บทที่ 4 พันธะเคมี

ชีทเรียน+แบบฝึกหัด · ติวเคมี สอวน. ค่าย 1 · แบบฝึกหัดเรียงตามหัวข้อจากง่ายไปยาก · เฉลยย่ออยู่หน้าสุดท้าย (ฉบับร่าง — รอเจ้าของรีวิว)

พันธะเคมี

> หมวดนี้คือ "ขุมทรัพย์คะแนน" ของ สอวน. ค่าย 1 — ออกสอบทุกปีแบบไม่ต้องเดา ทั้งวาดโครงสร้างลิวอิส ทำนายรูปร่างโมเลกุล เรียงลำดับจุดเดือด และคำนวณพลังงานพันธะ ข้อสอบชอบเอาหลายแนวคิดมาผูกกันในข้อเดียว เช่น ให้วาดลิวอิสก่อน แล้วถามรูปร่าง แล้วถามสภาพขั้ว แล้วถามแรงระหว่างโมเลกุล — ถ้าพลาดขั้นแรกผิดยกแผง ดังนั้นต้องแม่นตั้งแต่พื้นฐาน

1. ภาพรวม: ทำไมอะตอมต้องสร้างพันธะ

หลักคิดข้อเดียวที่อยู่เบื้องหลังทุกพันธะ: **ระบบจะเสถียรขึ้นเมื่อพลังงานต่ำลง** อะตอมเดี่ยวส่วนใหญ่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ครบ 8 (ไม่เหมือนแก๊สมีสกุล) จึงหาทาง "จัดการอิเล็กตรอน" ให้ตัวเองเสถียรขึ้น ซึ่งทำได้ 3 วิธี และนั่นคือที่มาของพันธะ 3 ชนิด:

วิธีจัดการอิเล็กตรอน	ชนิดพันธะ	เกิดระหว่าง	ตัวอย่าง
โอนอิเล็กตรอนให้กันขาด	ไอออนิก	โลหะ + อโลหะ	NaCl, MgO
ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่	โคเวเลนต์	อโลหะ + อโลหะ	$\mathrm{H_2O}$, $\mathrm{CO_2}$
ปล่อยอิเล็กตรอนเป็นทะเลไหลเวียน	โลหะ	โลหะ + โลหะ	Cu, Fe

เกณฑ์คร่าวๆ ที่ใช้ตัดสิน: ดูผลต่างอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) ถ้า $\Delta EN \gtrsim 1.7$ มักเป็นไอออนิก ถ้าน้อยกว่านั้นเป็นโคเวเลนต์ (มีขั้วมาก→น้อยตาม ΔEN) — แต่จำไว้ว่านี่คือ "สเปกตรัม" ไม่ใช่เส้นแบ่งเด็ดขาด ข้อสอบชอบถามกรณีก้ำกึ่งอย่าง $\mathrm{AlCl_3}$ ที่เป็นโคเวเลนต์ทั้งที่มีโลหะ

2. พันธะไอออนิก

การเกิดพันธะ

พันธะไอออนิกเกิดจากโลหะ (IE ต่ำ เสียอิเล็กตรอนง่าย) โอนอิเล็กตรอนให้อโลหะ (EA สูง รับอิเล็กตรอนแล้วคายพลังงาน) กลายเป็นไอออนบวกกับไอออนลบ แล้วดึงดูดกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิต

จุดที่เด็กเข้าใจผิดบ่อยมาก: **การโอนอิเล็กตรอนเฉยๆ ในสถานะแก๊ส "ไม่คุ้ม" พลังงาน!** ลองดูตัวเลขจริง

ตัวอย่างโจทย์ 1 กำหนด IE_1 ของ Na = $496\ \mathrm{kJ/mol}$ และ EA ของ Cl = $349\ \mathrm{kJ/mol}$ (คายพลังงาน) จงหาพลังงานสุทธิของขั้นตอน $\mathrm{Na(g)} + \mathrm{Cl(g)} \rightarrow \mathrm{Na^+(g)} + \mathrm{Cl^-(g)}$ แล้วอธิบายว่าทำไม NaCl จึงยังเกิดได้

วิธีทำ ขั้นที่ 1 — ดึงอิเล็กตรอนออกจาก Na ต้องใส่พลังงาน: $+496\ \mathrm{kJ/mol}$ ขั้นที่ 2 — Cl รับอิเล็กตรอน คายพลังงาน: $-349\ \mathrm{kJ/mol}$ ขั้นที่ 3 — รวม:

$$\Delta E = 496 - 349 = +147 \text{ kJ/mol}$$

ได้ค่า **บวก** แปลว่าลำพังการโอนอิเล็กตรอนดูดพลังงาน ไม่เสถียรขึ้นเลย! สิ่งที่ทำให้ NaCl เกิดได้จริงคือขั้นต่อไป: ไอออนบวกลบนับล้านล้านตัวเรียงตัวเป็นผลึก คายพลังงานก้อนใหญ่ที่เรียกว่า **พลังงานแลตทิซ** (lattice energy ของ NaCl ประมาณ -787 kJ/mol) ซึ่งชดเชยเกินพอ นี่คือเหตุผลว่าทำไมสารไอออนิกจึงเป็น "โครงผลึก" เสมอ ไม่มีโมเลกุล NaCl เดี่ยวๆ

พลังงานแลตทิซกับกฎของคูลอมบ์

$$E \propto \frac{|q_+ \times q_-|}{r_+ + r_-}$$

ประจุยิ่งมาก และไอออนยิ่งเล็ก → พลังงานแลตทิซยิ่งสูง → จุดหลอมเหลวยิ่งสูง แข็งยิ่งมาก

ตัวอย่างโจทย์ 2 เปรียบเทียบพลังงานแลตทิซของ MgO กับ NaCl (โดยประมาณ) กำหนดรัศมีไอออน: $\text{Na}^+ = 102 \text{ pm}$, $\text{Cl}^- = 181 \text{ pm}$, $\text{Mg}^{2+} = 72 \text{ pm}$, $\text{O}^{2-} = 140 \text{ pm}$

วิธีทำ ระยะระหว่างไอออน: NaCl ได้ $102 + 181 = 283 \text{ pm}$ ส่วน MgO ได้ $72 + 140 = 212 \text{ pm}$

$$\frac{E_{\text{MgO}}}{E_{\text{NaCl}}} = \frac{\frac{2\times2}{212}}{\frac{1\times1}{283}} = \frac{4 \times 283}{212} \approx 5.3$$

MgO ยึดเหนี่ยวแน่นกว่า NaCl ราว 5 เท่า — สอดคล้องกับจุดหลอมเหลวจริง (MgO ≈ 2852°C, NaCl ≈ 801°C) ข้อสังเกต: **ประจุมีผลแรงกว่ารัศมีมาก** เพราะคูณกันตรงๆ ในเศษ

การเขียนสูตรและการเรียกชื่อ

- หลักไขว้ประจุ: Al^{3+} กับ O^{2-} → Al_2O_3 (ประจุรวมต้องเป็นศูนย์)
- เรียกชื่อ: ไอออนบวกก่อน ตามด้วยไอออนลบลงท้าย -ide (ไทยใช้ -ไอด์) เช่น CaCl_2 = แคลเซียมคลอไรด์
- โลหะที่มีหลายประจุ (ทรานซิชัน) ต้องบอกเลขออกซิเดชันในวงเล็บ: FeCl_3 = ไอรอน(III) คลอไรด์
- ไอออนหลายอะตอมต้องจำ: NO_3^- ไนเตรต, SO_4^{2-} ซัลเฟต, CO_3^{2-} คาร์บอเนต, PO_4^{3-} ฟอสเฟต, NH_4^+ แอมโมเนียม, OH^- ไฮดรอกไซด์

สมบัติของสารไอออนิก

1. ของแข็งผลึก จุดหลอมเหลว/จุดเดือดสูง
2. แข็งแต่ **เปราะ** — ทุบแล้วชั้นไอออนเลื่อน ประจุเหมือนกันมาเจอกัน ผลักกันแตก
3. สถานะของแข็ง **ไม่นำไฟฟ้า** (ไอออนถูกตรึง) แต่หลอมเหลวหรือละลายน้ำแล้ว **นำไฟฟ้า** (ไอออนเคลื่อนที่ได้) — จุดนี้ข้อสอบใช้แยกชนิดสารบ่อยที่สุด
4. หลายชนิดละลายน้ำได้ดี เพราะน้ำมีขั้วเข้าไปล้อมไอออน (ไฮเดรชัน)

3. พันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างลิวอิส

พันธะโคเวเลนต์คือการที่อะตอมอโลหะสองตัว "แชร์" อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ เพราะต่างฝ่ายต่างไม่ยอมเสียอิเล็กตรอน (IE สูงทั้งคู่) การแชร์ 1, 2, 3 คู่ ได้พันธะเดี่ยว คู่ สาม ตามลำดับ

ขั้นตอนวาดโครงสร้างลิวอิส (ท่องเป็นสูตร 5 ขั้น)

1. **นับ** เวเลนซ์อิเล็กตรอนรวมทุกอะตอม (ไอออนลบบวกเพิ่ม ไอออนบวกหักออก)

2. **วางโครง** — อะตอมที่ EN ต่ำสุด (และไม่ใช่ H) อยู่กลาง โยงพันธะเดี่ยวไปอะตอมรอบ
3. **หัก** อิเล็กตรอนที่ใช้ทำพันธะ (พันธะละ 2)
4. **เติม** ที่เหลือให้อะตอมรอบครบออกเตตก่อน เหลือแล้วค่อยใส่อะตอมกลาง
5. **เช็ก** อะตอมกลาง — ถ้าไม่ครบ 8 ให้ดึงคู่โดดจากอะตอมรอบมาทำพันธะคู่/สาม

ตัวอย่างโจทย์ 3 จงวาดโครงสร้างลิวอิสของคาร์บอเนตไอออน CO_3^{2-}

วิธีทำ ขั้นที่ 1 — นับอิเล็กตรอน: C มี 4, O มี $3 \times 6 = 18$, ประจุ $2-$ เพิ่มอีก 2

$$4 + 18 + 2 = 24 \text{ e}^-$$

ขั้นที่ 2 — C อยู่กลาง (EN ต่ำกว่า O) โยงพันธะเดี่ยว C–O สามเส้น ใช้ไป $3 \times 2 = 6$ เหลือ $24 - 6 = 18$ ขั้นที่ 3 — เติมให้ O แต่ละตัว ตัวละ 3 คู่โดด ใช้หมด 18 พอดี ขั้นที่ 4 — เช็ก C: มีแค่ 6 อิเล็กตรอน (3 พันธะ) ไม่ครบออกเตต → ดึงคู่โดดจาก O หนึ่งตัวลงมาทำพันธะคู่ C=O ขั้นที่ 5 — ได้โครงสร้างที่ C มีพันธะคู่ 1 เส้น พันธะเดี่ยว 2 เส้น อย่าลืมวงเล็บใส่ประจุ $2-$ มุมขวาบน

กฎออกเตตและข้อยกเว้น (ออกสอบชัวร์)

ประเภท	อะตอมกลางมี	ตัวอย่าง	เหตุผล
ไม่ครบ 8	4 หรือ 6 e⁻	$BeCl_2$ (4), BF_3 (6)	Be, B มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อย
เกิน 8 (ออกเตตขยาย)	10, 12 e⁻	PCl_5 (10), SF_6 (12)	คาบ 3 ลงไปมีออร์บิทัล d ว่าง (คำอธิบายเชิงลึกปัจจุบันเน้นที่ขนาดอะตอมกลางที่ใหญ่พอ แต่ระดับ สอวน. ตอบเรื่องออร์บิทัล d ได้)
อิเล็กตรอนคี่	เลขคี่	NO (11), NO_2 (17)	นับรวมแล้วเป็นเลขคี่ จับคู่ไม่หมด

จุดจำง่าย: อะตอมคาบ 2 (C, N, O, F) **ห้ามเกิน 8 เด็ดขาด** ส่วนคาบ 3 ขึ้นไป (P, S, Cl, Xe) ขยายได้

4. เรโซแนนซ์และประจุฟอร์มัล

เรโซแนนซ์

จาก CO_3^{2-} เมื่อกี้ — พันธะคู่จะวางที่ O ตัวไหนก็ได้ 3 แบบ โครงสร้างจริงไม่ใช่แบบใดแบบหนึ่ง แต่เป็น "ลูกผสม" (resonance hybrid) ของทั้งสาม ผลคือ **พันธะ C–O ทั้งสามเส้นยาวเท่ากัน** มีอันดับพันธะ (bond order) เท่ากับ

$$\text{bond order} = \frac{4}{3} \approx 1.33$$

(นับจากพันธะรวม 4 เส้นเฉลี่ยบน 3 ตำแหน่ง) ข้อสอบชอบถามว่า "พันธะใน O_3 หรือ NO_3^- ยาวเท่ากันหรือไม่" — คำตอบคือเท่ากัน เพราะเรโซแนนซ์ ห้ามตอบว่ามีเส้นสั้นเส้นยาว

ประจุฟอร์มัล — เครื่องมือเลือกโครงสร้างที่ดีที่สุด

$$FC = V - N - \frac{B}{2}$$

โดย V = เวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมอิสระ, N = อิเล็กตรอนคู่โดด (นับเป็นตัว), B = อิเล็กตรอนในพันธะ (นับเป็นตัว)

เกณฑ์เลือกโครงสร้าง: (1) ประจุฟอร์มัลใกล้ศูนย์มากที่สุด (2) ประจุลบอยู่บนอะตอมที่ EN สูงกว่า

ตัวอย่างโจทย์ 4 ไซยาเนตไอออน $\mathrm{OCN^-}$ (โครง O–C–N, C อยู่กลาง, รวม 16 e⁻) เขียนได้ 3 แบบ จงหาประจุฟอร์มัลและเลือกโครงสร้างที่ดีที่สุด

วิธีทำ คำนวณ FC ทีละอะตอมทุกโครงสร้าง

แบบที่ 1: $\mathrm{O{=}C{=}N}$ (O มี 2 คู่โดด, N มี 2 คู่โดด)

- $FC_{\mathrm{O}} = 6 - 4 - \frac{4}{2} = 0$
- $FC_{\mathrm{C}} = 4 - 0 - \frac{8}{2} = 0$
- $FC_{\mathrm{N}} = 5 - 4 - \frac{4}{2} = -1$

แบบที่ 2: $\mathrm{O{-}C{\equiv}N}$ (O มี 3 คู่โดด, N มี 1 คู่โดด)

- $FC_{\mathrm{O}} = 6 - 6 - \frac{2}{2} = -1$
- $FC_{\mathrm{C}} = 4 - 0 - \frac{8}{2} = 0$
- $FC_{\mathrm{N}} = 5 - 2 - \frac{6}{2} = 0$

แบบที่ 3: $\mathrm{O{\equiv}C{-}N}$ (O มี 1 คู่โดด, N มี 3 คู่โดด)

- $FC_{\mathrm{O}} = 6 - 2 - \frac{6}{2} = +1$
- $FC_{\mathrm{C}} = 4 - 0 - \frac{8}{2} = 0$
- $FC_{\mathrm{N}} = 5 - 6 - \frac{2}{2} = -2$

เช็กความถูกต้อง: ผลรวม FC ทุกแบบ = -1 ตรงกับประจุไอออน ✓

ตัดสิน: แบบที่ 3 แย่สุด (ประจุกระโดดถึง $+1$ กับ -2) แบบที่ 1 กับ 2 มีขนาดประจุเท่ากัน แต่ **แบบที่ 2 ดีที่สุด** เพราะประจุ -1 ไปตกที่ O ซึ่ง EN สูงกว่า N

5. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

หลักผกผันที่ต้องจำ: **พันธะยิ่งสั้น ยิ่งแข็งแรง**

$$\text{single} > \text{double} > \text{triple} \quad (\text{bond length})$$

$$\text{single} < \text{double} < \text{triple} \quad (\text{bond energy})$$

พลังงานพันธะ (bond energy, BE) คือพลังงานที่ต้อง **ใส่เข้าไป** เพื่อสลายพันธะ 1 โมลในสถานะแก๊ส — การสลายพันธะดูดพลังงานเสมอ การสร้างพันธะคายพลังงานเสมอ นำมาประมาณค่าความร้อนของปฏิกิริยาได้:

$$\Delta H \approx \sum BE_{\text{bonds broken}} - \sum BE_{\text{bonds formed}}$$

ตัวอย่างโจทย์ 5 จงประมาณ ΔH ของการเผาไหม้มีเทน $\mathrm{CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O}$ กำหนดพลังงานพันธะ (kJ/mol): C–H = 413, O=O = 498, C=O (ใน $\mathrm{CO_2}$) = 799, O–H = 463 แล้วหาว่าเผามีเทน 8 g ได้พลังงานกี่ kJ (C = 12, H = 1)

วิธีทำ ขั้นที่ 1 — แจกแจงพันธะที่สลาย (ฝั่งสารตั้งต้น): C–H 4 เส้น, O=O 2 เส้น

$$\sum BE_{\text{broken}} = 4(413) + 2(498) = 1652 + 996 = 2648 \text{ kJ}$$

ขั้นที่ 2 — แจกแจงพันธะที่สร้าง (ฝั่งผลิตภัณฑ์): C=O 2 เส้น, O–H 4 เส้น (น้ำ 2 โมเลกุล × 2 พันธะ)

$$\sum BE_{\text{formed}} = 2(799) + 4(463) = 1598 + 1852 = 3450 \text{ kJ}$$

ขั้นที่ 3 — หักลบ:

$$\Delta H = 2648 - 3450 = -802 \text{ kJ/mol}$$

ติดลบ = คายความร้อน สมเหตุสมผลกับการเผาไหม้ ✓

ขั้นที่ 4 — เผา 8 g ใช้วิธีแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย ($M_{\text{CH}_4} = 12 + 4(1) = 16 \text{ g/mol}$):

$$8\,\cancel{g} \times \frac{1\,\cancel{\text{mol}}}{16\,\cancel{g}} \times \frac{802 \text{ kJ}}{1\,\cancel{\text{mol}}} = 0.5 \times 802 = 401 \text{ kJ}$$

คำตอบ: คายพลังงาน 401 kJ

จุดพลาดคลาสสิกของข้อนี้: ลืมว่า H_2O มีพันธะ O–H **2 เส้นต่อโมเลกุล** และ CO_2 มีพันธะ C=O **2 เส้น** — นับพันธะจากโครงสร้างจริงเสมอ อย่านับจากจำนวนโมเลกุล

6. รูปร่างโมเลกุล (ทฤษฎี VSEPR)

หลักการเดียว: **คู่อิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางผลักกัน จึงจัดตัวให้ห่างกันที่สุด** นับ "กลุ่มอิเล็กตรอน" (electron domains) รอบอะตอมกลาง — พันธะเดี่ยว/คู่/สาม นับเป็น 1 กลุ่มเท่ากัน คู่โดดนับเป็น 1 กลุ่ม

เขียนแบบ AX_mE_n: A = อะตอมกลาง, X = อะตอมที่เกาะ, E = คู่โดด

กลุ่ม e^-	คู่โดด	สัญลักษณ์	รูปร่าง	มุม	ตัวอย่าง
2	0	AX_2	เส้นตรง	180°	CO_2, $BeCl_2$
3	0	AX_3	สามเหลี่ยมแบนราบ	120°	BF_3, CO_3^{2-}
3	1	AX_2E	มุมงอ	<120°	SO_2, O_3
4	0	AX_4	ทรงสี่หน้า	109.5°	CH_4, SO_4^{2-}
4	1	AX_3E	พีระมิดฐานสามเหลี่ยม	107°	NH_3
4	2	AX_2E_2	มุมงอ	104.5°	H_2O
5	0	AX_5	พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม	90°, 120°	PCl_5
5	1	AX_4E	ไม้กระดานหก (seesaw)	—	SF_4
5	2	AX_3E_2	รูปตัว T	—	ClF_3
5	3	AX_2E_3	เส้นตรง	180°	XeF_2, I_3^-
6	0	AX_6	ทรงแปดหน้า	90°	SF_6
6	1	AX_5E	พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม	—	BrF_5
6	2	AX_4E_2	สี่เหลี่ยมแบนราบ	90°	XeF_4

ลำดับแรงผลัก: คู่โดด–คู่โดด > คู่โดด–คู่พันธะ > คู่พันธะ–คู่พันธะ → คู่โดดยิ่งมาก มุมยิ่งบีบแคบลง (CH_4 109.5° → NH_3 107° → H_2O 104.5°)

ตัวอย่างโจทย์ 6 จงทำนายรูปร่างของ XeF_4

วิธีทำ ขั้นที่ 1 — Xe มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 8 ตัว ขั้นที่ 2 — ใช้ทำพันธะกับ F ไป 4 ตัว เหลือเป็นคู่โดด:

$$\frac{8-4}{2} = 2 \text{ lone pairs}$$

ขั้นที่ 3 — รวมกลุ่มอิเล็กตรอน = 4 พันธะ + 2 คู่โดด = 6 กลุ่ม → โครงพื้นฐานทรงแปดหน้า ขั้นที่ 4 — คู่โดด 2 คู่ต้องอยู่ **ตรงข้ามกัน** (บน-ล่าง) เพื่อผลักกันน้อยสุด → อะตอม F 4 ตัวเหลืออยู่ระนาบเดียว

คำตอบ: สี่เหลี่ยมแบนราบ (square planar) แบบ AX_4E_2 — ไม่ใช่ทรงสี่หน้า! นี่คือกับดักยอดนิยม เพราะเห็น F 4 ตัวแล้วรีบตอบ AX_4 โดยลืมเช็กคู่โดด

7. สภาพขั้วของโมเลกุล

แยก 2 ระดับให้ชัด:

1. **ขั้วของพันธะ** — เกิดจาก ΔEN ของสองอะตอม อะตอม EN สูงดึงอิเล็กตรอนเข้าหาตัว เกิดขั้ว δ^- / δ^+ วัดเป็นไดโพลโมเมนต์ $\mu = q \times d$
2. **ขั้วของโมเลกุล** — เอาเวกเตอร์ไดโพลของทุกพันธะมารวมกัน **ตามรูปร่างโมเลกุล** ถ้าหักล้างกันหมด = ไม่มีขั้ว

สูตรลัดตัดสินใจ: โมเลกุลจะ **ไม่มีขั้ว** เมื่อ (ก) อะตอมรอบเหมือนกันทุกตัว และ (ข) รูปร่างสมมาตร (เส้นตรง, สามเหลี่ยมแบนราบ, ทรงสี่หน้า, พีระมิดคู่, ทรงแปดหน้า, สี่เหลี่ยมแบนราบ) — ผิดเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่ง = มีขั้ว

ตัวอย่างเทียบคู่ที่ออกสอบบ่อย: CO_2 เส้นตรง ไดโพลหักล้าง → ไม่มีขั้ว แต่ SO_2 มุมงอ → มีขั้ว; CCl_4 ทรงสี่หน้าสมมาตร → ไม่มีขั้ว แต่ $CHCl_3$ → มีขั้ว

ตัวอย่างโจทย์ 7 พันธะ H–Cl ยาว $1.27\ \text{Å}$ ถ้าอิเล็กตรอนถูกโอนขาดเต็มหน่วย (ไอออนิก 100%) จะมีไดโพลโมเมนต์ 4.80×1.27 D แต่ค่าที่วัดได้จริงคือ 1.08 D จงหาร้อยละความเป็นไอออนิกของพันธะ H–Cl

วิธีทำ ขั้นที่ 1 — ไดโพลโมเมนต์ตามทฤษฎี (ประจุเต็ม e ที่ระยะ $1.27\ \text{Å}$):

$$\mu_{\text{ionic}} = 4.80 \times 1.27 = 6.10 \text{ D}$$

ขั้นที่ 2 — เทียบกับค่าจริง:

$$\%\text{ ionic} = \frac{1.08}{6.10} \times 100 \approx 17.7\%$$

คำตอบ: ประมาณ 17.7% — แปลว่า HCl เป็นโคเวเลนต์มีขั้ว (ขั้วปานกลาง) ไม่ใช่ไอออนิก ตัวเลขนี้ยืนยันแนวคิด "พันธะเป็นสเปกตรัม" ที่พูดไว้ตอนต้น

8. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (IMF)

แรง **ระหว่าง** โมเลกุล อ่อนกว่าพันธะ **ภายใน** โมเลกุลมาก (ราว 10–100 เท่า) แต่เป็นตัวกำหนดจุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลาย — เวลาต้มน้ำ เราสลายแรงระหว่างโมเลกุล ไม่ได้สลายพันธะ O–H!

แรง	เกิดกับ	ความแรง	ปัจจัย
ลอนดอน (แผ่กระจาย)	ทุกโมเลกุล	อ่อนสุด (แต่สะสมได้)	มวลโมเลกุล↑ พื้นที่ผิว↑ → แรง↑
ไดโพล–ไดโพล	โมเลกุลมีขั้ว	ปานกลาง	μ ยิ่งมากยิ่งแรง
พันธะไฮโดรเจน	H เกาะกับ N, O, F เท่านั้น	แรงสุดใน IMF	จำนวนตำแหน่ง H-bond

ข้อควรระวัง: พันธะไฮโดรเจนต้องเป็น H ที่ **เกาะโดยตรง** กับ N, O, F แล้วไปดึงดูดคู่โดดของ N, O, F อีกโมเลกุล — CH_4 มี H แต่เกาะกับ C จึงไม่มีพันธะไฮโดรเจน

ตัวอย่างโจทย์ 8 จงเรียงลำดับจุดเดือดจากต่ำไปสูง: CH_4, H_2S, H_2O, C_4H_{10} พร้อมเหตุผลทีละขั้น

วิธีทำ ขั้นที่ 1 — ระบุแรงเด่นของแต่ละตัว:

- CH_4 (มวล 16): ไม่มีขั้ว → ลอนดอนอย่างเดียว โมเลกุลเล็ก
- C_4H_{10} (มวล 58): ไม่มีขั้ว → ลอนดอนอย่างเดียว แต่โมเลกุลใหญ่กว่า CH_4 มาก
- H_2S (มวล 34): มุมงอ มีขั้ว → ไดโพล–ไดโพล + ลอนดอน (S ไม่ใช่ N, O, F จึงไม่มี H-bond)
- H_2O (มวล 18): มีพันธะไฮโดรเจน โมเลกุลละ 2 ตำแหน่ง

ขั้นที่ 2 — จัดกลุ่มตามชนิดแรงก่อน: H-bond > ไดโพล ≈ ลอนดอนตัวใหญ่ > ลอนดอนตัวเล็ก ขั้นที่ 3 — เทียบภายในกลุ่ม: C_4H_{10} (ลอนดอนสะสมจากมวล 58) กับ H_2S (ไดโพลแต่มวลแค่ 34) — จุดเดือดจริง $C_4H_{10} \approx -0.5^\circ C$ ส่วน $H_2S \approx -60^\circ C$ → ลอนดอนที่สะสมมากพอชนะไดโพลได้!

คำตอบ: $CH_4 < H_2S < C_4H_{10} < H_2O$

บทเรียนจากข้อนี้: อย่าท่องว่า "ไดโพลแรงกว่าลอนดอนเสมอ" — ถ้ามวลต่างกันมาก ลอนดอนพลิกชนะได้ และ H_2O ที่มวลน้อยสุดกลับเดือดสูงสุด (100°C) เพราะพันธะไฮโดรเจน

9. พันธะโลหะ

แบบจำลอง "ทะเลอิเล็กตรอน": ไอออนบวกของโลหะเรียงเป็นโครงผลึก จมอยู่ในทะเลเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ไหลเวียนอิสระ ไม่สังกัดอะตอมใด แรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับทะเลอิเล็กตรอนคือพันธะโลหะ

อธิบายสมบัติได้ครบทุกข้อ:

- **นำไฟฟ้า/นำความร้อนได้ทุกสถานะ** — อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่พาประจุและพลังงาน
- **ตี แผ่ รีดได้ ไม่เปราะ** — ชั้นไอออนเลื่อนได้โดยทะเลอิเล็กตรอนยังโอบไว้ (ต่างจากไอออนิกที่เลื่อนแล้วประจุผลักกันแตก)
- **ผิวมันวาว** — อิเล็กตรอนอิสระดูดกลืนและปลดปล่อยแสงได้ทุกความถี่
- **จุดหลอมเหลวมักสูง** และยิ่งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาก พันธะยิ่งแรง: จุดหลอมเหลว $Na < Mg < Al$ ตามจำนวนอิเล็กตรอนที่เทลงทะเล (1, 2, 3 ตัวตามลำดับ)

10. เชื่อมชนิดพันธะกับสมบัติของสาร — สรุปภาพใหญ่

ข้อสอบแนว "ให้ตารางสมบัติ ถามว่าเป็นสารประเภทใด" ใช้ตารางนี้ตัดสินได้ทันที:

ประเภทผลึก	อนุภาค/แรงยึด	จุดหลอมเหลว	นำไฟฟ้า	ตัวอย่าง
ไอออนิก	ไอออน/แรงไฟฟ้าสถิต	สูง	เฉพาะหลอมเหลว/ละลายน้ำ	$NaCl$, MgO
โมเลกุล	โมเลกุล/IMF	ต่ำ	ไม่นำ (ทุกสถานะ)	I_2, น้ำแข็ง, CO_2 แห้ง
โครงผลึกร่างตาข่าย	อะตอม/พันธะโคเวเลนต์ต่อเนื่อง	สูงมาก	ไม่นำ (ยกเว้นแกรไฟต์)	เพชร, SiO_2
โลหะ	ไอออนบวก/ทะเลอิเล็กตรอน	มักสูง	นำทุกสถานะ	Cu, Fe

กรณีพิเศษที่ถูกถามซ้ำๆ: **เพชร vs แกรไฟต์** — เพชร C ต่อกัน 4 ทิศ (ทรงสี่หน้า) แข็งสุด ไม่นำไฟฟ้า; แกรไฟต์ C ต่อกัน 3 ทิศ เป็นชั้น เหลืออิเล็กตรอนอิสระ 1 ตัวต่ออะตอม → นำไฟฟ้าได้ และชั้นเลื่อนหลุดง่าย (ใช้ทำไส้ดินสอ) ทั้งคู่คือโครงผลึกร่างตาข่ายเหมือนกันแต่โครงสร้างต่างกัน

ตัวอย่างโจทย์ 9 สาร X เป็นของแข็งจุดหลอมเหลว 801°C ไม่นำไฟฟ้าเมื่อเป็นของแข็ง แต่นำไฟฟ้าเมื่อหลอมเหลว สาร Y จุดหลอมเหลว 114°C ไม่นำไฟฟ้าทุกสถานะ สาร Z จุดหลอมเหลวเกิน 3000°C แข็งมาก ไม่นำไฟฟ้า จงระบุประเภทของแต่ละสาร

วิธีทำ

- X: จุดหลอมเหลวสูง + นำไฟฟ้าเฉพาะตอนหลอมเหลว = มีไอออนที่ถูกตรึงในของแข็งแล้วหลุดเป็นอิสระเมื่อหลอม → **ไอออนิก** (จริงๆ คือ NaCl)
- Y: จุดหลอมเหลวต่ำ + ไม่นำไฟฟ้าเลย = ยึดกันด้วย IMF อ่อนๆ ไม่มีอนุภาคมีประจุอิสระ → **ผลึกโมเลกุล** (เช่น I_2 หรือกำมะถัน S_8)
- Z: จุดหลอมเหลวสูงลิ่ว + แข็งมาก + ไม่นำไฟฟ้า = อะตอมต่อกันด้วยโคเวเลนต์ทั้งก้อน → **โครงผลึกร่างตาข่าย** (เช่น เพชร)

หัวใจของการวินิจฉัย: **การนำไฟฟ้าแยกไอออนิกออกจากโครงร่างตาข่าย** (จุดหลอมเหลวสูงเหมือนกัน) และ **จุดหลอมเหลวแยกผลึกโมเลกุลออกจากพวกที่เหลือ**

📌 สรุปสูตรและประเด็นต้องจำ

สูตร/หลักการ	สมการ	ใช้ทำอะไร
พลังงานแลตทิซ (คูลอมบ์)	$E \propto \frac{\lvert q_+ \times q_- \rvert}{r_+ + r_-}$	เทียบจุดหลอมเหลวสารไอออนิก
ประจุฟอร์มัล	$FC = V - N - \frac{B}{2}$	เลือกโครงสร้างลิวอิสที่ดีสุด
ความร้อนจากพลังงานพันธะ	$\Delta H = \sum BE_{\text{broken}} - \sum BE_{\text{formed}}$	ประมาณ ΔH ปฏิกิริยาแก๊ส
อันดับพันธะ (เรโซแนนซ์)	$\text{bond order} = \frac{\text{total bonds}}{\text{positions}}$	เทียบความยาว/ความแรงพันธะ
ไดโพลโมเมนต์	$\mu = q \times d$	วัดขั้วของพันธะ

สูตร/หลักการ	สมการ	ใช้ทำอะไร
คู่โดดอะตอมกลาง	$\frac{V_{\text{central}} - \text{bonds}}{2}$	หา AX_mE_n ก่อนตอบรูปร่าง

ค่าที่ควรติดหัว: $\Delta EN \gtrsim 1.7$ → ไอออนิก; มุม 180°/120°/109.5°/107°/104.5°/90°; ลำดับแรงผลัก lp–lp > lp–bp > bp–bp; H-bond ต้องมี H เกาะ N, O, F เท่านั้น; ความแรงพันธะ: สาม > คู่ > เดี่ยว แต่ความยาวกลับกัน

ลำดับการวิเคราะห์โมเลกุลให้ครบทุกมิติ (ทำตามนี้ทุกข้อ):

1. นับอิเล็กตรอน → วาดลิวอิส
2. เช็กเรโซแนนซ์/ประจุฟอร์มัล
3. นับกลุ่มอิเล็กตรอน → รูปร่าง VSEPR
4. รวมเวกเตอร์ไดโพล → มี/ไม่มีขั้ว
5. ระบุ IMF → ทำนายจุดเดือด/การละลาย

⚠️ จุดที่เด็กพลาดบ่อย

- **ตอบรูปร่างโดยไม่เช็กคู่โดด** — เห็น 4 อะตอมรอบก็ตอบทรงสี่หน้าทันที ทั้งที่ XeF_4 เป็นสี่เหลี่ยมแบนราบ วิธีเลี่ยง: คำนวณคู่โดดของอะตอมกลางทุกครั้งก่อนเปิดตาราง VSEPR
- **สับสน "รูปร่างกลุ่มอิเล็กตรอน" กับ "รูปร่างโมเลกุล"** — NH_3 กลุ่มอิเล็กตรอนจัดแบบทรงสี่หน้า แต่รูปร่างโมเลกุล (นับเฉพาะอะตอม) คือพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ข้อสอบถามอย่างหลังเสมอถ้าไม่ระบุ
- **คิดว่าพันธะมีขั้ว = โมเลกุลมีขั้ว** — CO_2 มีพันธะ C=O ขั้วแรงสองเส้น แต่หักล้างกันเพราะเส้นตรง วิธีเลี่ยง: วาดเวกเตอร์บนรูปร่างจริงก่อนสรุปทุกครั้ง
- **สลับเครื่องหมายในสูตรพลังงานพันธะ** — จำผิดเป็น "formed ลบ broken" แล้วได้เครื่องหมายกลับด้าน วิธีเลี่ยง: ท่องว่า "สลายดูด สร้างคาย" แล้วเช็กความสมเหตุสมผล (การเผาไหม้ต้องได้ค่าลบ)
- **ให้ CH_4 หรือ HF ผิดบทบาทเรื่องพันธะไฮโดรเจน** — CH_4 มี H แต่ไม่มี H-bond (H เกาะ C) ส่วน HCl ก็ไม่มี (Cl ไม่ใช่ N, O, F แม้ EN จะสูง) วิธีเลี่ยง: เช็กว่า H เกาะโดยตรงกับ N, O, F หรือไม่ เท่านั้นจบ
- **บอกว่าตอนน้ำเดือด พันธะ O–H แตก** — ผิด! ที่แตกคือพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล พันธะ O–H ในโมเลกุลอยู่ครบ วิธีเลี่ยง: ถามตัวเองว่ากระบวนการเปลี่ยนสถานะหรือเปลี่ยนสาร ถ้าแค่เปลี่ยนสถานะ = สลายเฉพาะ IMF
- **เรียงจุดเดือดโดยดูมวลอย่างเดียวหรือดูขั้วอย่างเดียว** — ต้องดูชนิดแรงก่อน (H-bond > อื่นๆ) แล้วค่อยเทียบมวลภายในกลุ่ม และระวังลอนดอนของโมเลกุลใหญ่ชนะไดโพลของโมเลกุลเล็กได้ (เช่น C_4H_{10} ชนะ H_2S)
- **ลืมบวก/ลบอิเล็กตรอนของประจุไอออนตอนนับ** — CO_3^{2-} ต้องบวก 2, NH_4^+ ต้องลบ 1 วิธีเลี่ยง: เขียนบรรทัดนับอิเล็กตรอนแยกเป็นขั้นแรกเสมอ ห้ามนับในใจ
- **ใช้กฎออกเตตกับคาบ 3 แบบตายตัว** — ไปบังคับให้ S ใน SF_6 มี 8 อิเล็กตรอนแล้ววาดไม่ออก วิธีเลี่ยง: จำข้อยกเว้นเป็นชุด (Be 4, B 6, คาบ 3 ขยายได้ถึง 12, NO/NO_2 อิเล็กตรอนคี่)
- **เปราะ vs ดีแผ่ได้** — ไอออนิกเปราะเพราะเลื่อนชั้นแล้วประจุเหมือนกันเจอกัน โลหะดีแผ่ได้เพราะทะเลอิเล็กตรอนโอบตาม ใช้เหตุผลนี้ตอบข้อสอบอัตนัย อย่าตอบแค่ "เพราะเป็นโลหะ/ไอออนิก"

✏️ แบบฝึกหัดท้ายบท (41 ข้อ — เรียงตามหัวข้อ ง่าย→ยาก)

ชนิดพันธะและการเรียกชื่อสารประกอบ

ข้อ 1. ★☆☆☆☆

ธาตุ Mg อยู่หมู่ IIA และธาตุ N อยู่หมู่ VA เมื่อทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก สูตรของสารประกอบที่เกิดขึ้นคือข้อใด

ก.

MgN

ข.

Mg_2N_3

ค.

Mg_3N_2

ง.

Mg_2N

ข้อ 2. ★★☆☆☆

ไอออนหรือโมเลกุลในข้อใดมีพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (coordinate covalent bond)

ก.

H_3O^+

ข.

CH_4

ค.

$MgCl_2$

ง.

N_2

ข้อ 3. ★★☆☆☆

การเรียกชื่อสารประกอบในข้อใด **ไม่ถูกต้อง**

ก.

N_2O_5 เรียกว่า ไดไนโตรเจนเพนตะออกไซด์

ข.

$CaCl_2$ เรียกว่า แคลเซียมคลอไรด์

ค.

PCl_3 เรียกว่า ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์

ง.

Cu_2O เรียกว่า คอปเปอร์(II)ออกไซด์

ข้อ 4. ★★★☆☆

สารในข้อใดมีทั้งพันธะไอออนิกและพันธะโคเวเลนต์อยู่ในสารเดียวกัน

ก.

$NaCl$

ข.

K_2CO_3

ค.

CCl_4

ง.

HCl

ข้อ 5. ★★★★☆

พิจารณาข้อความเกี่ยวกับแอมโมเนียมไนเตรต NH_4NO_3 ต่อไปนี้ (ก) มีพันธะไอออนิกระหว่าง NH_4^+ กับ NO_3^- (ข) มีพันธะโคเวเลนต์ภายในไอออนทั้งสองชนิด (ค) มีพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์อยู่ใน NH_4^+ ข้อความใดถูกต้อง

ก.

ก เท่านั้น

ข.

ก และ ข

ค.

ข และ ค

ง.

ก ข และ ค

ข้อ 6. ★★★★★

ธาตุสมมติ X, Y และ Z มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ X = 2, 8, 1; Y = 2, 8, 7; Z = 2, 6 พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) X ทำปฏิกิริยากับ Y ได้สารประกอบสูตร XY ซึ่งยึดกันด้วยพันธะไอออนิก (ข) Z ทำปฏิกิริยากับ Y ได้สารประกอบสูตร ZY_2 ซึ่งเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์รูปร่างมุมงอและมีขั้ว (ค) X ทำปฏิกิริยากับ Z ได้สารประกอบสูตร X_2Z ซึ่งมีจุดหลอมเหลวสูงและนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลว ข้อความใดถูกต้อง

ก.

ก และ ข

ข.

ข และ ค

ค.

ก และ ค

ง.

ก ข และ ค

โครงสร้างลิวอิสและกฎออกเตต

ข้อ 7. ★☆☆☆☆

การเขียนโครงสร้างลิวอิสของ CO_2 ต้องใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดกี่ตัว

ก.

12

ข.

14

ค.

16

ง.

18

ข้อ 8. ★★☆☆☆

อะตอมกลางของโมเลกุลในข้อใดเป็นไปตามกฎออกเตตพอดี (มีอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลาง 8 ตัว)

ก.

CO_2

ข.

$BeCl_2$

ค.

SF_6

ง.

NO_2

ข้อ 9. ★★★☆☆

อะตอมกลางของโมเลกุลในข้อใดมีจำนวนอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางมากกว่า 8 ตัว (เกินกฎออกเตต)

ก.

PCl_5

ข.

BF_3

ค.

CCl_4

ง.

NH_3

ข้อ 10. ★★★☆☆

โครงสร้างลิวอิสของคาร์บอนมอนอกไซด์เขียนได้เป็น : $C{\equiv}O$: (มีพันธะสาม และแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่) ประจุฟอร์มัลของอะตอม C และ O ตามลำดับคือข้อใด

ก.

C มีประจุฟอร์มัล 0 และ O มีประจุฟอร์มัล 0

ข.

C มีประจุฟอร์มัล -1 และ O มีประจุฟอร์มัล $+1$

ค.

C มีประจุฟอร์มัล $+1$ และ O มีประจุฟอร์มัล -1

ง.

C มีประจุฟอร์มัล -2 และ O มีประจุฟอร์มัล $+2$

ข้อ 11. ★★★★☆

จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวบนอะตอมกลางของ XeF_2, ClF_3 และ SF_4 ตามลำดับ คือข้อใด

ก.

2, 1, 0

ข.

1, 2, 3

ค.

3, 1, 2

ง.

3, 2, 1

ข้อ 12. ★★★★☆

ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับไอออนคาร์บอเนต CO_3^{2-} ซึ่งมีโครงสร้างเรโซแนนซ์ 3 แบบ

ก.

พันธะ C–O ทั้งสามพันธะยาวเท่ากัน โดยมีความยาวอยู่ระหว่างพันธะเดี่ยว C–O กับพันธะคู่ C=O

ข.

มีพันธะคู่ 1 พันธะที่สั้นกว่าพันธะเดี่ยวอีก 2 พันธะอย่างถาวร

ค.

อันดับพันธะ (bond order) ของพันธะ C–O แต่ละพันธะเท่ากับ 2

ง.

ไอออนนี้มีรูปร่างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

ข้อ 13. ★★★★★

ไอออนไซยาเนต OCN^- (เรียงอะตอมเป็น O–C–N โดย C เป็นอะตอมกลาง) เขียนโครงสร้างเรโซแนนซ์ได้ 3 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1: $O{=}C{=}N$ (พันธะคู่สองด้าน) แบบที่ 2: $O{-}C{\equiv}N$ (พันธะเดี่ยวด้าน O พันธะสามด้าน N) แบบที่ 3: $O{\equiv}C{-}N$ (พันธะสามด้าน O พันธะเดี่ยวด้าน N) โดยทุกแบบอะตอมปลายมีคู่โดดเดี่ยวครบออกเตต เมื่อพิจารณาประจุฟอร์มัล โครงสร้างแบบใดมีส่วนร่วมต่อโครงสร้างจริงมากที่สุด เพราะเหตุใด

ก.

แบบที่ 1 เพราะทุกอะตอมมีประจุฟอร์มัลเป็นศูนย์

ข.

แบบที่ 2 เพราะประจุฟอร์มัล -1 ตกอยู่บน O ซึ่งมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงที่สุด

ค.

แบบที่ 3 เพราะพันธะสามแข็งแรงกว่าจึงเสถียรกว่า

ง.

ทั้งสามแบบมีส่วนร่วมเท่ากัน เพราะเป็นเรโซแนนซ์ของไอออนเดียวกัน

รูปร่างโมเลกุล VSEPR และมุมพันธะ

ข้อ 14. ★☆☆☆☆

โมเลกุลน้ำ H_2O มีรูปร่างโมเลกุลตามทฤษฎี VSEPR เป็นแบบใด

ก.

เส้นตรง

ข.

มุมงอ

ค.

สามเหลี่ยมแบนราบ

ง.

ทรงสี่หน้า

ข้อ 15. ★★☆☆☆

ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ PCl_5 ในสถานะแก๊ส มีรูปร่างโมเลกุลแบบใด

ก.

พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม

ข.

ทรงแปดหน้า

ค.

ทรงสี่หน้า

ง.

พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม

ข้อ 16. ★★★☆☆

จงเรียงลำดับมุมพันธะของโมเลกุลต่อไปนี้จากมากไปน้อย: BF_3, CH_4, NH_3, H_2O

ก.

$H_2O > NH_3 > CH_4 > BF_3$

ข.

$CH_4 > BF_3 > NH_3 > H_2O$

ค.

$BF_3 > CH_4 > NH_3 > H_2O$

ง.

$BF_3 > NH_3 > CH_4 > H_2O$

ข้อ 17. ★★★☆☆

คู่โมเลกุล/ไอออนในข้อใดมีรูปร่างเหมือนกันตามทฤษฎี VSEPR

ก.

NH_3 กับ H_3O^+

ข.

CO_2 กับ SO_2

ค.

BF_3 กับ PF_3

ง.

CH_4 กับ SF_4

ข้อ 18. ★★★☆☆

พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) $BeCl_2$ กับ CO_2 มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกัน (ข) BF_3 กับ NH_3 มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกัน (ค) CH_4 กับ NH_4^+ มีรูปร่างเหมือนกัน ข้อความใดถูกต้อง

ก.

ก และ ข

ข.

ข และ ค

ค.

ก และ ค

ง.

ก ข และ ค

ข้อ 19. ★★★☆☆

โมเลกุลในข้อใดมีรูปร่างเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (trigonal pyramidal)

ก.

BF_3

ข.

CF_4

ค.

XeF_2

ง.

PF_3

ข้อ 20. ★★★★☆

โมเลกุลในข้อใดมีมุมพันธะ **เล็กที่สุด**

ก.

CH_4

ข.

NH_3

ค.

H_2O

ง.

H_2S

ข้อ 21. ★★★★★

พิจารณาอนุภาคสามชนิดที่มีอะตอมเรียงแบบ O–N–O เหมือนกัน ได้แก่ NO_2^+, NO_2 และ NO_2^- การเรียงลำดับมุมพันธะ O–N–O จากมากไปน้อยในข้อใดถูกต้อง

ก.

$NO_2^+ > NO_2 > NO_2^-$

ข.

$NO_2^- > NO_2 > NO_2^+$

ค.

$NO_2 > NO_2^+ > NO_2^-$

ง.

มุมพันธะเท่ากันทั้งสามอนุภาค เพราะสูตรอะตอมเหมือนกัน

สภาพขั้วและแรงระหว่างโมเลกุล

ข้อ 22. ★☆☆☆☆

พันธะในข้อใดเป็นพันธะโคเวเลนต์ **ไม่มีขั้ว**

ก.

พันธะ H–Cl ใน HCl

ข.

พันธะ O–H ใน H_2O

ค.

พันธะ Cl–Cl ใน Cl_2

ง.

พันธะ N–H ใน NH_3

ข้อ 23. ★★☆☆☆

แอมโมเนีย NH_3 (มวลโมเลกุล 17) มีจุดเดือด -33 องศาเซลเซียส สูงกว่าฟอสฟีน PH_3 (มวลโมเลกุล 34) ที่มีจุดเดือด -88 องศาเซลเซียส ทั้งที่มวลโมเลกุลน้อยกว่า ข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุด (กำหนดมวลอะตอม H = 1, N = 14, P = 31)

ก.

NH_3 มีแรงลอนดอนแข็งแรงกว่าเพราะโมเลกุลเล็กกว่า

ข.

NH_3 เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ แต่ PH_3 เกิดไม่ได้

ค.

PH_3 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว จึงมีเพียงแรงลอนดอน

ง.

พันธะ N–H แข็งแรงกว่าพันธะ P–H จึงต้องใช้พลังงานเดือดมากกว่า

ข้อ 24. ★★★☆☆

สารในข้อใดสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสารชนิดเดียวกันได้

ก.

CH_3F

ข.

CH_3-O-CH_3

ค.

CH_3NH_2

ง.

CH_3CHO

ข้อ 25. ★★★★☆

ชุดโมเลกุลในข้อใดเป็นโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule) ทั้งหมด

ก.

CO_2, SO_2, H_2O

ข.

BF_3, NH_3, CH_4

ค.

CCl_4, $CHCl_3$, HCl

ง.

SO_2, NH_3, $CHCl_3$

ข้อ 26. ★★★★★

พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ก) HF มีจุดเดือดสูงกว่า HCl ทั้งที่มวลโมเลกุลน้อยกว่า เพราะ HF เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ (ข) เมทานอล CH_3OH ละลายในเฮกเซน C_6H_{14} ได้ดีกว่าละลายในน้ำ (ค) จุดเดือดของ HCl < HBr < HI เพราะแรงลอนดอนเพิ่มขึ้นตามจำนวนอิเล็กตรอนและขนาดโมเลกุล ข้อความใดถูกต้อง

ก.

ก และ ข

ข.

ข และ ค

ค.

ก และ ค

ง.

ก ข และ ค

พลังงานพันธะและวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์

ข้อ 27. ★☆☆☆☆

กระบวนการในข้อใด **ดูดพลังงาน**

ก.

$$\mathrm{Cl_2(g) \rightarrow 2Cl(g)}$$

ข.

$$\mathrm{2H(g) \rightarrow H_2(g)}$$

ค.

$$\mathrm{Na^+(g) + Cl^-(g) \rightarrow NaCl(s)}$$

ง.

$$\mathrm{H(g) + Cl(g) \rightarrow HCl(g)}$$

ข้อ 28. ★★☆☆☆

กำหนดพลังงานพันธะ: H–H = 436 kJ/mol, Br–Br = 193 kJ/mol และ H–Br = 366 kJ/mol จงหา ΔH ของปฏิกิริยา $\mathrm{H_2(g) + Br_2(g) \rightarrow 2HBr(g)}$

ก.

$$+103\ \mathrm{kJ}$$

ข.

$$+263\ \mathrm{kJ}$$

ค.

$$-263\ \mathrm{kJ}$$

ง.

$$-103\ \mathrm{kJ}$$

ข้อ 29. ★★★☆☆

กำหนดพลังงานพันธะ: H−H = 436 kJ/mol, Cl−Cl = 242 kJ/mol และ H−Cl = 431 kJ/mol จงคำนวณ ΔH ของปฏิกิริยา $\mathrm{H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)}$

ก.

$-184\ \mathrm{kJ}$

ข.

$+184\ \mathrm{kJ}$

ค.

$-247\ \mathrm{kJ}$

ง.

$+247\ \mathrm{kJ}$

ข้อ 30. ★★★★☆

กำหนดพลังงานพันธะ: $\mathrm{N{\equiv}N} = 945$ kJ/mol, $\mathrm{H{-}H} = 436$ kJ/mol และ $\mathrm{N{-}H} = 391$ kJ/mol การสลายตัวของแอมโมเนียตามสมการ $\mathrm{2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)}$ ต้องดูดหรือคายพลังงานเท่าใด **ต่อแอมโมเนีย 1 โมล** ที่สลายตัว

ก.

ดูดพลังงาน $46.5\ \mathrm{kJ}$

ข.

คายพลังงาน $46.5\ \mathrm{kJ}$

ค.

ดูดพลังงาน $93\ \mathrm{kJ}$

ง.

คายพลังงาน $93\ \mathrm{kJ}$

ข้อ 31. ★★★★☆

ปฏิกิริยา $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ มีค่า $\Delta H = -136$ kJ กำหนดพลังงานพันธะ $C{=}C = 612$ kJ/mol, $H{-}H = 436$ kJ/mol และ $C{-}H = 413$ kJ/mol พลังงานพันธะ $C{-}C$ มีค่ากี่ kJ/mol

ก.

86

ข.

358

ค.

771

ง.

1184

ข้อ 32. ★★★★☆

กำหนดรัศมีไอออน: $Na^+ < K^+$, $Mg^{2+} < Ca^{2+}$, $O^{2-} < S^{2-}$ และ $F^- < Cl^-$ สารประกอบไอออนิกในข้อใดมีพลังงานแลตทิซ (lattice energy) สูงที่สุด

ก.

NaF

ข.

MgO

ค.

KCl

ง.

CaS

ข้อ 33. ★★★★★

โลหะ M อยู่ในหมู่ IIA ทำปฏิกิริยากับคลอรีนเกิดสารประกอบไอออนิก MCl_2 ตามสมการ $M(s) + Cl_2(g) \rightarrow MCl_2(s)$ มีพลังงานของปฏิกิริยาเท่ากับ -790 kJ/mol กำหนดข้อมูล (kJ/mol): การระเหิดของ $M(s) \rightarrow M(g)$ เท่ากับ $+180$; พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 ของ M เท่ากับ $+590$ และ $+1150$ ตามลำดับ; พลังงานสลายพันธะของ $Cl_2(g)$ เท่ากับ $+240$; สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของ Cl เท่ากับ -350 พลังงานที่คายออกเมื่อ $M^{2+}(g)$ รวมกับ $2Cl^-(g)$ เป็นผลึก $MCl_2(s)$ (พลังงานแลตทิซ) มีค่ากี่ kJ/mol

ก.

-2250

ข.

-1100

ค.

-2130

ง.

-2600

ข้อ 34. ★★★★★

กำหนดข้อมูลพลังงาน (หน่วย kJ/mol): การระเหิดของ $Na(s) \rightarrow Na(g)$ เท่ากับ $+108$; พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของ Na เท่ากับ $+496$; พลังงานสลายพันธะของ $Cl_2(g)$ เท่ากับ $+244$; สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของ Cl เท่ากับ -349; พลังงานที่คายออกเมื่อไอออนในสถานะแก๊สรวมกันเป็นผลึก $NaCl(s)$ เท่ากับ -787 จงหาพลังงานของการเกิด $NaCl(s)$ จากปฏิกิริยา $Na(s) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$

ก.

$-288\ \mathrm{kJ/mol}$

ข.

$+410\ \mathrm{kJ/mol}$

ค.

$-410\ \mathrm{kJ/mol}$

ง.

$-61\ \mathrm{kJ/mol}$

ผลึกของแข็งและการตกตะกอน

ข้อ 35. ★☆☆☆☆

เพชรซึ่งประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนยึดต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ต่อเนื่องกันทั้งก้อน จัดเป็นผลึกของแข็งประเภทใด

ก.

ผลึกโมเลกุล

ข.

ผลึกไอออนิก

ค.

ผลึกโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

ง.

ผลึกโลหะ

ข้อ 36. ★★☆☆☆

ข้อใดอธิบายสาเหตุที่โลหะนำไฟฟ้าได้ดีในสถานะของแข็งได้ถูกต้องที่สุด

ก.

ไอออนบวกของโลหะเคลื่อนที่ผ่านโครงผลึกเพื่อพาประจุ

ข.

เวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ยึดติดกับอะตอมใดอะตอมหนึ่ง สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทั่วทั้งโครงผลึก

ค.

โลหะมีทั้งไอออนบวกและไอออนลบที่เคลื่อนที่สวนทางกัน

ง.

อะตอมโลหะส่งผ่านโปรตอนต่อกันเป็นทอด ๆ เมื่อมีสนามไฟฟ้า

ข้อ 37. ★★★☆☆

เมื่อผสมสารละลาย $BaCl_2$ กับสารละลาย Na_2SO_4 จะเกิดตะกอนสีขาว สมการไอออนิกสุทธิ (net ionic equation) ของปฏิกิริยานี้คือข้อใด

ก.

$$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2NaCl(aq)$$

ข.

$$Ba^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq)$$

ค.

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$$

ง.

$$Na^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow NaCl(s)$$

ข้อ 38. ★★★☆☆

พิจารณาการผสมสารละลายแต่ละคู่ต่อไปนี้ (ก) $AgNO_3$ กับ KCl (ข) $NaNO_3$ กับ K_2SO_4 (ค) $Pb(NO_3)_2$ กับ KI การผสมในข้อใดเกิดตะกอน

ก.

ก เท่านั้น

ข.

ก และ ค

ค.

ข และ ค

ง.

ก ข และ ค

ข้อ 39. ★★★☆☆

ของแข็ง X มีจุดหลอมเหลวสูงประมาณ 800 องศาเซลเซียส ไม่นำไฟฟ้าในสถานะของแข็ง แต่นำไฟฟ้าได้ดีเมื่อหลอมเหลวหรือเมื่อละลายน้ำ X ควรเป็นสารประเภทใด

ก.

โลหะ

ข.

สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

ค.

สารโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้ว

ง.

สารประกอบไอออนิก

ข้อ 40. ★★★★☆

เพชรและแกรไฟต์ต่างเป็นอัญรูปของคาร์บอนที่เป็นผลึกโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเหมือนกัน ข้อใดกล่าว **ถูกต้อง**

ก.

แกรไฟต์นำไฟฟ้าได้เพราะคาร์บอนแต่ละอะตอมสร้างพันธะเพียง 3 พันธะ เหลืออิเล็กตรอน 1 ตัวที่เคลื่อนที่ได้อิสระภายในระนาบชั้น

ข.

เพชรนำไฟฟ้าได้ดีกว่าแกรไฟต์เพราะโครงสร้างสามมิติส่งผ่านอิเล็กตรอนได้ทุกทิศทาง

ค.

ชั้นของแกรไฟต์ยึดต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ จึงเลื่อนไถลออกจากกันได้ง่าย

ง.

แกรไฟต์แข็งกว่าเพชรเพราะพันธะ C−C ภายในชั้นสั้นและแข็งแรงกว่าพันธะในเพชร

ข้อ 41. ★★★★★

การละลายเกลือไอออนิก MX ในน้ำ แบ่งคิดได้ 2 ขั้น คือ (1) สลายโครงผลึก $\mathrm{MX(s)} \rightarrow \mathrm{M^+(g)} + \mathrm{X^-(g)}$ ดูดพลังงาน $+788$ kJ/mol และ (2) ไอออนถูกล้อมด้วยโมเลกุลน้ำ (ไฮเดรชัน) คายพลังงาน -784 kJ/mol ข้อสรุปใดถูกต้อง

ก.

การละลายคายพลังงานสุทธิ 4 kJ/mol อุณหภูมิของสารละลายจึงสูงขึ้น

ข.

การละลายดูดพลังงานสุทธิ 4 kJ/mol อุณหภูมิของสารละลายจึงลดลงเล็กน้อย

ค.

การละลายดูดพลังงานสุทธิ 1572 kJ/mol เกลือนี้จึงไม่ละลายน้ำ

ง.

พลังงานสองขั้นไม่เกี่ยวข้องกัน สรุปพลังงานรวมของการละลายไม่ได้

เฉลยย่อ บทที่ 4

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

เฉลยละเอียดทีละขั้นดูได้ในแอป (โหมดไต่บันได/เรียน+ฝึก)