



산화 환원 반응과 화학 반응에서 출입하는 열

차례

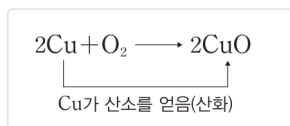
Part 1 · 개념 정리	1
산소와 산화 환원 반응	1
전자와 산화 환원 반응	4
산화수와 산화 환원	8
산화 환원 반응식	13
화학 반응에서 출입하는 열	16
Part 2 · 기본문제	20
Part 3 · 심화문제	23
Part 4 · 정답과 해설	29
개념 체크 정답	29
기본문제 해설	30
심화문제 해설	32

Part 1 · 개념 정리

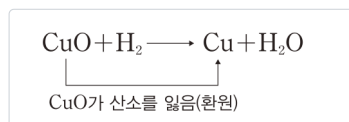
1 산소와 산화 환원 반응

(1) 산소의 이동에 의한 산화 환원

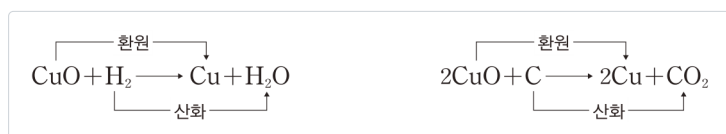
① 산화: 산소를 얻는 반응이다.



② 환원: 산소를 잃는 반응이다.



③ 산화 환원의 동시성: 한 물질이 산소를 얻을 때 다른 물질이 그 산소를 잃으므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.



핵심 정리 산화는 산소를 얻는 반응, 환원은 산소를 잃는 반응이다. 산소를 얻는 반응과 산소를 잃는 반응은 동시에 일어난다(산화 환원의 동시성).

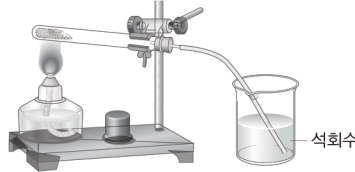
탐구자료 살펴보기 구리의 산화 환원 반응

실험 과정 (가) 도가니에 구리 가루를 넣고 충분히 가열한 후 식힌다.

(나) (가)의 생성물과 탄소 가루를 섞어 시험관에 넣고 가열하여 생성된 기체를 석회수에 통과시킨다.



(가)



(나)

- 실험 결과**
- 과정 (가)에서 구리 가루의 색이 붉은색에서 검은색으로 변하였다.
 - 과정 (나)에서 검은색 가루가 다시 붉게 변하면서 석회수가 뿌옇게 흐려졌다.

- 분석 point**
- 붉은색 구리가 산소와 결합하여 검은색 산화 구리(Ⅱ)가 된다.

$$2\text{Cu} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO} \text{ (Cu가 산화된다.)}$$
 - 검은색 산화 구리(Ⅱ)를 탄소 가루와 섞어 가열하면 산화 구리(Ⅱ)는 산소를 잃고 환원되어 붉은색 구리가 된다. 이때 탄소는 산화 구리(Ⅱ)로부터 산소를 얻어 이산화 탄소가 된다.

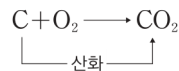
$$2\text{CuO} + \text{C} \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2 \text{ (CuO가 환원되고 C가 산화된다.)}$$
 - 이산화 탄소는 석회수와 반응하여 흰색 앙금(탄산 칼슘(CaCO_3))을 생성하므로 석회수가 뿌옇게 흐려진다. 이러한 성질을 이용하여 석회수는 이산화 탄소의 확인에 사용된다.

탐구자료 살펴보기 — 구리의 산화 환원 반응

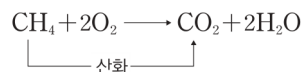
(2) 산소의 이동에 의한 여러 가지 산화 환원 반응

① **연소**: 물질이 산소와 빠르게 반응하면서 빛과 열을 내는 현상으로, 산화 환원 반응에 속한다.

• **숯의 연소**: 숯은 주로 탄소(C)로 이루어진 물질이며, 완전 연소되는 과정에서 탄소가 산소와 결합하여 이산화 탄소가 생성된다.



• **천연 가스의 연소**: 천연 가스의 주성분은 메테인(CH_4)으로, 메테인이 완전 연소되면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 이때 메테인에 포함된 탄소가 산소와 결합하면서 산화된다.



개념 체크 A 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 산소를 얻는 반응을 _____, 산소를 잃는 반응을 _____ 이라고 한다.
- 산화 구리(Ⅱ)(CuO)가 탄소(C)와 반응하여 구리(Cu)와 이산화 탄소(CO_2)가 생성되는 반응에서 산화되는 물질은 _____ 이고, 환원되는 물질은 _____ 이다.
- _____ 는 물질이 산소와 빠르게 반응하면서 빛과 열을 내는 현상으로, 산화 환원 반응에 속한다.

② 철의 제련

- 산화 철(Fe_2O_3)이 주성분인 철광석에서 순수한 철(Fe)을 얻는 방법으로, 산화 철(Fe_2O_3)이 철(Fe)로 **환원**된다.
- 용광로에 철광석과 탄소(C)가 주성분인 코크스를 넣고 뜨거운 공기를 불어넣으면 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 되고, CO 에 의해 Fe_2O_3 이 산소를 잃고 환원되어 Fe 이 된다.

과학 돋보기

용광로에서의 철의 제련

- 용광로에 철광석, 탄소(C)가 주성분인 코크스, 석회석을 넣고 뜨거운 공기를 불어넣는다.
- 탄소(C)가 불완전 연소되어 일산화 탄소(CO)가 된다.

$$\begin{array}{c}
 2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}(\text{g}) \\
 \xrightarrow{\text{산화}}
 \end{array}$$

- 일산화 탄소에 의해 산화 철(Fe_2O_3)이 산소를 잃고 환원되어 용융 상태의 철(Fe)이 된다.

$$\begin{array}{c}
 \xrightarrow{\text{산화}} \\
 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{l}) + 3\text{CO}_2(\text{g}) \\
 \xleftarrow{\text{환원}}
 \end{array}$$

- 용광로에서 석회석(CaCO_3)이 열분해되어 생성된 산화 칼슘(CaO)이 철광석에 포함된 불순물인 이산화 규소(SiO_2)와 반응하여 슬래그(CaSiO_3)가 됨으로써 생성된 철과 분리된다.

과학 돋보기 — 용광로에서의 철의 제련

2 전자와 산화 환원 반응

(1) 전자의 이동에 의한 산화 환원

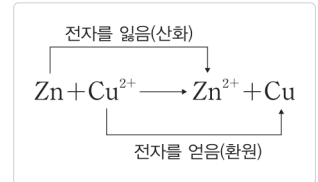
① **산화**: 전자를 잃는 반응이다. $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

② **환원**: 전자를 얻는 반응이다. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

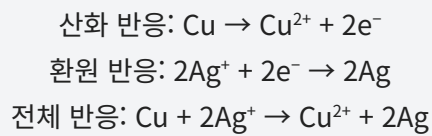
③ 산화 환원의 동시성

• 한 물질이 전자를 잃고 산화될 때 다른 물질이 그 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

• 산화되는 물질이 **잃은 전자 수**와 환원되는 물질이 **얻은 전자 수**는 같다.



예 Cu와 Ag^+ 이 반응할 때



➡ Cu 1 mol이 Cu^{2+} 으로 산화될 때 2 mol의 전자를 잃고, Ag^+ 2 mol이 Ag으로 환원될 때 2 mol의 전자를 얻는다.

핵심 정리 산화는 전자를 잃는 반응, 환원은 전자를 얻는 반응이다. 전자를 잃는 반응과 전자를 얻는 반응은 동시에 일어난다.

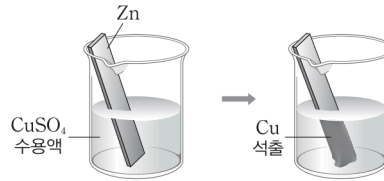
개념 체크 B 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 메테인(CH_4)이 연소되는 반응에서 CH_4 은 _____ 된다.
- 어떤 물질이 전자를 잃는 반응을 _____, 전자를 얻는 반응을 _____ 이라고 한다.

탐구자료 살펴보기 아연과 황산 구리(II) 수용액의 반응

실험 과정 (가) 사포로 문지른 아연(Zn)판을 황산 구리(CuSO_4) 수용액에 넣는다.
(나) 시간이 지남에 따라 수용액의 색과 아연판 표면에서 일어나는 변화를 관찰한다.

실험 결과 수용액의 푸른색이 점점 없어졌고, 아연판 표면에 붉은색 금속이 석출되었다.



- 분석 point**
- 아연은 전자를 잃고 아연 이온으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어간다.

$$\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \text{ (산화)}$$
 - 구리 이온은 전자를 얻어 구리로 환원되어 석출된다.

$$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu} \text{ (환원)}$$

$$\text{Cu}^{2+} \text{은 수용액에서 푸른색을 띠므로 수용액의 푸른색은 점점 없어지고, 붉은색의 구리 금속이 석출된다.}$$
 - Zn이 전자를 잃고 산화될 때 Cu^{2+} 이 전자를 얻어서 환원되므로, 산화와 환원은 동시에 일어난다.

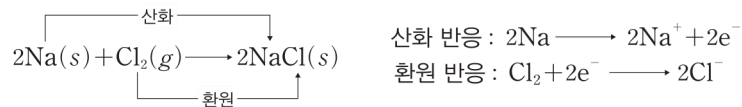
$$\begin{array}{c} \text{산화} \swarrow \searrow \\ \text{산화 환원 반응식 : } \text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu} \\ \nwarrow \nearrow \text{환원} \end{array}$$
 - 황산 이온(SO_4^{2-})은 구경꾼 이온으로 반응에 참여하지 않고 남아 있다.

탐구자료 살펴보기 — 아연과 황산 구리(II) 수용액의 반응

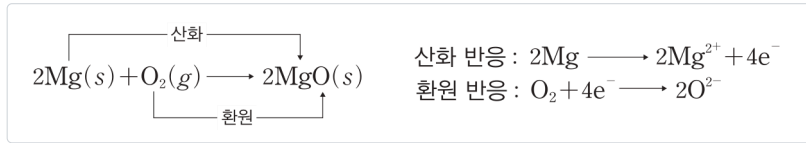
(2) 전자의 이동에 의한 여러 가지 산화 환원 반응

① **금속과 비금속의 반응**: 금속은 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 환원되어 음이온이 된다.

• **나트륨과 염소의 반응**: 나트륨(Na)을 염소(Cl_2) 기체가 들어 있는 용기에 넣고 반응시키면 불꽃을 내며 격렬히 반응한다. 금속인 나트륨은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속인 염소는 전자를 얻고 환원되어 음이온이 되므로 이온 결합 물질인 염화 나트륨(NaCl)이 생성된다.



• **마그네슘과 산소의 반응:** 공기 중에서 마그네슘(Mg) 리본에 불을 붙이면 격렬히 연소된다. 금속인 마그네슘은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속인 산소는 전자를 얻고 환원되어 음이온이 되므로 이온 결합 물질인 산화 마그네슘(MgO)이 생성된다.



핵심 정리 금속과 비금속의 반응에서 금속은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, 비금속은 전자를 얻고 환원되어 음이온이 된다.

개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. Cu^{2+} 이 포함된 수용액에 아연(Zn)을 넣었더니 구리가 석출되었다. 이때 _____ 은 산화되고, _____ 은 환원된다.
2. 나트륨(Na)과 염소(Cl_2)가 반응하여 염화 나트륨(NaCl)이 생성될 때 나트륨은 _____ 되고, 염소는 _____ 된다.

② 금속과 금속 이온의 반응

- 반응성이 작은 금속의 양이온이 들어 있는 수용액에 반응성이 큰 금속을 넣으면, 반응성이 큰 금속은 **산화**되어 양이온으로 수용액에 녹아 들어가고, 반응성이 작은 금속의 양이온은 **환원**되어 금속으로 석출된다.
- 반응성이 큰 금속의 양이온이 들어 있는 수용액에 반응성이 작은 금속을 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

탐구자료 살펴보기 **금속과 금속 이온의 반응**

실험과정 및 결과 질산 은(AgNO_3) 수용액에 구리(Cu)선을 넣은 후 변화를 관찰한다. ➡ 구리선에 은(Ag)이 석출되고, 수용액은 점점 푸르게 변한다.

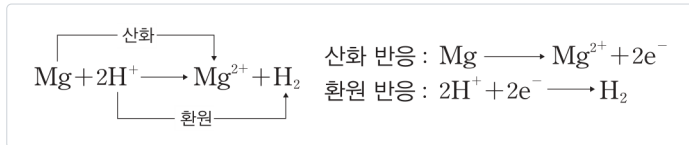
분석 point

1. Cu는 전자를 잃고 Cu^{2+} 으로 산화되어 용액 속에 녹아 들어가고, Cu^{2+} 은 수용액에서 푸른색을 띤다.
 $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$ (산화)
2. Ag^+ 은 전자를 얻고 Ag으로 환원되어 석출된다.
 $\text{Ag}^+ + e^- \longrightarrow \text{Ag}$ (환원)
3. Cu가 산화되면서 잃은 전자 수와 Ag^+ 이 환원되면서 얻은 전자 수가 같으므로, Cu 1 mol이 산화될 때 Ag^+ 2 mol이 환원되고 Cu와 Ag^+ 의 반응 계수비는 1 : 2이다.
 $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$

탐구자료 살펴보기 — 금속과 금속 이온의 반응

③ **금속과 산의 반응**: 산 수용액에 수소보다 반응성이 큰 금속을 넣으면 금속은 산화되어 양이온이 되고, H^+ 이 환원되어 수소 기체가 발생한다.

• 마그네슘을 묽은 염산에 넣으면 마그네슘 표면에서 수소 기체가 발생한다. 마그네슘은 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되고, H^+ 은 전자를 얻고 환원되어 수소 기체가 발생한다. 단, 수소(H)보다 반응성이 작은 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 수은(Hg), 구리(Cu)는 수소 이온과 반응하지 않는다.



핵심 정리 금속과 금속 이온의 반응에서 반응성이 큰 금속은 전자를 잃고 양이온으로 되며, 반응성이 작은 금속의 양이온은 전자를 얻어 금속으로 석출된다.

개념 체크 D 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 질산 은(AgNO_3) 수용액에 구리(Cu)를 넣으면 Cu는 전자를 잃어 Cu^{2+} 으로 녹아 들어가고, Ag^+ 은 전자를 얻어 Ag으로 석출된다. 이 반응에서 Cu 1 mol이 산화될 때 석출되는 Ag은 _____ mol이다.
- Mg 1 mol을 충분한 양의 염산에 넣으면 전자 _____ mol이 이동하여 수소 기체 _____ mol이 생성된다.

3 산화수와 산화 환원

(1) 산화수

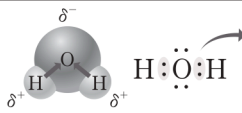
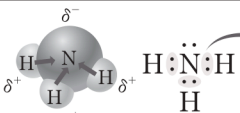
산화수는 물질을 구성하는 원자가 **산화되거나 환원된 정도**를 나타내기 위한 값으로, 산소가 관여하거나 전자의 이동이 분명한 반응에서부터 전자가 원자 사이에 공유되어 공유 결합 물질이 생성되는 반응에 이르기까지 여러 가지 산화 환원 반응을 모두 설명하기 위해 산화수를 사용한다.

① **이온 결합 물질에서의 산화수**: 양이온과 음이온이 결합된 이온 결합 물질에서 양이온은 원자가 전자를 잃고, 음이온은 원자가 전자를 얻어 형성된 것으로, **각 이온의 전하가 그 이온의 산화수**이다.

예 NaCl: Na^+ 과 Cl^- 으로 이루어져 있다. $\Rightarrow$ Na의 산화수: +1, Cl의 산화수: -1

MgO: Mg^{2+} 과 O^{2-} 으로 이루어져 있다. $\Rightarrow$ Mg의 산화수: +2, O의 산화수: -2

② **공유 결합 물질에서의 산화수**: 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정할 때, 각 구성 원자의 전하가 그 원자의 산화수이다.

물(H_2O)	암모니아(NH_3)
	
• 전기 음성도 : $\text{O} > \text{H}$ H는 전자 1개를 잃었다고 가정하므로 전하가 +1이고, O는 2개의 H로부터 각각 전자 1개씩을 얻었다고 가정하므로 전하가 -2이다. • H의 산화수 : +1, O의 산화수 : -2	• 전기 음성도 : $\text{N} > \text{H}$ H는 전자 1개를 잃었다고 가정하므로 전하가 +1이고, N는 3개의 H로부터 각각 전자 1개씩을 얻었다고 가정하므로 전하가 -3이다. • H의 산화수 : +1, N의 산화수 : -3

과학 돋보기

이온 결합 물질과 공유 결합 물질에서의 산화수

이온 결합 물질은 원자 사이에 전자가 이동하여 형성된 이온들이 정전기적 인력으로 결합하여 이루어진 것으로 이온 결합 물질에서 산화수는 이온의 전하와 같다. 하지만 원자 사이에 전자쌍을 공유하여 형성된 결합으로 이루어진 공유 결합 물질에서는 전자가 어느 한쪽으로 완전히 이동하지 않는다. 공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자로 공유 전자쌍이 완전히 이동한다고 가정할 때의 전하로 정의한다. 이처럼 산화수는 모든 물질에서 정의될 수 있으며, 어떤 물질에서 원자가 전자를 얻거나 잃은 정도를 나타내는 가상적인 전하라고 할 수 있다.

과학 돋보기 — 이온 결합 물질과 공유 결합 물질에서의 산화수

(2) 산화수 규칙

원자들의 전기 음성도를 토대로 산화수를 구할 수 있는데, 몇몇 원자들은 여러 화합물 내에서 일정한 산화수를 나타낸다. 이를 이용하여 산화수를 쉽게 구하기 위한 방법이 **산화수 규칙**이다.

과학 돋보기

산화수 규칙

- ① 원소를 이루는 원자의 산화수는 0이다. $\Rightarrow$ Cu, H_2 , O_2 에서 Cu, H, O의 산화수는 모두 0이다.
- ② 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 전하와 같다. $\Rightarrow$ Cu^{2+} 에서 Cu의 산화수는 +2, Cl^- 에서 Cl의 산화수는 -1이다.
- ③ 화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.
 $\Rightarrow$ H_2O 에서 (H의 산화수) $\times 2 +$ (O의 산화수) $\times 1 = (+1) \times 2 + (-2) \times 1 = 0$ 이다.
- ④ 다원자 이온에서 구성 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다.
 $\Rightarrow$ SO_4^{2-} 에서 (S의 산화수) $\times 1 +$ (O의 산화수) $\times 4 = (+6) \times 1 + (-2) \times 4 = -2$ 이다.

과학 돋보기 — 산화수 규칙 ①~④

- ⑤ 화합물에서 1족 금속 원자의 산화수는 +1, 2족 금속 원자의 산화수는 +2이다.
 → 화합물에서 1족 금속 원자(Li, Na, K 등)의 산화수는 +1이고, 2족 금속 원자(Be, Mg, Ca 등)의 산화수는 +2이다.
- ⑥ 화합물에서 F의 산화수는 -1이다.
 → F은 전기 음성도가 가장 큰 원소이므로 화합물에서 산화수는 항상 -1이다.
- ⑦ 화합물에서 H의 산화수는 +1이다. 단, 금속의 수소 화합물에서는 -1이다.
 → H₂O, HCl, CH₄ 등에서 H의 산화수는 +1이다. 단, 금속의 수소 화합물에서는 금속이 '+'의 산화수를 가지므로 NaH, MgH₂ 등에서 H의 산화수는 -1이다.
- ⑧ 화합물에서 O의 산화수는 -2이다. 단, 과산화물에서는 -1이며, 플루오린 화합물에서는 +2 또는 +1이다.
 → H₂O, CO₂ 등에서 O의 산화수는 -2이다. 단, H₂O₂에서 H의 산화수가 +1이므로 O의 산화수는 -1, 전기 음성도가 F > O이므로 OF₂, O₂F₂에서 F의 산화수는 -1이고, O의 산화수는 각각 +2, +1이다.

과학 돋보기 - 산화수 규칙 ⑤~⑧

핵심 정리 산화수 규칙 - i) 화합물에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다. **ii)** 다원자 이온에서 구성 원자의 산화수의 총합은 그 이온의 전하와 같다. **iii)** 대부분의 화합물에서 H의 산화수는 +1이고, O의 산화수는 -2이다.

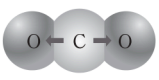
개념 체크 E 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- NaCl에서 Na의 산화수는 _____ 이고, Cl의 산화수는 _____ 이다.
- 공유 결합 물질에서 산화수를 결정할 때 전기 음성도가 _____ 원자가 공유 전자쌍을 모두 가진다고 가정한다.
- 화합물을 이루는 구성 원자의 산화수의 총합은 _____ 이다.
- 일원자 이온의 산화수는 그 이온의 _____ 와 같다.

(3) 산화수의 주기성

① 화합물을 형성할 때 화합물을 이루고 있는 각 원자들은 비활성 기체와 같은 전자 배치를 이루려는 경향(옥텟 규칙)이 있다. 산화수는 원자가 전자를 잃거나 얻으려는 성질과 관련되어 있으므로 원자의 전자 배치와 관계있으며 **주기성**을 나타낸다.

② 어떤 원자에 결합된 상대 원자의 전기 음성도에 따라 그 원자가 전자를 잃거나 얻을 수 있기 때문에 **같은 원자라도 화합물에 따라서 여러 가지 산화수**를 가질 수 있다.

이산화 탄소(CO ₂)	메테인(CH ₄)
 공유 전자쌍을 O가 모두 가진다고 가정한다. $\uparrow$ $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$	 공유 전자쌍을 C가 모두 가진다고 가정한다. $\text{H}:\ddot{\text{C}}:\text{H}$ $\text{H} \quad \text{H}$
- 전기 음성도 : O > C > H - CO₂에서 C의 산화수는 +4이고, CH₄에서 C의 산화수는 -4이다. - 산화수 규칙에 따른 계산 : C의 산화수를 x라고 할 때 $\text{CO}_2 : x + (-2) \times 2 = 0 \quad x = +4$ $\text{CH}_4 : x + (+1) \times 4 = 0 \quad x = -4$	

탐구자료 살펴보기

탐구 자료 원자 번호가 1~20인 원자들이 화합물에서 가질 수 있는 산화수는 그림과 같다.

자료 해석

1. 화합물에서 1족, 2족 금속 원자의 산화수는 각각 +1, +2이고, F의 산화수는 -1이다.
2. 대부분의 원자들은 결합된 상대 원자에 따라 전자를 잃거나 얻을 수 있기 때문에 같은 원자라도 화합물에 따라서 여러 가지 산화수를 가질 수 있다.
3. 원자가 원자가 전자를 모두 잃을 때 가장 큰 산화수를 가지며, 비금속 원자가 전자를 얻어 비활성 기체와 같은 전자 배치를 가질 때 가장 작은 산화수를 가진다.
예 N의 가장 큰 산화수는 +5이고, 가장 작은 산화수는 -3이다.

분석 point 원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

화합물에서 원자의 산화수

탐구자료 살펴보기 - 화합물에서 원자의 산화수

핵심 정리 원자의 산화수는 원자가 전자 수와 관련되어 일정한 주기성을 나타낸다.

개념 체크 F 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

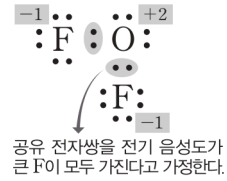
1. SO_2 에서 S의 산화수는 _____ 이다.
2. NH_3 에서 N의 산화수는 _____ 이고, HNO_3 에서 N의 산화수는 _____ 이다.
3. 화합물에서 F의 산화수는 항상 _____ 이다.
4. CO_2 와 CH_4 에서 C의 산화수는 같다. ()

과학 돋보기

플루오린(F)과 산소(O)의 산화수

플루오린(F)은 전기 음성도가 가장 큰 원소로 원자가 전자 수가 7이므로 전자 1개를 얻어 F^- 이 되거나, 1개의 단일 결합을 형성하기 때문에 화합물에서 항상 산화수는 -1 이다.

산소(O)는 전기 음성도가 F 다음으로 큰 원소로, 금속 원소가 O와 결합하면 금속 원소는 전자를 잃고 양이온이 되고, F 이외의 비금속 원소가 O와 공유 결합을 하면 O에 결합된 비금속 원소는 부분적인 양전하를 띠게 되어 이들 화합물에서 O는 음의 산화수를 가진다. O는 F과의 화합물에서만 양의 산화수를 가지는데, OF_2 에서 O의 산화수는 $+2$, O_2F_2 에서 O의 산화수는 $+1$ 이다.



과학 돋보기 - 플루오린(F)과 산소(O)의 산화수

(4) 산화수와 산화 환원

① **산화**: 산화수가 증가하는 반응이다.

➡ 원자가 전자를 잃으면 산화수는 ‘+’값이 되므로 산화수가 증가하는 것은 전자를 잃는 것과 같아서 산화에 해당한다.

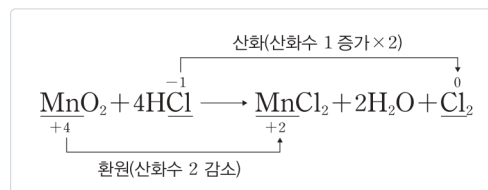
② **환원**: 산화수가 감소하는 반응이다.

➡ 원자가 전자를 얻으면 산화수는 ‘-’값이 되므로 산화수가 감소하는 것은 전자를 얻는 것과 같아서 환원에 해당한다.

③ 산화 환원의 동시성

• 산화 환원 반응에서 한 원자의 산화수가 증가하면 다른 원자의 산화수가 감소하므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

• 산화되는 물질에서 **증가한 산화수의 합**은 환원되는 물질에서 **감소한 산화수의 합**과 같다.



④ **산화 환원 반응 여부의 판단**: 화학 반응 전과 후에 산화수가 변하는 원자가 있으면 산화 환원 반응이고, 산화수가 변하는 원자가 없으면 산화 환원 반응이 아니다.

과학 돋보기

산화 환원 정의

- 산화 환원 반응은 처음에는 산소를 얻는 반응과 잃는 반응으로 나타내었는데, 보다 넓은 의미로 전자의 이동으로 나타내게 되었고, 이를 보다 편리하게 구분하기 위해 산화수 개념을 사용하게 되었다.

	산소의 이동	전자의 이동	산화수 변화
산화	얻음	잃음	증가
환원	잃음	얻음	감소

- 산소는 전기 음성도가 크기 때문에 어떤 원소가 산소와 결합하면 대부분 산소에게 전자를 잃고 산화수가 증가한다. 따라서 산소를 얻는 것과 전자를 잃는 것, 산화수가 증가하는 것은 같은 의미를 갖는다. 하지만 플루오린(F)은 전기 음성도가 산소보다 크기 때문에 플루오린이 산소와 결합하면 플루오린은 산화수가 감소하며 환원된다.

과학 돋보기 — 산화 환원 정의

핵심 정리 산화는 산화수가 증가하는 반응, 환원은 산화수가 감소하는 반응이다. 한 원자의 산화수가 증가하면 다른 원자의 산화수가 감소하므로, 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

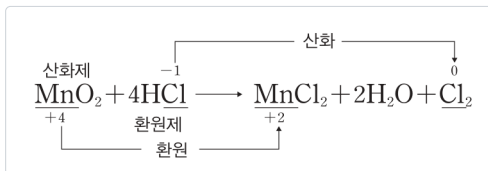
개념 체크 G 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. OF_2 에서 O의 산화수는 _____ 이다.
2. 산화수가 증가하는 반응은 _____, 산화수가 감소하는 반응은 _____ 이다.

4 산화 환원 반응식

(1) 산화제와 환원제

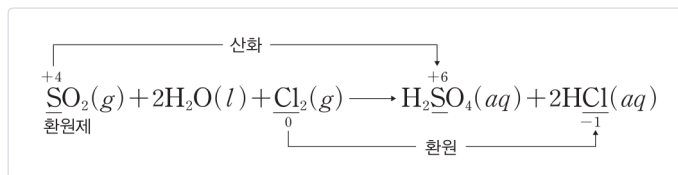
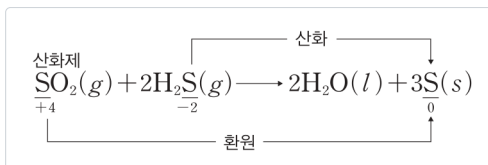
- ① **산화제**: 다른 물질을 산화시키고 자신은 환원되는 물질이다.
 ② **환원제**: 다른 물질을 환원시키고 자신은 산화되는 물질이다.



(2) 산화제와 환원제의 상대적 세기

같은 물질이라고 해도 어떤 물질과 반응하는가에 따라 산화되기도 하고 환원되기도 한다. 산화 환원 반응에서 전자를 잃거나 얻으려는 경향은 서로 **상대적**이므로 어떤 반응에서 산화제로 작용하는 물질이 다른 물질과 반응할 때는 환원제로 작용할 수도 있다.

예 이산화 황(SO_2)이 황화 수소(H_2S)와 반응할 때에는 SO_2 이 환원되면서 H_2S 를 산화시키는 산화제로 작용하고, 이산화 황(SO_2)이 상대적으로 더 강한 산화제인 염소(Cl_2)와 반응할 때에는 SO_2 이 산화되면서 Cl_2 를 환원시키는 환원제로 작용한다.



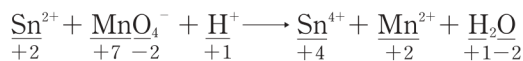
핵심 정리 산화되거나 환원되는 경향은 상대적이므로 같은 물질이라도 반응에 따라 산화제로 작용할 수도 있고 환원제로 작용할 수도 있다.

(3) 산화 환원 반응식의 완성

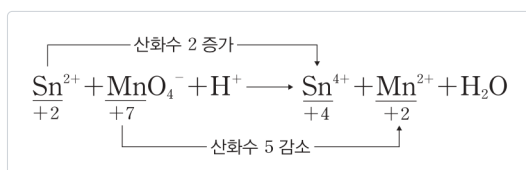
산화 환원 반응에서 **증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 항상 같으므로** 반응물과 생성물의 원자 수와 산화수 변화를 맞추어 화학 반응식을 완성할 수 있다.

예 $\text{Sn}^{2+} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{4+} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 의 화학 반응식 완성하기

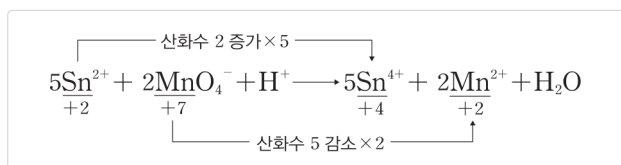
[1단계] 각 원자의 산화수를 구한다.



[2단계] 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.



[3단계] 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.



[4단계] 산화수의 변화가 없는 원자들의 수가 같도록 계수를 맞추어 산화 환원 반응식을 완성한다.



핵심 정리 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 항상 같으므로 이 관계를 이용하여 산화 환원 반응을 완성할 수 있다.

개념 체크 H 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 다른 물질을 산화시키고 자신은 _____ 되는 물질을 _____ 라고 한다.
2. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 _____.

(4) 산화 환원 반응의 양적 관계

화학 반응식에서 **계수비는 반응 몰비**와 같으므로 산화 환원 반응식을 완성하면 반응하는 산화제와 환원제의 양적 관계를 구할 수 있다.

예 산화 철(Fe_2O_3)과 일산화 탄소(CO)가 반응하여 철(Fe)과 이산화 탄소(CO_2)를 생성하는 반응의 화학 반응식은 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$ 로, 산화제인 Fe_2O_3 과 환원제인 CO 가 1 : 3의 몰비로 반응하므로 Fe_2O_3 1 mol이 환원될 때 CO 3 mol이 산화된다.

탐구자료 살펴보기 황화 은(Ag_2S)과 알루미늄(Al)의 반응

실험과정 및 결과

(가) 비커에 소금물을 넣고 바닥에 알루미늄 포일을 깎는다.
 (나) 검게 녹슨 은 손가락을 알루미늄 포일에 올려놓고 가열한다.
 → 은 손가락의 검은 녹이 사라지고 원래의 은색으로 되돌아왔다.

분석 point

1. 은 손가락의 검은 녹은 황화 은(Ag_2S)이며, 알루미늄(Al)과 반응하여 은(Ag)으로 환원되므로 Al 은 환원제이고 Ag_2S 은 산화제이다.
 2. 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.
 [1단계] 각 원자의 산화수를 구한다.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Ag}_2\text{S} & + & \text{Al} & \longrightarrow & \text{Ag} & + & \text{Al}_2\text{S}_3 \\ +1 & -2 & 0 & & 0 & & +3 & -2 \end{array}$$

↓

[2단계] 반응 전후의 산화수 변화를 확인한다.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Ag}_2\text{S} & + & \text{Al} & \longrightarrow & \text{Ag} & + & \text{Al}_2\text{S}_3 \\ +1 & -2 & 0 & & 0 & & +3 & -2 \end{array}$$

↓

[3단계] 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합이 같도록 계수를 맞춘다.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Ag}_2\text{S} & + & \text{Al} & \longrightarrow & \text{Ag} & + & \text{Al}_2\text{S}_3 \\ +1 & -2 & 0 & & 0 & & +3 & -2 \end{array}$$

↓

$$\begin{array}{ccccccc} 3\text{Ag}_2\text{S} & + & 2\text{Al} & \longrightarrow & 6\text{Ag} & + & \text{Al}_2\text{S}_3 \\ +1 & -2 & 0 & & 0 & & +3 & -2 \end{array}$$

3. 완성된 산화 환원 반응식에서 Ag_2S 과 Al 의 반응 계수가 각각 3과 2이므로 산화제인 Ag_2S 과 환원제인 Al 은 3 : 2의 몰비로 반응한다.

탐구자료 살펴보기 — 황화 은(Ag_2S)과 알루미늄(Al)의 반응

핵심 정리 완성된 산화 환원 반응식에서 산화제와 환원제의 반응 계수가 각각 a, b 라면 반응하는 물질의 반응 몰비는 산화제 : 환원제 = $a : b$ 이다.

개념 체크 I 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$ 반응에서 환원제는 _____이며, Fe 1 mol이 생성될 때 반응한 환원제의 양은 _____ mol이다.
- $3\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{Al} \rightarrow 6\text{Ag} + \text{Al}_2\text{S}_3$ 반응에서 Ag_2S 1.5 mol이 환원될 때 Al _____ mol이 반응하며, 이때 Ag _____ mol이 생성된다.

5 화학 반응에서 출입하는 열

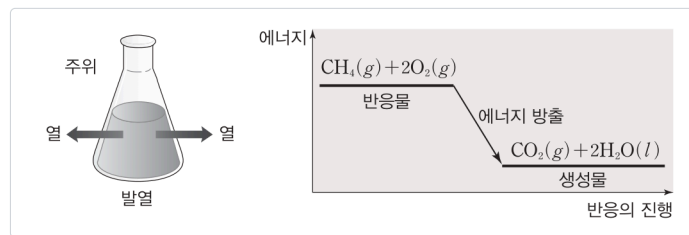
(1) 화학 반응과 열의 출입

화학 반응에서 반응물과 생성물이 가지고 있는 에너지가 다르기 때문에 화학 반응이 일어날 때 **열의 출입**이 있다.

(2) 발열 반응과 흡열 반응

① 발열 반응

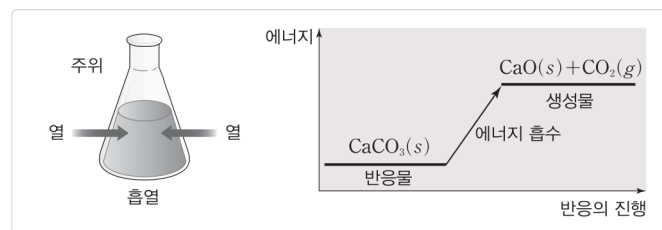
- 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
- 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 작으므로 반응하면서 열을 방출한다.
- 주위로 열을 방출하므로 **주위의 온도가 높아진다**.



예 메테인(CH_4)이 완전 연소되면 이산화 탄소와 물이 생성되는데, 이 반응은 열을 방출하는 발열 반응이다.

② 흡열 반응

- 화학 반응이 일어날 때 열을 흡수하는 반응이다.
- 생성물의 에너지 합이 반응물의 에너지 합보다 크므로 반응하면서 열을 흡수한다.
- 주위로부터 열을 흡수하므로 **주위의 온도가 낮아진다**.



예 탄산 칼슘(CaCO_3)을 가열하면 분해되어 이산화 탄소가 발생하는데, 이 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

③ 여러 가지 발열 반응과 흡열 반응

발열 반응	- 산 염기 중화 반응이 일어나면 중화열이 방출된다. - 휘발유나 천연 가스 등의 연료가 연소될 때 많은 열을 방출한다. - 손난로 속에서 철가루가 산화되면서 열을 방출하여 따뜻해진다.
흡열 반응	- 베이킹파우더의 주원료인 NaHCO_3은 열을 흡수하면 분해되어 CO_2 기체가 발생해 반죽을 부풀게 한다. - 식물이 빛을 받으면 광합성을 하여 포도당을 만드는데, 광합성은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이다. - 냉각 팩 속 질산 암모늄이 물에 용해될 때 열을 흡수하여 팩이 시원해진다.

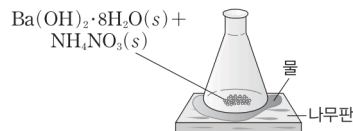
핵심 정리 발열 반응은 열을 방출하는 반응, 흡열 반응은 열을 흡수하는 반응이다.

개념 체크 J 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- _____ 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
- 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도는 _____ 아진다.

탐구자료 살펴보기 화학 반응에서 출입하는 열

- 실험 과정** (가) 나무판의 중앙에 물을 조금 떨어뜨리고, 수산화 바륨 팔수화물($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s})$)이 담긴 삼각 플라스크를 올려놓는다.
 (나) (가)의 삼각 플라스크에 질산 암모늄($\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$)을 넣고 유리 막대로 잘 섞은 다음, 몇 분 뒤 삼각 플라스크를 들어 올린다.



실험 결과 나무판 위의 물이 얼면서 나무판이 삼각 플라스크에 달라붙어 삼각 플라스크를 들어 올릴 때 나무판이 함께 들어 올려졌다.

- 분석 point** 1. $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 과 NH_4NO_3 이 반응하면서 나무판 위의 물로부터 열을 빼앗아 물이 얼게 된다.
 2. $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 과 NH_4NO_3 의 반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.

탐구자료 살펴보기 — 화학 반응에서 출입하는 열

핵심 정리 에너지는 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 이 $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 보다 크므로 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 반응이 일어날 때 열을 방출한다(물의 응고와 열의 출입).

탐구자료 살펴보기

화학 반응에서 출입하는 열의 측정

[열량과 비열]

어떤 물질이 방출하거나 흡수하는 열량은 그 물질의 비열에 질량과 온도 변화를 곱하여 구할 수 있다.

- 열량 : 물질이 방출하거나 흡수하는 열에너지의 양
- 비열 : 물질 1 g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량으로 단위는 J/(g·°C)이다.

$$\text{열량}(Q) = \text{비열}(c) \times \text{질량}(m) \times \text{온도 변화}(\Delta t)$$

[화학 반응에서 열의 출입 측정하기]

실험 과정

- (가) 전자저울로 과자의 질량을 측정한 후 증발 접시에 담는다.
 (나) 둥근바닥 플라스크에 물 100 mL를 넣고 스탠드에 고정한 후 물의 온도를 측정한다.
 (다) 과자에 불을 붙인 후 둥근바닥 플라스크의 물을 가열한다.
 (라) 과자를 연소시킨 후 둥근바닥 플라스크 속 물의 최고 온도를 측정한다.
 (마) 전자저울로 타고 남은 과자의 질량을 측정한다.



실험 결과

과정	(가)	(나)	(라)	(마)
측정 내용	과자의 처음 질량	물의 처음 온도	물의 최고 온도	과자의 나중 질량
측정값	$w_1 \text{ g}$	$t_1^\circ\text{C}$	$t_2^\circ\text{C}$	$w_2 \text{ g}$

분석 point

- 연소된 과자의 질량은 $(w_1 - w_2) \text{ g}$ 이고, 물의 온도 변화는 $(t_2 - t_1)^\circ\text{C}$ 이다.
- 물의 밀도와 비열을 각각 1 g/mL, 4.2 J/(g·°C)라고 하면 물이 얻은 열량은 $Q = c_{\text{물}} \times m_{\text{물}} \times \Delta t_{\text{물}} = 4.2 \text{ J/(g·°C)} \times 100 \text{ g} \times (t_2 - t_1)^\circ\text{C} = 420(t_2 - t_1) \text{ J}$ 이다.
- 과자가 연소될 때 방출한 열을 물이 모두 흡수한다고 가정하면 과자 1 g의 연소 과정에서 방출하는 열량은 $\frac{420(t_2 - t_1)}{w_1 - w_2} \text{ J/g}$ 이다.

탐구자료 살펴보기 — 화학 반응에서 출입하는 열의 측정

개념 체크 K

빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 수산화 바륨 팔수화물과 질산 암모늄의 반응이 일어날 때 주위로부터 열을 _____ 한다.
- 연료가 연소되는 반응은 _____ 반응이다.

(3) 열량계를 이용한 열의 측정

- ① 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 **열량계**를 사용하여 측정할 수 있다.
- ② 열량계와 외부 사이에 열의 출입이 없다고 가정하고 열량계 자체가 흡수하는 열을 무시하면 화학 반응에서 발생한 열량은 열량계 속 용액이 얻은 열량과 같다.



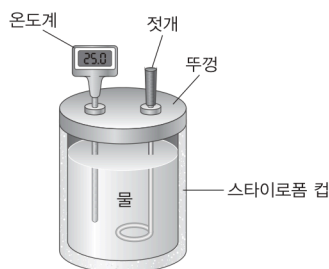
화학 반응에서 발생한 열량(Q) = 열량계 속 용액이 얻은 열량(Q)

탐구자료 살펴보기 열량계를 이용한 열의 측정**실험 과정** [실험 I]

- (가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도(t_1)를 측정한다.
- (나) 열량계에 $\text{CaCl}_2(s)$ 5 g을 넣어 녹일 때 최고 온도(t_2)를 측정한다.

[실험 II]

- (가) 간이 열량계에 물 100 g을 넣고 온도(t_3)를 측정한다.
- (나) 열량계에 $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ 5 g을 넣어 녹일 때 최저 온도(t_4)를 측정한다.

**실험 결과**

[실험 I]		[실험 II]	
t_1	t_2	t_3	t_4
25°C	31°C	25°C	21°C

분석 point

실험 I에서 용액의 온도가 높아졌으므로 $\text{CaCl}_2(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이고, 실험 II에서 용액의 온도가 낮아졌으므로 $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.

탐구자료 살펴보기 — 열량계를 이용한 열의 측정

핵심 정리 화학 반응에서 출입하는 열의 양은 열량계를 사용하여 측정할 수 있다.

개념 체크 L

빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 25 °C의 물이 들어 있는 간이 열량계에 25 °C의 고체 A를 넣어 녹였더니 용액의 온도가 25 °C보다 낮아졌다면 고체 A의 용해 반응은 _____ 반응이다.
- 스타이로폼 컵을 이용한 간이 열량계에서 스타이로폼 컵은 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용한다. ()

Part 2 · 기본문제

12문항 · 정답과 해설은 Part 4.

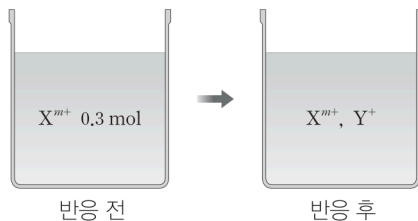
01 다음은 산화수에 대한 세 학생의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
④ B, C ⑤ A, B, C

02 그림은 금속 이온 X^{m+} 이 들어 있는 수용액에 금속 $Y(s)$ 를 넣어 반응을 완결시켰을 때 반응 전과 후 용액에 들어 있는 이온을 나타낸 것이다. 반응 후 전체 금속 이온의 양은 0.3 mol보다 크다.

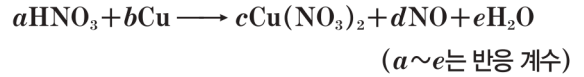


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고 물과 반응하지 않으며, 음이온은 반응에 참여하지 않는다.)

- ◀ 보기 ▶
ㄱ. X^{m+} 은 환원된다.
ㄴ. $m=1$ 이다.
ㄷ. 전자는 X^{m+} 에서 Y로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 산화 환원 반응의 화학 반응식이다.

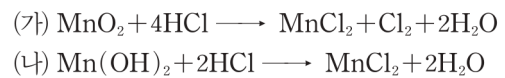


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
ㄱ. $a+b=c+d+e$ 이다.
ㄴ. Cu는 산화제이다.
ㄷ. N의 산화수는 HNO_3 에서 NO에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 망가니즈(Mn)와 관련된 2가지 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
ㄱ. (가)에서 Mn의 산화수는 감소한다.
ㄴ. (나)에서 Mn는 산화된다.
ㄷ. (가)에서 1 mol의 MnCl_2 가 생성될 때 이동한 전자의 양은 1 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 X_2Y 와 관련된 산화 환원 반응의 화학 반응식이다. 전기 음성도는 $Y > X$ 이고, $X \sim Z$ 중 산화수가 증가하는 원소는 1가지이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $X \sim Z$ 는 임의의 원소 기호이다.)

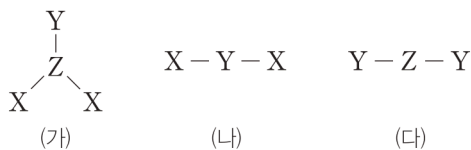
◀ 보기 ▶

- ㄱ. X_2Y 에서 산화수는 $X > Y$ 이다.
- ㄴ. 전기 음성도는 $Z > X$ 이다.
- ㄷ. Z_2 는 환원제이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 다음은 1, 2주기 원소 $X \sim Z$ 로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. 구조식은 단일 결합과 다중 결합의 구분 없이 나타내었고, (가)~(다)에서 2주기 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

[구조식]



- (가)에서 X 의 산화수는 +1이다.
- (가)와 (다)에서 Y 의 산화수는 같다.
- (가)와 (다) 중 하나는 Z 의 산화수가 0이다.

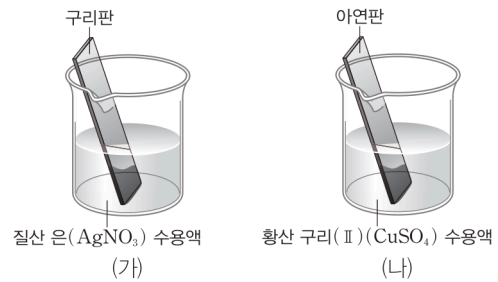
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $X \sim Z$ 는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Y 의 산화수는 -2이다.
- ㄴ. (가)~(다) 중 다중 결합을 포함하는 것은 2가지이다.
- ㄷ. 전기 음성도는 $Y > Z > X$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 금속과 금속 이온의 반응에 대한 실험을 나타낸 것이다. (가)에서 구리판에 은이, (나)에서 아연판에 구리가 석출되었다.



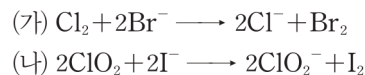
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Ag^+ 은 환원된다.
- ㄴ. (나)에서 Cu 의 산화수는 증가한다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 반응이 일어날 때 전자가 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 다음은 염소(Cl)와 관련된 2가지 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Br^- 은 환원제이다.
- ㄴ. (가)에서 Br_2 2 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 모두 Cl 의 산화수는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 일상생활과 관련된 현상이다.

- 에어컨에서 ㉠냉매가 액체에서 기체로 변한다.
- ㉡뷰티인을 연소시켜 ㉢물을 끓인다.

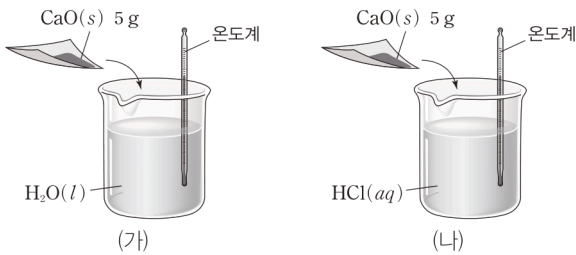
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉠이 일어날 때 주위의 온도가 감소한다.
- ㄴ. ㉡은 산화 환원 반응이다.
- ㄷ. ㉠~㉢ 중 흡열 반응은 2가지이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 25°C의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 100 g과 $\text{HCl}(aq)$ 100 g이 들어 있는 비커에 $\text{CaO}(s)$ 를 각각 5 g씩 넣어 모두 녹였을 때에 대한 자료이다.



- (가)에서 수용액의 최고 온도(t_1)는 25°C보다 높다.
- CaO 의 용해 반응의 화학 반응식 :
 $\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\text{CaO}(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. (나)에서 중화 반응이 일어난다.
- ㄷ. (나)에서 수용액의 최고 온도는 t_1 보다 높다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 물의 증발에 대한 자료이다.

물이 증발할 때 액체 상태의 물이 주위의 열을 ㉠하여 기체 상태의 수증기로 변하므로 남아 있는 물의 온도는 ㉡한다. 반면, 수증기가 응축할 때는 열을 ㉢한다.

㉠~㉢으로 가장 적절한 것은?

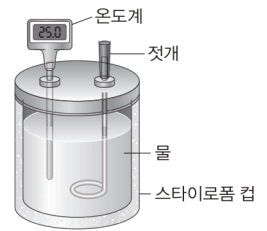
- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|----|----|----|
| ① | 방출 | 증가 | 방출 |
| ② | 방출 | 감소 | 흡수 |
| ③ | 흡수 | 증가 | 방출 |
| ④ | 흡수 | 감소 | 방출 |
| ⑤ | 흡수 | 감소 | 흡수 |

12 다음은 열량계를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 25°C의 물 100 g이 들어 있는 열량계에 25°C의 A(s) 1 g을 넣어 용해시킨 후 최고 온도 또는 최저 온도를 측정한다.

(나) 25°C의 A(s) 대신 25°C의 B(s) 1 g을 이용하여 (가)를 반복한다.



[실험 결과]

과정	(가)	(나)
수용액의 최고 온도 또는 최저 온도(°C)	27	18

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계가 얻거나 잃는 열량은 무시하고, 열량계와 주위 사이의 열출입은 없다.)

◀ 보기 ▶

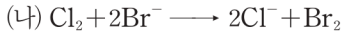
- ㄱ. A(s)가 물에 용해될 때 열을 흡수한다.
- ㄴ. B(s)의 용해 반응은 흡열 반응이다.
- ㄷ. 열량계에서 흡열 반응이 일어날 때 수용액으로부터 열을 흡수한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 3 · 심화문제

12문항 · 정답과 해설은 Part 4. 각 문항의 접근 Point는 해설에 수록.

01 다음은 산화 환원 반응 (가)~(다)의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. (가)에서 Cu는 산화된다.

ㄴ. (가)와 (다)에서 산소의 산화수는 모두 같다.

ㄷ. (나)와 (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 모두 이온이다.

① ㄱ

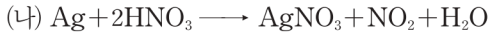
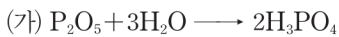
② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 3가지 반응의 화학 반응식이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. (나)의 반응물과 생성물에서 N의 산화수는 모두 같다.

ㄴ. (가)~(다) 중 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 물질이 있는 화학 반응은 (다)이다.

ㄷ. (가)~(다)는 모두 산화 환원 반응이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 망가니즈와 관련된 산화 환원 반응식이다. (가)와 (나)에서 O의 산화수는 -2이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

ㄱ. $m=2$ 이다.

ㄴ. $a+b=7$ 이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 모두 Mn는 산화된다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

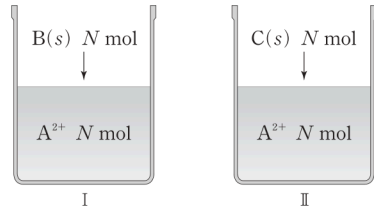
④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 금속 A~C를 이용한 실험이다. A~C의 이온은 각각 A^{2+} , B^+ , C^{3+} 이다.

[실험 과정]

- (가) N mol의 $A^{2+}(aq)$ 이 들어 있는 비커 I과 II를 준비한다.
 (나) I과 II에 $B(s)$ 와 $C(s)$ 를 각각 N mol씩 넣고 충분한 시간 동안 반응시킨다.



[실험 결과]

- I과 II 중 하나에서는 반응이 일어나지 않았다.
- (나) 과정 후, I의 전체 금속 이온의 양(mol) + II의 전체 금속 이온의 양(mol) = $2.5N$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

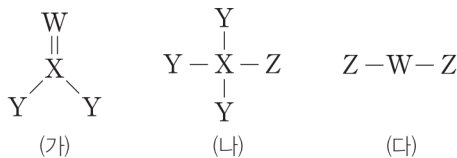
◀ 보기 ▶

- ㄱ. I에서 B는 산화된다.
- ㄴ. (나) 과정 후 수용액에 들어 있는 금속 이온의 가짓수는 $I > II$ 이다.
- ㄷ. (나) 과정 후 수용액에 존재하는 A^{2+} 의 몰비는 $I : II = 1 : 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 1~2주기 원소 W~Z로 구성된 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 2주기 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

[구조식]



- 전기 음성도는 $Y > X$ 이다.
- X의 산화수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- (다)에서 Z의 산화수는 W의 산화수보다 크다.

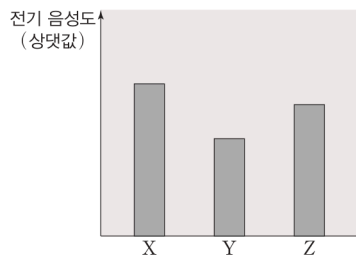
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, W~Z는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 X의 산화수는 +4이다.
- ㄴ. 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다.
- ㄷ. XW_2 에서 X의 산화수는 +4이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 2주기 원소 X~Z의 전기 음성도를 나타낸 것이고, 표는 W~Z로 이루어진 화합물 (가)와 (나)에 대한 자료이다. W~Z는 C, N, O, F을 순서 없이 나타낸 것이고, 화합물에서 W~Z는 옥텟 규칙을 만족한다.



화합물	(가)	(나)
구성 원소	W, X, Y	W, X, Z
(+)의 산화수를 가지는 원소	Y	W
분자당 구성 원자 수	3	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Y의 산화수는 +4이다.
- ㄴ. (나)에서 산화수는 $Z > X$ 이다.
- ㄷ. ZX_2 에서 Z의 산화수는 0보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 구리와 관련된 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 산화 구리(II)와 탄소 가루를 섞어 시험관에 넣고 충분히 가열하였더니 기체 X가 생성되었다.



(나) 황산 구리(II) 수용액에 아연(Zn)을 넣었더니 Cu가 석출되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 CO_2 이다.
- ㄴ. (가)에서 Cu의 산화수는 감소한다.
- ㄷ. (가)에서 C와 (나)에서 Zn은 환원제이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 산화 환원 반응식과 반응 전후 산화수 변화에 대한 자료이다. 전기 음성도는 $X > Y$ 이다.



원자	반응 후 산화수 - 반응 전 산화수
X	5
Y	0
Z	2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $X \sim Z$ 는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 반응 전 X의 산화수는 +3이다.
- ㄴ. 전기 음성도는 $X > Z$ 이다.
- ㄷ. Z_2 는 산화제이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

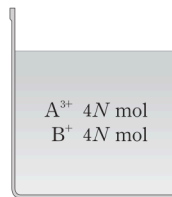
09 다음은 금속 A~C의 산화 환원 반응 실험이다. m 은 3 이하의 자연수이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 A^{3+} , B^+ 이 각각 $4N$ mol씩 들어 있는 수용액을 준비한다.

(나) (가)의 수용액에 $C(s)$ $2N$ mol을 넣어 반응을 완결시킨다.

(다) (나)의 수용액에 $C(s)$ N mol을 넣어 반응을 완결시킨다.



[실험 결과]

○ 각 과정 후 수용액에 들어 있는 모든 양이온의 종류와 양이온 수의 비

과정	(나)	(다)
양이온의 종류	A^{3+}, C^{m+}	A^{3+}, C^{m+}
양이온 수의 비		

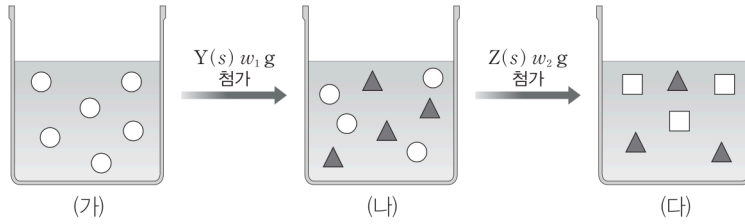
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $m=3$ 이다.
- ㄴ. (다)에서 A^{3+} 은 환원된다.
- ㄷ. Ⓛ은 A^{3+} 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 금속 X의 이온이 들어 있는 용액에 금속 Y와 Z를 차례대로 넣을 때 수용액에 들어 있는 금속 이온의 모형을 나타낸 것이다. X~Z의 이온은 각각 X^{a+} , Y^{b+} , Z^{c+} 이고 $a \sim c$ 는 3 이하의 자연수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

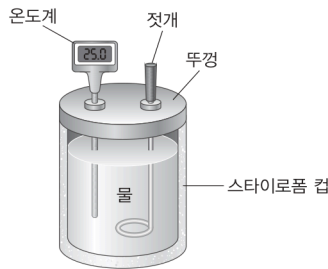
- ㄱ. $a=2$ 이다.
- ㄴ. (나) → (다)에서 Y^{b+} 은 환원된다.
- ㄷ. (다)에 $Z(s) \frac{1}{4}w_2 g$ 을 더 넣어 반응을 완결시키면 수용액에 들어 있는 금속 이온은 1가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 화학 반응에서 열 출입을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 열량계에 25°C 의 물 100 mL와 소량의 페놀프탈레인 용액을 넣는다.
- (나) (가)의 열량계에 수산화 나트륨($\text{NaOH}(s)$) $w g$ 을 넣고 젓개로 저어 주며 용액의 최고 온도 또는 최저 온도(t_1)를 측정한다.
- (다) (나)의 열량계에 온도가 t_1 인 1 M $\text{HCl}(aq)$ 100 mL를 넣고 젓개로 저어 주며 용액의 최고 온도 또는 최저 온도(t_2)를 측정한다.



[실험 결과]

- (나) 과정 후 $\text{NaOH}(aq)$ 의 농도는 2 M이다.
- $t_2 > t_1 > 25^\circ\text{C}$ 이다.
- (다) 과정 후 열량계에 들어 있는 수용액의 색은 붉은색이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열량계 외부로의 열 손실은 없다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\text{NaOH}(s)$ 의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. $\text{NaOH}(aq)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 의 반응은 발열 반응이다.
- ㄷ. (다) 과정 후 열량계에 온도가 t_2 인 1 M $\text{HCl}(aq)$ 을 더 넣어 주면 용액의 최고 온도는 t_2 보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 표는 2가지 반응에 대한 자료이다.

(가) 광합성	(나) NaHCO_3 의 열분해
- 식물이 광합성을 통해 포도당을 합성한다. $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$	NaHCO_3은 열을 가하면 분해되어 CO_2 기체가 발생한다. $2\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 산화 환원 반응이다.
- ㄴ. (가)와 (나)는 모두 흡열 반응이다.
- ㄷ. (나)에서 C의 산화수는 변한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 4 · 정답과 해설

1 개념 체크 정답

A	1. 산화, 환원	2. 탄소(C), 산화 구리(II)(CuO)	3. 연소
B	1. 산화	2. 산화, 환원	
C	1. Zn, Cu ²⁺	2. 산화, 환원	
D	1. 2	2. 2, 1	
E	1. +1, -1	2. 큰	3. 0
F	1. +4	2. -3, +5	4. 전하
G	1. +2	2. 산화, 환원	4. ×
H	1. 환원, 산화제	2. 같다	
I	1. CO, 1.5	2. 1, 3	
J	1. 발열	2. 낮	
K	1. 흡수	2. 발열	
L	1. 흡열	2. ○	

2 기본문제 해설

정답

01	⑤	02	①	03	②	04	①	05	③	06	⑤	07	④	08	③
09	⑤	10	⑤	11	④	12	④								

01 산화수

공유 결합 물질에서 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자 쌍을 모두 가진다고 가정할 때 각 구성 원자의 전하이다.

- Ⓐ. 전기 음성도가 $\text{Cl} > \text{H}$ 이므로 HCl 에서 산화수를 구할 때 공유 전자쌍은 Cl 가 모두 가진다고 가정한다.
 Ⓑ. 산화수 규칙에 의해 NaH 에서 H 의 산화수는 -1 이다.
 Ⓒ. 산화수가 증가하는 반응은 산화 반응이고, 산화수가 감소하는 반응은 환원 반응이다.

02 산화 환원 반응

반응 후 전체 금속 이온의 양(mol)이 증가하였으므로 생성된 Y^+ 의 전하량이 X^{m+} 보다 작다.

- ㉠. Y^+ 이 생성되었으므로 Y(s) 는 산화되고, X^{m+} 은 환원된다.
 ✕. Y^+ 의 전하량이 X^{m+} 보다 작으므로 $m > 1$ 이다.
 ✕. X^{m+} 은 환원되므로 전자는 Y 에서 X^{m+} 으로 이동한다.

03 산화 환원 반응식

Cu 의 산화수는 0에서 +2로 증가하고, N 의 산화수는 +5에서 +2로 감소하므로 $b=c=3$ 이고 $d=2$ 이다. N 의 원자 수를 고려하면 $a=8$ 이고, H 의 원자 수를 고려하면 $e=4$ 이다.
 완성된 산화 환원 반응식은 다음과 같다.



- ✕. $a+b=11$ 이고, $c+d+e=9$ 이므로 서로 같지 않다.
 ✕. Cu 는 산화되므로 환원제이다.
 ㉠. N 의 산화수는 HNO_3 에서 +5이고, NO 에서 +2이므로 HNO_3 에서가 NO 에서보다 크다.

04 산화 환원 반응식

(가)는 산화 환원 반응이고, (나)는 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

- ㉠. (가)에서 Mn 의 산화수는 +4에서 +2로 감소한다.
 ✕. (나)에서 산화수가 변하는 원자가 없다.
 ✕. (가)에서 1 mol의 MnCl_2 가 생성될 때 2 mol의 전자가 이동한다.

05 산화 환원과 전기 음성도

공유 결합 물질에서 전기 음성도가 큰 원자가 음의 산화수를 가진다.

- ㉠. 전기 음성도가 $\text{Y} > \text{X}$ 이므로 X_2Y 에서 산화수는 $\text{X} > \text{Y}$ 이다.
 ㉡. 전기 음성도가 $\text{X} > \text{Z}$ 라면 X 의 산화수는 (+)에서 (-)로 감소하고, Y 의 산화수는 (-)에서 0으로 증가, Z 의 산화수는 0에서 (+)로 증가한다. 따라서 $\text{X} \sim \text{Z}$ 중 산화수가 증가하는 원소는 1가지라는 조건에 맞지 않으므로 전기 음성도는 $\text{Z} > \text{X}$ 이다.
 ✕. Z 의 산화수는 0에서 (-)로 감소하므로 환원되었다. 따라서 Z_2 는 환원되므로 산화제이다.

06 분자 구조와 산화수

(다)에서 Z 의 산화수는 0이 될 수 없으므로 (가)에서 Z 의 산화수는 0이다.

- ㉠. (가)에서 Z 의 산화수가 0이고, X 의 산화수는 +1이므로 Y 의 산화수는 -2 이다.
 ㉡. (가)에서 Y 의 산화수가 -2 이므로 Y 와 Z 의 결합은 2중 결합이고, (다)에서도 Y 와 Z 의 결합이 2중 결합이다. 따라서 (가)~(다) 중 다중 결합을 포함하는 것은 2가지이다.
 ㉢. (가)에서 $\text{X} \sim \text{Z}$ 의 산화수를 통해 전기 음성도가 $\text{Y} > \text{Z} > \text{X}$ 임을 알 수 있다.

07 금속의 산화 환원

- ㉠. (가)에서 질산은 수용액에 구리판을 넣었을 때 은이 석출되므로 Ag^+ 이 Ag 으로 환원된다.
 ✕. (나)에서 Cu^{2+} 이 Cu 로 환원되었으므로 Cu 의 산화수는 감소한다.
 ㉢. (가)와 (나)는 모두 산화 환원 반응이므로 전자가 이동한다.

08 산화 환원 반응식

- ㉠. (가)에서 Br^- 은 산화되어 Br_2 이 되므로 Br^- 은 환원제이다.
 ✕. (가)에서 Br_2 1 mol이 생성될 때, 2 mol의 전자가 이동하므로 Br_2 2 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 4 mol이다.
 ㉢. (가)에서 Cl 의 산화수는 0에서 -1 로 감소하고, (나)에서 Cl 의 산화수는 +4에서 +3으로 감소한다.

09 흡열 반응

에어컨에서 냉매는 실내의 열을 흡수하여 액체에서 기체로 상태가 변한다.

- ㉠. ㉠은 흡열 반응이므로 주위의 온도가 감소한다.
 ㉡. ㉡은 연소 반응이므로 산화 환원 반응이다.
 ㉢. ㉢은 발열 반응이고 ㉠과 ㉡은 흡열 반응이다.

10 화학 반응과 열의 출입

발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.

- ㉠. (가)에서 CaO(s) 이 용해될 때 수용액의 온도가 25°C 보다 높아졌으므로 CaO(s) 의 용해 반응은 발열 반응이다.
 ㉡. CaO 의 용해 반응으로 생성된 $\text{Ca(OH)}_2(aq)$ 은 염기성이므로 HCl(aq) 과의 중화 반응이 일어난다.
 ㉢. (나)에서 CaO 의 용해에 의한 열과 중화 반응에 의한 열이 모두 발생하므로 수용액의 최고 온도는 t_1 보다 높다.

11 물의 상태 변화와 열의 출입

물이 증발할 때 액체 상태의 물이 주위의 열을 흡수하여 기체 상태로 변하므로 남아 있는 물의 온도는 감소한다. 반면, 수증기가 응축할 때는 열을 방출하므로 주위의 온도는 증가한다.

12 열량계

A(s)는 용해될 때 수용액의 온도가 증가했으므로 발열 반응이고, B(s)는 용해될 때 수용액의 온도가 감소했으므로 흡열 반응이다.

✕. A(s)의 용해 반응은 발열 반응이므로 열을 방출한다.

○. B(s)의 용해 반응은 흡열 반응이다.

㉠. 열량계에서 흡열 반응이 일어날 때 수용액으로부터 열을 흡수하므로 수용액의 온도가 감소한다.

3 심화문제 해설

정답

01	①	02	②	03	③	04	⑤	05	⑤	06	①	07	⑤	08	②
09	④	10	③	11	⑤	12	③								

심화 01번

접근 Point 산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시킨다.

01 산화 환원 반응식

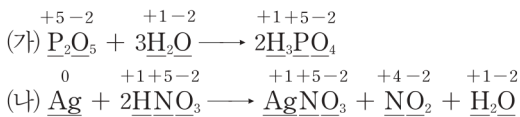
- ㉠. (가)에서 Cu는 Cu^{2+} 으로 산화된다.
 ✕. (가)의 반응물과 생성물에서 산소의 산화수는 모두 -2 이고, (다)의 H_2O_2 에서 산소의 산화수는 -1 이다.
 ✕. (나)에서 산화제로 작용하는 물질은 Cl_2 이고, (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 H_2O_2 이므로 (나)와 (다)에서 산화제로 작용하는 물질은 모두 분자이다.

심화 02번

접근 Point 산화 환원 반응은 산화수가 변하는 반응이다.

02 산화수

(가)~(다)에서 각 원자의 산화수는 다음과 같다.



- $$\begin{array}{ccccccc} +5 & -2 & +1 & +4 & -2 & -1 & +6 & -2 & +1 \\ \text{(다)} & \text{IO}_3^- & + & 3\text{HSO}_3^- & \longrightarrow & \text{I}^- & + & 3\text{SO}_4^{2-} & + & 3\text{H}^+ \end{array}$$
- ✕. (나)에서 N의 산화수는 $+4$ 와 $+5$ 가 있어 모두 같지 않다.
 ㉡. (가)~(다)에서 산화수가 가장 큰 원자를 포함하는 물질은 (다)의 SO_4^{2-} 이다.
 ✕. (가)는 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화 환원 반응이 아니다.

심화 03번

접근 Point 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같다.

03 산화 환원 반응식

- ㉠. (가)에서 Pb의 산화수가 $+4$ 에서 $+2$ 로 2만큼 줄어들었으므로 Mn의 산화수는 $+m$ 에서 $+7$ 로 5만큼 커진다. 따라서 $m=2$ 이다.
 ㉡. (나)에서 반응 전과 후 산소의 수를 고려하면 $4a+2bx=28$ 이고, 탄소의 수를 고려하면 $bx=10$ 이며, 이를 연립하면 $a=2$ 이다. $\text{C}_x\text{O}_{2x}^{2-}$ 에서 탄소의 산화수를 w 라고 하면, Mn의 산화수 변화는 $2 \times (7-m)$ 이고, 탄소의 산화수 변화는 $40-wbx$ 이므로 $2 \times (7-m)=40-wbx$ 이다. $m=2$ 이고, $bx=10$ 이므로 $10=40-10w$ 에서 $w=3$ 이다. $\text{C}_x\text{O}_{2x}^{2-}$ 에서 $3x-4x=-2$ 이므로 $x=2$ 이고, $b=5$ 이다. 따라서 $a+b=7$ 이다.
 ✕. Mn는 (가)에서 산화되고, (나)에서 환원된다.

심화 04번

접근 Point 반응한 금속 이온의 전하량보다 생성된 금속 이온의 전하량이 작으면 반응 후 전체 금속 이온의 양(mol)이 증가한다.

04 금속과 금속 이온의 반응

I에서 A^{2+} 과 B가 반응하지 않으면 수용액에 들어 있는 이온은 A^{2+} N mol이고, A^{2+} 과 B가 반응하면 수용액에 들어 있는 이온은 B^+ N mol과 A^{2+} $0.5N$ mol로 총 $1.5N$ mol이다. II에서 A^{2+} 과 C가 반응하지 않으면 수용액에 들어 있는 이온은 A^{2+} N mol이고, A^{2+} 과 C가 반응하면 수용액에 들어 있는 이온은 C^{3+} $\frac{2}{3}N$ mol이다.

- ㉠. I과 II에 들어 있는 금속 이온 양의 총합이 $2.5N$ mol이 되는 경우는 II에서 반응이 일어나지 않는 경우이므로 I에서 B는 B^+ 으로 산화된다.
 ㉡. (나) 과정 후 I에는 A^{2+} 과 B^+ 이 존재하고, II에는 A^{2+} 이 존재한다.
 ㉢. (나) 과정 후 수용액에 존재하는 A^{2+} 의 몰비는 I : II $=0.5N : N=1 : 2$ 이다.

심화 05번

접근 Point 분자에서 구성 원자의 산화수의 총합은 0이다.

05 산화수와 전기 음성도

- (다)에서 Z의 산화수는 W의 산화수보다 크므로 전기 음성도는 $W > Z$ 이다.
 ㉠. (가)에서 X의 산화수는 $+4$, 0 중 하나이고, (나)에서 전기 음성도가 $Y > X$ 이므로 X의 산화수는 $+4$, $+2$ 중 하나이다. 따라서 (가)에서 X의 산화수는 $+4$ 이고, (나)에서 X의 산화수는 $+2$ 이다.
 ㉡. (가)에서 X의 산화수가 $+4$ 이므로 전기 음성도는 $W > X$ 이고, (나)에서 X의 산화수는 $+2$ 이므로 전기 음성도는 $X > Z$ 이다. 따라서 전기 음성도는 $Y > Z$ 이다.
 ㉢. XW_2 에서 전기 음성도는 $W > X$ 이므로 X의 산화수는 $+4$ 이다.

심화 06번

접근 Point 두 원자가 결합할 때 전기 음성도가 큰 원자의 산화수는 0보다 작다.

06 전기 음성도와 산화수

전기 음성도가 $X > Z > Y$ 이므로 W~Z로 가능한 조합은 다음과 같다.

	C	N	O	F
①	W	Y	Z	X
②	Y	W	Z	X
③	Y	Z	W	X
④	Y	Z	X	W

W, X, Y로 이루어진 화합물 (가)는 ①과 ②에서는 FCN이고, ③과 ④에서는 COF₂이다. Y가 (+)의 산화수를 가져야 하므로 ①은 적절하지 않고, 분자당 구성 원자 수가 3이므로 ③과 ④는 적절하지 않다. 따라서 적절한 조합은 ②이고, W, X, Z로 이루어진 화합물 (나)는 FNO이다.

㉠. (가)에서 Y의 산화수는 +4이다.

✕. (나)에서 X의 산화수는 -1이고, Z의 산화수는 -2이므로 산화수는 $X > Z$ 이다.

✕. ZX₂는 OF₂이고, Z의 산화수는 +2이다.

심화 07번

접근 Point 산화되면 산화수가 증가한다.

07 구리의 산화 환원 반응

㉠. (가)에서 C는 O와 결합하여 CO₂가 된다. 따라서 X는 CO₂이다.

㉡. (가)에서 Cu는 산화수가 +2에서 0으로 감소한다.

㉢. (가)에서 C와 (나)에서 Zn은 산화되므로 환원제이다.

심화 08번

접근 Point 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합과 감소한 산화수의 합은 같다.

08 전기 음성도와 산화수

반응 전 X~Z의 산화수를 각각 $x \sim z$ 라고 하면, $x + 3y = 0$ 이고, $z = 0$ 이다. 반응 후 Z의 산화수를 +2라고 하면, 반응 후 X의 산화수는 -2이고 반응 후 Y의 산화수는 -1이므로 $x + 3y = 0$ 을 만족하는 $x = +3$ 이고 $y = -1$ 인데 전기 음성도가 $X > Y$ 이므로 모순이다. 따라서 X~Z의 반응 후 산화수는 각각 +2, +1, -2이고 $x = -3$, $y = +1$, $z = 0$ 이다.

✕. 반응 전 X의 산화수는 -3이다.

✕. XZ에서 X의 산화수가 +2이고, Z의 산화수가 -2이므로 전기 음성도는 $Z > X$ 이다.

㉢. Z의 산화수는 감소하므로 Z₂는 산화제이다.

심화 09번

접근 Point 반응 전과 후에 수용액에 들어 있는 총 전하량은 일정하다.

09 금속의 산화 환원 반응

(나) 과정에서 $m=1$ 이라면 B⁺ 2N mol이 반응하여 수용액 속에 3가지 종류의 양이온이 존재하게 되는데 이는 문제의 조건과 맞지 않다. $m=3$ 이라면 B⁺ 4N mol과 A³⁺ $\frac{2}{3}N$ mol이 반응

하고 A³⁺ $\frac{10}{3}N$ mol과 C³⁺ 2N mol이 남는다. 이때 두 양이온 수의 비가 1 : 2가 되지 않는다.

✕. $m=2$ 이고, (나)에서 B⁺ 4N mol이 반응하고 A³⁺ 4N mol과 C²⁺ 2N mol이 남는다.

㉠. 만약 A³⁺과 C가 반응하지 않으면 (다) 과정 후 양이온 수의 비는 1 : 2로 유지되어야 한다. 따라서 A³⁺은 C와 반응하여 환원된다.

㉢. (다)에서 C²⁺ N mol이 생성될 때 A³⁺ $\frac{2}{3}N$ mol이 반응하

므로 반응 후 A³⁺ $\frac{10}{3}N$ mol, C²⁺ 3N mol이 남는다. 따라서

㉠은 A³⁺이다.

심화 10번

접근 Point 반응 후 전체 금속 이온의 양(mol)이 증가하면 생성된 금속 이온의 전하량은 반응한 금속 이온의 전하량보다 작다.

10 금속의 산화 환원 반응

㉠. 모형 하나의 양(mol)을 N이라고 하면, (나)에서 X 이온 2N mol이 줄어들 때 Y 이온 4N mol이 생성되었으므로 X 이온은 X²⁺이고, Y 이온은 Y⁺이다.

㉡. (나)에 Z(s) w₂ g을 넣어 줄 때 X²⁺ 4N mol은 모두 환원되고 Y⁺ N mol이 환원된다.

✕. Z(s) w₂ g의 양(mol)은 3N이므로 Z(s) $\frac{1}{4}w_2$ g의 양(mol)은 N보다 작다. Z 이온의 전하는 +3이므로 (다)에 Z(s) $\frac{1}{4}w_2$ g을 넣어서 반응을 완결시키면 수용액에는 Y⁺과 Z³⁺이 모두 존재한다.

심화 11번

접근 Point 발열 반응이 일어나면 주위의 온도가 증가한다.

11 열량계와 발열 반응

㉠. (나)에서 NaOH을 용해시킬 때 물의 온도가 증가하였으므로 NaOH의 물에 대한 용해 반응은 발열 반응이다.

㉡. (다)에서 반응 후 수용액의 온도가 증가하였으므로 NaOH과 HCl의 반응은 발열 반응이다.

㉢. (다) 과정 후 수용액에 OH⁻이 남아 있으므로 열량계에 온도가 t₂인 1 M 염산을 더 넣어 주면 중화 반응이 더 일어나 용액의 최고 온도는 t₂보다 높다.

심화 12번

접근 Point 흡열 반응은 주위로부터 에너지를 흡수하는 반응이다.

12 흡열 반응

광합성은 빛을 흡수하여 포도당을 합성하고, NaHCO_3 은 열을 흡수하여 분해된다.

- ㉠ (가)에서 C와 O의 산화수가 변하므로 산화 환원 반응이다.
㉡ (가)는 빛을 흡수하고, (나)는 열을 흡수하므로 모두 흡열 반응이다.
㉢ (나)에서 C의 산화수는 변하지 않는다.