



전기 화학과 이용

차례

Part 1 · 개념 정리	1
화학 전지	1
전기 분해	9
수소 연료 전지	17
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 화학 전지

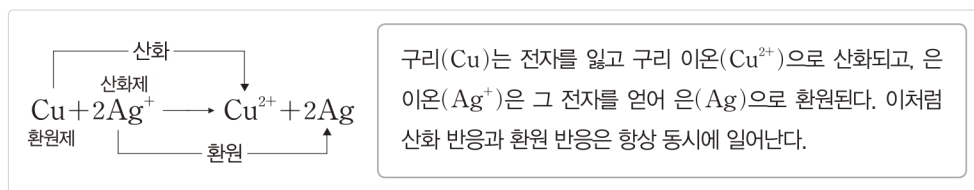
(1) 산화 환원 반응

① **산화와 환원**: 산화는 산소를 얻거나 전자를 잃거나 산화수가 증가하는 반응이고, **환원**은 산소를 잃거나 전자를 얻거나 산화수가 감소하는 반응이다.

산화 환원 정의 기준	산소	전자	산화수
산화(Oxidation)	얻음	잃음	증가
환원(Reduction)	잃음	얻음	감소

② **산화제와 환원제**: 산화제는 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질이고, **환원제**는 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질이다.

③ **산화와 환원의 동시성**: 한 물질이 전자를 잃어 산화될 때 다른 물질이 그 전자를 얻어 환원되므로 산화 반응과 환원 반응은 **항상 동시에** 일어난다.



핵심 정리 산화: 산소를 얻거나 전자를 잃거나 산화수가 증가하는 반응이다.

환원: 산소를 잃거나 전자를 얻거나 산화수가 감소하는 반응이다.

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

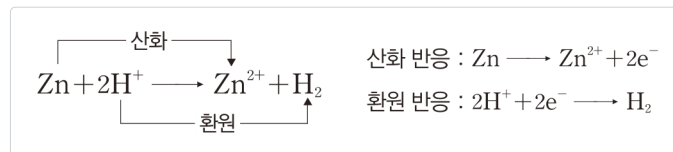
- 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질을 _____ 라고 하고, 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질을 _____ 라고 한다.
- Cu와 Ag^+ 의 반응에서 Cu는 전자를 잃고 (산화 / 환원)되고, Ag^+ 은 전자를 얻어 (산화 / 환원)된다.

(2) 금속의 반응성

① 금속들은 공기 중의 산소, 물, 산 수용액과 반응하는 정도가 서로 다르다. → 금속이 공기 중의 산소, 물, 산 수용액과 반응하는 정도에 따라 **금속의 반응성 순서**가 정해진다.

금속	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
공기 중의 산소와의 반응	상온에서 산화됨											상온에서 산화되지 않음				
물과의 반응	찬물과도 반응하여 수소 발생		고온의 수증기와 반응하여 수소 발생			반응하지 않음										
산과의 반응	물은 산과 반응하여 수소 발생											진한 질산, 진한 황산과 반응		왕수와 반응		

② **금속과 산의 반응**: 산 수용액에 수소(H_2)보다 반응성이 큰 금속(Zn, Fe, Ni 등)을 넣으면 금속은 산화되어 양이온이 되고, H^+ 이 환원되어 수소(H_2) 기체가 발생한다. 수소(H_2)보다 반응성이 작은 금속(Au, Pt, Ag, Hg, Cu)은 H^+ 과 반응하지 않는다.



③ **이온화 경향**: 금속 원소는 일반적으로 전자를 잃고 양이온이 되려는 성질이 있는데 이를 **이온화 경향**이라고 한다. 금속의 이온화 경향이 **클수록** 전자를 잃고 **산화되기 쉽다**.

K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
칼륨	칼슘	나트륨	마그네슘	알루미늄	아연	철	니켈	주석	납	수소	구리	수은	은	백금	금
← 이온화 경향이 큼 전자를 잃기 쉬움 산화되기 쉬움										이온화 경향이 작음 전자를 잃기 어려움 산화되기 어려움 →					

핵심 정리 이온화 경향: 금속의 종류에 따라 다르며, 이온화 경향이 클수록 전자를 잃고 산화되기 쉽다.

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

1. 금속 원소가 전자를 잃고 양이온이 되려는 성질을 _____ 경향이라고 한다.
2. Zn(s)을 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 에 넣어 주면 Zn은 Zn^{2+} 으로 (산화 / 환원)되고, Cu^{2+} 은 Cu로 (산화 / 환원)된다.
3. 금속 A(s)를 금속 이온(B^+)이 들어 있는 수용액에 넣어 산화 환원 반응이 일어났다면, 금속의 이온화 경향은 A가 B보다 (크다 / 작다).

탐구자료 살펴보기

금속과 금속 이온의 반응

실험 과정 그림과 같이 황산 구리(CuSO_4) 수용액에 아연(Zn)판을 담근 후, 일어나는 변화를 관찰한다.

실험 결과 황산 구리(CuSO_4) 수용액의 푸른색이 점차 옅어지고 Zn판 표면에 Cu가 석출된다.

분석 point Zn은 전자를 잃고 Zn^{2+} 으로 산화되고, Zn판 표면에서 Cu^{2+} 은 전자를 얻어 Cu로 환원된다.

산화 반응 : $\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$

환원 반응 : $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$

전체 반응 : $\text{Zn}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{Cu}(s)$

탐구자료 살펴보기 — 금속과 금속 이온의 반응

과학 돋보기

금속의 반응성과 산화 환원 반응

• 금속의 반응성은 금속이 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되기 쉬운 정도를 나타낸다.

$\text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > (\text{H}) > \text{Cu} > \text{Ag}$		
전자를 잃기 쉬움	←————→	전자를 잃기 어려움
산화되기 쉬움	←————→	산화되기 어려움
양이온이 되기 쉬움	←————→	양이온이 되기 어려움
반응성이 큼	←————→	반응성이 작음
이온화 경향이 큼	←————→	이온화 경향이 작음

• 금속의 반응성 비교와 산화 환원 반응 : 금속 이온(A^{n+})이 들어 있는 수용액에 다른 금속(B)을 넣었을 때, 반응성이 $\text{B} > \text{A}$ 이면 전자가 이동하는 산화 환원 반응이 일어난다. 상대적으로 반응성이 큰 금속은 반응성이 작은 금속 이온에게 전자를 주고 양이온이 된다.

예 반응성이 아연(Zn) > 구리(Cu)이므로 황산 구리(CuSO_4) 수용액에 Zn을 넣으면 산화 환원 반응이 일어난다.

$$\text{Cu}^{2+}(aq) + \text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Cu}(s) + \text{Zn}^{2+}(aq)$$

⇒ 반응성이 큰 금속이 전자를 잃고 산화되어 양이온으로 존재

황산 아연(ZnSO_4) 수용액에 Cu를 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

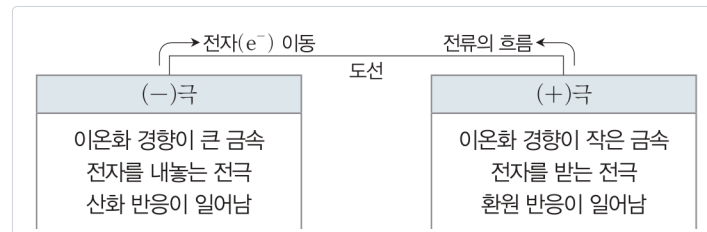
과학 돋보기 — 금속의 반응성과 산화 환원 반응

(3) 화학 전지의 원리

① **화학 전지**: 자발적인 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치로 (-)극과 (+)극의 두 전극과 전해질 용액으로 구성된다.

⇒ 일반적으로 (-)극과 (+)극의 두 전극은 이온화 경향 차이가 큰 금속을 이용한다. (-)극은 이온화 경향이 큰 금속으로 (-)극에서는 **산화 반응**이 일어나고, (+)극은 이온화 경향이 작은 금속으로 (+)극에서는 **환원 반응**이 일어난다.

• 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동하고, 전류는 (+)극에서 (-)극으로 흐른다.

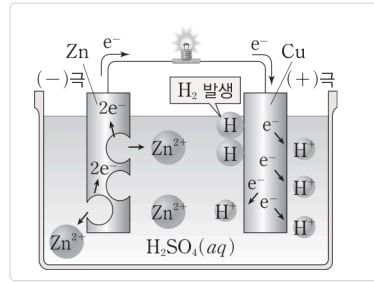


핵심 정리 화학 전지: 자발적인 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

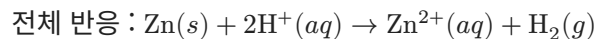
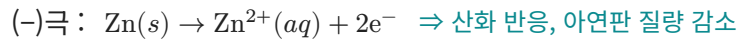
개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 이온화 경향이 서로 다른 두 금속을 전극으로 하여 화학 전지를 구성하였을 때 이온화 경향이 큰 금속이 (+ / -)극이 되고, 이온화 경향이 작은 금속이 (+ / -)극이 된다.
2. 화학 전지의 (-)극에서는 (산화 / 환원) 반응이, (+)극에서는 (산화 / 환원) 반응이 일어난다.

② **볼타 전지**: 아연(Zn)판과 구리(Cu)판을 묽은 황산($\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$)에 담그고 도선으로 두 금속판을 연결한 전지이다.



• 전극 반응



⇒ 아연판에서는 아연(Zn)이 전자를 잃고 아연 이온(Zn^{2+})으로 산화되어 용액 속으로 녹아 들어 가고, 전자는 도선을 따라 구리판 쪽으로 이동한다. 구리판에서는 수소 이온(H^+)이 전자를 얻어 수소(H_2) 기체로 환원된다. 이때 산화 반응이 일어나는 **아연판은 (-)극**이 되고, 환원 반응이 일어나는 **구리판은 (+)극**이 된다.

• 볼타 전지에서는 **분극 현상**으로 전압이 급격히 떨어진다.

과학 돋보기

분극 현상

- 분극 현상의 원인 : 구리판의 표면에서 발생한 수소(H_2) 기체가 구리판을 둘러싸 수소 이온(H^+)이 구리판에서 전자를 받는 반응을 방해하기 때문에 전압이 급격히 떨어지게 된다.
- 감극제 : 분극 현상을 해소하기 위해 수소 기체를 물로 산화시키는 산화제를 감극제라고 하며, 이산화 망가니즈(MnO_2), 과산화 수소(H_2O_2) 등과 같은 강한 산화제가 이용된다.



과학 돋보기 — 분극 현상

핵심 정리 **분극 현상**: 볼타 전지의 (+)극에서 발생하는 수소 기체가 전자의 이동을 방해하여 전압이 급격히 떨어지는 현상이다.

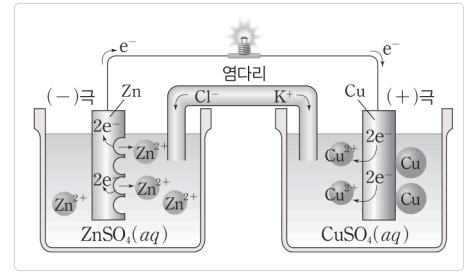
감극제: 분극 현상을 없애는 물질로 강한 산화제이다.

개념 체크 D

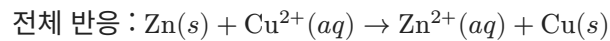
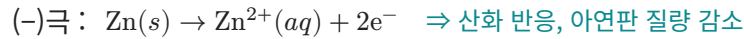
빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 볼타 전지의 Zn판에서는 (산화 / 환원) 반응이 일어나고, Cu판에서는 (산화 / 환원) 반응이 일어난다.
2. 볼타 전지에서 반응이 일어날 때 (-)극인 Zn판의 질량은 (증가 / 감소 / 일정)하고, (+)극인 Cu판의 질량은 (증가한다 / 감소한다 / 일정하다).
3. 볼타 전지에서는 전류가 잠시 흐르다가 전압이 급격히 떨어지는 _____ 현상이 일어난다.
4. 분극 현상을 없애기 위해 넣어 주는 물질을 _____ 라고 한다.

③ **다니엘 전지**: 아연(Zn)판을 황산 아연(ZnSO_4) 수용액에 담그고, 구리(Cu)판을 황산 구리(II)(CuSO_4) 수용액에 담근 다음 두 전해질 수용액을 **염다리**로 연결하고, 도선으로 두 금속판을 연결한 전지이다.



• 전극 반응



⇒ 아연판에서는 아연(Zn)이 전자를 잃고 아연 이온(Zn^{2+})으로 산화되어 용액 속으로 녹아 들어 가고, 전자는 도선을 따라 구리판 쪽으로 이동한다. 구리판에서는 구리 이온(Cu^{2+})이 전자를 얻어 구리(Cu)로 석출된다. 이때 산화 반응이 일어나는 아연판은 (-)극이 되고, 환원 반응이 일어나는 구리판은 (+)극이 된다.

⇒ 반응이 진행됨에 따라 (-)극인 Zn 전극 주위에는 Zn^{2+} 이 계속 생성되므로 양이온이 음이온보다 많아지고, (+)극인 Cu 전극 주위에는 Cu^{2+} 이 계속 소모되므로 양이온이 음이온보다 적어져 양전하와 음전하의 불균형이 생긴다. 염다리를 통해 양이온인 K^+ 이 Cu 전극 쪽으로 이동하고, 음이온인 Cl^- 이 Zn 전극 쪽으로 이동하면서 전하의 불균형이 해소되어 두 전해질 용액은 **전기적으로 중성**을 유지한다.

과학 돋보기

염다리

다니엘 전지에서는 두 전해질 용액이 염다리로 연결되어 있다. 염다리는 전극 반응에 영향을 주지 않는 KCl , KNO_3 , Na_2SO_4 등으로 이루어져 있으며, 이온의 이동 통로가 되어 양쪽 전해질 용액이 전기적으로 중성을 유지하도록 한다.

- (-)극에서는 양이온이 음이온보다 많아져 전하의 불균형이 생기므로 염다리 내의 음이온(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})은 (-)극 쪽으로 이동한다.
- (+)극에서는 양이온이 음이온보다 적어져 전하의 불균형이 생기므로 염다리 내의 양이온(K^+ , Na^+)은 (+)극 쪽으로 이동한다.

과학 돋보기 — 염다리

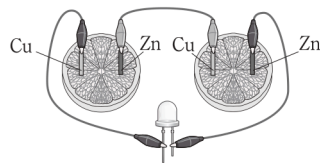
핵심 정리 **염다리**: 다니엘 전지에서 두 전해질 용액이 전기적으로 중성을 유지하도록 이온의 이동 통로 역할을 한다.

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

1. 다니엘 전지의 Zn판의 질량은 (증가 / 감소 / 일정)하고, Cu판의 질량은 (증가한다 / 감소한다 / 일정하다).
2. 다니엘 전지에서 _____ 는 이온의 이동 통로로서 두 전해질 용액이 전기적으로 중성을 유지하도록 해 준다.
3. 다니엘 전지에서 염다리 내의 양이온은 (+ / -)극 쪽으로 이동하고, 음이온은 (+ / -)극 쪽으로 이동한다.

탐구자료 살펴보기 간단한 화학 전지 만들기

- 실험 과정**
1. 오렌지를 반으로 자른 후, 아연판과 구리판을 오렌지에 2 cm 간격으로 꽂는다.
 2. 그림과 같이 집게 전선을 이용하여 한 오렌지의 아연판은 다른 오렌지의 구리판에 연결한다.
 3. 양 끝의 전선에 발광 다이오드를 연결한다.



실험 결과 • 발광 다이오드의 불이 켜졌다.

- 분석 point**
- 오렌지에는 전해질인 시트르산이 녹아 있으므로 오렌지는 화학 전지에서 전해질 용액 역할을 한다. 오렌지 대신 레몬, 자몽, 라임 등을 이용할 수 있고, 묽은 황산 등의 전해질 수용액을 이용할 수 있다.
 - 아연판은 오렌지 속의 산 성분과 반응하여 전자를 잃는 산화 반응을 하고, 전자는 도선을 통해 구리판으로 이동하게 되어 전류가 흐른다. 따라서 과일 전지에서 아연판이 (-)극이 되고, 구리판이 (+)극이 된다.

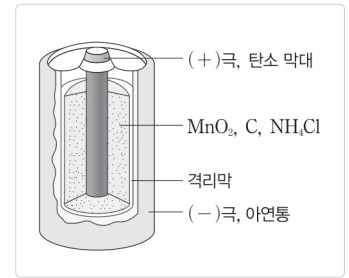
탐구자료 살펴보기 — 간단한 화학 전지 만들기

(4) 실용 전지(여러 가지 전지)

볼타 전지와 다니엘 전지와 같은 화학 전지는 사용하기 불편하므로 일상생활에서는 사용하기 편한 실용 전지가 사용된다. 실용 전지에는 충전할 수 없는 **1차 전지**와 충전하여 다시 사용할 수 있는 **2차 전지**가 있다.

① 건전지(망가니즈 건전지)

- (-)극은 아연(Zn)통, (+)극은 탄소(C) 막대를 사용하며, 전해질은 염화 암모늄(NH_4Cl) 포화 수용액에 이산화 망가니즈(MnO_2)와 탄소(C) 가루를 섞은 반죽 형태로 수분이 거의 없다.
- 값이 저렴하고 가벼우며 다양한 크기로 만들 수 있지만 산화 환원 반응으로 물이 생겨 부식이 일어날 수 있으며, 다른 전지에 비해 전압이 빨리 떨어지는 단점이 있다.

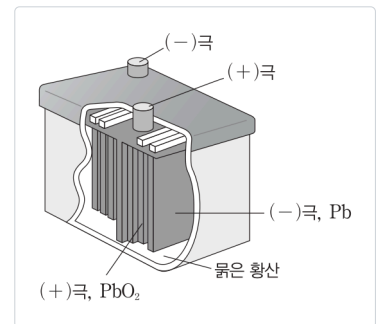


② 알칼리 건전지

- 망가니즈 건전지의 산성 전해질인 염화 암모늄(NH_4Cl) 대신 염기성인 수산화 칼륨(KOH)을 전해질로 사용한 전지이다.
- 산성 전해질의 경우보다 아연(Zn)의 부식이 잘 일어나지 않으므로 망가니즈 건전지에 비해 수명이 길고, 전압이 일정하게 유지된다.

③ 납축전지

- 묽은 황산($\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$)에 납(Pb)판과 이산화 납(PbO_2)판을 넣어 만든 화학 전지로 Pb판이 (-)극이고, PbO_2 판이 (+)극이다.
- 충전이 가능한 **2차 전지**로, 방전될 때 황산 납(PbSO_4)이 생성되어 양쪽 전극의 질량이 증가하고, 황산 수용액의 농도는 묽어진다.



④ 리튬 이온 전지

- 리튬(Li)은 원자량이 가장 작은 금속으로 가볍고 에너지 저장 능력이 매우 크다. 따라서 리튬 이온 전지는 소형화되는 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 등 휴대용 전자 기기에 널리 쓰이는 **2차 전지**이다.



- (-)극으로 흑연(C), (+)극으로 리튬 코발트 산화물(LiCoO_2)과 리튬 망가니즈 산화물(LiMn_2O_4) 등이 사용된다.
- 리튬 이온이 (-)극에서 (+)극으로 이동하면서 전류가 흐른다. 충전 시에는 리튬 이온이 (+)극에서 (-)극으로 이동한다.

핵심 정리 1차 전지: 충전할 수 없는 실용 전지로 망가니즈 건전지, 알칼리 건전지 등이 있다.

2차 전지: 충전하여 다시 사용할 수 있는 실용 전지로 납축전지, 리튬 이온 전지 등이 있다.

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

1. 망가니즈 건전지에서 아연통은 (+ / -)극이고, 탄소 막대는 (+ / -)극이다.
2. 알칼리 건전지는 (1차 / 2차) 전지, 납축전지는 (1차 / 2차) 전지이다.

2 전기 분해

(1) 전기 분해

- ① 전기 에너지를 이용하여 **비자발적인 산화 환원 반응**을 일으키는 과정을 **전기 분해**라고 한다.
- ② 전해질의 수용액이나 용융액에 직류 전류를 흘려주면 양이온은 (-)극으로 이동하고, 음이온은 (+)극으로 이동한다. 이때 (-)극에서는 **전자를 얻기 쉬운 경향이 큰 물질의 환원 반응**이 일어나고, (+)극에서는 **전자를 잃기 쉬운 경향이 큰 물질의 산화 반응**이 일어난다.
- ③ 산화 반응이 일어나는 전극을 **산화 전극**, 환원 반응이 일어나는 전극을 **환원 전극**이라고 한다. 전기 분해에서 (-)극은 환원 전극이고, (+)극은 산화 전극이다.

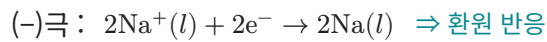
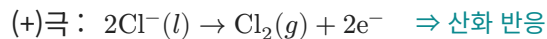
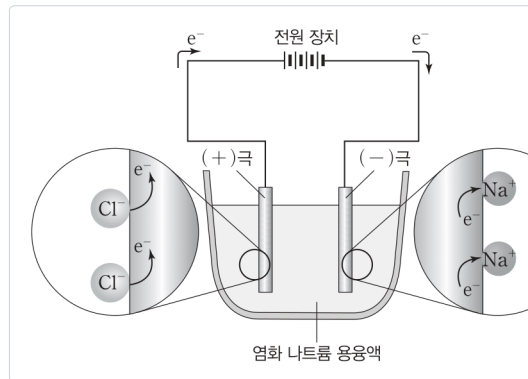
핵심 정리 전기 분해: 전기 에너지를 이용하여 비자발적인 산화 환원 반응을 일으키는 과정이다.

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

1. _____ 는 전기 에너지를 이용하여 비자발적인 산화 환원 반응을 일으키는 과정이다.
2. 전기 분해에서 (+)극에서는 (산화 / 환원) 반응이, (-)극에서는 (산화 / 환원) 반응이 일어난다.

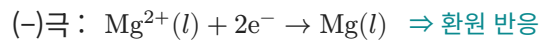
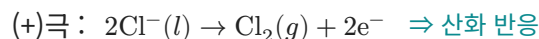
(2) 전해질 용액의 전기 분해

① 염화 나트륨(NaCl) 용액의 전기 분해



⇒ 염화 나트륨 용융액에 전극을 넣고 직류 전원을 연결하면 (+)극에서는 염화 이온(Cl^{-})이 전자를 내놓고 산화되어 **염소(Cl_2)** 기체가 발생하고, (-)극에서는 나트륨 이온(Na^{+})이 전자를 얻고 환원되어 **나트륨(Na)**이 생성된다.

② 염화 마그네슘($MgCl_2$) 용액의 전기 분해



⇒ 염화 마그네슘 용융액에 전극을 넣고 직류 전원을 연결하면 (+)극에서는 염화 이온(Cl^{-})이 전자를 내놓고 산화되어 염소(Cl_2) 기체가 발생하고, (-)극에서는 마그네슘 이온(Mg^{2+})이 전자를 얻고 환원되어 마그네슘(Mg)이 생성된다.

핵심 정리 전해질 용액의 전기 분해

- (+)극: 음이온의 산화 반응이 일어난다.
- (-)극: 양이온의 환원 반응이 일어난다.

개념 체크 H

빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

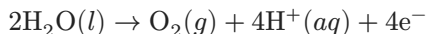
1. 전해질 용융액을 전기 분해하면 (+)극에서는 (양 / 음)이온이 산화되고, (-)극에서는 (양 / 음)이온이 환원된다.
2. 염화 마그네슘($MgCl_2$) 용융액을 전기 분해하면 (+ / -)극에서는 마그네슘 금속이 생성되고, (+ / -)극에서는 염소 기체가 발생한다.

(3) 전해질 수용액의 전기 분해

① 전해질 수용액에는 전해질의 양이온, 음이온, H₂O이 존재하므로 전기 분해할 때 각 전극에서 양이온, 음이온, H₂O 분자가 **산화 환원 반응 경쟁**을 한다.

• **(+)극**: 전해질의 음이온과 H₂O 중에서 **산화되기 쉬운**(전자를 잃기 쉬운) 물질이 먼저 산화된다.

⇒ F⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, PO₄³⁻ 등은 H₂O보다 산화되기 어려우므로 H₂O이 먼저 산화되면서 산소(O₂) 기체가 발생하고 수소 이온(H⁺)이 생성된다.

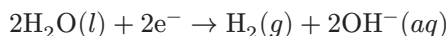


⇒ Cl⁻, Br⁻, OH⁻ 등은 H₂O보다 산화되기 쉬우므로 먼저 산화된다.

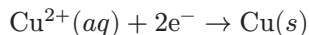


• **(-)극**: 전해질의 양이온과 H₂O 중에서 **환원되기 쉬운**(전자를 얻기 쉬운) 물질이 먼저 환원된다.

⇒ Li⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Al³⁺ 등은 H₂O보다 환원되기 어려우므로 H₂O이 먼저 환원되면서 수소(H₂) 기체가 발생하고 수산화 이온(OH⁻)이 생성된다.

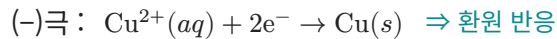
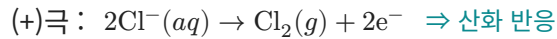
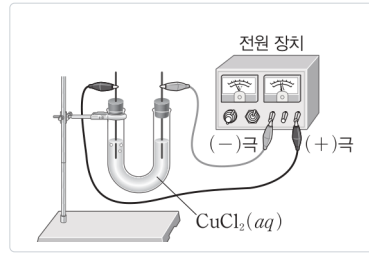


⇒ Cu²⁺, Ag⁺ 등은 H₂O보다 환원되기 쉬우므로 먼저 환원되어 금속으로 석출된다.

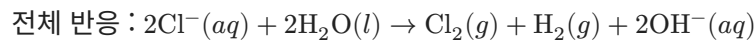
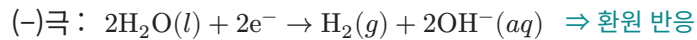
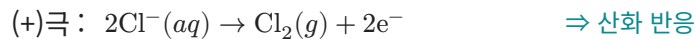


핵심 정리 전해질 수용액의 전기 분해

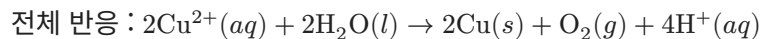
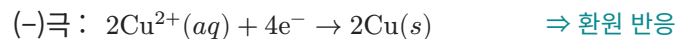
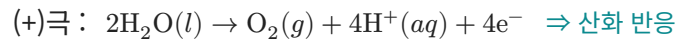
- **(+)극**: 전해질의 음이온과 H₂O 중에서 산화되기 쉬운 물질이 먼저 산화된다.
- **(-)극**: 전해질의 양이온과 H₂O 중에서 환원되기 쉬운 물질이 먼저 환원된다.

② 염화 구리(CuCl_2) 수용액의 전기 분해

⇒ (+)극에서는 Cl^- 이 전자를 내놓고 산화되어 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생하고, (-)극에서는 Cu^{2+} 이 전자를 얻고 환원되어 Cu 가 석출된다.

③ 염화 나트륨(NaCl) 수용액의 전기 분해

⇒ (+)극에서는 Cl^- 이 전자를 내놓고 산화되어 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생하고, (-)극에서는 H_2O 이 전자를 얻고 환원되어 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하고 OH^- 이 생성된다.

④ 황산 구리(CuSO_4) 수용액의 전기 분해

⇒ (+)극에서는 H_2O 이 전자를 내놓고 산화되어 $\text{O}_2(g)$ 가 발생하고 H^+ 이 생성되며, (-)극에서는 Cu^{2+} 이 전자를 얻고 환원되어 Cu 가 석출된다.

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

1. 염화 구리(II) 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 _____ 가, (-)극에서는 _____ 가 생성된다.
2. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Na}^+(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다. ()
3. 황산 구리(II) 수용액의 전기 분해에서 (+)극에서는 _____ 이 산화되고, (-)극에서는 _____ 이 환원된다.

과학 돋보기

화학 전지와 전기 분해 장치

	화학 전지	전기 분해 장치
반응의 자발성	자발적인 산화 환원 반응	비자발적인 산화 환원 반응
에너지 전환	화학 에너지 → 전기 에너지	전기 에너지 → 화학 에너지
전극 반응	• (+)극 : 환원 반응 • (-)극 : 산화 반응	• (+)극 : 산화 반응 • (-)극 : 환원 반응

- 화학 전지에서는 전지 반응이 자발적으로 일어나지만 전기 분해 장치에서는 분해 반응이 자발적으로 일어나지 않는다. 따라서 전기 분해 반응이 일어나기 위해서는 외부에서 전기 에너지를 공급해 주어야 한다.
- 화학 전지는 산화 환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이고, 전기 분해 장치는 전기 에너지를 화학 에너지로 전환시키는 장치이다.
- 화학 전지의 (-)극에서는 전자를 잃는 산화 반응이 일어나고, (+)극에서는 (-)극으로부터 이동해 온 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다. 전기 분해 장치의 (-)극에서는 전원 장치에서 공급된 전자를 얻는 환원 반응이 일어나고, (+)극에서는 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.

과학 돋보기 — 화학 전지와 전기 분해 장치

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

1. 화학 전지에서는 (자발 / 비자발)적인 산화 환원 반응이 일어나고, 전기 분해 장치에서는 (자발 / 비자발)적인 산화 환원 반응이 일어난다.

탐구자료 살펴보기 **전해질 수용액의 전기 분해**

자료 그림과 같이 염화 나트륨(NaCl) 수용액, 질산 은(AgNO_3) 수용액, 황산 구리(CuSO_4) 수용액을 각각 전기 분해하였다. 이때 각 전극에서 일어나는 변화는 표와 같다.

$\text{NaCl}(aq)$

$\text{AgNO}_3(aq)$

$\text{CuSO}_4(aq)$

수용액	전극에서 일어나는 변화	
	(+)극	(-)극
$\text{NaCl}(aq)$	기체 발생	기체 발생
$\text{AgNO}_3(aq)$	기체 발생	금속 석출
$\text{CuSO}_4(aq)$	기체 발생	금속 석출

분석

- $\text{NaCl}(aq)$ 의 경우 (+)극에서는 염소(Cl_2) 기체가, (-)극에서는 수소(H_2) 기체가 발생한다.
- $\text{AgNO}_3(aq)$ 의 경우 (+)극에서는 산소(O_2) 기체가 발생하며, (-)극에서는 Ag 이 석출된다.
- $\text{CuSO}_4(aq)$ 의 경우 (+)극에서는 산소(O_2) 기체가 발생하며, (-)극에서는 Cu 가 석출된다.

분석 point

- 전해질의 음이온이 NO_3^- , SO_4^{2-} 인 경우 (+)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어나며 O_2 기체가 발생한다.
- 전해질의 양이온이 Na^+ , Mg^{2+} 인 경우 (-)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 의 환원 반응이 일어나며 H_2 기체가 발생한다.

탐구자료 살펴보기 — 전해질 수용액의 전기 분해

핵심 정리 전해질 수용액의 전기 분해: 전해질의 음이온이 NO_3^- , SO_4^{2-} 과 같이 H_2O 보다 산화되기 어려운 이온인 경우 (+)극에서는 H_2O 이 먼저 산화되면서 산소(O_2) 기체가 발생한다.

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

1. 질산 은(AgNO_3) 수용액과 황산 구리(CuSO_4) 수용액을 각각 전기 분해할 때 (+)극에서는 모두 _____ 기체가 발생한다.

탐구자료 살펴보기

실험 과정

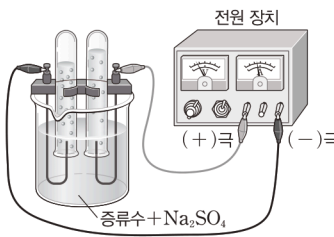
1. 증류수를 비커에 담은 후, Na_2SO_4 을 소량 첨가하고 BTB 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
2. 과정 1의 수용액으로 가득 채운 2개의 시험관을 전극이 고정된 비커 속에 거꾸로 세운다.
3. 전원 장치를 이용하여 전류를 흘려주어 발생하는 기체를 모으고, 각 전극 주위에서 용액의 색 변화를 관찰한다.

실험 결과

• 전극에서의 변화

전극	생성 기체	용액의 색 변화
(+)극	산소 기체	노란색
(-)극	수소 기체	푸른색

• 생성되는 기체의 부피비 $\text{H}_2(\text{g}) : \text{O}_2(\text{g}) = 2 : 1$



전원 장치
(+)극 (-)극
증류수 + Na_2SO_4

분석 point

• 순수한 물은 거의 이온화되지 않아 전류가 흐르지 않으므로, 물보다 산화와 환원이 되기 어려운 이온들로 구성된 Na_2SO_4 , KNO_3 등의 전해질을 소량 넣어 전기 분해한다.

• Na_2SO_4 을 소량 넣고 물(H_2O)을 전기 분해하면 (+)극에서는 산소 기체가 발생하고, (-)극에서는 수소 기체가 발생한다.

(+)극: $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \quad \Rightarrow \text{산화 반응}$
 (-)극: $4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + 4\text{OH}^-(\text{aq}) \quad \Rightarrow \text{환원 반응}$

전체 반응: $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

➔ (+)극에서는 SO_4^{2-} 이 H_2O 보다 산화되기 어려우므로 H_2O 이 산화되면서 산소(O_2) 기체가 발생하고 H^+ 이 생성되므로 BTB 용액을 떨어뜨린 용액의 색이 노란색으로 변한다.

➔ (-)극에서는 Na^+ 이 H_2O 보다 환원되기 어려우므로 H_2O 이 환원되면서 수소(H_2) 기체가 발생하고, OH^- 이 생성되므로 BTB 용액을 떨어뜨린 용액의 색이 푸른색으로 변한다.

탐구자료 살펴보기 — 물의 전기 분해

핵심 정리 물의 전기 분해: 물에 KNO_3 이나 Na_2SO_4 등의 전해질을 소량 넣고 전기 분해하면 (-)극에서는 수소 기체가, (+)극에서는 산소 기체가 2 : 1의 부피비로 생성된다.

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

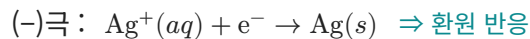
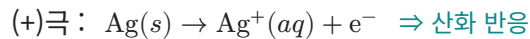
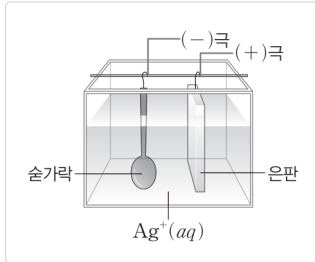
1. 물을 전기 분해하면 (+)극에서는 _____ 기체가, (-)극에서는 _____ 기체가 발생한다.
2. 황산 나트륨(Na_2SO_4) 수용액의 전기 분해에서 (+)극에서는 _____ 이 산화되고, (-)극에서는 _____ 이 환원된다.

(4) 전기 분해의 이용

① **전기 도금**: 전기 분해의 원리를 이용하여 물체에 다른 금속의 막을 입히는 것을 **전기 도금**이라고 한다.

• 금속의 이온이 들어 있는 용액에 전극을 넣고 전류를 흘려주면 (+)극에서는 금속의 산화 반응이 일어나 금속이 이온화 되고, (-)극에서는 금속 이온의 환원 반응이 일어나 금속이 석출된다. → **도금 재료인 금속은 전원 장치의 (+)극에 연결 하고, 도금할 물체는 전원 장치의 (-)극에 연결한다.**

② **은 도금**: 손가락에 은(Ag) 도금을 할 때 (+)극에는 은(Ag)판을, (-)극에는 손가락을 연결한 후, 은 이온(Ag^+)이 들어 있는 수용액에 담가 전류를 흘려주면 손가락에 은 도금이 된다.



핵심 정리 전기 도금: 전기 분해의 원리를 이용하여 물체에 다른 금속의 막을 입히는 과정이다.

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

1. 전기 도금은 _____ 의 원리를 이용하여 물체에 다른 금속의 막을 입히는 과정이다.
2. 전기 도금에서는 도금 재료인 금속은 전원 장치의 (+ / -)극에 연결하고, 도금할 물체는 전원 장치의 (+ / -)극에 연결한다.

과학 돋보기

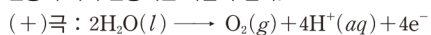
백금(Pt) 전극과 구리(Cu) 전극을 사용한 전기 분해

그림과 같이 백금 전극과 구리 전극을 각각 황산 구리($CuSO_4$) 수용액에 넣은 후 전원 장치에 연결하면 (가)와 (나)의 (+)극에서 서로 다른 물질이 생성된다.

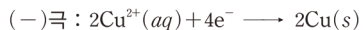
전자를 잃기 쉬운 경향은 $Cu > H_2O$ 이고, 전자를 얻기 쉬운 경향은 $Cu^{2+} > H_2O$ 이다.

• 전기 분해에서 백금 전극은 산화 반응과 환원 반응을 하지 않으며, 비활성 전극이라고 한다.

• (가)에서는 $CuSO_4(aq)$ 이 전기 분해되며 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

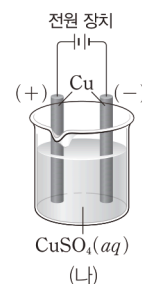
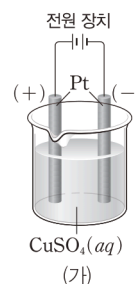
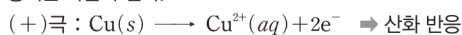


⇒ 산화 반응



⇒ 환원 반응

• (나)에서는 Cu가 H_2O 보다 산화되기 쉬우므로 (+)극에서는 Cu가 산화되는 반응이 일어나며, Cu^{2+} 은 H_2O 보다 환원되기 쉬우므로 (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되는 반응이 일어난다. (나)의 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



과학 돋보기 — 백금(Pt) 전극과 구리(Cu) 전극을 사용한 전기 분해

3 수소 연료 전지

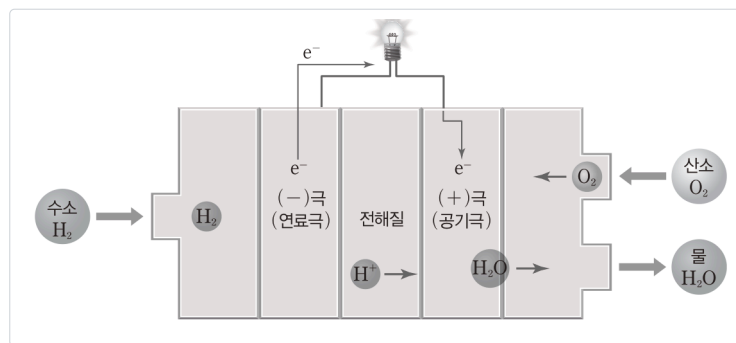
(1) 연료 전지

- ① 공급된 연료를 이용하여 자발적인 산화 환원 반응을 일으키게 하여 **화학 에너지를 전기 에너지로** 전환하는 장치이다.
- ② 반응물이 소모되면 폐기하거나 재충전해야 하는 화학 전지와는 달리 연료 전지는 반응물이 전지 내부에 저장되어 있지 않고 **외부로부터 계속해서 공급됨**으로써 지속적으로 작동되는 전지이므로 **충전할 필요가 없다**.

(2) 수소 연료 전지

- ① **수소 연료 전지**: 연료인 수소가 공기 중의 산소와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 전지를 수소 연료 전지라고 한다.
 - ② **수소 연료 전지의 구성**: 수소 연료 전지는 2개의 전극과 분리막, 전해질로 이루어져 있고, 외부에서 수소(H_2) 기체와 산소(O_2) 기체가 계속 공급된다.
- ⇒ 수소 연료 전지는 작동 온도와 전해질의 종류에 따라 여러 가지 종류가 있다.

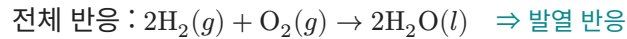
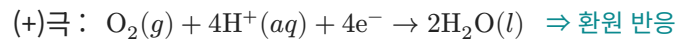
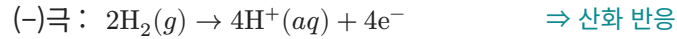
③ 수소 연료 전지의 전기 발생 원리



- 공급된 수소(H_2) 기체는 **(-)극인 연료극**에서 산화되어 수소 이온(H^+)과 전자가 된다.
 - ⇒ H^+ 은 전해질을 거쳐 **(+)극인 공기극**으로 이동한다.
 - ⇒ 전자는 외부 회로를 따라 이동하며 전류가 발생한다.
 - ⇒ 공기극에서 H^+ 과 전자, 산소(O_2) 기체가 반응하여 물이 생성된다.

핵심 정리 수소 연료 전지: 연료인 수소가 공기 중의 산소와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 전지이다.

④ 수소 연료 전지의 전극 반응식



⇒ 수소 연료 전지의 생성물은 **물(H₂O)**이므로 환경 오염을 거의 일으키지 않고, 소음도 없다. 또한 에너지 효율도 40~60%로 매우 높으며, 반응 과정에서 방출되는 열을 이용하면 에너지 효율은 80% 정도가 된다. 하지만 수소 연료 전지의 실용성을 높이기 위해서는 수소를 효율적으로 생산하는 기술과 수소 저장 기술 등 해결해야 할 과제가 남아 있다.

⑤ **수소 생산 기술**: 수소를 생산하는 방법으로는 전기 에너지를 이용하여 화석 연료를 리포밍(개질)하는 방법, 미생물을 이용하는 방법, 물을 전기 분해하는 방법, 물의 광분해 반응 등이 있다.

핵심 정리 수소 연료 전지의 전극 반응

- (-)극: $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4e^-$
- (+)극: $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

개념 체크 N

빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 수소 연료 전지에서 수소 기체는 (산화 / 환원)되고, 산소 기체는 (산화 / 환원)된다.
2. 수소 연료 전지를 작동시키기 위해서 외부에서 H₂(g)를 공급해 주어야 한다. ()
3. 수소 연료 전지의 최종 생성물은 _____ 이다.
4. 수소 연료 전지에서 수소 기체가 공급되는 연료극은 (+ / -)극이고, 산소 기체가 공급되는 공기극은 (+ / -)극이다.

과학 돋보기

물로부터 수소를 얻는 방법

물의 전기 분해

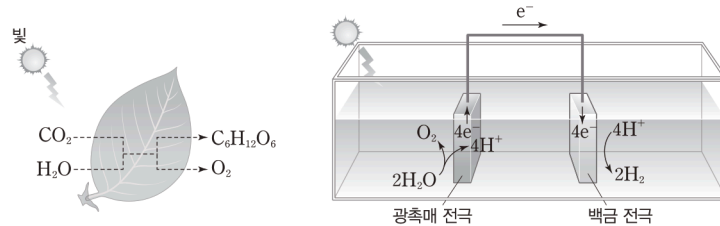
물에 전기 에너지를 공급하면 물이 분해되어 (－)극에서 수소(H_2) 기체가 발생한다.

식물의 광합성

광합성은 명반응과 암반응 두 단계로 일어나는데, 명반응은 엽록소에 의해 흡수된 빛에너지가 화학 에너지로 전환되는 과정으로 엽록소는 태양 에너지를 이용하여 물을 분해한다.

물의 광분해

태양 에너지를 이용하여 물을 분해함으로써 수소를 얻는 방법이다. 식물의 광합성 과정 중 엽록소에 빛이 흡수되면 물이 분해되어 수소 이온(H^+)과 산소(O_2) 기체가 발생하는데, 엽록소를 대신하여 광촉매나 반도체성 광전극을 이용하여 물을 광분해하면 수소 기체를 얻을 수 있다.



빛을 광촉매 전극에 쬐어 주면 광촉매 전극에서 물이 전자를 내놓고 산소(O_2)로 산화되고, 전자는 외부 도선을 따라 백금(Pt) 전극으로 이동하여 수소 이온(H^+)을 환원시켜 수소(H_2) 기체를 얻을 수 있다.

광촉매 전극에서의 반응 : $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \Rightarrow$ 산화 반응

백금 전극에서의 반응 : $4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2(g) \Rightarrow$ 환원 반응

전체 반응 : $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$

과학 돋보기 — 물로부터 수소를 얻는 방법

핵심 정리 물의 광분해: 태양 에너지를 이용하여 물을 분해함으로써 수소를 얻는 과정이다.

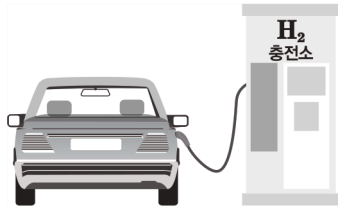
개념 체크 O 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 물의 광분해는 _____ 를 이용하여 수소 기체를 얻는 과정이다.
2. 물의 _____ 를 이용하여 수소를 얻는 과정에서 식물의 엽록소를 대신하여 광촉매나 반도체성 광전극을 사용한다.

Part 2 · 기본문제

12문항 · 정답과 해설은 Part 4.

01 그림은 수소 연료 전지 자동차가 수소 충전소에서 수소 (H_2)를 충전하는 모습을 나타낸 것이다.



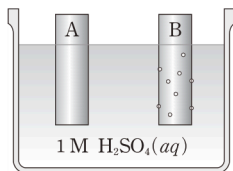
수소 연료 전지 자동차에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 자동차가 구동하는 동안 수소가 산화된다.
- ㄴ. 수소가 연소하며 열에너지가 방출된다.
- ㄷ. 최종 생성물이 물(H_2O)뿐이므로 친환경적이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 1 M $H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣은 것을 나타낸 것이다. B(s) 표면에서만 기포가 발생하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 수용액의 pH는 증가한다.
- ㄴ. 금속의 이온화 경향은 $B > A$ 이다.
- ㄷ. $BSO_4(aq)$ 에 A를 넣으면 B가 석출된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

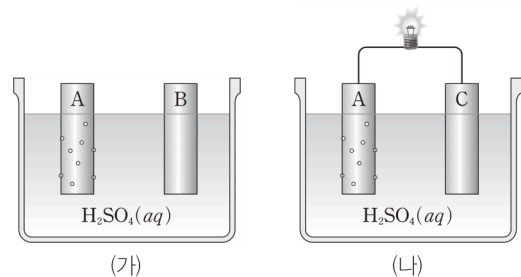
03 다음은 화학 전지에 대한 세 학생의 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

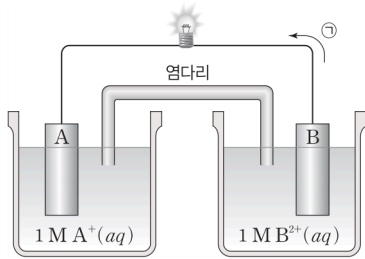
04 그림 (가)는 $H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣었을 때의 모습을, (나)는 $H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 C를 넣고 도선으로 연결했을 때의 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 A(s) 표면에서만 기포가 발생하였고, (나)에서 A(s) 표면에서는 기포가 발생하였고 C(s)의 질량이 감소하였다.



A~C의 이온화 경향을 비교한 것으로 옳은 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 $25^\circ C$ 로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

- ① $A > B > C$ ② $B > A > C$ ③ $B > C > A$
④ $C > A > B$ ⑤ $C > B > A$

05 그림은 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 전자의 이동 방향은 ㉠이다.



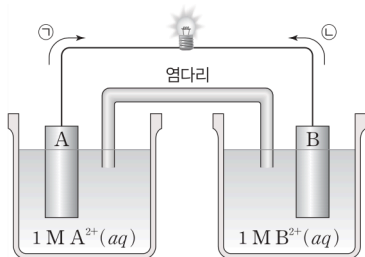
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A는 (+)극이다.
- ㄴ. 전지 반응이 진행되는 동안 A^+ 의 양(mol)과 B^{2+} 의 양(mol)의 합은 감소한다.
- ㄷ. $A^+(aq)$ 에 B(s)를 넣으면 A(s)가 석출된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이고, 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.



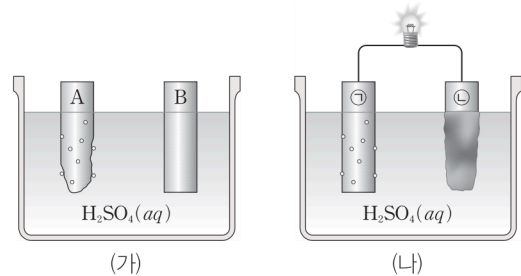
전지 반응이 진행되는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 전자의 이동 방향은 ㉠이다.
- ㄴ. B 전극의 질량이 증가한다.
- ㄷ. 염다리 속 양이온이 B 전극 쪽으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)는 금속 A와 B를 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣었을 때 A(s) 표면에서만 기포가 발생하는 모습을, (나)는 금속 ㉠과 ㉡을 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣고 도선으로 연결했을 때 ㉠ 표면에서 기포가 발생하고 ㉡의 질량이 감소하는 것을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 A와 B 중 하나이다.



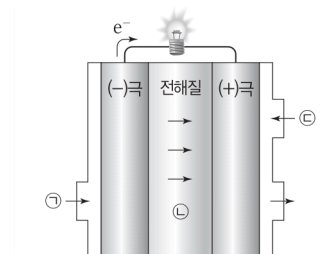
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 수용액의 pH는 증가한다.
- ㄴ. ㉠은 A이다.
- ㄷ. (나)에서 ㉡ 전극은 (-)극이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 수소 연료 전지를 나타낸 것이다.



㉠~㉣에 해당하는 물질로 가장 적절한 것은?

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|-------|--------|--------|
| ① | H_2 | H^+ | O_2 |
| ② | H_2 | OH^- | H_2O |
| ③ | H^+ | H_2 | O_2 |
| ④ | O_2 | H^+ | H_2 |
| ⑤ | O_2 | OH^- | H_2O |

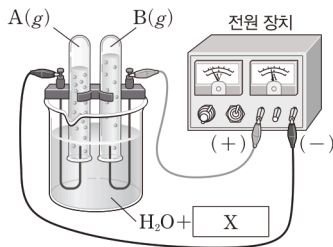
09 다음은 물로부터 수소를 얻는 방법 (가)에 대한 설명이다.

- 물의 (가) 은/는 빛에너지를 이용하여 물을 분해하여 수소를 얻는 방법이다. 엽록소를 대신하여 광촉매나 반도체성 광전극을 이용하여 물을 (가) 할 수 있다.

(가)로 가장 적절한 것은?

- ① 산화 ② 합성 ③ 광분해
④ 열분해 ⑤ 전기 분해

10 그림은 물의 전기 분해 장치를 나타낸 것이다. X는 물을 전기 분해하기 위해 넣은 전해질이다.

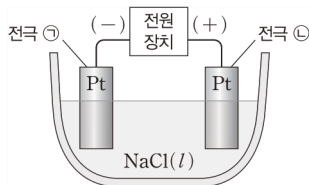


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
ㄱ. Na_2SO_4 은 X로 적절하다.
ㄴ. 생성되는 A(g)와 B(g)의 몰비는 2 : 1이다.
ㄷ. A와 B가 반응하여 H_2O 이 될 때, A는 산화된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 $\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다.

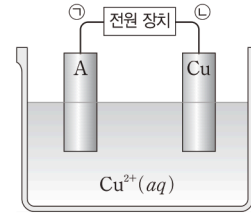


반응이 진행되는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
ㄱ. 전극 ㉠에서 환원 반응이 일어난다.
ㄴ. 전극 ㉡에서 기체가 발생한다.
ㄷ. 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 ㉠ : ㉡ = 1 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 금속 A의 표면을 구리(Cu)로 도금하는 장치를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 (+)극과 (-)극 중 하나이다.



A의 표면에 Cu가 도금될 때에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A는 임의의 원소 기호이고, 음이온은 반응하지 않는다.)

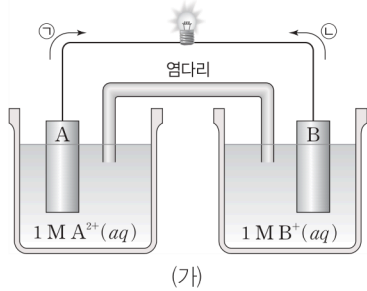
- ◀ 보기 ▶
ㄱ. ㉠은 (+)극이다.
ㄴ. Cu 전극의 질량이 감소한다.
ㄷ. 수용액 속 Cu^{2+} 의 양(mol)이 감소한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

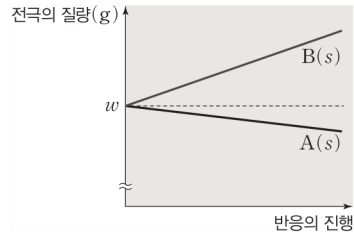
Part 3 · 심화문제

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

01 그림 (가)는 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지를, (나)는 (가)에서 전지 반응이 진행될 때 전극의 질량을 나타낸 것이다. (가)에서 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 전자의 이동 방향은 ㉠이다.
- ㄴ. 환원되기 쉬운 경향은 $B^+ > A^{2+}$ 이다.
- ㄷ. 전지 반응이 진행되는 동안 A^{2+} 의 양(mol)과 B^+ 의 양(mol)의 합은 증가한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 물의 전기 분해에 대한 학생의 질문과 선생님의 답변이다.



학생 A

물에 전해질을 넣어 물을 전기 분해할 때, 어떤 전해질은 부적절한데, 그 까닭은 무엇인가요?

만약 전해질의 양이온이 H_3O^+ 보다 ㉠ 되는 경향이 크다면 이 이온이 ㉡ 되어 ㉢ 극에서 ㉣가 발생하지 않게 됩니다. 또한 전해질의 음이온이



선생님

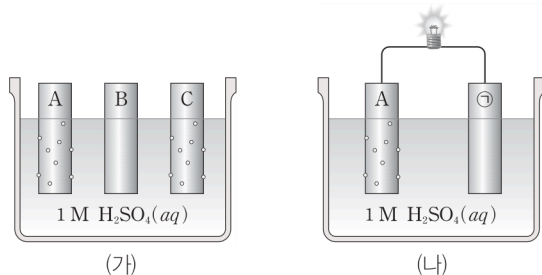
㉠~㉣에 해당하는 내용으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. '산화'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. '(-)'는 ㉡으로 적절하다.
- ㄷ. ' H_2 '는 ㉣으로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림 (가)는 금속 A~C를 1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 넣었을 때 A와 C의 표면에서만 기포가 발생하는 모습을, (나)는 금속 A와 ㉠을 1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 넣고 도선으로 연결했을 때 A 표면에서 기포가 발생하는 모습을 나타낸 것이다. ㉠은 B와 C 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

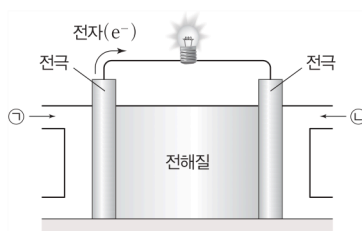
- ㄱ. (가)에서 A와 C의 표면에서 발생한 기체는 모두 수소(H_2)이다.
- ㄴ. 금속의 이온화 경향은 $C > B$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 ㉠은 B이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 25°C, 1 atm에서 $\text{H}_2(g)$ 가 $\text{O}_2(g)$ 와 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.



그림은 수소 연료 전지를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 $\text{H}_2(g)$, $\text{O}_2(g)$ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

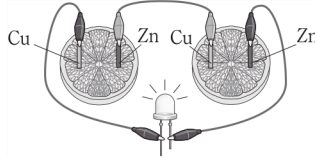
- ㄱ. $a < 0$ 이다.
- ㄴ. ㉠은 $\text{H}_2(g)$ 이다.
- ㄷ. 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 변환하는 장치이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 학생 A가 수행한 화학 전지에 대한 탐구이다. 금속의 이온화 경향은 아연(Zn)이 구리(Cu)보다 크다.

[탐구 과정 및 결과]

- (가) 오렌지를 반으로 자른 후 아연(Zn)판과 구리(Cu)판을 간격을 두고 꽂는다.
 (나) 그림과 같이 전선을 이용하여 연결하고 발광 다이오드를 연결하였더니 발광 다이오드에 불이 켜졌다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 오렌지 과즙에 이온이 있다.
 ㄴ. Zn판의 질량이 감소한다.
 ㄷ. Cu판은 (+)극이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 표는 물질 (가)와 (나)를 전기 분해했을 때 각 전극에서 생성된 물질에 대한 자료이다. (가)에서 ㉠의 양(mol)은 ㉡의 양(mol)과 같다. (가)와 (나)는 $\text{NaCl}(l)$ 과 $\text{CuCl}_2(aq)$ 을 순서 없이 나타낸 것이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.

물질	(가)	(나)
(+)극에서 생성된 물질	㉠	㉠
(-)극에서 생성된 물질	㉡	㉡

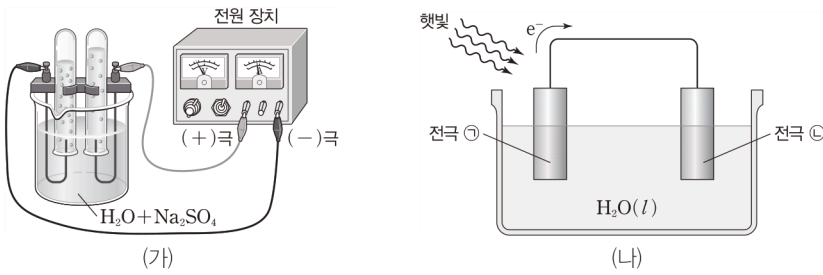
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. ㉡은 $\text{Cu}(s)$ 이다.
 ㄴ. (나)에서 ㉠의 양(mol)은 ㉡의 양(mol)의 2배이다.
 ㄷ. $\text{Cl}^-(aq)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 산화되기 쉬움을 알 수 있다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 물을 분해하는 2가지 장치 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



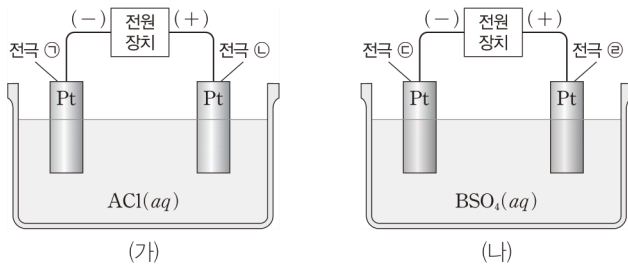
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 물의 분해 반응은 발열 반응이다.
- ㄴ. '광촉매 전극'은 전극 ㉠으로 적절하다.
- ㄷ. (가)의 (+)극과 (나)의 전극 ㉡에서 생성된 기체는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가)와 (나)는 백금(Pt) 전극을 사용하여 $\text{ACl}(aq)$ 과 $\text{BSO}_4(aq)$ 을 각각 전기 분해하는 것을 나타낸 것이다.



다음은 ㉠~㉢에서 일어나는 반응의 화학 반응식을 순서 없이 나타낸 것이다.

- $\text{B}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{B}(s)$
- $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
- $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
- $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$

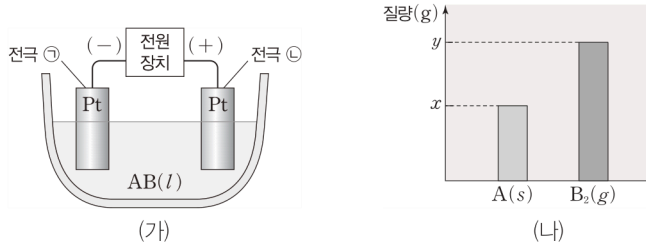
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 Cl_2 와 O_2 가 생성된다.
- ㄴ. 생성되는 금속 또는 기체의 양(mol)은 ㉡에서와 ㉢에서가 같다.
- ㄷ. $\text{A}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 H_2 와 O_2 가 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림 (가)는 $AB(l)$ 를 전기 분해하는 장치를, (나)는 w g의 $AB(l)$ 를 전기 분해하였을 때 얻은 물질 $A(s)$ 와 $B_2(g)$ 의 질량을 나타낸 것이다.



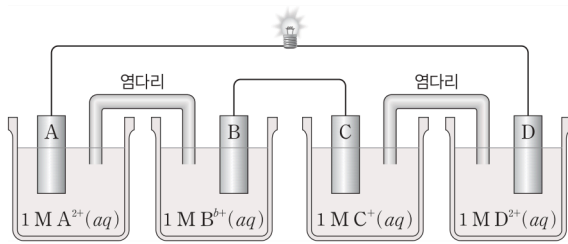
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 전극 ㉠에서 $B_2(g)$ 가 생성된다.
- ㄴ. 전극 ㉡에서 산화 반응이 일어난다.
- ㄷ. 원자량비는 $A : B = x : y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 금속 A~D를 전극으로 사용한 화학 전지를 나타낸 것이다. 전지 반응이 진행되는 동안 수용액 속 A^{2+} , B^{2+} , C^+ , D^{2+} 의 전체 양(mol)이 감소하였다.



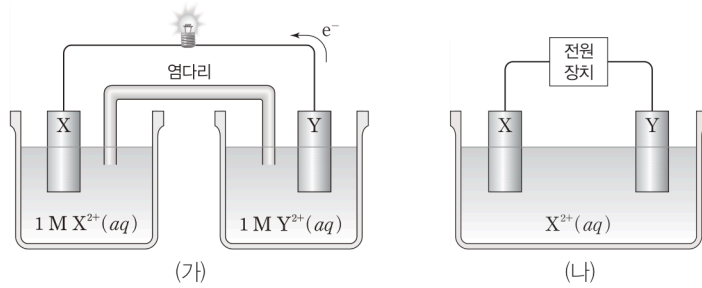
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C 로 일정하다. 물의 증발은 무시하고, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $b=1$ 이다.
- ㄴ. 환원되기 쉬운 경향은 $C^+(aq) > D^{2+}(aq)$ 이다.
- ㄷ. 전지 반응이 진행되는 동안 $\frac{[D^{2+}]}{[A^{2+}]}$ 가 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림 (가)는 금속 X와 Y를 전극으로 사용한 화학 전지를, (나)는 금속 Y의 표면을 X로 도금하는 장치를 나타낸 것이다.



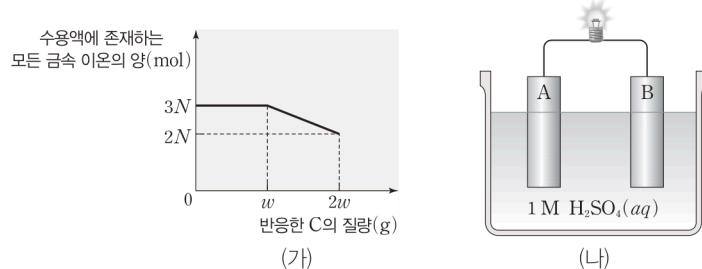
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하다. 물의 증발은 무시하고, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 환원되기 쉬운 경향은 $X^{2+}(aq) > Y^{2+}(aq)$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 Y 전극은 (+)극이다.
- ㄷ. (나)에서 수용액의 $[X^{2+}]$ 는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림 (가)는 금속 이온 A^{+} 과 B^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 반응한 C의 질량에 따른 수용액에 존재하는 모든 금속 이온의 양(mol)을, (나)는 금속 A와 B를 1 M $H_2SO_4(aq)$ 에 넣고 도선으로 연결했을 때 불이 켜진 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. C 이온은 C^{2+} 이다.
- ㄴ. (나)의 B 전극에서 $H_2(g)$ 가 발생한다.
- ㄷ. (나)에서 수용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 4 · 정답과 해설

1 개념 체크 정답

A	1. 산화제, 환원제		2. 산화, 환원					
B	1. 이온화		2. 산화, 환원		3. 크다			
C	1. -, +		2. 산화, 환원					
D	1. 산화, 환원		2. 감소, 일정하다		3. 분극		4. 감극제	
E	1. 감소, 증가한다		2. 염다리			3. +, -		
F	1. -, +		2. 1차, 2차					
G	1. 전기 분해		2. 산화, 환원					
H	1. 음, 양		2. -, +					
I	1. 염소(Cl ₂), 구리(Cu)		2. ×		3. H ₂ O(물), Cu ²⁺ (구리 이온)			
J	1. 자발, 비자발							
K	1. 산소(O ₂)							
L	1. 산소(O ₂), 수소(H ₂)			2. 물(H ₂ O), 물(H ₂ O)				
M	1. 전기 분해			2. +, -				
N	1. 산화, 환원		2. ○		3. H ₂ O(물)		4. -, +	
O	1. 태양 에너지(빛에너지)			2. 광분해				

2 기본문제 해설

정답

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

01 수소 연료 전지와 자동차

수소 연료 전지 자동차에는 수소 연료 전지가 장착되어 있다.

㉠. 수소 연료 전지는 수소(H_2)가 산화될 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

㉡. 수소 연료 전지에서 수소는 연소하지 않는다.

㉢. 수소가 산화되면 최종 생성물은 물(H_2O)이므로 수소 연료 전지를 이용하는 자동차는 친환경적이다.

02 금속의 이온화 경향

㉠. B의 표면에서 산화 환원 반응이 일어난다. 즉 B는 전자를 잃고 양이온이 되고, H^+ 이 전자를 얻어 H_2 가 된다. 따라서 수용액의 H^+ 의 양(mol)이 감소하고 수용액의 pH는 증가한다.

㉡. 1 M $H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣었을 때 B의 표면에서만 기체(H_2)가 발생하였으므로, 이온화 경향은 $B > H_2 > A$ 이고, 금속의 이온화 경향은 $B > A$ 이다.

㉢. 금속의 이온화 경향은 $B > A$ 이므로 $BSO_4(aq)$ 에 A를 넣어도 산화 환원 반응이 일어나지 않는다.

03 화학 전지

㉠. 화학 전지는 산화 환원 반응이 일어날 때 이동하는 전자가 도선을 따라 흐르게 하는 장치이다.

㉡. 수소 연료 전지는 수소가 산화될 때 이동하는 전자의 이동을 이용하는 장치이므로 화학 전지이다.

㉢. 화학 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

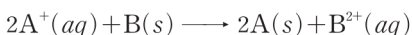
04 화학 전지

$H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣었을 때 A의 표면에서만 기체(H_2)가 발생하였으므로, 이온화 경향은 $A > H_2 > B$ 이고, 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다. $H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 C를 넣고 도선으로 연결했을 때 A(s) 표면에서는 기포가 발생하고 C(s)의 질량이 감소하므로 금속의 이온화 경향은 $C > A$ 이다. 따라서 금속 A~C의 이온화 경향은 $C > A > B$ 이다.

05 화학 전지

㉠. 전자의 이동 방향은 ㉠이므로 B는 (-)극이고 A는 (+)극이다.

㉡. B는 산화되어 B^{2+} 으로, A^+ 은 환원되어 A로 된다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 전지 반응이 진행되는 동안 A^+ 의 양(mol)과 B^{2+} 의 양(mol)의 합은 감소한다.

㉢. 금속의 이온화 경향은 $B > A$ 이므로 $A^+(aq)$ 에 B(s)를 넣으면 A(s)가 석출된다.

06 화학 전지

㉠. 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이므로 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

㉡. B 전극에서 환원 반응이 일어난다. 즉, B^{2+} 이 전자를 얻어 B로 석출되므로 B 전극의 질량이 증가한다.

㉢. 전지 반응이 진행되는 동안 전하의 불균형을 해소하기 위해 염다리 속 양이온은 환원 반응이 일어나는 B 전극 쪽으로 이동하고 음이온은 산화 반응이 일어나는 A 전극 쪽으로 이동한다.

07 화학 전지

$H_2SO_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣었을 때 A의 표면에서만 기체(H_2)가 발생하였으므로, 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

㉠. A의 표면에서 산화 환원 반응이 일어난다. 즉, A는 전자를 잃고 양이온이 되고, H^+ 이 전자를 얻어 H_2 가 된다. 따라서 수용액의 H^+ 의 양(mol)이 감소하고 수용액의 pH는 증가한다.

㉡. $H_2SO_4(aq)$ 에 금속 ㉠과 ㉡을 넣고 도선으로 연결했을 때 ㉠ 표면에서 기포가 발생하고 ㉡의 질량이 감소하므로 금속의 이온화 경향은 ㉠ > ㉡이다. 따라서 ㉠은 B, ㉡은 A이다.

㉢. (나)에서 ㉠(A) 전극에서 산화 반응이 일어나므로 ㉠ 전극은 (-)극이다.

08 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 2개의 전극과 분리막, 전해질로 이루어져 있다. H_2 가 공급되는 (-)극(연료극)에서 H_2 가 전자를 잃고 산화하며, 전자는 도선을 따라 이동하고 H^+ 은 전해질을 따라 (+)극(공기극)으로 이동한다. O_2 가 공급되는 (+)극(공기극)에서 H^+ 과 전자와 O_2 가 반응하여 물(H_2O)이 생성된다. 따라서 ㉠~㉢은 각각 H_2 , H^+ , O_2 이다.

09 물의 광분해

빛에너지를 이용하여 물을 분해하여 수소를 얻는 방법을 물의 광분해라고 한다.

10 물의 전기 분해

㉠. 순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 물을 전기 분해할 때 전해질로 Na_2SO_4 , KNO_3 과 같은 전해질을 넣어 준다.

㉡. 물을 전기 분해할 때 (+)극에서는 $O_2(g)$ 가, (-)극에서는 $H_2(g)$ 가 발생한다. 따라서 A(g)는 $H_2(g)$ 이고 B(g)는 $O_2(g)$ 이며, 발생하는 A(g)와 B(g)의 몰비는 2 : 1이다.

㉢. A는 H_2 이고 B는 O_2 이다. H_2 가 H_2O 이 될 때, H_2 는 산화된다.

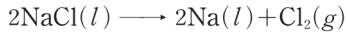
11 NaCl(*l*)의 전기 분해

NaCl(*l*)에서 Na⁺과 Cl⁻은 이동할 수 있다.

㉠. 전극 ㉠은 (-)극으로, Na⁺이 전극 ㉠ 쪽으로 이동하여 전자를 얻어 Na(*l*)이 된다. 즉 전극 ㉠에서 환원 반응이 일어난다.

㉡. 전극 ㉡은 (+)극이다. Cl⁻이 전극 ㉡ 쪽으로 이동하여 전자를 잃고 Cl₂(*g*)가 된다.

✕. NaCl(*l*)의 전기 분해를 전체 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 ㉠ : ㉡ = 2 : 1이다.

12 금속의 도금

장치에서 Cu는 산화되어 Cu²⁺이 되고 A의 표면에서 Cu²⁺이 환원되어 Cu로 되면서 A의 표면이 Cu로 도금된다.

✕. ㉠에서 Cu²⁺이 Cu로 환원되는 반응이 일어나므로 ㉠은 (-)극이다.

㉡. Cu는 Cu²⁺으로 산화되므로 Cu 전극의 질량이 감소한다.

✕. Cu는 Cu²⁺으로 산화되는 만큼 수용액 속 Cu²⁺이 A의 표면에서 Cu로 환원되므로 수용액 속 Cu²⁺의 양(mol)은 일정하다.

3 심화문제 해설

정답

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

심화 01번

접근 Point 전지 반응이 진행되는 동안 전극의 질량이 감소한 것은 금속이 산화되었기 때문이다.

01 화학 전지

- ㉠ 반응이 진행되는 동안 $A(s)$ 의 질량이 감소하였으므로 $A(s)$ 가 산화한 것이다. 따라서 전자의 이동 방향은 ㉠이다.
 ㉡ 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $B^+ > A^{2+}$ 이다.
 ✕ 화학 전지에서 일어나는 전체 반응은 다음과 같으므로 반응이 진행되는 동안 A^{2+} 의 양(mol)과 B^+ 의 양(mol)의 합은 감소한다.

$$A(s) + 2B^+(aq) \longrightarrow A^{2+}(aq) + 2B(s)$$

심화 02번

접근 Point 수용액을 전기 분해하면 산화되는 물질은 음이온 또는 $H_2O(l)$ 이고, 환원되는 물질은 양이온 또는 $H_2O(l)$ 이다.

02 물의 전기 분해

- 물을 전기 분해하려면 전해질의 양이온이 $H_2O(l)$ 보다 환원되기 어려워 $H_2O(l)$ 이 환원되어야 하고, 전해질의 음이온이 $H_2O(l)$ 보다 산화되기 어려워 $H_2O(l)$ 이 산화되어야 한다.
 ✕ 수용액에서 양이온과 $H_2O(l)$ 중 환원되기 쉬운 물질이 환원되므로 ㉠으로 '환원'이 적절하다.
 ㉡ 수용액에서 양이온이 $H_2O(l)$ 보다 환원되는 경향이 크다면, 환원이 일어나는 극인 (-)극에서 양이온이 환원된다.
 ㉢ 수용액에서 양이온이 $H_2O(l)$ 보다 환원되는 경향이 크다면, 환원이 일어나는 극인 (-)극에서 양이온이 전자를 얻음(환원될) 것이므로, $H_2O(l)$ 을 전기 분해할 경우 (-)극에서 얻게 될 H_2 가 발생하지 않게 된다.

심화 03번

접근 Point $H_2SO_4(aq)$ 에 넣은 금속이 산화되면 이때 내놓는 전자를 H^+ 이 받아 H_2 가 된다. 두 금속을 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣고 도선으로 연결하면 이온화 경향이 큰 금속이 산화되고 이때 내놓는 전자는 도선을 따라 이동한다.

03 금속의 이온화 경향

- ㉠ $H_2SO_4(aq)$ 에 넣은 금속이 산화되면서 내놓는 전자를 H^+ 이 받아 H_2 가 된다.
 ㉡ $H_2SO_4(aq)$ 에 넣은 금속 C의 표면에서는 H_2 가 발생하고 금속 B의 표면에서는 H_2 가 발생하지 않으므로 금속의 이온화 경향은 $C > B$ 이다.
 ✕ (나)에서 금속 A의 표면에서 기포가 발생한 것은 수용액의 H^+ 이 도선을 따라 이동한 전자를 받아 환원되어 H_2 가 되었기 때문이다. ㉠에서는 산화 반응이 일어나므로 ㉠은 이온화 경향이 A보다 크다. 그런데 B는 A보다 이온화 경향이 작으므로 ㉠은 B가 아닌 C이다.

심화 04번

접근 Point 수소가 산화되어 물이 되는 반응은 발열 반응이다. 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

04 수소 연료 전지

- ㉠ 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 수소 연료 전지에서 일어나는 전체 화학 반응식은 $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ 이다. 이 반응은 발열 반응이므로 반응 엔탈피는 0보다 작다($\Delta H < 0$).
 ㉡ 수소 연료 전지에서 H_2 가 공급되는 (-)극(연료극)에서 H_2 가 전자를 잃고 산화하고, 전자는 도선을 따라 이동한다. ㉠이 들어가는 전극에서 전자가 나오므로 ㉠은 H_2 이다.
 ㉢ 수소 연료 전지에서 일어나는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작다. 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

심화 05번

접근 Point 오렌지와 같은 과일의 과즙에는 이온이 있으므로 오렌지 과즙은 전해질이다. 이온화 경향이 큰 금속이 산화되고 이때 내놓는 전자는 도선을 따라 이동한다.

05 화학 전지

- ㉠. 오렌지에 금속과 도선을 이용하여 화학 전지를 만들 수 있으므로 오렌지 과즙이 전해질임을 알 수 있다. 따라서 오렌지 과즙에 이온이 있다.
- ㉡. 이온화 경향이 $Zn > Cu$ 이므로 Zn은 산화하여 Zn^{2+} 이 된다. 따라서 Zn판의 질량이 감소한다.
- ㉢. 이온화 경향이 $Zn > Cu$ 이므로 Zn과 Cu를 전극으로 사용한 화학 전지에서 Zn판은 산화가 일어나는 (-)극이고 Cu판은 환원이 일어나는 (+)극이다.

심화 06번

접근 Point 수용액을 전기 분해하면 산화되는 물질은 음이온 또는 $H_2O(l)$ 이고, 환원되는 물질은 양이온 또는 $H_2O(l)$ 이다.

06 화학 전지

$NaCl(l)$ 과 $CuCl_2(aq)$ 을 전기 분해했을 때 각 전극에서 생성된 물질은 다음과 같다.

물질	$NaCl(l)$	$CuCl_2(aq)$
(+)극에서 생성된 물질	Cl_2	Cl_2
(-)극에서 생성된 물질	Na	Cu

- ㉠. $CuCl_2(aq)$ 과 $NaCl(l)$ 을 전기 분해할 때의 전체 화학 반응식은 각각 다음과 같다.
- $$CuCl_2(aq) \longrightarrow Cu(s) + Cl_2(g)$$
- $$2NaCl(l) \longrightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$$
- (가)에서 ㉠의 양(mol)은 ㉡의 양(mol)과 같으므로 (가)는 $CuCl_2(aq)$ 이고, ㉡은 $Cu(s)$ 이다.
- ㉢. (나)는 $NaCl(l)$ 이다. ㉠($Cl_2(g)$)의 양(mol)은 ㉡($Na(l)$)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㉣. $CuCl_2(aq)$ 을 전기 분해했을 때 (+)극에서 생성된 물질이 Cl_2 이므로 $Cl^-(aq)$ 이 $H_2O(l)$ 보다 산화되기 쉬움을 알 수 있다.

심화 07번

접근 Point (가)는 물의 전기 분해 장치이고 (나)는 물의 광분해 장치이다. (가)에서는 전기 에너지를 이용하여 물을 분해하고, (나)에서는 빛에너지를 이용하여 물을 분해한다.

07 물의 전기 분해와 광분해

- 물의 전기 분해는 물에 전류를 흘려 물을 분해하는 것이고, 물의 광분해는 빛에너지를 이용하여 물을 분해하는 것이다.
- ㉢. 물의 분해 반응은 흡열 반응이므로 외부에서 에너지를 공급해 주어야 일어난다.
- ㉣. 광촉매 전극은 빛에너지를 흡수하여 물을 분해하며 물의 광분해에 사용된다.
- ㉤. (가)의 (+)극에서는 산소(O_2)가 생성되고, (나)의 전극 ㉣에서는 수소(H_2)가 생성된다.

심화 08번

접근 Point 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다. 산화되는 물질은 음이온 또는 $H_2O(l)$ 이고, 환원되는 물질은 양이온 또는 $H_2O(l)$ 이다.

08 전기 분해

전기 분해할 때 (-)극에서 환원 반응이, (+)극에서 산화 반응이 일어난다. ㉠~㉣의 반응을 산화 반응과 환원 반응으로 구분하면 (가)와 (나)의 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

- (가)의 전기 분해에서 일어나는 반응

$$(+)극 : 2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

$$(-)극 : 2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$
- (나)의 전기 분해에서 일어나는 반응

$$(+)극 : 2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

$$(-)극 : B^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow B(s)$$

㉢. (가)에서 $Cl_2(g)$ 와 $H_2(g)$ 가 생성된다.

㉤. ㉣과 ㉤에서 $B(s)$ 와 $O_2(g)$ 가 각각 생성된다. 전기 분해될 때 이동한 전자의 양(mol)이 같으므로, 생성되는 금속 또는 기체의 양(mol)은 ㉣($B(s)$)에서가 ㉤($O_2(g)$)에서의 2배이다.

㉥. (가)에서 $A^+(aq)$ 이 환원되지 않고, (나)에서 $SO_4^{2-}(aq)$ 이 산화되지 않으므로, 물을 전기 분해할 때 전해질로 A_2SO_4 를 사용할 수 있다. 즉, $A_2SO_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 $H_2(g)$ 가, (+)극에서는 $O_2(g)$ 가 생성된다.

심화 09번

접근 Point $AB(l)$ 를 전기 분해하여 $A(s)$ 와 $B_2(g)$ 를 얻었으므로 AB 는 이온 결합 물질이다. 액체 상태의 이온 결합 물질을 전기 분해하면 (+)극에서는 음이온이 산화되고, (-)극에서는 양이온이 환원된다.

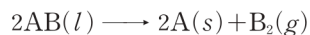
09 이온 결합 물질의 전기 분해

$AB(l)$ 를 전기 분해하여 $A(s)$ 와 $B_2(g)$ 를 얻었으므로 AB 는 이온 결합 물질이다. 액체 상태의 이온 결합 물질을 전기 분해하면 (+)극에서는 음이온이 산화되고, (-)극에서는 양이온이 환원된다.

㉢. 전극 ㉣은 (-)극이므로 환원 반응이 일어난다. 즉 양이온이 환원되어 $A(s)$ 가 생성된다.

㉣. 전극 ㉣은 (+)극이므로 산화 반응이 일어난다.

㉤. $AB(l)$ 의 전기 분해를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



생성된 물질의 질량비가 $A(s) : B_2(g) = x : y$ 이고, 생성된 물질의 몰비가 $A(s) : B_2(g) = 2 : 1$ 이므로, 원자량비는 $A : B = x : y$ 이다.

심화 10번

접근 Point 전류가 흐르는 동안 수용액 속 전체 양이온의 수가 감소하였으므로 C^+ 이 환원되었음을 알 수 있다. 이로부터 A~D 전극에서 일어난 반응이 산화인지 환원인지 확인한다.

10 화학 전지

전지 반응이 진행되는 동안 수용액 속 A^{2+} , B^{b+} , C^+ , D^{2+} 의 전체 양(mol)이 감소하였으므로 이온의 전하가 작은 C^+ 이 환원되었음을 알 수 있다. 따라서 C 전극에서는 환원 반응이, D 전극에서는 산화 반응이 일어나며, D 전극과 연결된 A 전극에서는 환원 반응이, B 전극에서는 산화 반응이 일어난다.

✕. 전지 반응이 진행되는 동안 수용액 속 전체 양이온의 수가 감소하였으므로 이온의 전하가 작은 C^+ 이 환원된 것이다. 이때 $B(s)$ 가 B^{b+} 으로 산화하는데, 만약 $b=1$ 이면 수용액 속 전체 양이온의 수가 일정하게 유지되므로 $b \neq 1$ 이다.

㉠. C 전극에서는 환원 반응이, D 전극에서는 산화 반응이 일어나므로 환원되기 쉬운 경향은 $C^+(aq) > D^{2+}(aq)$ 이다.

㉡. A 전극에서는 환원 반응이, D 전극에서는 산화 반응이 일어나므로 전지 반응이 진행되는 동안 $\frac{[D^{2+}]}{[A^{2+}]}$ 가 증가한다.

심화 11번

접근 Point 화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속이 산화되고 이때 내놓는 전자는 도선을 따라 이동하므로 전자의 이동 방향으로 산화가 일어나는 전극을 알 수 있다.

11 화학 전지와 전기 도금

㉠. 화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속이 산화하고 이때 내놓는 전자는 도선을 따라 이동하므로 이온화 경향은 $Y > X$ 이다. 따라서 환원되기 쉬운 경향은 $X^{2+}(aq) > Y^{2+}(aq)$ 이다.

✕. (나)에서 Y의 표면에서 X^{2+} 이 환원되어 X가 되므로 Y 전극은 환원 반응이 일어나는 (-)극이다.

✕. (나)에서 (+)극인 X 전극에서는 X가 산화되어 X^{2+} 으로 되고, (-)극인 Y 전극에서 X^{2+} 이 환원되어 X로 되므로, 수용액의 $[X^{2+}]$ 는 일정하다.

심화 12번

접근 Point A^+ 과 B^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 반응한 C의 질량(g)에 따라 금속 이온의 양(mol)이 일정하다가 감소하므로 C 이온은 C^{2+} 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $B^{2+} > A^+$ 이다.

12 금속의 반응성과 화학 전지

㉠. A^+ 과 B^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 반응한 C의 질량(g)이 w 일 때까지는 금속 이온의 양(mol)이 일정하고, 반응한 C의 질량(g)이 w 에서 $2w$ 인 구간에서 금속 이온의 양(mol)이 $3N$ 에서 $2N$ 으로 감소하므로 C 이온은 C^{2+} 이다.

㉡. A^+ 과 B^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 C가 B^{2+} 과 먼저 반응하고 이후에 A^+ 과 반응하므로, 환원되기 쉬운 경향은 $B^{2+} > A^+ > C^{2+}$ 이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이고, (나)의 B 전극에서 H^+ 이 환원되어 H_2 가 발생한다.

㉢. (나)의 A 전극에서 A가 산화되어 A^+ 으로 되고, B 전극에서 H^+ 이 환원되어 H_2 가 발생하며 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 수용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 일정하다.