง. Mg > Al > Na

ข้อ 7 ★★★★★

ข้อใดเรียงลำดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 (IE_1) ของธาตุ C, N, O และ F ในคาบ 2 จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. F > O > N > C

ข. C > N > O > F

ค. N > F > O > C

ง. F > N > O > C

การระบุ/ทำนายธาตุจากเบาะแสตำแหน่งและ config

ข้อ 8 ★☆☆☆☆

ธาตุ X มีเลขอะตอม 17 ข้อใดระบุตำแหน่งของธาตุ X ในตารางธาตุได้ถูกต้อง

ก. หมู่ VA คาบ 3 บล็อก p

ข. หมู่ VIIA คาบ 2 บล็อก p

ค. หมู่ VIIA คาบ 3 บล็อก p

ง. หมู่ VIIB คาบ 3 บล็อก d

ข้อ 9 ★★☆☆☆

ไอออน X^{2-} มีจำนวนอิเล็กตรอน 18 ตัว ธาตุ X อยู่หมู่ใดและคาบใดของตารางธาตุ

ก. หมู่ IIA คาบ 4

ข. หมู่ VIIIA คาบ 3

ค. หมู่ VIA คาบ 3

ง. หมู่ IVA คาบ 3

ข้อ 10 ★★★☆☆

ไอออน X^{3+} มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับอะตอมคริปทอน (Kr, เลขอะตอม 36) ข้อใดระบุตำแหน่งของธาตุ X ในตารางธาตุได้ถูกต้อง

ก. หมู่ VA คาบ 4 บล็อก p

ข. หมู่ IA คาบ 5 บล็อก s

ค. หมู่ IIIB คาบ 5 บล็อก d

ง. หมู่ IIIA คาบ 5 บล็อก p

ข้อ 11 ★★★☆☆

ธาตุ M มีพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ถึง 5 ดังนี้ $IE_1 = 0.74, IE_2 = 1.45, IE_3 = 7.73, IE_4 = 10.54, IE_5 = 13.63$ MJ/mol ตามลำดับ ธาตุ M ควรอยู่หมู่ใดของตารางธาตุ

ก. หมู่ IA

ข. หมู่ IIA

ค. หมู่ IIIA

ง. หมู่ VA

ข้อ 12 ★★★★☆

ธาตุ X, Y และ Z เป็นธาตุในคาบ 3 (สัญลักษณ์ทั้งหมดไม่ใช่สัญลักษณ์จริงของธาตุ) มีสมบัติดังนี้

- X ทำปฏิกิริยากับน้ำเย็นได้อย่างรวดเร็ว ให้แก๊ส H_2 และสารละลายที่เปลี่ยนฟีนอล์ฟทาลีนเป็นสีชมพูเข้ม
- Y เกิดสารประกอบคลอไรด์สูตร YCl_2 และแทบไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำเย็น
- ออกไซด์ของ Z มีสูตร ZO_3 ละลายน้ำได้สารละลายกรดแก่ พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) ขนาดอะตอมเรียงลำดับเป็น X > Y > Z (ข) สารประกอบระหว่าง X กับ Z มีสูตร X_2Z (ค) ออกไซด์ของ Y ละลายน้ำแล้วเปลี่ยนกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นสีแดง ข้อใดถูกต้อง

ก. เฉพาะ (ก) และ (ข)

ข. เฉพาะ (ข) และ (ค)

ค. เฉพาะ (ก) และ (ค)

ง. ทั้ง (ก) (ข) และ (ค)

ข้อ 13 ★★★★★

ไอออน M^{2+} ของธาตุ M มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น $[Ar]\ 3d^5$ พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) ธาตุ M อยู่คาบ 4 และเป็นธาตุบล็อก d (ข) อะตอม M มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น $[Ar]\ 3d^5\ 4s^2$ (ค) เลขออกซิเดชันสูงสุดของ M ในสารประกอบคือ $+7$ (ง) ธาตุ M อยู่หมู่ VB ข้อใดถูกต้อง

ก. เฉพาะ (ก) (ข) และ (ค)

ข. เฉพาะ (ก) และ (ง)

ค. เฉพาะ (ข) และ (ค)

ง. ทั้ง (ก) (ข) (ค) และ (ง)

ออกไซด์กรด-เบสและปฏิกิริยากับน้ำ/คลอรีน

ข้อ 14 ★☆☆☆☆

ออกไซด์ในข้อใดเป็นออกไซด์กรด

ก. Na_2O

ข. CO_2

ค. CaO

ง. MgO

ข้อ 15 ★★☆☆☆

เมื่อผ่านแก๊ส SO_2 ลงในน้ำที่หยดสารละลายลิตมัสไว้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

ก. ได้สารละลาย H_2SO_4 ลิตมัสเปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นแดง

ข. ได้สารละลาย H_2SO_3 ลิตมัสเปลี่ยนจากแดงเป็นน้ำเงิน

ค. แก๊สไม่ละลายน้ำ ลิตมัสไม่เปลี่ยนสี

ง. ได้สารละลาย H_2SO_3 ลิตมัสเปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นแดง

ข้อ 16 ★★★☆☆

พิจารณาข้อความเกี่ยวกับสมบัติกรด-เบสของออกไซด์ต่อไปนี้ (ก) Na_2O ละลายน้ำได้สารละลายที่เปลี่ยนกระดาษลิตมัสสีแดงเป็นสีน้ำเงิน (ข) P_4O_{10} ทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรด H_3PO_4 (ค) SiO_2 เป็นออกไซด์กรด แม้ไม่ละลายน้ำแต่ทำปฏิกิริยากับเบสแก่หลอมเหลว เช่น NaOH ได้ ข้อใดถูกต้อง

ก. เฉพาะ (ก) และ (ข)

ข. เฉพาะ (ข) และ (ค)

ค. เฉพาะ (ก) และ (ค)

ง. ทั้ง (ก) (ข) และ (ค)

ข้อ 17 ★★★☆☆

ออกไซด์ของธาตุคาบ 3 ในข้อใดมีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก คือทำปฏิกิริยาได้ทั้งกับกรดและเบส

ก. Al_2O_3

ข. Na_2O

ค. MgO

ง. SO_3

ข้อ 18 ★★★★☆

โลหะ M หนัก 2.70 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊ส Cl_2 ปริมาตร 3.36 ลิตร ที่ STP ได้สารประกอบคลอไรด์เพียงชนิดเดียว ข้อใดถูกต้อง (กำหนดมวลอะตอม Na = 23, Mg = 24, Al = 27, Ca = 40 และแก๊ส 1 โมลที่ STP มีปริมาตร 22.4 ลิตร)

ก. M คือ Na และคลอไรด์มีสูตร $NaCl$
ข. M คือ Mg และคลอไรด์มีสูตร $MgCl_2$
ค. M คือ Al และคลอไรด์มีสูตร $AlCl_3$
ง. M คือ Ca และคลอไรด์มีสูตร $CaCl_2$

ข้อ 19 ★★★★★

พิจารณาสมบัติของสารประกอบคลอไรด์ของธาตุคาบ 3 เมื่อใส่ลงในน้ำ (ก) NaCl ละลายน้ำได้สารละลายที่เป็นกลาง (ข) $AlCl_3$ ละลายน้ำได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด (ค) PCl_5 ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ เกิดควันขาวของแก๊ส HCl (ง) $SiCl_4$ ละลายน้ำได้สารละลายที่เป็นกลางเช่นเดียวกับ NaCl ข้อใดถูกต้อง

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

ธาตุแทรนซิชัน เลขออกซิเดชัน และสารเชิงซ้อน

ข้อ 20 ★☆☆☆☆

ธาตุในข้อใดเป็นธาตุแทรนซิชัน

ก. Ca (เลขอะตอม 20)
ข. K (เลขอะตอม 19)
ค. Fe (เลขอะตอม 26)
ง. Br (เลขอะตอม 35)

ข้อ 21 ★★☆☆☆

โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) เป็นสารละลายสีม่วงที่ใช้เป็นตัวออกซิไดส์ เลขออกซิเดชันของ Mn ในสารนี้เท่ากับเท่าใด

ก. $+2$
ข. $+5$
ค. $+6$
ง. $+7$

ข้อ 22 ★★★☆☆

กำหนดสารประกอบของคลอรีน 4 ชนิด ได้แก่ $NaClO$, $NaClO_3$, $Ca(ClO_4)_2$ และ HCl ข้อใดเรียงลำดับสารตามเลขออกซิเดชันของ Cl จากน้อยไปมากได้ถูกต้อง

ก. $NaClO < HCl < NaClO_3 < Ca(ClO_4)_2$
ข. $HCl < NaClO < NaClO_3 < Ca(ClO_4)_2$
ค. $Ca(ClO_4)_2 < NaClO_3 < NaClO < HCl$
ง. $NaClO < NaClO_3 < Ca(ClO_4)_2 < HCl$

ข้อ 23 ★★★☆☆

ข้อใด "ไม่ใช่" สมบัติทั่วไปของธาตุแทรนซิชันในคาบ 4 (Sc ถึง Zn)

ก. สารประกอบและไอออนในสารละลายมักมีสี เช่น Cu^{2+} มีสีฟ้า
ข. มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นต่ำกว่าโลหะหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
ค. ธาตุส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า เช่น Fe เป็น +2 และ +3
ง. อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุในออร์บิทัล 3d จึงจัดเป็นธาตุบล็อก d

---

ข้อ 24 ★★★★☆

สารเชิงซ้อน $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ เป็นของแข็งสีน้ำเงินเข้ม เลขออกซิเดชันของ Cu และประจุของไอออนเชิงซ้อน $[Cu(NH_3)_4]$ เป็นไปตามข้อใดตามลำดับ

ก. $+2$ และ $+2$
ข. $+2$ และ 0
ค. $+1$ และ $+1$
ง. $+6$ และ $+2$

ข้อ 25 ★★★★★

กำหนดสารเชิงซ้อน 2 ชนิด ได้แก่ $K_3[Fe(CN)_6]$ และ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$ ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง (กำหนดให้ลิแกนด์ CN^- มีประจุ -1, Cl^- มีประจุ -1 และ H_2O เป็นกลาง)

ก. Fe มีเลขออกซิเดชัน $+2$ และ Cr มีเลขออกซิเดชัน $+3$
ข. Fe มีเลขออกซิเดชัน $+3$ และ Cr มีเลขออกซิเดชัน $+1$
ค. Fe และ Cr มีเลขออกซิเดชัน $+3$ เท่ากัน และเลขโคออร์ดิเนชันของโลหะทั้งสองเท่ากับ 6
ง. Fe มีเลขออกซิเดชัน $+6$ เพราะจับกับลิแกนด์ 6 ตัว และ Cr มีเลขออกซิเดชัน $+3$

สมบัติเฉพาะหมู่ธาตุ (แฮโลเจน แอลคาไล ไฮโดรเจน ออกซิเจน)

ข้อ 26 ★☆☆☆☆

เหตุใดจึงต้องเก็บโลหะโซเดียมไว้ในน้ำมัน

ก. เพราะโซเดียมว่องไวมาก ทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจนในอากาศได้ทันที น้ำมันช่วยกันไม่ให้สัมผัสกัน
ข. เพราะโซเดียมระเหิดได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันช่วยลดการระเหิด
ค. เพราะโซเดียมละลายในน้ำมันแล้วเสถียรขึ้น กลายเป็นสารประกอบที่ไม่ว่องไว
ง. เพราะโซเดียมมีความหนาแน่นสูงมาก ต้องใช้น้ำมันพยุงไม่ให้ตกกระแทกแตก

ข้อ 27 ★★☆☆☆

เมื่อเผาโลหะหมู่ IA ได้แก่ Li, Na และ K ในแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอจนสมบูรณ์ ข้อใดจับคู่โลหะกับชนิดออกไซด์หลักที่ได้ถูกต้อง

ก. Li ให้เปอร์ออกไซด์, Na ให้ออกไซด์ปกติ, K ให้ซุปเปอร์ออกไซด์
ข. Li ให้ออกไซด์ปกติ, Na ให้เปอร์ออกไซด์, K ให้ซุปเปอร์ออกไซด์
ค. Li ให้ซุปเปอร์ออกไซด์, Na ให้เปอร์ออกไซด์, K ให้ออกไซด์ปกติ
ง. ทั้งสามธาตุให้ออกไซด์ปกติเหมือนกันหมด เพราะอยู่หมู่เดียวกัน

ข้อ 28 ★★☆☆☆

เหตุผลข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุดว่าเพราะเหตุใดแก๊สมีสกุล (หมู่ VIIIA) จึงไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- **ก.** เพราะเป็นแก๊สที่มีความหนาแน่นต่ำ อนุภาคจึงชนกันน้อยครั้ง ปฏิกิริยาจึงเกิดยาก
- **ข.** เพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 (ยกเว้น He ครบ 2) เป็นการจัดเรียงที่เสถียร และมีพลังงานไอออไนเซชันสูงมาก
- **ค.** เพราะมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงที่สุดในตารางธาตุ จึงไม่ยอมให้อิเล็กตรอนแก่ธาตุอื่น
- **ง.** เพราะอะตอมมีขนาดเล็กและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูง จึงไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น

ข้อ 29 ★★★☆☆

ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีตำแหน่งพิเศษในตารางธาตุ เพราะมีสมบัติบางประการคล้ายธาตุหมู่ IA และบางประการคล้ายธาตุหมู่ VIIA ข้อใดเป็นสมบัติของไฮโดรเจนที่คล้ายธาตุหมู่ VIIA

- **ก.** มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 ตัว จึงเสียอิเล็กตรอนง่ายและมีพลังงานไอออไนเซชันต่ำเหมือนธาตุหมู่ VIIA
- **ข.** เกิดสารประกอบกับโลหะโดยมีเลขออกซิเดชัน -1 เช่นใน NaH เช่นเดียวกับ Cl ที่มีเลขออกซิเดชัน -1 ใน NaCl
- **ค.** เป็นของแข็งที่ระเหิดได้ที่อุณหภูมิห้องเหมือน I_2
- **ง.** มีเลขออกซิเดชันได้สูงสุดถึง $+7$ เหมือนธาตุหมู่ VIIA

ข้อ 30 ★★★☆☆

เมื่อนำโซเดียมเปอร์ออกไซด์ (Na_2O_2) ไปทำปฏิกิริยากับน้ำปริมาณมากเกินพอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงกับข้อใด

- **ก.** $NaOH$ เท่านั้น
- **ข.** $NaOH$ และแก๊ส H_2
- **ค.** $NaOH$ และ H_2O_2
- **ง.** $NaOH$, H_2O_2 และแก๊ส O_2

ข้อ 31 ★★★☆☆

พิจารณาข้อความเกี่ยวกับออกไซด์ของโลหะหมู่ IA ต่อไปนี้ (ก) Li_2O ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ $LiOH$ เท่านั้น ไม่มีผลิตภัณฑ์อื่นปน (ข) Na_2O_2 ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ $NaOH$ และ H_2O_2 (ค) KO_2 ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ KOH, H_2O_2 และแก๊ส O_2 (ง) ยิ่งโลหะหมู่ IA อยู่ล่างของหมู่มากเท่าใด ผลิตภัณฑ์ออกไซด์ที่ได้จากการเผาในออกซิเจนยิ่งซับซ้อนขึ้น (มีอะตอมออกซิเจนต่อหน่วยสูตรมากขึ้น) ข้อใดถูกต้อง

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

ข้อ 32 ★★★☆☆

พิจารณาการทดลองต่อไปนี้ (ก) ผ่านแก๊ส Cl_2 ลงในสารละลาย KBr (ข) หยดสารละลาย Br_2 ลงในสารละลาย KCl (ค) หยดสารละลาย Br_2 ลงในสารละลาย KI ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

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

ข้อ 33 ★★★☆☆

เมื่อนำโลหะ K, Na และ Mg ขนาดเท่ากันใส่ลงในน้ำเย็นทีละชนิด ข้อใดเรียงลำดับความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับน้ำจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

ก. Mg > Na > K

ข. Na > K > Mg

ค. K > Na > Mg

ง. Mg > K > Na

ข้อ 34 ★★★★☆

เผาโพแทสเซียม (K) หนัก 7.8 กรัม ในแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอจนกลายเป็นซุปเปอร์ออกไซด์ (KO_2) สมบูรณ์ แล้วนำ KO_2 ทั้งหมดไปทำปฏิกิริยากับน้ำปริมาณมากเกินพอ จะเกิดแก๊ส O_2 กี่ลิตรที่ STP (กำหนด K = 39, แก๊ส 1 โมลที่ STP มีปริมาตร 22.4 ลิตร)

ก. 1.12 ลิตร

ข. 2.24 ลิตร

ค. 4.48 ลิตร

ง. 0.56 ลิตร

ข้อ 35 ★★★★☆

ออกซิเจนเกิดสารประกอบได้หลายรูปแบบ ข้อใดเรียงลำดับเลขออกซิเดชันของอะตอม O ในสาร H_2O, H_2O_2, KO_2 และ OF_2 จากน้อยไปมากได้ถูกต้อง

ก. $OF_2 < KO_2 < H_2O_2 < H_2O$

ข. $H_2O < H_2O_2 < KO_2 < OF_2$

ค. $H_2O < KO_2 < H_2O_2 < OF_2$

ง. $H_2O_2 < H_2O < OF_2 < KO_2$

ข้อ 36 ★★★★★

พิจารณาข้อความเกี่ยวกับธาตุหมู่ VIIA และสารประกอบไฮโดรเจนแฮไลด์ (HX) ต่อไปนี้ (ก) สารละลายของ I_2 ในตัวทำละลาย CCl_4 มีสีม่วง (ข) HF มีจุดเดือดสูงที่สุดในบรรดา HX เพราะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล (ค) ความแรงของกรดไฮโดรแฮลิกเรียงเป็น HF > HCl > HBr > HI ตามค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของแฮโลเจน (ง) เมื่อผ่านแก๊ส Cl_2 ลงในสารละลาย KI จะเกิด I_2 ขึ้น ข้อใดถูกต้อง

ก. เฉพาะ (ก) และ (ค)

ข. เฉพาะ (ข) (ค) และ (ง)

ค. ทั้ง (ก) (ข) (ค) และ (ง)

ง. เฉพาะ (ก) (ข) และ (ง)

กัมมันตภาพรังสีของธาตุหนักและตำแหน่งในตารางธาตุ

ข้อ 37 ★☆☆☆☆

รังสีชนิดใดมีอำนาจทะลุทะลวงน้อยที่สุด สามารถกั้นได้ด้วยแผ่นกระดาษ

ก. รังสีแอลฟา

ข. รังสีบีตา

ค. รังสีแกมมา

ง. รังสีเอกซ์

ข้อ 38 ★★☆☆☆

ข้อใดจับคู่ไอโซโทปกัมมันตรังสีกับการใช้ประโยชน์ได้ไม่ถูกต้อง

- **ก.** Co-60 ใช้ฉายรังสีแกมมาเพื่อรักษาโรคมะเร็ง
- **ข.** I-131 ใช้ติดตามการทำงานของต่อมไทรอยด์
- **ค.** C-14 ใช้หาอายุวัตถุโบราณที่มีสารอินทรีย์ เช่น ไม้และกระดูก
- **ง.** Na-24 ใช้หาอายุหินและแร่ที่มีอายุหลายพันล้านปี

ข้อ 39 ★★★☆☆

ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีมวลเริ่มต้น 80 กรัม สลายตัวจนเหลือ 5 กรัม ในเวลา 36 วัน ครึ่งชีวิตของไอโซโทปนี้เท่ากับกี่วัน

- **ก.** 4.5 วัน
- **ข.** 9 วัน
- **ค.** 12 วัน
- **ง.** 18 วัน

ข้อ 40 ★★★★☆

ไอโซโทป $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ สลายตัวต่อเนื่องโดยปล่อยรังสีแอลฟาทั้งหมด 6 ครั้ง และรังสีบีตา (β^-) ทั้งหมด 4 ครั้ง ไอโซโทปสุดท้ายที่ได้คือข้อใด (กำหนดเลขอะตอม W = 74, Pt = 78, Pb = 82, Po = 84)

- **ก.** $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$
- **ข.** $^{208}_{78}\mathrm{Pt}$
- **ค.** $^{208}_{74}\mathrm{W}$
- **ง.** $^{212}_{84}\mathrm{Po}$

ข้อ 41 ★★★★★

ไอโซโทป $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ มีครึ่งชีวิต 24 วัน สลายตัวโดยปล่อยรังสีบีตา (β^-) ต่อเนื่อง 2 ครั้ง ได้ไอโซโทปของธาตุ M ถ้าเริ่มต้นมี $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ อยู่ 64 กรัม พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (กำหนดเลขอะตอม Ra = 88, Th = 90, Pa = 91, U = 92) (ก) เมื่อเวลาผ่านไป 72 วัน จะเหลือ $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ อยู่ 8 กรัม (ข) ไอโซโทปของธาตุ M คือ $^{234}_{92}\mathrm{U}$ (ค) การปล่อยบีตา 2 ครั้งทำให้เลขมวลลดลง 8 (ง) ธาตุ M เป็นธาตุในกลุ่มแอกทิไนด์ซึ่งอิเล็กตรอนบรรจุในออร์บิทัล f ข้อใดถูกต้อง

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

ความสัมพันธ์เชิงแนวทแยงระหว่างธาตุ

ข้อ 42 ★★☆☆☆

ธาตุคู่ใดต่อไปนี้แสดง "ความสัมพันธ์เชิงแนวทแยง" (diagonal relationship) กัน คือมีสมบัติทางเคมีคล้ายกันเป็นพิเศษแม้อยู่คนละหมู่

- **ก.** Na และ Mg
- **ข.** Li และ Mg
- **ค.** Li และ Na
- **ง.** Be และ Ca

ข้อ 43 ★★☆☆☆

B (โบรอน, หมู่ IIIA คาบ 2) และ Si (ซิลิคอน, หมู่ IVA คาบ 3) เป็นคู่ธาตุแนวทแยงที่สำคัญอีกคู่หนึ่ง ข้อใดกล่าวถึงสมบัติร่วมของทั้งสองธาตุนี้ได้ถูกต้อง

ก. ทั้งคู่เป็นโลหะทั่วไปที่นำไฟฟ้าได้ดีเยี่ยมเหมือนโลหะแทรนซิชัน

ข. ทั้งคู่เป็นธาตุกึ่งโลหะ มีสมบัตินำไฟฟ้าแบบกึ่งตัวนำ และมีจุดหลอมเหลวสูงมากเพราะเป็นโครงผลึกร่างตาข่ายโควาเลนต์

ค. ทั้งคู่เป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้องและไม่ทำปฏิกิริยากับสารใดเลย

ง. ทั้งคู่เกิดไอออนบวกประจุ +1 ได้ง่ายเหมือนโลหะหมู่ IA

ข้อ 44 ★★★★☆

เพราะเหตุใด Be และ Al ซึ่งอยู่คนละหมู่กัน (Be หมู่ IIA, Al หมู่ IIIA) จึงมีออกไซด์และไฮดรอกไซด์เป็นแอมโฟเทอริกเหมือนกัน ขณะที่ธาตุหมู่ IIA ตัวอื่น เช่น Mg, Ca มีออกไซด์เป็นเบสล้วน

ก. เพราะ Be และ Al มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากันพอดี จึงเกิดไอออนประจุเท่ากัน

ข. เพราะ Be อยู่ตำแหน่งทแยงมุมกับ Al ทำให้มีขนาดอะตอมและประจุนิวเคลียสสุทธิใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ไอออน Be^{2+} มีอำนาจโพลาไรซ์สูงใกล้เคียง Al^{3+} มากกว่าไอออนของ Mg หรือ Ca

ค. เพราะ Be และ Al ต่างก็เป็นธาตุแทรนซิชันบล็อก d เหมือนกัน

ง. เพราะ Be และ Al มีจำนวนโปรตอนเท่ากันพอดี

ข้อ 45 ★★★★☆

พิจารณาข้อความเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงแนวทแยงต่อไปนี้ (ก) Li และ Mg เป็นคู่แนวทแยง เพราะเมื่อ Li เลื่อนลง 1 คาบและเลื่อนขวา 1 หมู่ จะตรงตำแหน่ง Mg พอดี (ข) ความสัมพันธ์เชิงแนวทแยงใช้ได้กับทุกคู่ธาตุที่อยู่ตำแหน่งทแยงมุมกันในตารางธาตุอย่างเท่าเทียมกัน ไม่มีข้อยกเว้น (ค) Be และ Al มีออกไซด์เป็นแอมโฟเทอริกเหมือนกัน (ง) B และ Si ต่างก็เป็นธาตุกึ่งโลหะและมีจุดหลอมเหลวสูงผิดปกติเมื่อเทียบกับธาตุข้างเคียงในหมู่เดียวกัน ข้อใดถูกต้อง

ก. เฉพาะ (ก) และ (ข)

ข. เฉพาะ (ก) (ค) และ (ง)

ค. เฉพาะ (ค) และ (ง)

ง. ทั้ง (ก) (ข) (ค) และ (ง)

ข้อ 46 ★★★★☆

เหตุใดขนาดอะตอมของ Li และ Mg จึงใกล้เคียงกันมาก แม้ Li จะอยู่คาบ 2 และ Mg อยู่คาบ 3 (ซึ่งตามปกติควรมีขนาดใหญ่กว่า)

ก. เพราะ Li และ Mg มีจำนวนโปรตอนเท่ากันพอดี

ข. เพราะผลของการเพิ่มระดับพลังงาน (ทำให้ Mg ควรใหญ่กว่า Li) และผลของการเพิ่มประจุนิวเคลียสสุทธิเมื่อเลื่อนขวา 1 หมู่ (ทำให้ Mg เล็กลง) หักล้างกันเกือบพอดี

ค. เพราะ Mg มีอิเล็กตรอนในออร์บิทัล d ช่วยกำบังนิวเคลียสได้ดีเป็นพิเศษ

ง. เพราะ Li และ Mg ต่างก็เป็นธาตุที่ไม่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน

เฉลยย่อ บทที่ 3

1. ข	2. ก	3. ง	4. ง	5. ค	6. ก	7. ง	8. ค	9. ค	10. ค	11. ข	12. ก	13. ก
14. ข	15. ง	16. ง	17. ก	18. ค	19. ข	20. ค	21. ง	22. ข	23. ข	24. ก	25. ค	26. ก
27. ข	28. ข	29. ข	30. ค	31. ค	32. ก	33. ค	34. ข	35. ข	36. ง	37. ก	38. ง	39. ข
40. ก	41. ค	42. ข	43. ข	44. ข	45. ข	46. ข						

เฉลยละเอียด บทที่ 3

ข้อ 1 — ตอบ ข.

Rb

หลักคิด: ธาตุในหมู่เดียวกัน เมื่อเลื่อนจากบนลงล่าง จำนวนระดับพลังงานหลักเพิ่มขึ้นทีละ 1 ระดับ เวเลนซ์อิเล็กตรอนจึงอยู่ห่างนิวเคลียสมากขึ้น ขนาดอะตอมจึง **ใหญ่ขึ้น** จากบนลงล่าง

1 **ขั้นที่ 1:** เรียงตำแหน่งในหมู่ IA จากบนลงล่าง — Li (คาบ 2) → Na (คาบ 3) → K (คาบ 4) → Rb (คาบ 5)

2 **ขั้นที่ 2:** Rb อยู่ล่างสุดในบรรดาสี่ธาตุนี้ มี 5 ระดับพลังงาน จึงมีขนาดอะตอมใหญ่ที่สุด

$$\mathrm{Rb} > \mathrm{K} > \mathrm{Na} > \mathrm{Li}$$

ระวัง: ผู้ที่จำสลับทิศว่า "ลงล่างขนาดเล็กลงเพราะโปรตอนเพิ่ม" จะเลือก Li — ในหมู่เดียวกัน ผลของการเพิ่มระดับพลังงานชนะผลของประจุนิวเคลียสที่เพิ่ม (ต่างจากในคาบเดียวกัน) ส่วนผู้ที่เลือก K อาจจำได้ว่า K ว่องไวมากจึงคิดว่าใหญ่สุด — ความว่องไวไม่ใช่เกณฑ์วัดขนาด

ข้อ 2 — ตอบ ก.

Na > Al > P > Cl

1 **ขั้นที่ 1:** ธาตุทั้งสี่อยู่ในคาบ 3 เหมือนกัน จึงมีจำนวนระดับพลังงานเท่ากัน (3 ระดับ)

2 **ขั้นที่ 2:** เมื่อเลื่อนจากซ้ายไปขวาในคาบเดียวกัน จำนวนโปรตอนเพิ่มขึ้น (Na = 11, Al = 13, P = 15, Cl = 17) แต่อิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้ามาอยู่ในระดับพลังงานเดิม การกำบัง (shielding) จึงเพิ่มขึ้นน้อยมาก

3 **ขั้นที่ 3:** ประจุนิวเคลียสสุทธิที่ดึงดูดเวเลนซ์อิเล็กตรอนจึงเพิ่มขึ้น ดึงอิเล็กตรอนเข้าใกล้นิวเคลียสมากขึ้น ขนาดอะตอมจึง **เล็กลง** จากซ้ายไปขวา

สรุป: Na > Al > P > Cl

ข้อควรระวัง: เด็กมักเข้าใจผิดว่าธาตุที่มีอิเล็กตรอนมากกว่าต้องมีขนาดใหญ่กว่า (จึงเลือก Cl > P > Al > Na) — ในคาบเดียวกันแรงดึงดูดจากนิวเคลียสสำคัญกว่าจำนวนอิเล็กตรอน

ข้อ 3 — ตอบ ง.

$Mg^{2+} < Na^{+} < F^{-} < O^{2-}$

❶ **ขั้นที่ 1:** อนุภาคทั้งหมดมีอิเล็กตรอน 10 ตัวเท่ากัน (จัดเรียงแบบ Ne คือ 2, 8) สิ่งที่ต่างกันคือจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส

อนุภาค	โปรตอน	อิเล็กตรอน
O^{2-}	8	10
F^{-}	9	10
Na^{+}	11	10
Mg^{2+}	12	10

❷ **ขั้นที่ 2:** เมื่อจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน อนุภาคที่มี **โปรตอนมากกว่า** จะดึงกลุ่มอิเล็กตรอนทั้ง 10 ตัวเข้าหานิวเคลียสได้แรงกว่า ทำให้ขนาด **เล็กกว่า**

❸ **ขั้นที่ 3:** เรียงจากโปรตอนมากไปน้อย = ขนาดเล็กไปใหญ่

$$Mg^{2+}(12p) < Na^{+}(11p) < F^{-}(9p) < O^{2-}(8p)$$

ข้อควรระวัง: อย่าคิดว่าไอออนบวกใหญ่กว่าไอออนลบเสมอ หรือใช้ขนาดอะตอมเดิมมาเรียง — สำหรับอนุภาค isoelectronic ให้ดูจำนวนโปรตอนเท่านั้น

ข้อ 4 — ตอบ ง.

เพราะอะตอม F มีขนาดเล็กมาก อิเล็กตรอนในออร์บิทัล 2p อยู่กันอย่างหนาแน่น อิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้ามาจึงถูกแรงผลักมาก ทำให้คายพลังงานน้อยกว่าที่ควร

❶ **ขั้นที่ 1:** ตามแนวโน้มปกติ สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (EA) ควร **ลดลง** จากบนลงล่างของหมู่ เพราะอะตอมใหญ่ขึ้น อิเล็กตรอนใหม่อยู่ไกลนิวเคลียส แรงดึงดูดน้อยลง — ถ้าเป็นตามแนวโน้มนี้ F ควรมี EA มากกว่า Cl

❷ **ขั้นที่ 2:** แต่ข้อมูลจริงกลับพบว่า EA ของ Cl (349 kJ/mol) มากกว่า F (328 kJ/mol) เป็น **ข้อยกเว้น** ที่ต้องอธิบายด้วยขนาดอะตอม

❸ **ขั้นที่ 3:** อะตอม F เล็กมาก อิเล็กตรอน 7 ตัวในเวเลนซ์เชลล์ ($2s^2\,2p^5$) เบียดกันในบริเวณแคบ เมื่ออิเล็กตรอนตัวใหม่เข้ามาในออร์บิทัล 2p จะถูก **แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอน** อย่างมาก แรงผลักนี้หักล้างพลังงานที่ควรคายออก EA ของ F จึงต่ำกว่าที่คาด

❹ **ขั้นที่ 4:** ส่วน Cl มีออร์บิทัล 3p ที่กว้างกว่า อิเล็กตรอนใหม่เข้ามาได้โดยถูกผลักน้อยกว่า จึงคายพลังงานมากกว่า

วิเคราะห์ตัวลวง: F มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่า Cl (4.0 เทียบกับ 3.0) ข้อ 1 จึงผิด, จำนวนโปรตอนที่มากกว่าไม่ได้ชนะเสมอเพราะระยะทางและการกำบังก็เพิ่มขึ้นด้วย ข้อ 2 จึงผิด และแนวโน้มปกติของ EA ไม่ได้เพิ่มจากบนลงล่าง ข้อ 3 จึงผิด

ข้อ 5 — ตอบ ค.

NaCl มีความเป็นไอออนิกมากกว่า $AlCl_3$ เพราะผลต่างอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ NaCl มากกว่า

หลักการ: ผลต่างอิเล็กโทรเนกาติวิตี (ΔEN) ยิ่งมาก พันธะยิ่งมีขั้วมากและมีความเป็นไอออนิกสูง

1 ขั้นที่ 1: คำนวณ ΔEN ของแต่ละคู่

- NaCl: $\Delta EN = 3.0 - 0.9 = 2.1$
- $AlCl_3$: $\Delta EN = 3.0 - 1.5 = 1.5$

เนื่องจาก $2.1 > 1.5$ ดังนั้น NaCl มีความเป็นไอออนิกมากกว่า $AlCl_3$ — **ข้อ 3 ถูกต้อง** (สอดคล้องกับข้อเท็จจริงที่ $AlCl_3$ มีลักษณะโคเวเลนต์ค่อนข้างสูง)

2 ขั้นที่ 2: ตรวจตัวเลือกอื่น

- ข้อ 1: H-S มี $\Delta EN = 2.5 - 2.1 = 0.4$ แต่ H-Cl มี $\Delta EN = 3.0 - 2.1 = 0.9$ ดังนั้น H-Cl มีขั้ว **มากกว่า** — ผิด
- ข้อ 2: ในคาบเดียวกัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี **เพิ่มขึ้น** จากซ้ายไปขวา (เช่น Na 0.9 ไปจนถึง Cl 3.0) — ผิด
- ข้อ 4: F มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงสุดเพราะอะตอม **เล็กที่สุด** ในหมู่ นิวเคลียสอยู่ใกล้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมากที่สุด ไม่ใช่เพราะใหญ่ที่สุด — ผิด

ข้อ 6 — ตอบ ก.

Na > Al > Mg

หลักการ: IE_2 คือพลังงานที่ใช้ดึงอิเล็กตรอนออกจาก **ไอออนบวกหนึ่ง** (M^+) ไม่ใช่จากอะตอมเดิม ต้องพิจารณาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของไอออน M^+

1 **ขั้นที่ 1:** เขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนของแต่ละไอออน +1

- Na^+: $1s^2\,2s^2\,2p^6$ — ครบแบบแก๊สมีสกุล (Ne)
- Mg^+: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$
- Al^+: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$

2 **ขั้นที่ 2:** IE_2 ของ Na ต้องดึงอิเล็กตรอนจากชั้น $2p$ ซึ่งเป็น **แกนในที่จัดเรียงแบบแก๊สมีสกุล** อยู่ใกล้นิวเคลียสมาก จึงสูงโดดกว่าธาตุอื่นอย่างชัดเจน — Na มี IE_2 มากที่สุด

3 **ขั้นที่ 3:** เปรียบเทียบ Mg^+ กับ Al^+ — ทั้งคู่ดึงอิเล็กตรอนจากออร์บิทัล $3s$ เหมือนกัน แต่ Al มีประจุนิวเคลียส (13 โปรตอน) มากกว่า Mg (12 โปรตอน) ในระดับพลังงานเดียวกัน แรงดึงดูดต่ออิเล็กตรอนจึงมากกว่า ดังนั้น IE_2 ของ Al > Mg (ค่าจริง: Al ประมาณ 1817, Mg ประมาณ 1451 kJ/mol)

สรุป:

$$IE_2 : \mathrm{Na} \gg \mathrm{Al} > \mathrm{Mg}$$

ที่มาของตัวลวง: ตัวเลือก Mg > Al > Na มาจากการใช้แนวโน้ม IE_1 (ซึ่ง Mg > Al เพราะ $3s^2$ เต็มเสถียร) มาตอบโดยไม่เปลี่ยนมุมมองเป็นไอออน ส่วน Al > Mg > Na มาจากการใช้แนวโน้มซ้ายไปขวาตรง ๆ โดยลืมว่า Na^+ มีโครงสร้างแก๊สมีสกุลที่ดึงอิเล็กตรอนออกยากที่สุด

ข้อ 7 — ตอบ ง.

F > N > O > C

1 **ขั้นที่ 1:** แนวโน้มทั่วไป — ในคาบเดียวกัน IE_1 เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา เพราะประจุนิวเคลียสสุทธิเพิ่มและขนาดอะตอมเล็กลง ถ้าใช้แนวโน้มอย่างเดียวจะได้ F > O > N > C

2 **ขั้นที่ 2:** แต่มี **ข้อยกเว้นระหว่าง N กับ O** พิจารณาการจัดเรียงอิเล็กตรอน

- N: $1s^2\,2s^2\,2p^3$ — ออร์บิทัล 2p บรรจุแบบครึ่ง (half-filled) ตัวละ 1 อิเล็กตรอนทั้งสามออร์บิทัล ซึ่งเสถียรเป็นพิเศษ
- O: $1s^2\,2s^2\,2p^4$ — มีอิเล็กตรอน 1 คู่ในออร์บิทัล 2p เดียวกัน เกิดแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่นั้น ทำให้ดึงอิเล็กตรอนออกง่ายกว่าที่คาด

ดังนั้น IE_1 ของ N **มากกว่า** O

3 **ขั้นที่ 3:** เทียบกับค่าจริง (kJ/mol): F = 1681, N = 1402, O = 1314, C = 1086

$$\mathrm{F}\ (1681) > \mathrm{N}\ (1402) > \mathrm{O}\ (1314) > \mathrm{C}\ (1086)$$

สรุป: F > N > O > C

ข้อควรระวัง: ข้อ 1 คือคำตอบของคนที่จำแนวโน้มได้แต่ลืมข้อยกเว้นความเสถียรของ $2p^3$ แบบ half-filled — ข้อสอบระดับค่ายมักทดสอบจุดนี้

ข้อ 8 — ตอบ ค.

หมู่ VIIA คาบ 3 บล็อก p

1 **ขั้นที่ 1:** จัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ X ($Z = 17$)

$$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$$

หรือเขียนแบบระดับพลังงานหลักได้เป็น 2, 8, 7

2 **ขั้นที่ 2:** หาคาบ — จำนวนระดับพลังงานหลักที่มีอิเล็กตรอน = 3 ระดับ ดังนั้นอยู่ **คาบ 3**

3 **ขั้นที่ 3:** หาหมู่ — เวเลนซ์อิเล็กตรอน = $3s^2\,3p^5$ รวม 7 ตัว ดังนั้นอยู่ **หมู่ VIIA**

4 **ขั้นที่ 4:** หาบล็อก — อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุลงในออร์บิทัล p ดังนั้นเป็นธาตุ **บล็อก p**

ข้อควรระวัง: อย่านับเฉพาะอิเล็กตรอนใน $3p^5$ (5 ตัว) แล้วสรุปว่าเป็นหมู่ VA — ต้องนับเวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดใน $3s$ และ $3p$ รวมกัน และหมู่ B ใช้กับธาตุบล็อก d เท่านั้น

ข้อ 9 — ตอบ ค.

หมู่ VIA คาบ 3

1 **ขั้นที่ 1:** ไอออน X^{2-} เกิดจากอะตอม X **รับ** อิเล็กตรอนเพิ่ม 2 ตัว ดังนั้นอะตอม X เดิมมีอิเล็กตรอน

$$18 - 2 = 16$$

ตัว ดังนั้น $Z = 16$

2 **ขั้นที่ 2:** จัดเรียงอิเล็กตรอนของ X ($Z = 16$)

$$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$$

หรือ 2, 8, 6

3 **ขั้นที่ 3:** มีอิเล็กตรอน 3 ระดับพลังงาน จึงอยู่ **คาบ 3** และเวเลนซ์อิเล็กตรอน $3s^2\,3p^4$ รวม 6 ตัว จึงอยู่ **หมู่ VIA** (ธาตุนี้คือ S ซึ่งเกิด S^{2-} ได้จริง)

ระวัง: ตัวเลือกหมู่ IIA คาบ 4 มาจากการคิดกลับทิศ $Z = 18 + 2 = 20$ (สับสนว่าไอออนลบต้อง "บวกคืน" เหมือนไอออนบวก — ที่จริงไอออนลบรับอิเล็กตรอนเพิ่ม จึงต้องลบออก) ตัวเลือกหมู่ VIIIA คาบ 3 มาจากการใช้ $Z = 18$ ตรง ๆ โดยลืมคิดประจุ ส่วนหมู่ IVA คาบ 3 มาจากการนับเฉพาะอิเล็กตรอนใน $3p^4$ (4 ตัว) โดยลืมรวม $3s^2$

ข้อ 10 — ตอบ ค.

หมู่ IIIB คาบ 5 บล็อก d

❶ **ขั้นที่ 1:** ไอออน X^{3+} เกิดจากอะตอม X **เสีย** อิเล็กตรอนไป 3 ตัว เมื่อไอออนมีอิเล็กตรอน 36 ตัว อะตอม X เดิมจึงมีอิเล็กตรอน $36 + 3 = 39$ ตัว ดังนั้น $Z = 39$

❷ **ขั้นที่ 2:** จัดเรียงอิเล็กตรอนของ X ($Z = 39$)

$$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^{10}\,4p^6\,5s^2\,4d^1$$

หรือเขียนย่อได้เป็น $[\mathrm{Kr}]\,4d^1\,5s^2$

❸ **ขั้นที่ 3:** ระบุตำแหน่ง

- ระดับพลังงานหลักสูงสุดที่มีอิเล็กตรอนคือ $n = 5$ ดังนั้นอยู่ **คาบ 5**
- อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุในออร์บิทัล 4d จึงเป็นธาตุ **บล็อก d** (ธาตุแทรนซิชัน)
- มีอิเล็กตรอนกลุ่ม $4d^1\,5s^2$ รวม 3 ตัว จึงอยู่ **หมู่ IIIB**

(ธาตุนี้คือ Y — อิตเทรียม ซึ่งเกิดไอออน Y^{3+} ที่เสถียรเพราะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ Kr)

ที่มาของตัวลวง: ตัวเลือกหมู่ VA คาบ 4 มาจากการคิดกลับทิศว่า $Z = 36 - 3 = 33$ (สับสนระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ — ไอออนบวกต้องบวกจำนวนประจุคืน) ตัวเลือกหมู่ IA คาบ 5 มาจากการบวกอิเล็กตรอนคืนเพียง 1 ตัว ($Z = 37$) ส่วนหมู่ IIIA คาบ 5 มาจากการนับเวเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัวแล้วเหมารวมว่าเป็นหมู่ A โดยไม่ดูว่าอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายอยู่ในออร์บิทัล d

ข้อ 11 — ตอบ ข.

หมู่ IIA

หลักการ: ค่า IE จะ "กระโดด" สูงผิดปกติเมื่อเริ่มดึงอิเล็กตรอนออกจากชั้นที่จัดเรียงแบบแก๊สมีสกุล (แกนใน) จำนวนอิเล็กตรอนที่ดึงออก **ก่อน** จุดกระโดดคือจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน

1 **ขั้นที่ 1:** คำนวณอัตราส่วนค่า IE ที่อยู่ติดกัน

$$\frac{IE_2}{IE_1} = \frac{1.45}{0.74} \approx 1.96$$
$$\frac{IE_3}{IE_2} = \frac{7.73}{1.45} \approx 5.33$$

ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใหญ่ผิดปกติ ขณะที่

$$\frac{IE_4}{IE_3} = \frac{10.54}{7.73} \approx 1.36, \qquad \frac{IE_5}{IE_4} = \frac{13.63}{10.54} \approx 1.29$$

(หมายเหตุ: อัตราส่วนอื่นอยู่ราว 1.3–2.0 เท่า แต่ช่วง $IE_2 \to IE_3$ กระโดดถึงประมาณ 5.3 เท่า)

2 **ขั้นที่ 2:** จุดกระโดดอยู่ระหว่าง IE_2 กับ IE_3 แปลว่าดึงอิเล็กตรอน 2 ตัวแรกออกได้ง่าย (เวเลนซ์อิเล็กตรอน) แต่ตัวที่ 3 ต้องดึงจากแกนในที่เสถียร

3 **ขั้นที่ 3:** เวเลนซ์อิเล็กตรอน = 2 ตัว ดังนั้นธาตุ M อยู่ **หมู่ IIA**

ข้อควรระวัง: อย่าตอบหมู่ IIIA เพราะเห็นว่า IE_3 เป็นค่าที่โดด — จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนคือจำนวนค่า IE ที่อยู่ **ก่อน** จุดกระโดด ไม่ใช่ลำดับของค่าที่โดดขึ้น

ข้อ 12 — ตอบ ก.

เฉพาะ (ก) และ (ข)

1 ขั้นที่ 1: ระบุธาตุปริศนาแต่ละตัว (คาบ 3)

- X ทำปฏิกิริยากับน้ำเย็นอย่างรวดเร็ว ให้ H_2 และเบสแรง (ฟีนอล์ฟทาลีนชมพู) — โลหะคาบ 3 ที่ว่องไวขนาดนี้คือหมู่ IA ดังนั้น **X คือ Na**

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

- Y เกิดคลอไรด์ YCl_2 แสดงว่ามีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 2 ตัว (หมู่ IIA) และแทบไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำเย็น ดังนั้น **Y คือ Mg**
- ออกไซด์ ZO_3 แสดงว่า Z มีเลขออกซิเดชัน +6 (หมู่ VIA) และละลายน้ำได้กรดแก่ H_2SO_4 ดังนั้น **Z คือ S** ($SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$)

2 ขั้นที่ 2: ตรวจข้อความ (ก) — Na, Mg, S อยู่คาบ 3 เหมือนกัน ขนาดอะตอมเล็กลงจากซ้ายไปขวา จึงได้ Na > Mg > S คือ X > Y > Z — **ถูก**

3 ขั้นที่ 3: ตรวจข้อความ (ข) — Na เกิดไอออน Na^+ ส่วน S เกิดไอออน S^{2-} สูตรสารประกอบไอออนิกคือ Na_2S ตรงกับ X_2Z — **ถูก**

4 ขั้นที่ 4: ตรวจข้อความ (ค) — MgO เป็นออกไซด์ของโลหะ จึงเป็น **ออกไซด์เบส** แม้ละลายน้ำได้น้อยแต่สารละลายเป็นเบส ต้องเปลี่ยนลิตมัส **แดงเป็นน้ำเงิน** ไม่ใช่น้ำเงินเป็นแดง — **ผิด**

สรุป: ถูกเฉพาะ (ก) และ (ข)

ที่มาของตัวลวง: ผู้ที่เข้าใจผิดว่าออกไซด์ที่ละลายน้ำได้น้อยเป็นกรด หรือสับสนทิศการเปลี่ยนสีลิตมัส จะรวม (ค) เข้าไปด้วย

ข้อ 13 — ตอบ ก.

เฉพาะ (ก) (ข) และ (ค)

1 **ขั้นที่ 1: หาเลขอะตอมของ M** — ไอออน M^{2+} มีอิเล็กตรอน $18 + 5 = 23$ ตัว อะตอม M เดิมเสียอิเล็กตรอนไป 2 ตัว จึงมี $23 + 2 = 25$ ตัว ดังนั้น $Z = 25$ (ธาตุนี้คือ Mn)

2 **ขั้นที่ 2: เขียน config ของอะตอม M** — บรรจุตามลำดับพลังงานได้

$$[\mathrm{Ar}]\, 3d^5\, 4s^2$$

จุดสำคัญ: เมื่อเกิดไอออนบวก ธาตุแทรนซิชันจะเสียอิเล็กตรอนจากออร์บิทัล **4s ก่อน** 3d เสมอ จึงได้ M^{2+} เป็น $[\mathrm{Ar}]\, 3d^5$ สอดคล้องกับโจทย์ — **(ข) ถูก**

3 **ขั้นที่ 3: ตรวจ (ก)** — ระดับพลังงานหลักสูงสุดที่มีอิเล็กตรอนคือ $n = 4$ จึงอยู่คาบ 4 และอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุใน 3d จึงเป็นบล็อก d — **ถูก**

4 **ขั้นที่ 4: ตรวจ (ค)** — เลขออกซิเดชันสูงสุดของธาตุแทรนซิชันช่วงต้นถึงกลางคาบเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน $3d + 4s$ ที่ใช้ได้ทั้งหมด $= 5 + 2 = 7$ เช่นใน $KMnO_4$ ที่ Mn เป็น $+7$ — **ถูก**

5 **ขั้นที่ 5: ตรวจ (ง)** — อิเล็กตรอนกลุ่ม $3d^5\, 4s^2$ รวม 7 ตัว จึงอยู่หมู่ **VIIB** ไม่ใช่ VB — **ผิด**

ระวัง: ผู้ที่เขียน config อะตอมเป็น $[\mathrm{Ar}]\, 3d^7$ (บวกอิเล็กตรอน 2 ตัวคืนเข้า 3d) จะตัด (ข) ทิ้งและหาหมู่ผิด — ต้องบวกคืนเข้า 4s เพราะอะตอมเป็นกลางบรรจุ 4s ก่อน ส่วน (ง) ลวงผู้ที่นับเฉพาะอิเล็กตรอนใน 3d (5 ตัว) โดยลืมรวม 4s

---

ข้อ 14 — ตอบ ข.

CO_2

หลักคิด: ออกไซด์ของ **โลหะ** เป็นออกไซด์เบส ส่วนออกไซด์ของ **อโลหะ** เป็นออกไซด์กรด

1 **ขั้นที่ 1:** จำแนกธาตุที่จับกับออกซิเจนในแต่ละตัวเลือก

- Na (หมู่ IA), Ca และ Mg (หมู่ IIA) เป็น **โลหะ** — ออกไซด์ทั้งสามจึงเป็นออกไซด์เบส
- C เป็น **อโลหะ** — CO_2 จึงเป็นออกไซด์กรด

2 **ขั้นที่ 2:** ยืนยันด้วยปฏิกิริยากับน้ำ — CO_2 ละลายน้ำได้กรดคาร์บอนิก

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

สารละลายเปลี่ยนกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นสีแดง ขณะที่ Na_2O และ CaO ละลายน้ำได้เบส ($NaOH$ และ $Ca(OH)_2$)

ระวัง: อย่าตัดสินจากการ "มีออกซิเจน" ว่าเป็นกรดเสมอ — ทุกออกไซด์มีออกซิเจน เกณฑ์อยู่ที่ธาตุคู่ว่าเป็นโลหะหรืออโลหะ ผู้ที่เลือก CaO หรือ MgO มักสับสนกับความรู้สึกว่า "ปูนขาวกัดมือ" ซึ่งที่จริงคือฤทธิ์เบส ไม่ใช่กรด

ข้อ 15 — ตอบ ง.

ได้สารละลาย H_2SO_3 ลิตมัสเปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นแดง

❶ **ขั้นที่ 1:** S เป็นอโลหะ ดังนั้น SO_2 เป็น **ออกไซด์กรด** ละลายน้ำได้กรดซัลฟิวรัส

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$

สังเกตว่าเลขออกซิเดชันของ S ไม่เปลี่ยน (เป็น $+4$ ทั้งใน SO_2 และ H_2SO_3) จึงไม่ใช่ H_2SO_4 ซึ่ง S เป็น $+6$

❷ **ขั้นที่ 2:** สารละลายกรดเปลี่ยนกระดาษลิตมัสสี **น้ำเงินเป็นแดง**

ระวัง:

- ตัวเลือก H_2SO_4 มาจากการจับคู่ออกไซด์กับกรดผิดตัว — H_2SO_4 เกิดจาก SO_3 ละลายน้ำ ไม่ใช่ SO_2 (สังเกตเลขออกซิเดชันของ S ต้องเท่ากันทั้งสองข้าง)
- ตัวเลือก "แดงเป็นน้ำเงิน" มาจากการจำทิศการเปลี่ยนสีสลับกัน — กรดทำให้ลิตมัสเป็นแดง เบสทำให้เป็นน้ำเงิน
- SO_2 ละลายน้ำได้ดี ตัวเลือกที่บอกว่าไม่ละลายจึงผิด

ข้อ 16 — ตอบ ง.

ทั้ง (ก) (ข) และ (ค)

หลักการ: ออกไซด์ของโลหะเป็นออกไซด์เบส ออกไซด์ของอโลหะเป็นออกไซด์กรด โดยสมบัติเปลี่ยนจากเบสไปกรดเมื่อเลื่อนจากซ้ายไปขวาของคาบ

ตรวจข้อความ (ก): Na เป็นโลหะหมู่ IA ออกไซด์ Na_2O จึงเป็นออกไซด์เบส ละลายน้ำได้เบสแก่

$$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$$

สารละลายเบสเปลี่ยนลิตมัสแดงเป็นน้ำเงิน — **ถูก**

ตรวจข้อความ (ข): P เป็นอโลหะ ออกไซด์ P_4O_{10} เป็นออกไซด์กรด

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

— **ถูก**

ตรวจข้อความ (ค): SiO_2 (ทราย/ควอตซ์) เป็นออกไซด์ของอโลหะ-กึ่งโลหะที่มีโครงผลึกร่างตาข่าย จึง **ไม่ละลายน้ำ** แต่ยังคงแสดงสมบัติออกไซด์กรดโดยทำปฏิกิริยากับเบสแก่หลอมเหลวได้เกลือซิลิเกต

$$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

— **ถูก**

สรุป: ถูกทั้ง (ก) (ข) และ (ค)

ที่มาของตัวลวง: ผู้เรียนจำนวนมากเข้าใจผิดว่า "ออกไซด์กรดต้องละลายน้ำได้กรดเสมอ" จึงตัดข้อ (ค) ทิ้งเพราะ SiO_2 ไม่ละลายน้ำ — ที่จริงเกณฑ์การเป็นออกไซด์กรดดูจากการทำปฏิกิริยากับเบสได้ ไม่จำเป็นต้องละลายน้ำ

ข้อ 17 — ตอบ ก.

Al_2O_3

หลักการ: สมบัติกรด-เบสของออกไซด์ในคาบ 3 เปลี่ยนตามความเป็นโลหะของธาตุ

- ออกไซด์ของโลหะ (ซ้ายของคาบ) เป็น **เบส**: Na_2O, MgO
- ออกไซด์ของอโลหะ (ขวาของคาบ) เป็น **กรด**: SO_3, P_4O_{10}, Cl_2O_7
- ออกไซด์ของธาตุกึ่งกลางที่ความเป็นโลหะปานกลาง เป็น **แอมโฟเทอริก**: Al_2O_3

1 **ขั้นที่ 1:** Al_2O_3 ทำปฏิกิริยากับกรดได้ (แสดงบทบาทเบส)

$$Al_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$$

2 **ขั้นที่ 2:** Al_2O_3 ทำปฏิกิริยากับเบสแก่ได้ด้วย (แสดงบทบาทกรด)

$$Al_2O_3 + 2NaOH \rightarrow 2NaAlO_2 + H_2O$$

3 **ขั้นที่ 3:** ตัวเลือกอื่น — Na_2O และ MgO เป็นออกไซด์เบส ละลายหรือทำปฏิกิริยากับกรดเท่านั้น ส่วน SO_3 เป็นออกไซด์กรด ละลายน้ำได้ H_2SO_4 ทำปฏิกิริยากับเบสเท่านั้น

สรุป: ออกไซด์แอมโฟเทอริกคือ Al_2O_3

ข้อ 18 — ตอบ ค.

M คือ Al และคลอไรด์มีสูตร $AlCl_3$

1 ขั้นที่ 1: หาโมลของ Cl_2

$$n_{Cl_2} = \frac{3.36}{22.4} = 0.15 \text{ mol}$$

2 ขั้นที่ 2: ทดสอบสมมติฐานแต่ละตัวเลือกด้วยอัตราส่วนโมลตามสมการ

ถ้า M คือ Al: $n_{Al} = \frac{2.70}{27} = 0.10$ mol อัตราส่วน $M : Cl_2 = 0.10 : 0.15 = 2 : 3$ ตรงกับสมการ

$$2Al + 3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3$$

สอดคล้องพอดี — Al ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัว เกิด $AlCl_3$

3 ขั้นที่ 3: ตรวจตัวเลือกอื่นว่าขัดแย้งกับข้อมูล

- ถ้าเป็น Na: $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$ ต้องใช้ Na $= 2 \times 0.15 = 0.30$ mol คิดเป็นมวล $0.30 \times 23 = 6.9$ กรัม ไม่ใช่ 2.70 กรัม
- ถ้าเป็น Mg: $Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$ ต้องใช้ Mg $= 0.15$ mol คิดเป็นมวล $0.15 \times 24 = 3.6$ กรัม ไม่ตรง
- ถ้าเป็น Ca: ต้องใช้ Ca $= 0.15$ mol คิดเป็นมวล $0.15 \times 40 = 6.0$ กรัม ไม่ตรง

สรุป: M คือ Al และคลอไรด์คือ $AlCl_3$

ที่มาของตัวลวง: ผู้ที่คิดโมลคลอรีนเป็นอะตอม Cl (ได้ 0.30 mol) แล้วเทียบกับโลหะ 0.10 mol อาจสับสนอัตราส่วน หรือผู้ที่เดาจากมวล 2.70 กรัมว่าใกล้มวลอะตอมธาตุใดโดยไม่ตรวจอัตราส่วนโมล จะเลือกผิดได้

ข้อ 19 — ตอบ ข.

เฉพาะ (ก) (ข) และ (ค)

หลักคิด: สมบัติของคลอไรด์คาบ 3 เปลี่ยนตามชนิดพันธะ — คลอไรด์ของโลหะหมู่ IA/IIA เป็นสารประกอบ **ไอออนิก** ละลายน้ำแบบแตกตัวเป็นไอออนโดยไม่เกิดปฏิกิริยากับน้ำ ส่วนคลอไรด์ของอโลหะ (และ Al ซึ่งมีลักษณะโคเวเลนต์สูง) เกิด **ไฮโดรลิซิส** กับน้ำ ให้สารละลายกรด

ตรวจ (ก): NaCl เป็นไอออนิก แตกตัวได้ Na^+ และ Cl^- ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ สารละลายจึงเป็นกลาง — **ถูก**

ตรวจ (ข): $AlCl_3$ มีลักษณะโคเวเลนต์ค่อนข้างสูง เมื่อละลายน้ำ ไอออน Al^{3+} ที่มีประจุสูงและขนาดเล็กจะดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลน้ำรอบตัว ปล่อย H^+ ออกมา สารละลายจึงเป็นกรด — **ถูก**

ตรวจ (ค): PCl_5 เป็นคลอไรด์ของอโลหะ เกิดไฮโดรลิซิสรุนแรง

$$PCl_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HCl$$

เห็นควันขาวของ HCl ในอากาศชื้น — **ถูก**

ตรวจ (ง): $SiCl_4$ ก็เป็นคลอไรด์โคเวเลนต์ที่เกิดไฮโดรลิซิสเช่นกัน

$$SiCl_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4HCl$$

ได้สารละลายเป็น **กรด** ไม่ใช่กลาง — **ผิด**

สรุป: ถูกเฉพาะ (ก) (ข) และ (ค)

ระวัง: จุดพลาดใหญ่ของข้อนี้คือเหมารวมว่า "คลอไรด์ทุกตัวละลายน้ำแบบเกลือแกง" — ต้องแยกว่าตัวไหนละลายแบบแตกตัว (ไอออนิก ให้สารละลายกลาง) กับตัวไหนทำปฏิกิริยากับน้ำ (โคเวเลนต์ ให้กรด) โดยแนวโน้มคาบ 3 คือความเป็นกรดของสารละลายคลอไรด์เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

ข้อ 20 — ตอบ ค.

Fe (เลขอะตอม 26)

หลักคิด: ธาตุแทรนซิชันคือธาตุบล็อก d — อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุในออร์บิทัล d อยู่กลางตารางธาตุระหว่างหมู่ IIA กับ IIIA

1 **ขั้นที่ 1:** พิจารณาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของแต่ละธาตุ

- K ($Z = 19$): $[\mathrm{Ar}]\,4s^1$ — บล็อก s (หมู่ IA)
- Ca ($Z = 20$): $[\mathrm{Ar}]\,4s^2$ — บล็อก s (หมู่ IIA)
- Fe ($Z = 26$): $[\mathrm{Ar}]\,3d^6\,4s^2$ — อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายอยู่ใน 3d จึงเป็น **บล็อก d = ธาตุแทรนซิชัน**
- Br ($Z = 35$): $[\mathrm{Ar}]\,3d^{10}\,4s^2\,4p^5$ — อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายอยู่ใน 4p เป็นบล็อก p (หมู่ VIIA)

2 **ขั้นที่ 2:** Fe แสดงสมบัติเด่นของธาตุแทรนซิชันครบ เช่น มีเลขออกซิเดชันหลายค่า ($+2$, $+3$) และสารประกอบมีสี

ระวัง: Ca และ K อยู่คาบ 4 เหมือน Fe แต่เป็นบล็อก s — อย่าเหมาว่าธาตุคาบ 4 ทุกตัวเป็นแทรนซิชัน ส่วน Br แม้จะมีอิเล็กตรอนใน 3d ครบ 10 ตัว แต่อิเล็กตรอนตัวสุดท้ายบรรจุใน 4p จึงเป็นธาตุหมู่หลัก

ข้อ 21 — ตอบ ง.

$+7$

หลักคิด: ผลรวมเลขออกซิเดชันของทุกอะตอมในสารประกอบที่เป็นกลางเท่ากับ 0 โดย K (หมู่ IA) มีเลขออกซิเดชัน $+1$ และ O ในสารประกอบทั่วไปมี -2

1 **ขั้นที่ 1:** ตั้งสมการ ให้เลขออกซิเดชันของ Mn เป็น x

$$(+1) + x + 4(-2) = 0$$

2 **ขั้นที่ 2:** แก้สมการ

$$x = 0 - 1 + 8 = +7$$

ดังนั้น Mn ใน $\mathrm{KMnO_4}$ มีเลขออกซิเดชัน $+7$ ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของ Mn (เท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน $3d^5\,4s^2$ รวม 7 ตัว) สอดคล้องกับการเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง

ระวัง:

- $+2$ มาจากการนึกถึงไอออน $\mathrm{Mn^{2+}}$ ที่พบบ่อย โดยไม่ได้คำนวณจากสูตรจริง
- $+6$ มาจากการลืมนับ K (คิดจาก $x - 8 = -2$ ของไอออน $\mathrm{MnO_4^{2-}}$ ซึ่งเป็นแมงกาเนต ไม่ใช่เปอร์แมงกาเนต $\mathrm{MnO_4^-}$)
- $+5$ มาจากการคูณจำนวนออกซิเจนผิดหรือใช้ O เป็น -1.5

ข้อ 22 — ตอบ ข.

$$\mathrm{HCl} < \mathrm{NaClO} < \mathrm{NaClO_3} < \mathrm{Ca(ClO_4)_2}$$

หลักการ: ในสารประกอบทั่วไป กำหนดให้ O มีเลขออกซิเดชัน -2, H มี $+1$, โลหะหมู่ IA มี $+1$, โลหะหมู่ IIA มี $+2$ และผลรวมเลขออกซิเดชันในสารที่เป็นกลางเท่ากับ 0

1. **ขั้นที่ 1:** HCl — ให้ Cl = x จะได้ $(+1) + x = 0$ ดังนั้น $x = -1$
2. **ขั้นที่ 2:** NaClO — $(+1) + x + (-2) = 0$ ดังนั้น $x = +1$
3. **ขั้นที่ 3:** $\mathrm{NaClO_3}$ — $(+1) + x + 3(-2) = 0$ ดังนั้น $x = +5$
4. **ขั้นที่ 4:** $\mathrm{Ca(ClO_4)_2}$ — คิดจากไอออน $\mathrm{ClO_4^-}$ ซึ่งมีประจุ -1 จะได้ $x + 4(-2) = -1$ ดังนั้น $x = +7$ (ตรวจสอบ: Ca มี +2 กับ $\mathrm{ClO_4^-}$ สองไอออน รวมเป็น 0 พอดี)
5. **ขั้นที่ 5:** เรียงจากน้อยไปมาก

$$\mathrm{HCl}\,(-1) < \mathrm{NaClO}\,(+1) < \mathrm{NaClO_3}\,(+5) < \mathrm{Ca(ClO_4)_2}\,(+7)$$

ที่มาของตัวลวง: ผู้ที่ลืมว่า Cl ใน HCl มีเลขออกซิเดชันติดลบ (คิดว่า Cl เป็น +1 เสมอ) จะวาง HCl ไว้ท้ายสุดหรือสลับตำแหน่งกับ NaClO ส่วนตัวเลือกที่เรียงกลับด้านมาจากการอ่านโจทย์ไม่ครบว่าให้เรียงจากน้อยไปมาก

ข้อ 23 — ตอบ ข.

มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นต่ำกว่าโลหะหมู่ IA ในคาบเดียวกัน

พิจารณาทีละข้อ:

ข้อ 1 (จริง): ไอออนของธาตุแทรนซิชันที่มีอิเล็กตรอนใน d ไม่เต็ม มักมีสี เช่น $\mathrm{Cu^{2+}}$ สีฟ้า, $\mathrm{Fe^{3+}}$ สีเหลืองน้ำตาล, $\mathrm{MnO_4^-}$ สีม่วง

ข้อ 2 (ไม่จริง — จึงเป็นคำตอบ): ธาตุแทรนซิชันมีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่น **สูงกว่า** โลหะหมู่ IA มาก เพราะมีอิเล็กตรอนทั้งจาก 4s และ 3d ร่วมสร้างพันธะโลหะ ทำให้พันธะแข็งแรงกว่า เช่น Fe หลอมเหลวที่ประมาณ 1538 องศาเซลเซียส ขณะที่ K หลอมเหลวที่ประมาณ 63 องศาเซลเซียส

ข้อ 3 (จริง): ธาตุแทรนซิชันเสียอิเล็กตรอนได้ทั้งจาก 4s และ 3d จึงมีเลขออกซิเดชันหลายค่า เช่น Fe เป็น +2, +3 และ Mn เป็น +2 ถึง +7

ข้อ 4 (จริง): ธาตุแทรนซิชันคาบ 4 มีการบรรจุอิเล็กตรอนใน 3d เช่น Fe คือ $[\mathrm{Ar}]\,3d^6\,4s^2$ จัดเป็นบล็อก d

สรุป: ข้อที่ไม่ใช่สมบัติของธาตุแทรนซิชันคือข้อ 2

ข้อ 24 — ตอบ ก.

$+2$ และ $+2$

❶ **ขั้นที่ 1: หาประจุของไอออนเชิงซ้อน** — สารประกอบทั้งก้อนเป็นกลาง และไอออนซัลเฟตมีประจุ -2 (SO_4^{2-}) ดังนั้นไอออนเชิงซ้อนต้องมีประจุ

$$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$$

คือมีประจุ $+2$

❷ **ขั้นที่ 2: หาเลขออกซิเดชันของ Cu** — ลิแกนด์ NH_3 เป็นโมเลกุลที่เป็นกลาง (ประจุ 0) ทั้ง 4 โมเลกุล ดังนั้น

$$x + 4(0) = +2 \quad \Rightarrow \quad x = +2$$

Cu มีเลขออกซิเดชัน $+2$ สอดคล้องกับสีน้ำเงินเข้มของสารเชิงซ้อนคอปเปอร์(II)-แอมโมเนีย

❸ **ขั้นที่ 3:** เลขโคออร์ดิเนชันของ Cu ในไอออนนี้คือ 4 (ลิแกนด์ NH_3 สี่ตัวล้อมรอบ)

ระวัง:

- ตัวเลือก "$+2$ และ 0" มาจากการคิดว่าไอออนเชิงซ้อนต้องเป็นกลางเหมือนสารทั้งก้อน — ที่จริงประจุของไอออนเชิงซ้อนต้องหักล้างกับ SO_4^{2-} พอดี
- ตัวเลือก "$+1$ และ $+1$" มาจากการเดาว่า Cu เป็น $+1$ (คอปเปอร์มีทั้ง $+1$ และ $+2$ แต่ต้องคำนวณจากประจุรวม ไม่ใช่เดา)
- ตัวเลือก "$+6$" มาจากการเผลอเอาเลขออกซิเดชันของ S ใน SO_4^{2-} มาตอบแทน Cu

ข้อ 25 — ตอบ ค.

Fe และ Cr มีเลขออกซิเดชัน $+3$ เท่ากัน และเลขโคออร์ดิเนชันของโลหะทั้งสองเท่ากับ 6

ขั้นที่ 1: วิเคราะห์ $\mathrm{K_3[Fe(CN)_6]}$

- K ทั้ง 3 ไอออนมีประจุรวม $+3$ ดังนั้นไอออนเชิงซ้อนคือ $[\mathrm{Fe(CN)_6}]^{3-}$
- ลิแกนด์ $\mathrm{CN^-}$ หกตัวมีประจุรวม -6 ให้ Fe เป็น x

$$x + (-6) = -3 \quad \Rightarrow \quad x = +3$$

- เลขโคออร์ดิเนชันของ Fe = 6 (ลิแกนด์ $\mathrm{CN^-}$ หกตัว)

ขั้นที่ 2: วิเคราะห์ $[\mathrm{Cr(H_2O)_4Cl_2}]\mathrm{Cl}$

- $\mathrm{Cl^-}$ ที่อยู่ **นอก** วงเล็บเหลี่ยม 1 ไอออนมีประจุ -1 ดังนั้นไอออนเชิงซ้อนคือ $[\mathrm{Cr(H_2O)_4Cl_2}]^+$
- ในไอออนเชิงซ้อน: $\mathrm{H_2O}$ สี่ตัวเป็นกลาง, $\mathrm{Cl^-}$ สองตัวรวม -2 ให้ Cr เป็น y

$$y + 4(0) + 2(-1) = +1 \quad \Rightarrow \quad y = +3$$

- เลขโคออร์ดิเนชันของ Cr = $4 + 2 = 6$ (นับลิแกนด์ทุกตัวในวงเล็บเหลี่ยม)

สรุป: ทั้ง Fe และ Cr มีเลขออกซิเดชัน $+3$ และเลขโคออร์ดิเนชัน 6 เท่ากัน

ระวัง:

- ผู้ที่ลืมประจุของ $\mathrm{CN^-}$ (คิดว่าเป็นกลางแบบ $\mathrm{NH_3}$) จะได้ Fe $= -3$ หรือสับสนจนเลือกตัวอื่น
- ผู้ที่นับ Cl ทั้ง 3 ตัวของสารโครเมียมเป็นลิแกนด์หมด (ไม่แยกไอออนนอกวงเล็บ) จะได้ Cr $= +3$ จาก $y - 3 = 0$ ซึ่งบังเอิญตรง แต่จะนับเลขโคออร์ดิเนชันผิดเป็น 7
- ตัวเลือก "$+6$ เพราะจับกับลิแกนด์ 6 ตัว" ลวงผู้ที่สับสนระหว่างเลขโคออร์ดิเนชันกับเลขออกซิเดชัน — สองค่านี้เป็นคนละเรื่องกัน

ข้อ 26 — ตอบ ก.

เพราะโซเดียมว่องไวมาก ทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจนในอากาศได้ทันที น้ำมันช่วยกันไม่ให้สัมผัสกัน

หลักคิด: โลหะหมู่ IA (แอลคาไล) เสียอิเล็กตรอนง่ายมาก (IE ต่ำ) จึงว่องไวต่อปฏิกิริยาสูงมาก

1 **ขั้นที่ 1:** ถ้าโซเดียมสัมผัสอากาศ จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและไอน้ำทันที ผิวจึงหมองอย่างรวดเร็ว และถ้าสัมผัสน้ำจะเกิดปฏิกิริยารุนแรง

$$2\mathrm{Na} + 2\mathrm{H_2O} \rightarrow 2\mathrm{NaOH} + \mathrm{H_2}$$

แก๊ส $\mathrm{H_2}$ ที่เกิดขึ้นอาจติดไฟจากความร้อนของปฏิกิริยา

2 **ขั้นที่ 2:** น้ำมัน (เช่น พาราฟิน) ไม่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมและกันอากาศกับความชื้นไม่ให้สัมผัสผิวโลหะ จึงใช้เป็นตัวกลางเก็บรักษา

ระวัง:

- โซเดียมไม่ระเหิดที่อุณหภูมิห้อง (การระเหิดเป็นสมบัติเด่นของ $\mathrm{I_2}$ ต่างหาก)
- โซเดียมไม่ละลายและไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน — นั่นคือเหตุผลที่ใช้น้ำมันได้ ไม่ใช่ว่าละลายแล้วเสถียร
- โลหะหมู่ IA มีความหนาแน่น **ต่ำ** (Na ลอยน้ำได้และนิ่มจนใช้มีดตัดได้) ไม่ใช่หนาแน่นสูง

ข้อ 27 — ตอบ ข.

Li ให้ออกไซด์ปกติ, Na ให้เปอร์ออกไซด์, K ให้ซุปเปอร์ออกไซด์

หลักคิด: ไอออนบวกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (ลงล่างของหมู่ IA) ช่วยให้แอนไอออนออกซิเจนที่มีขนาดใหญ่และไม่เสถียร เช่น เปอร์ออกไซด์ ($\mathrm{O_2^{2-}}$) และซุปเปอร์ออกไซด์ ($\mathrm{O_2^{-}}$) เกิดโครงผลึกไอออนิกที่เสถียรได้ (ขนาดไอออนบวก-ลบใกล้เคียงกันช่วยให้พลังงานแลตทิซสูงขึ้น)

1 **ขั้นที่ 1:** Li เป็นไอออนบวกที่เล็กที่สุดในหมู่ IA จึงเข้าคู่ได้ดีเฉพาะกับ $\mathrm{O^{2-}}$ ตัวเล็ก ให้ **ออกไซด์ปกติ**

$$4\mathrm{Li} + \mathrm{O_2} \rightarrow 2\mathrm{Li_2O}$$

2 **ขั้นที่ 2:** Na มีขนาดใหญ่ขึ้น เสถียรกับ $\mathrm{O_2^{2-}}$ ได้ดี ให้ **เปอร์ออกไซด์** เป็นผลิตภัณฑ์หลัก

$$2\mathrm{Na} + \mathrm{O_2} \rightarrow \mathrm{Na_2O_2}$$

3 **ขั้นที่ 3:** K มีขนาดใหญ่กว่า Na อีก จึงเสถียรกับไอออนที่ใหญ่และไม่เสถียรที่สุดอย่าง $\mathrm{O_2^{-}}$ ได้ ให้ **ซุปเปอร์ออกไซด์**

$$\mathrm{K} + \mathrm{O_2} \rightarrow \mathrm{KO_2}$$

สรุป: Li → ออกไซด์ปกติ, Na → เปอร์ออกไซด์, K → ซุปเปอร์ออกไซด์

ที่มาของตัวลวง: ผู้เรียนมักเข้าใจผิดว่าธาตุในหมู่เดียวกันต้องให้ผลิตภัณฑ์แบบเดียวกันเสมอ (ตัวเลือกสุดท้าย) โดยลืมว่าขนาดไอออนที่ต่างกันส่งผลต่อความเสถียรของแอนไอออนออกซิเจนชนิดต่าง ๆ

ข้อ 28 — ตอบ ข.

เพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 (ยกเว้น He ครบ 2) เป็นการจัดเรียงที่เสถียร และมีพลังงานไอออไนเซชันสูงมาก

1 **ขั้นที่ 1:** แก๊สมีสกุล เช่น He, Ne, Ar มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตัว ($ns^2\ np^6$) ยกเว้น He ที่ครบ 2 ตัว ($1s^2$) ซึ่งเป็นการจัดเรียงที่เสถียรมาก

2 **ขั้นที่ 2:** ผลจากความเสถียรนี้ทำให้

- พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 **สูงที่สุดในคาบ** — เสียอิเล็กตรอนยากมาก
- แทบไม่มีแนวโน้มรับอิเล็กตรอนเพิ่ม เพราะอิเล็กตรอนใหม่ต้องเข้าไปอยู่ระดับพลังงานถัดไปที่สูงกว่ามาก

3 **ขั้นที่ 3:** เมื่อทั้งให้และรับอิเล็กตรอนยาก จึงไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา และในธรรมชาติอยู่เป็นอะตอมเดี่ยว (monatomic gas)

วิเคราะห์ตัวลวง: ความหนาแน่นของแก๊สไม่ใช่เหตุผลเชิงโครงสร้างอิเล็กตรอน, ธาตุที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงสุดคือ F ไม่ใช่แก๊สมีสกุล (โดยทั่วไปไม่นิยามค่า EN ให้แก๊สมีสกุลส่วนใหญ่) และแก๊สมีสกุลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคต่ำมาก (จุดเดือดต่ำ) ไม่ใช่สูง

ข้อ 29 — ตอบ ข.

เกิดสารประกอบกับโลหะโดยมีเลขออกซิเดชัน -1 เช่นใน NaH เช่นเดียวกับ Cl ที่มีเลขออกซิเดชัน -1 ใน NaCl

หลักการ: ไฮโดรเจน ($1s^1$) ขาดอิเล็กตรอนอีกเพียง 1 ตัวก็จะครบการจัดเรียงแบบแก๊สมีสกุล (He, $1s^2$) เช่นเดียวกับธาตุหมู่ VIIA ($ns^2\ np^5$) ที่ขาดอีก 1 ตัวจะครบ 8

พิจารณาทีละข้อ:

ข้อ 1 (ผิด): การมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 ตัวและเสียอิเล็กตรอนเกิดไอออน +1 เป็นสมบัติที่คล้ายหมู่ **IA** ไม่ใช่หมู่ VIIA อีกทั้งไฮโดรเจนมีพลังงานไอออไนเซชัน **สูง** (ประมาณ 1312 kJ/mol) ต่างจากโลหะหมู่ IA และธาตุหมู่ VIIA ก็ไม่ได้เสียอิเล็กตรอนง่าย

ข้อ 2 (ถูกต้อง): เมื่อไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับโลหะที่ให้อิเล็กตรอนง่าย เช่น Na จะ **รับอิเล็กตรอน 1 ตัว** เกิดไฮไดรด์ไอออน (H^-) ที่มีเลขออกซิเดชัน -1

$$2Na + H_2 \rightarrow 2NaH$$

เหมือนกับที่ Cl รับอิเล็กตรอนเกิด Cl^- ใน NaCl นอกจากนี้ไฮโดรเจนยังเป็นโมเลกุลอะตอมคู่ (H_2) เหมือน Cl_2 ด้วย

ข้อ 3 (ผิด): ไฮโดรเจนเป็น **แก๊ส** ที่อุณหภูมิห้อง (จุดเดือดต่ำมาก) ไม่ใช่ของแข็งระเหิดได้แบบ I_2

ข้อ 4 (ผิด): ไฮโดรเจนมีอิเล็กตรอนเพียง 1 ตัว เลขออกซิเดชันจึงมีได้เพียง $+1$, 0 และ -1 เท่านั้น ไม่มีทางถึง $+7$ แบบ Cl ใน Cl_2O_7

ที่มาของตัวลวง: ข้อ 1 ลวงผู้ที่จำได้แค่ว่าไฮโดรเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 1 ตัว โดยไม่แยกว่านั่นคือด้านที่คล้ายหมู่ IA ส่วนข้อ 4 ลวงผู้ที่เหมารวมว่าธาตุที่คล้ายหมู่ VIIA ต้องมีช่วงเลขออกซิเดชันเหมือนกันทุกประการ

ข้อ 30 — ตอบ ค.

$NaOH$ และ H_2O_2

หลักคิด: Na_2O_2 เป็นเปอร์ออกไซด์ (O มีเลขออกซิเดชัน -1) เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ไฮดรอกไซด์บวกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่างจากซุปเปอร์ออกไซด์ (เช่น KO_2) ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วได้แก๊ส O_2 เพิ่มด้วย

❶ **ขั้นที่ 1:** เขียนสมการดุล

$$Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2O_2$$

❷ **ขั้นที่ 2:** ตรวจสอบเลขออกซิเดชันของ O — ใน Na_2O_2 เป็น -1 (เปอร์ออกไซด์) และใน H_2O_2 ก็ยังเป็น -1 เท่ากัน (ไม่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนสุทธิ) ส่วน O ใน $NaOH$ เป็น -2 ตามปกติ — ปฏิกิริยานี้จึงเป็นเพียงการแตกตัว/ไฮโดรลิซิสธรรมดา ไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ ต่างจากกรณีของซุปเปอร์ออกไซด์ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมส่วน (disproportionation) จน O บางส่วนถูกออกซิไดส์เป็นแก๊ส O_2 (0)

วิเคราะห์ตัวลวง: ตัวเลือกที่มีแก๊ส H_2 สับสนกับปฏิกิริยาของโลหะ Na บริสุทธิ์กับน้ำ ($2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$) ซึ่งเป็นคนละปฏิกิริยากับเปอร์ออกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ; ตัวเลือกที่มีแก๊ส O_2 เพิ่มมาคือผลิตภัณฑ์ของซุปเปอร์ออกไซด์ ไม่ใช่เปอร์ออกไซด์

ข้อ 31 — ตอบ ค.

ทั้ง (ก) (ข) (ค) และ (ง)

ตรวจ (ก): Li_2O เป็นออกไซด์ปกติ (O^{2-}) ทำปฏิกิริยากับน้ำแบบตรงไปตรงมาไม่ใช่ปฏิกิริยาไม่สมส่วน

$$Li_2O + H_2O \rightarrow 2LiOH$$

ได้ $LiOH$ เพียงอย่างเดียว — **ถูก**

ตรวจ (ข): ตามที่วิเคราะห์แล้วในข้อก่อนหน้า Na_2O_2 ให้ $NaOH$ และ H_2O_2 — **ถูก**

ตรวจ (ค): KO_2 เป็นซุปเปอร์ออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับน้ำแบบไม่สมส่วน ได้ผลิตภัณฑ์ครบทั้งสามชนิด — **ถูก**

ตรวจ (ง): เรียงจำนวนอะตอมออกซิเจนต่อโลหะ 1 อะตอมในสูตรออกไซด์ — Li_2O มี O ต่อ Li = 0.5, Na_2O_2 มี O ต่อ Na = 1, KO_2 มี O ต่อ K = 2 ยิ่งลงล่างของหมู่ (Li → Na → K) สัดส่วนออกซิเจนต่อโลหะยิ่งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับขนาดไอออนบวกที่ใหญ่ขึ้นรองรับแอนไอออนออกซิเจนที่ซับซ้อนขึ้นได้ — **ถูก**

สรุป: ถูกทั้ง (ก) (ข) (ค) และ (ง)

ที่มาของตัวลวง: ผู้ที่จำสลับว่า Li ให้เปอร์ออกไซด์หรือ K ให้ออกไซด์ปกติ (สลับทิศของแนวโน้ม) จะตัดข้อ (ก) หรือ (ค) ทิ้งผิดพลาด

ข้อ 32 — ตอบ ก.

เกิดปฏิกิริยาเฉพาะข้อ (ก) และ (ค)

หลักการ: ความว่องไว (ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์) ของธาตุหมู่ VIIA ลดลงจากบนลงล่าง

$$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$$

แฮโลเจนที่ว่องไวกว่าจะ **แทนที่** แฮไลด์ไอออนของแฮโลเจนที่ว่องไวน้อยกว่าได้ แต่แทนที่ย้อนกลับไม่ได้

ข้อ (ก): Cl_2 ว่องไวกว่า Br_2 จึงแทนที่ Br^- ได้ — **เกิดปฏิกิริยา**

$$Cl_2 + 2KBr \rightarrow 2KCl + Br_2$$

สังเกตได้จากสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มเหลืองของ Br_2

ข้อ (ข): Br_2 ว่องไวน้อยกว่า Cl_2 จึงแย่งอิเล็กตรอนจาก Cl^- ไม่ได้ — **ไม่เกิดปฏิกิริยา**

ข้อ (ค): Br_2 ว่องไวกว่า I_2 จึงแทนที่ I^- ได้ — **เกิดปฏิกิริยา**

$$Br_2 + 2KI \rightarrow 2KBr + I_2$$

สรุป: เกิดเฉพาะ (ก) และ (ค)

ข้อ 33 — ตอบ ค.

K > Na > Mg

หลักการ: โลหะทำปฏิกิริยากับน้ำโดยการ **ให้อิเล็กตรอน** ดังนั้นโลหะที่เสียอิเล็กตรอนง่าย (IE ต่ำ ความเป็นโลหะสูง) จะว่องไวกว่า

1. **ขั้นที่ 1:** เปรียบเทียบ K กับ Na (หมู่ IA เหมือนกัน) — ลงล่างขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น เวเลนซ์อิเล็กตรอนอยู่ไกลนิวเคลียส IE ต่ำลง จึงเสียอิเล็กตรอนง่ายขึ้น ดังนั้น K > Na

2. **ขั้นที่ 2:** เปรียบเทียบ Na กับ Mg (คาบ 3 เหมือนกัน) — Na อยู่หมู่ IA เสียอิเล็กตรอนเพียง 1 ตัว และ IE ต่ำกว่า Mg (หมู่ IIA) ดังนั้น Na > Mg โดย Mg แทบไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำเย็น (ต้องใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำ)

3. **ขั้นที่ 3:** รวมผล

$$K > Na > Mg$$

ปฏิกิริยาที่เกิด เช่น $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$ ซึ่ง K ทำปฏิกิริยารุนแรงจนลุกไหม้

ข้อควรระวัง: อย่าสับสนกับแนวโน้มของอโลหะ (หมู่ VIIA) ที่ธาตุบนว่องไวกว่า — สำหรับโลหะ ยิ่งอยู่ล่างและอยู่ซ้ายยิ่งว่องไว

ข้อ 34 — ตอบ ข.

2.24 ลิตร

1 ขั้นที่ 1 — หาโมล K:

$$n_{\mathrm{K}} = \frac{7.8}{39} = 0.2 \text{ mol}$$

ขั้นที่ 2 — หาโมล $\mathrm{KO_2}$ จากสมการเผา:

$$\mathrm{K} + \mathrm{O_2} \rightarrow \mathrm{KO_2}$$

อัตราส่วน K ต่อ $\mathrm{KO_2}$ = 1 ต่อ 1 ดังนั้น $n_{\mathrm{KO_2}} = 0.2$ mol

ขั้นที่ 3 — หาโมล $\mathrm{O_2}$ ที่เกิดจากปฏิกิริยากับน้ำ:

$$2\mathrm{KO_2} + 2\mathrm{H_2O} \rightarrow 2\mathrm{KOH} + \mathrm{H_2O_2} + \mathrm{O_2}$$

อัตราส่วน $\mathrm{KO_2}$ ต่อ $\mathrm{O_2}$ = 2 ต่อ 1

$$n_{\mathrm{O_2}} = 0.2 \times \frac{1}{2} = 0.1 \text{ mol}$$

4 ขั้นที่ 4 — แปลงเป็นปริมาตรที่ STP:

$$0.1 \times 22.4 = 2.24 \text{ L}$$

ตอบ: เกิดแก๊ส $\mathrm{O_2}$ ปริมาตร **2.24 ลิตร**

ที่มาของตัวลวง: 4.48 ลิตร มาจากการลืมหารด้วย 2 ในขั้นที่ 3 (ใช้อัตราส่วน $\mathrm{KO_2}$ ต่อ $\mathrm{O_2}$ เป็น 1 ต่อ 1); 1.12 ลิตร มาจากการหารด้วย 2 ซ้ำสองรอบโดยไม่จำเป็น; 0.56 ลิตร มาจากการคำนวณโมล K ผิดพลาดร่วมกับการหารเกิน

ข้อ 35 — ตอบ ข.

$H_2O < H_2O_2 < KO_2 < OF_2$

หลักคิด: เลขออกซิเดชันของ O ไม่ได้เป็น -2 เสมอไป — ในเปอร์ออกไซด์ ซุปเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบกับ F ค่าจะต่างออกไป (F เป็นธาตุเดียวที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่า O)

1. **ขั้นที่ 1:** H_2O (ออกไซด์ปกติ) — $2(+1) + x = 0$ ได้ $x = -2$
2. **ขั้นที่ 2:** H_2O_2 (เปอร์ออกไซด์) — $2(+1) + 2x = 0$ ได้ $x = -1$
3. **ขั้นที่ 3:** KO_2 (ซุปเปอร์ออกไซด์) — $(+1) + 2x = 0$ ได้ $x = -\frac{1}{2}$
4. **ขั้นที่ 4:** OF_2 — F มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่า O จึงกำหนดให้ F เป็น -1 ได้ $x + 2(-1) = 0$ ดังนั้น $x = +2$
5. **ขั้นที่ 5:** เรียงจากน้อยไปมาก

$$H_2O\,(-2) < H_2O_2\,(-1) < KO_2\,(-\tfrac{1}{2}) < OF_2\,(+2)$$

ระวัง:

- ตัวเลือกที่เรียงกลับด้านมาจากการอ่านโจทย์ไม่ครบว่าให้เรียงจากน้อยไปมาก
- ตัวเลือกที่วาง KO_2 ก่อน H_2O_2 มาจากการเผลอคิดว่า $-1 > -\frac{1}{2}$ (ลืมว่าบนเส้นจำนวน -1 อยู่ซ้ายของ $-\frac{1}{2}$)
- ผู้ที่ให้ O ใน OF_2 เป็น -2 ตามความเคยชินจะเรียงผิดทั้งชุด — ต้องดูว่าธาตุคู่ใดมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่าจึงได้เครื่องหมายลบ

ข้อ 36 — ตอบ ง.

เฉพาะ (ก) (ข) และ (ง)

ตรวจ (ก): I_2 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้วอย่าง CCl_4 ให้สารละลาย **สีม่วง** (ต่างจากในน้ำหรือสารละลายไอโอไดด์ที่ออกสีน้ำตาล) — **ถูก**

ตรวจ (ข): F มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงมาก โมเลกุล HF จึงเกิด **พันธะไฮโดรเจน** ระหว่างโมเลกุลได้ ขณะที่ HCl, HBr, HI มีเพียงแรงแวนเดอร์วาลส์กับแรงระหว่างขั้ว จุดเดือดของ HF จึงสูงโดดกว่าแนวโน้มปกติ — **ถูก**

ตรวจ (ค): ความแรงกรดของ HX ขึ้นกับความแข็งแรงของพันธะ H-X — ลงล่างของหมู่ อะตอมแฮโลเจนใหญ่ขึ้น พันธะ H-X ยาวและอ่อนลง แตกให้ H^+ ง่ายขึ้น ความแรงกรดจึงเรียงเป็น

$$HI > HBr > HCl > HF$$

กลับทิศกับข้อความ โดย HF เป็นกรดอ่อนด้วยซ้ำ — **ผิด**

ตรวจ (ง): Cl_2 เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่า I_2 จึงแทนที่ I^- ได้

$$Cl_2 + 2KI \rightarrow 2KCl + I_2$$

— **ถูก**

สรุป: ถูกเฉพาะ (ก) (ข) และ (ง)

ระวัง: ข้อความ (ค) คือกับดักหลักของข้อนี้ — ผู้เรียนมักเหมาว่าธาตุที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงต้องให้กรดแรง แต่ความแรงกรดของ HX ตัดสินด้วยความง่ายของการแตกพันธะ H-X ไม่ใช่ความมีขั้วของพันธะ (นี่คือเหตุผลเดียวกับที่ HF ทั้งมีขั้วแรงแต่กลับเป็นกรดอ่อน)

ข้อ 37 — ตอบ ก.

รังสีแอลฟา

หลักคิด: อำนาจทะลุทะลวงของรังสีจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีเรียงจากน้อยไปมากได้เป็น

$$\alpha < \beta < \gamma$$

1 **ขั้นที่ 1:** รังสีแอลฟาคือนิวเคลียสฮีเลียม ($^{4}_{2}\mathrm{He}$) มีมวลมากและมีประจุ $+2$ จึงชนกับอนุภาคของตัวกลางแล้วเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว — ทะลุทะลวง **น้อยที่สุด** แค่แผ่นกระดาษหรือผิวหนังชั้นนอกก็กั้นได้ (แต่มีอำนาจทำให้ตัวกลางแตกตัวเป็นไอออนสูงที่สุด)

2 **ขั้นที่ 2:** เปรียบเทียบกับรังสีอื่น

- รังสีบีตาคืออิเล็กตรอนความเร็วสูง มวลน้อย ประจุ -1 ทะลุกระดาษได้ ต้องใช้แผ่นอะลูมิเนียมกั้น
- รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง ไม่มีมวลไม่มีประจุ ทะลุทะลวงมากที่สุด ต้องใช้ตะกั่วหรือคอนกรีตหนากั้น

ระวัง: อย่าสับสนระหว่าง "อำนาจทะลุทะลวง" กับ "อำนาจทำให้แตกตัวเป็นไอออน" — สองสมบัตินี้เรียงกลับทิศกัน (แอลฟาทะลุน้อยแต่ทำให้แตกตัวมากสุด) ส่วนรังสีเอกซ์ไม่ได้เกิดจากการสลายตัวของนิวเคลียสและทะลุทะลวงสูงกว่าแอลฟามาก

ข้อ 38 — ตอบ ง.

Na-24 ใช้หาอายุหินและแร่ที่มีอายุหลายพันล้านปี

พิจารณาทีละข้อ:

ข้อ 1 (ถูกต้อง): Co-60 ปล่อยรังสีแกมมาพลังงานสูง ใช้ฉายรังสีทำลายเซลล์มะเร็ง และใช้ถนอมอาหารด้วยการฉายรังสี

ข้อ 2 (ถูกต้อง): ต่อมไทรอยด์ดูดซับไอโอดีนไปสร้างฮอร์โมน จึงใช้ I-131 เป็นสารติดตาม (tracer) ตรวจและรักษาความผิดปกติของต่อมไทรอยด์

ข้อ 3 (ถูกต้อง): สิ่งมีชีวิตรับ C-14 จากบรรยากาศตลอดช่วงที่มีชีวิต เมื่อตายลงปริมาณ C-14 จะลดลงตามครึ่งชีวิต (ประมาณ 5,730 ปี) จึงใช้คำนวณอายุวัตถุโบราณที่มีสารอินทรีย์ได้

ข้อ 4 (ไม่ถูกต้อง — จึงเป็นคำตอบ): Na-24 มีครึ่งชีวิตสั้นมาก (ประมาณ 15 ชั่วโมง) จึงใช้เป็นสารติดตามระยะสั้น เช่น ตรวจระบบไหลเวียนเลือด หรือหารอยรั่วของท่อส่งน้ำใต้ดิน — เป็นไปไม่ได้ที่จะใช้หาอายุหินหลายพันล้านปี เพราะ Na-24 สลายหมดภายในไม่กี่วัน การหาอายุหินต้องใช้ไอโซโทปครึ่งชีวิตยาวมาก เช่น U-238

ที่มาของตัวลวง: ข้อนี้ทดสอบความเข้าใจว่าการเลือกไอโซโทปสำหรับงานแต่ละแบบขึ้นกับ **ครึ่งชีวิต** — งานหาอายุวัตถุเก่าแก่ต้องใช้ไอโซโทปครึ่งชีวิตยาวเทียบเคียงกับช่วงเวลาที่ต้องการวัด

ข้อ 39 — ตอบ ข.

9 วัน

1 ขั้นที่ 1: หาว่ามวลลดลงกี่เท่า

$$\frac{80}{5} = 16 = 2^4$$

2 ขั้นที่ 2: มวลลดลงเหลือครึ่งหนึ่งทั้งหมด 4 ครั้ง (ผ่านไป 4 ครึ่งชีวิต) ตรวจสอบทีละขั้น

$$80 \xrightarrow{t_{1/2}} 40 \xrightarrow{t_{1/2}} 20 \xrightarrow{t_{1/2}} 10 \xrightarrow{t_{1/2}} 5$$

(หน่วยเป็นกรัม)

3 ขั้นที่ 3: เวลาทั้งหมด 36 วัน เท่ากับ 4 ครึ่งชีวิต ดังนั้น

$$t_{1/2} = \frac{36}{4} = 9$$

ดังนั้นครึ่งชีวิตเท่ากับ 9 วัน

ที่มาของตัวลวง:

- 12 วัน มาจากการนับจำนวนครึ่งชีวิตผิดเป็น 3 ครั้ง (นับจำนวนลูกศรขาด หรือคิดว่า $16 = 2^3$)
- 18 วัน มาจากการหารด้วย 2 โดยไม่ได้วิเคราะห์จำนวนครึ่งชีวิต
- 4.5 วัน มาจากการหารด้วย 8 (สับสนระหว่าง $2^4 = 16$ กับจำนวนครั้ง 8)

ข้อ 40 — ตอบ ก.

$^{208}_{82}\mathrm{Pb}$

หลักการ: การสลายตัวแต่ละแบบเปลี่ยนเลขมวล (A) และเลขอะตอม (Z) ดังนี้

- ปล่อยแอลฟา ($^{4}_{2}\mathrm{He}$): A ลดลง 4, Z ลดลง 2
- ปล่อยบีตา ($^{0}_{-1}e$): A ไม่เปลี่ยน, Z **เพิ่มขึ้น** 1 (นิวตรอนเปลี่ยนเป็นโปรตอน)

1 **ขั้นที่ 1:** คิดเลขมวล — มีเพียงแอลฟาที่เปลี่ยน A

$$A = 232 - (6 \times 4) = 232 - 24 = 208$$

2 **ขั้นที่ 2:** คิดเลขอะตอม — แอลฟาลด Z ครั้งละ 2 ส่วนบีตาเพิ่ม Z ครั้งละ 1

$$Z = 90 - (6 \times 2) + (4 \times 1) = 90 - 12 + 4 = 82$$

3 **ขั้นที่ 3:** ธาตุที่มี $Z = 82$ คือ Pb ดังนั้นไอโซโทปสุดท้ายคือ $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$ (นี่คือปลายทางของอนุกรมการสลายตัวของทอเรียม ซึ่งไอโซโทปตะกั่วที่เสถียร)

ที่มาของตัวลวง:

- $^{208}_{78}\mathrm{Pt}$ มาจากการลืมคิดผลของบีตา ($Z = 90 - 12 = 78$)
- $^{208}_{74}\mathrm{W}$ มาจากการเข้าใจผิดว่าบีตาทำให้ Z **ลดลง** 1 ($Z = 90 - 12 - 4 = 74$) — ที่จริงบีตาลบเกิดจากนิวตรอนเปลี่ยนเป็นโปรตอน Z จึงเพิ่ม
- $^{212}_{84}\mathrm{Po}$ มาจากการนับจำนวนครั้งของแอลฟาผิดเป็น 5 ครั้ง ($A = 232 - 20 = 212$, $Z = 90 - 10 + 4 = 84$)

ข้อ 41 — ตอบ ค.

เฉพาะ (ก) (ข) และ (ง)

ตรวจ (ก): คำนวณครึ่งชีวิต

จำนวนครึ่งชีวิตใน 72 วัน

$$\frac{72}{24} = 3$$

ครั้ง มวลที่เหลือ

$$64 \xrightarrow{t_{1/2}} 32 \xrightarrow{t_{1/2}} 16 \xrightarrow{t_{1/2}} 8$$

(หน่วยเป็นกรัม) เหลือ 8 กรัมพอดี — **ถูก**

ตรวจ (ข): ดุลสมการนิวเคลียร์ — การปล่อยบีตา ($^{0}_{-1}e$) แต่ละครั้ง เลขมวลไม่เปลี่ยน แต่เลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 (นิวตรอนเปลี่ยนเป็นโปรตอน) ปล่อย 2 ครั้งจึงได้

$$A = 234, \qquad Z = 90 + 2 = 92$$

(เลขมวลคงเดิม)

ธาตุที่มี $Z = 92$ คือ U ดังนั้น M คือ $^{234}_{92}\mathrm{U}$ — **ถูก** (เส้นทางจริงคือ Th → Pa → U ในอนุกรมยูเรเนียม)

ตรวจ (ค): รังสีบีตาไม่มีผลต่อเลขมวลเลย (A ของ $^{0}_{-1}e$ เท่ากับ 0) เลขมวลจึงคงที่ที่ 234 — การลดลง 8 จะเกิดเมื่อปล่อยแอลฟา 2 ครั้งต่างหาก — **ผิด**

ตรวจ (ง): U ($Z = 92$) อยู่ในแถวแอกทิไนด์ (Ac ถึง Lr) ซึ่งอิเล็กตรอนบรรจุในออร์บิทัล 5f จัดเป็นธาตุบล็อก f ที่แยกแสดงไว้ใต้ตารางธาตุหลัก — **ถูก**

สรุป: ถูกเฉพาะ (ก) (ข) และ (ง)

ระวัง: จุดพลาดที่พบบ่อยคือจำผลของบีตาสลับกับแอลฟา — ผู้ที่คิดว่าบีตาลดเลขอะตอมจะได้ M เป็น Ra ($Z = 88$) และผู้ที่คิดว่าบีตาลดเลขมวลจะรับข้อความ (ค) ว่าถูก อีกจุดคือการนับครึ่งชีวิตผิดเป็น 2 ครั้ง (ได้ 16 กรัม) จากการหาร 72 ด้วย 36 แทน 24

ข้อ 42 — ตอบ ข.

Li และ Mg

หลักคิด: ความสัมพันธ์เชิงแนวทแยงเกิดกับธาตุที่อยู่ตำแหน่งทแยงมุมกัน (เลื่อนลง 1 คาบ และเลื่อนขวา 1 หมู่พร้อมกัน) เพราะผลของขนาดอะตอมที่ใหญ่ขึ้นตามคาบและเล็กลงตามหมู่หักล้างกัน ทำให้ประจุนิวเคลียสสุทธิ (Z_{eff}) และขนาดอะตอมใกล้เคียงกันผิดปกติ

1 **ขั้นที่ 1:** Li อยู่หมู่ IA คาบ 2 ส่วน Mg อยู่หมู่ IIA คาบ 3 — เลื่อนลง 1 คาบและขวา 1 หมู่พอดี จึงเป็นคู่แนวทแยงคลาสสิก

2 **ขั้นที่ 2:** ตัวอย่างสมบัติที่คล้ายกัน — ทั้ง Li และ Mg ทำปฏิกิริยากับ N_2 โดยตรงได้ไนไตรด์ (ธาตุหมู่ IA ตัวอื่นอย่าง Na, K ทำไม่ได้ในสภาวะปกติ)

$$6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N \qquad 3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$$

วิเคราะห์ตัวเลือกอื่น: Na และ Mg อยู่คาบเดียวกัน (คาบ 3) ไม่ใช่แนวทแยง — มีความสัมพันธ์แบบ "เพื่อนคาบเดียวกัน" ไม่ใช่แนวทแยง; Li และ Na อยู่หมู่เดียวกัน (หมู่ IA) เป็นความสัมพันธ์ปกติในหมู่ ไม่ใช่แนวทแยง; Be และ Ca อยู่หมู่เดียวกัน (หมู่ IIA) แต่ห่างกันถึง 2 คาบ ไม่ใช่คู่แนวทแยงที่อยู่ติดกัน

ข้อ 43 — ตอบ ข.

ทั้งคู่เป็นธาตุกึ่งโลหะ มีสมบัตินำไฟฟ้าแบบกึ่งตัวนำ และมีจุดหลอมเหลวสูงมากเพราะเป็นโครงผลึกร่างตาข่ายโควาเลนต์

หลักคิด: B และ Si เป็นคู่แนวทแยงมุมที่อยู่ในแถบรอยต่อระหว่างโลหะกับอโลหะของตารางธาตุ (metalloid) จึงมีสมบัติผสมระหว่างโลหะและอโลหะเหมือนกัน

1 **ขั้นที่ 1:** ทั้ง B และ Si ไม่ใช่โลหะเต็มตัวและไม่ใช่อโลหะเต็มตัว แต่เป็น **ธาตุกึ่งโลหะ** — นำไฟฟ้าได้บ้างแบบสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ซึ่งการนำไฟฟ้าจะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ตรงข้ามกับโลหะแท้)

2 **ขั้นที่ 2:** ทั้งคู่มีโครงสร้างผลึกแบบร่างตาข่ายโควาเลนต์ (คล้ายเพชรของคาร์บอน) ทำให้มีจุดหลอมเหลวสูงมากผิดปกติเมื่อเทียบกับธาตุข้างเคียงในหมู่เดียวกัน เช่น Si หลอมเหลวที่ประมาณ 1414 °C และ B หลอมเหลวที่ประมาณ 2076 °C

วิเคราะห์ตัวลวง: ทั้งคู่ไม่ใช่โลหะที่นำไฟฟ้าดีเยี่ยมแบบโลหะแทรนซิชัน (นำไฟฟ้าแบบกึ่งตัวนำเท่านั้น); ทั้งคู่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ไม่ใช่แก๊ส และยังทำปฏิกิริยาได้ (เช่น Si ทำปฏิกิริยากับเบสแก่หลอมเหลว); ทั้งคู่ไม่เกิดไอออนบวกประจุ +1 แบบโลหะหมู่ IA เพราะมีแนวโน้มสร้างพันธะโคเวเลนต์มากกว่าไอออนิก

ข้อ 44 — ตอบ ข.

เพราะ Be อยู่ตำแหน่งทแยงมุมกับ Al ทำให้มีขนาดอะตอมและประจุนิวเคลียสสุทธิใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ไอออน Be^{2+} มีอำนาจโพลาไรซ์สูงใกล้เคียง Al^{3+} มากกว่าไอออนของ Mg หรือ Ca

หลักคิด: สมบัติแอมโฟเทอริกของออกไซด์เกิดเมื่อไอออนบวกมีขนาดเล็กและประจุค่อนข้างสูง (density ประจุสูง) จนมีอำนาจดึงอิเล็กตรอน/โพลาไรซ์พันธะกับออกซิเจนได้มากพอจะแสดงพฤติกรรมคล้ายพันธะโคเวเลนต์ ทำให้ทำปฏิกิริยาได้ทั้งกรดและเบส

1 **ขั้นที่ 1:** Be เป็นธาตุตัวเล็กสุดในหมู่ IIA และอยู่แนวทแยงกับ Al พอดี (เลื่อนลง 1 คาบ ขวา 1 หมู่) ทำให้ Be^{2+} มีขนาดเล็กและ Z_{eff} สูงใกล้เคียงกับ Al^{3+} มากกว่าที่จะใกล้เคียงกับ Mg^{2+} หรือ Ca^{2+} ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ามาก

2 **ขั้นที่ 2:** ผลคือ BeO และ Al_2O_3 ต่างก็ทำปฏิกิริยาได้ทั้งกรดและเบส

$$BeO + 2HCl \rightarrow BeCl_2 + H_2O \qquad BeO + 2NaOH \rightarrow Na_2BeO_2 + H_2O$$

ขณะที่ MgO และ CaO มีไอออนบวกใหญ่กว่า อำนาจโพลาไรซ์ต่ำกว่า จึงเป็นออกไซด์เบสล้วนตามปกติของหมู่ IIA

วิเคราะห์ตัวลวง: Be มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 2 ตัว (หมู่ IIA) ส่วน Al มี 3 ตัว (หมู่ IIIA) ไม่เท่ากัน ตัวเลือก 1 จึงผิด; ทั้งสองธาตุเป็นบล็อก s (Be) และบล็อก p (Al) ไม่ใช่บล็อก d ตัวเลือก 3 จึงผิด; Be มี 4 โปรตอน ส่วน Al มี 13 โปรตอน ไม่เท่ากัน ตัวเลือก 4 จึงผิด

ข้อ 45 — ตอบ ข.

เฉพาะ (ก) (ค) และ (ง)

ตรวจ (ก): Li อยู่หมู่ IA คาบ 2 เลื่อนลง 1 คาบ (เป็นคาบ 3) และเลื่อนขวา 1 หมู่ (เป็นหมู่ IIA) จะได้ตำแหน่งของ Mg พอดี — **ถูก**

ตรวจ (ข): ความสัมพันธ์เชิงแนวทแยงเป็น **ข้อยกเว้นเฉพาะบางคู่** เท่านั้น (หลัก ๆ คือ Li–Mg, Be–Al, B–Si) ไม่ใช่กฎที่ใช้ได้กับทุกคู่แนวทแยงในตารางธาตุอย่างเท่าเทียมกัน เช่น C กับ P ที่อยู่แนวทแยงกันก็ไม่ได้ถูกยกเป็นคู่ความสัมพันธ์แนวทแยงที่เด่นชัดในระดับพื้นฐาน — **ผิด**

ตรวจ (ค): ตรงตามสมบัติจริงของ Be และ Al — **ถูก**

ตรวจ (ง): ตรงตามสมบัติจริงของ B และ Si — **ถูก**

สรุป: ถูกเฉพาะ (ก) (ค) และ (ง)

ที่มาของตัวลวง: ข้อความ (ข) คือกับดักหลักของข้อนี้ — ผู้เรียนที่จำได้แค่ว่า "แนวทแยงมุมสมบัติคล้ายกัน" มักเข้าใจผิดว่าเป็นกฎทั่วไปที่ครอบคลุมทุกคู่ ทั้งที่ในทางปฏิบัติข้อสอบเน้นเฉพาะ 3 คู่หลักที่มีหลักฐานเชิงปฏิกิริยาสนับสนุนชัดเจน

ข้อ 46 — ตอบ ข.

เพราะผลของการเพิ่มระดับพลังงาน (ทำให้ Mg ควรใหญ่กว่า Li) และผลของการเพิ่มประจุนิวเคลียสสุทธิเมื่อเลื่อนขวา 1 หมู่ (ทำให้ Mg เล็กลง) หักล้างกันเกือบพอดี

หลักคิด: ขนาดอะตอมถูกกำหนดจาก 2 ผลที่แข่งกัน คือจำนวนระดับพลังงาน (ยิ่งมาก ยิ่งใหญ่) กับประจุนิวเคลียสสุทธิ Z_{eff} (ยิ่งมาก ยิ่งเล็ก)

1 **ขั้นที่ 1:** Mg อยู่คาบ 3 (มี 3 ระดับพลังงาน) ส่วน Li อยู่คาบ 2 (มี 2 ระดับพลังงาน) — ถ้าดูปัจจัยนี้อย่างเดียว Mg ควรใหญ่กว่า Li มาก

2 **ขั้นที่ 2:** แต่ Mg อยู่ขวากว่า Li ไป 1 หมู่ (จากหมู่ IA ไป IIA) ทำให้ Mg มีจำนวนโปรตอนมากกว่าธาตุคาบเดียวกันที่หมู่ IA (Na) และมี Z_{eff} สูงกว่า ดึงเวเลนซ์อิเล็กตรอนเข้าใกล้นิวเคลียสมากกว่าที่ควรจะเป็นสำหรับคาบ 3

3 **ขั้นที่ 3:** ผลทั้งสองนี้ **หักล้างกันเกือบพอดี** ทำให้ขนาดอะตอมของ Mg ใกล้เคียงกับ Li มากกว่าที่ควรเป็นถ้าเทียบแค่ในหมู่ IA หรือคาบเดียวกันตามลำพัง — นี่คือกลไกเบื้องหลังความสัมพันธ์เชิงแนวทแยงทั้งหมด ไม่ใช่เฉพาะคู่ Li–Mg

วิเคราะห์ตัวลวง: Li มี 3 โปรตอน ส่วน Mg มี 12 โปรตอน ไม่เท่ากัน; Mg ไม่มีอิเล็กตรอนในออร์บิทัล d (config คือ $[\mathrm{Ne}]\,3s^2$); ทั้งสองธาตุมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนชัดเจน (Li มี 1, Mg มี 2) ไม่ใช่ไม่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน