# 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 $\mathrm{X}^-$ (ธาตุนี้คือ Cl นั่นเอง)

## 2. 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 2.1

**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:

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

## 3. 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 3.1 — คำนวณ IE จากแบบจำลองของโบร์

สำหรับอะตอม/ไอออนที่มีอิเล็กตรอนตัวเดียว พลังงานของอิเล็กตรอนคือ

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

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

**วิธีทำทีละขั้น:**

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

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

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

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

ขั้นที่ 3 — แปลงหน่วยแบบแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย:

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

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

### ตัวอย่างโจทย์ 3.2 — 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 $\mathrm{M}^{3+}$ จับกับ $\mathrm{Cl}^-$ ได้สูตร $\mathrm{MCl_3}$

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

## 4. 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**

## 5. 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 $\Delta EN$ (เกณฑ์โดยประมาณ):**

| $\Delta EN$ | ชนิดพันธะ |
|---|---|
| $< 0.5$ | โคเวเลนต์ไม่มีขั้ว (เกือบ) |
| $0.5 - 1.7$ | โคเวเลนต์มีขั้ว |
| $> 1.7$ | ไอออนิก (โดยประมาณ) |

### ตัวอย่างโจทย์ 5.1

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

**วิธีทำทีละขั้น:**

ขั้นที่ 1 — คำนวณ $\Delta EN$ 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

## 6. 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 $\mathrm{Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH}$)
- ออกไซด์ของอโลหะ → **กรด** (เช่น $\mathrm{SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4}$)
- ตรงรอยต่อเป็น **แอมโฟเทอริก** เช่น $\mathrm{Al_2O_3}$, ZnO ทำปฏิกิริยาได้ทั้งกรดและเบส

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

## 7. สมบัติของธาตุหมู่ IA และ IIA (โลหะแอลคาไล / แอลคาไลน์เอิร์ท)

**หมู่ IA (Li Na K Rb Cs):** configuration ลงท้าย $ns^1$ → เสีย 1 อิเล็กตรอนง่ายมาก เกิด $\mathrm{M^+}$ เท่านั้น

- อ่อน ตัดได้ด้วยมีด จุดหลอมเหลวต่ำ (เทียบกับโลหะทั่วไป) ความหนาแน่นต่ำ (Li Na K ลอยน้ำ)
- ทำปฏิกิริยากับน้ำ **รุนแรง** ได้เบสแก่ + แก๊ส $\mathrm{H_2}$ และรุนแรงขึ้นตามหมู่ (Cs ระเบิด)

- เก็บในน้ำมันเพื่อกันอากาศ/ความชื้น
- สีเปลวไฟ: Li แดง, Na เหลือง, K ม่วง

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

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

## ตัวอย่างโจทย์ 7.1

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

**วิธีทำทีละขั้น:**

ขั้นที่ 1 — เขียนสมการดุล:

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

ขั้นที่ 2 — หาโมล Na:

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

ขั้นที่ 3 — เทียบอัตราส่วนโมลจากสมการ (Na ต่อ $\mathrm{H_2}$ = 2 ต่อ 1):

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

ขั้นที่ 4 — แปลงเป็นปริมาตรที่ STP:

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

**ตอบ:** ได้แก๊ส $\mathrm{H_2}$ ปริมาตร **2.24 ลิตร** ที่ STP

## ตัวอย่างโจทย์ 7.2

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

**วิธีทำทีละขั้น:**

ขั้นที่ 1 — สมการดุล:

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

ขั้นที่ 2 — โมล Mg:

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

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**

## 8. 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 8.1

**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 $= 2 \times 35.5 = 71$):

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

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

ขั้นที่ 4 — มวล $\mathrm{Br_2}$ (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 $\mathrm{Br_2}$ หนัก **16 กรัม**

## 9. 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 $\mathrm{XeF_2}$, $\mathrm{XeF_4}$, $\mathrm{XeO_3}$ — ประเด็นนี้ออกสอบแนว "ข้อใดผิด" บ่อย
- การใช้งาน: He เติมบอลลูน/หล่อเย็น, Ne หลอดไฟโฆษณา, Ar สร้างบรรยากาศเฉื่อยในหลอดไฟและงานเชื่อม

## 10. ธาตุแทรนซิชันเบื้องต้น (บล็อก d)

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

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

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

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

### ตัวอย่างโจทย์ 10.1

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

**วิธีทำทีละขั้น:**

ขั้นที่ 1 — อะตอม Fe มี 26 อิเล็กตรอน:

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

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

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

ขั้นที่ 3 — เกิด $\mathrm{Fe}^{3+}$ 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 $\mathrm{Fe}^{2+}$ ในอากาศค่อยๆ ถูกออกซิไดส์เป็น $\mathrm{Fe}^{3+}$

## 📌 สรุปสูตรและประเด็นต้องจำ

| หัวข้อ | สูตร / ข้อเท็จจริง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| พลังงานโบร์ (1 อิเล็กตรอน) | $E_n = -13.6 \times \dfrac{Z^2}{n^2}\ \mathrm{eV}$ | ใช้ได้เฉพาะระบบอิเล็กตรอนเดียว เช่น H, $\mathrm{He}^+$, $\mathrm{Li}^{2+}$, $\mathrm{Be}^{3+}$ |
| 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 $\Delta EN$ | $< 0.5$ 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 |
| 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 $\mathrm{Fe}^{2+}$ คือ $[\mathrm{Ar}]\,3d^6$ ไม่ใช่ $[\mathrm{Ar}]\,3d^4\,4s^2$
- **สรุปว่าแก๊สมีสกุลไม่เกิดสารประกอบเลย** — Xe เกิด $\mathrm{XeF_2}$, $\mathrm{XeF_4}$ ได้ ข้อความ "เฉื่อยสมบูรณ์ 100%" คือตัวเลือกหลอกยอดนิยม
- **สับสนทิศความว่องไวของแฮโลเจนกับจุดเดือด** — ความว่องไว *ลดลง* ตามหมู่ ($\mathrm{F_2}$ ดุสุด) แต่จุดเดือด *เพิ่มขึ้น* ตามหมู่ ($\mathrm{I_2}$ 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 $2\mathrm{Na} + 2\mathrm{H_2O} \rightarrow 2\mathrm{NaOH} + \mathrm{H_2}$ ที่อัตราส่วน Na ต่อ $\mathrm{H_2}$ = 2 ต่อ 1 ไม่ใช่ 1 ต่อ 1 เด็กครึ่งห้องได้ปริมาตรเกินจริงสองเท่าเพราะจุดนี้

## ✏️ แบบฝึกหัดท้ายบท (37 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** ★★☆☆☆

เหตุผลข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุดว่าเพราะเหตุใดแก๊สมีสกุล (หมู่ VIIIA) จึงไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

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

---

**ข้อ 28** ★★★☆☆

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 29** ★★★☆☆

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 30** ★★★☆☆

เมื่อนำโลหะ K, Na และ Mg ขนาดเท่ากันใส่ลงในน้ำเย็นทีละชนิด ข้อใดเรียงลำดับความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับน้ำจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

**ก.** Mg > Na > K

**ข.** Na > K > Mg

**ค.** K > Na > Mg

**ง.** Mg > K > Na

---

**ข้อ 31** ★★★★☆

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 32** ★★★★★

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 33** ★☆☆☆☆

รังสีชนิดใดมีอำนาจทะลุทะลวงน้อยที่สุด สามารถกั้นได้ด้วยแผ่นกระดาษ

**ก.** รังสีแอลฟา
**ข.** รังสีบีตา
**ค.** รังสีแกมมา
**ง.** รังสีเอกซ์

---

**ข้อ 34** ★★☆☆☆

ข้อใดจับคู่ไอโซโทปกัมมันตรังสีกับการใช้ประโยชน์ได้ไม่ถูกต้อง

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

---

**ข้อ 35** ★★★☆☆

ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีมวลเริ่มต้น 80 กรัม สลายตัวจนเหลือ 5 กรัม ในเวลา 36 วัน ครึ่งชีวิตของไอโซโทปนี้เท่ากับกี่วัน

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

---

**ข้อ 36** ★★★★☆

ไอโซโทป $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ สลายตัวต่อเนื่องโดยปล่อยรังสีแอลฟาทั้งหมด 6 ครั้ง และรังสีบีตา ($\beta^-$) 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 37** ★★★★★

ไอโซโทป $^{234}_{90}\mathrm{Th}$ มีครึ่งชีวิต 24 วัน สลายตัวโดยปล่อยรังสีบีตา ($\beta^-$) 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)

---

## 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. ก | 30. ค | 31. ข | 32. ง | 33. ก | 34. ง | 35. ข | 36. ก | 37. ค | | |

# 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 ($\Delta EN$) ยิ่งมาก พันธะยิ่งมีขั้วมากและมีความเป็นไอออนิกสูง

**1 ขั้นที่ 1:** คำนวณ $\Delta EN$ 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 $\mathrm{X}^{2-}$ 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 $\mathrm{S}^{2-}$ 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

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

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

3 **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:** $\mathrm{HCl}$ — ให้ Cl = $x$ จะได้ $(+1) + x = 0$ ดังนั้น $x = -1$
2. **ขั้นที่ 2:** $\mathrm{NaClO}$ — $(+1) + x + (-2) = 0$ 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** $K_3[Fe(CN)_6]$

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

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

- เลขโคออร์ดิเนชันของ Fe = 6 (ลิแกนด์ $CN^-$ หกตัว)

**ขั้นที่ 2: วิเคราะห์** $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$

- $Cl^-$ ที่อยู่ **นอก** วงเล็บเหลี่ยม 1 ไอออนมีประจุ $-1$ ดังนั้นไอออนเชิงซ้อนคือ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$
- ในไอออนเชิงซ้อน: $H_2O$ สี่ตัวเป็นกลาง, $Cl^-$ 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 $CN^-$ (คิดว่าเป็นกลางแบบ $NH_3$) 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

❶ **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

❷ **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.**

เพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 (ยกเว้น He ครบ 2) เป็นการจัดเรียงที่เสถียร และมีพลังงานไอออไนเซชันสูงมาก

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

❷ **ขั้นที่ 2:** ผลจากความเสถียรนี้ทำให้

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

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

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

---

**ข้อ 28 — 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 $-1$

$$2\mathrm{Na} + \mathrm{H_2} \rightarrow 2\mathrm{NaH}$$

เหมือนกับที่ Cl รับอิเล็กตรอนเกิด $\mathrm{Cl^-}$ ใน NaCl นอกจากนี้ไฮโดรเจนยังเป็นโมเลกุลอะตอมคู่ ($\mathrm{H_2}$) เหมือน $\mathrm{Cl_2}$ ด้วย

**ข้อ 3 (ผิด):** ไฮโดรเจนเป็น **แก๊ส** ที่อุณหภูมิห้อง (จุดเดือดต่ำมาก) ไม่ใช่ของแข็งระเหิดได้แบบ $\mathrm{I_2}$

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

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

---

**ข้อ 29 — ตอบ ก.**

เกิดปฏิกิริยาเฉพาะข้อ (ก) และ (ค)

> **หลักการ:** ความว่องไว (ความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์) ของธาตุหมู่ VIIA ลดลงจากบนลงล่าง

$$\mathrm{F_2} > \mathrm{Cl_2} > \mathrm{Br_2} > \mathrm{I_2}$$

แฮโลเจนที่ว่องไวกว่าจะ **แทนที่** แฮไลด์ไอออนของแฮโลเจนที่ว่องไวน้อยกว่าได้ แต่แทนที่ย้อนกลับไม่ได้

**ข้อ (ก):** $\mathrm{Cl_2}$ ว่องไวกว่า $\mathrm{Br_2}$ จึงแทนที่ $\mathrm{Br^-}$ ได้ — **เกิดปฏิกิริยา**

$$\mathrm{Cl_2} + 2\mathrm{KBr} \rightarrow 2\mathrm{KCl} + \mathrm{Br_2}$$

สังเกตได้จากสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มเหลืองของ $\mathrm{Br_2}$

**ข้อ (ข):** $\mathrm{Br_2}$ ว่องไวน้อยกว่า $\mathrm{Cl_2}$ จึงแย่งอิเล็กตรอนจาก $\mathrm{Cl^-}$ ไม่ได้ — **ไม่เกิดปฏิกิริยา**

**ข้อ (ค):** $\mathrm{Br_2}$ ว่องไวกว่า $\mathrm{I_2}$ จึงแทนที่ $\mathrm{I^-}$ ได้ — **เกิดปฏิกิริยา**

$$\mathrm{Br_2} + 2\mathrm{KI} \rightarrow 2\mathrm{KBr} + \mathrm{I_2}$$

> **สรุป:** เกิดเฉพาะ (ก) และ (ค)

---

**ข้อ 30 — 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

$$\mathrm{K} > \mathrm{Na} > \mathrm{Mg}$$

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

**ข้อควรระวัง:** อย่าสับสนกับแนวโน้มของอโลหะ (หมู่ VIIA) ที่ธาตุบนว่องไวกว่า — สำหรับโลหะ ยิ่งอยู่ล่างและอยู่ซ้ายยิ่งว่องไว

---

**ข้อ 31 — ตอบ ข.**

$\mathrm{H_2O} < \mathrm{H_2O_2} < \mathrm{KO_2} < \mathrm{OF_2}$

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

1. **ขั้นที่ 1:** $\mathrm{H_2O}$ (ออกไซด์ปกติ) — $2(+1) + x = 0$ ได้ $x = -2$

2. **ขั้นที่ 2:** $\mathrm{H_2O_2}$ (เปอร์ออกไซด์) — $2(+1) + 2x = 0$ ได้ $x = -1$

3. **ขั้นที่ 3:** $\mathrm{KO_2}$ (ซุปเปอร์ออกไซด์) — $(+1) + 2x = 0$ ได้ $x = -\frac{1}{2}$

4. **ขั้นที่ 4:** $\mathrm{OF_2}$ — F มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่า O จึงกำหนดให้ F เป็น $-1$ ได้ $x + 2(-1) = 0$ ดังนั้น $x = +2$

5. **ขั้นที่ 5:** เรียงจากน้อยไปมาก

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

**ระวัง:**

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

---

**ข้อ 32 — 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 33 — 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 34 — 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 35 — 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 36 — 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 37 — 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