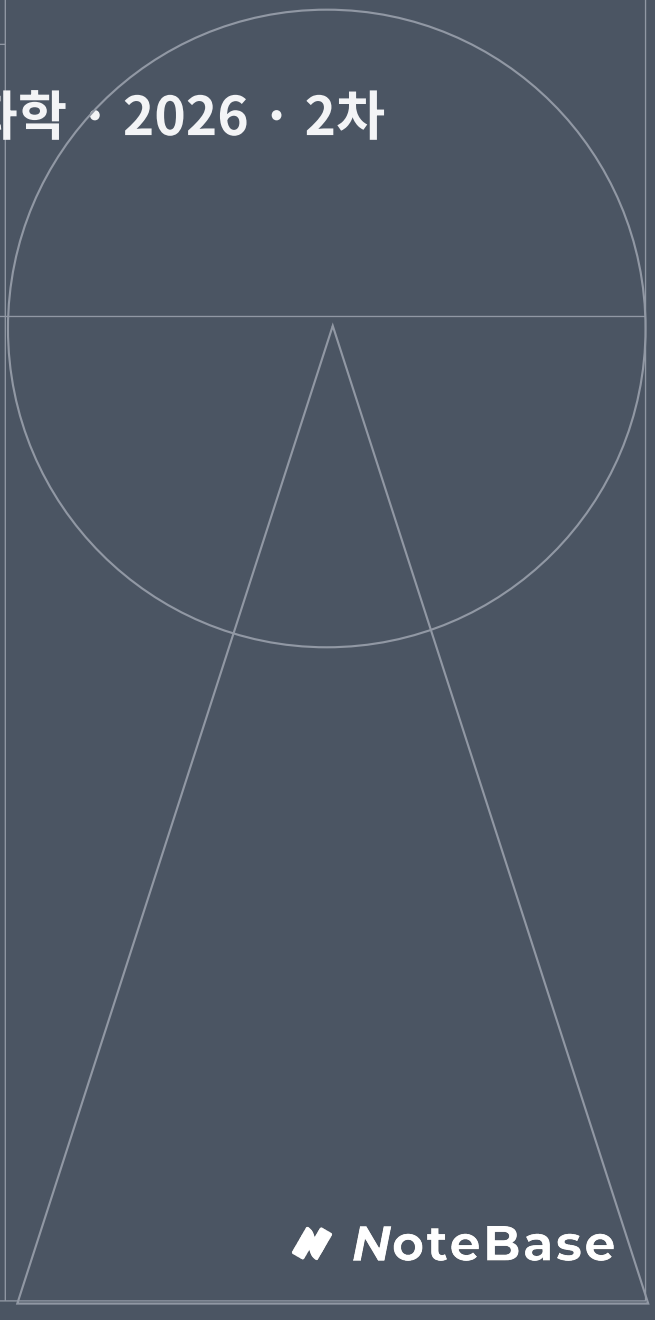
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2026 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2026 · 2차

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2026 · 2차

문 1. 다음 중 어니스트 러더포드(Ernest Rutherford)의 연구에 대해 설명한 것으로 가장 옳은 것은?

① 광전효과 실험에서 조사되는 빛의 진동수가 증가하면 방출되는 전자의 운동에너지도 증가하는 현상을 발견했다.

② 밀도가 높은 원자핵이 가운데 위치하고 전자들이 그 주변에 분포되어 있다는 모델을 제시했다.

③ 음극선 실험을 통해 (−)전하를 띠는 입자를 발견하였고, 이를 전자라 하였다.

④ 원자는 더 이상 쪼갤 수 없는 입자라고 주장했다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원자 구조와 관련된 과학자별 대표 연구를 구분하는 문제이다. 러더포드는 알파 입자 산란 실험의 결과를 바탕으로 원자의 중심에 작고 밀도가 매우 높은 양전하의 원자핵이 존재한다는 핵 모형을 제시했다.

핵심 정리

러더포드: 알파 입자 산란 실험과 원자핵 모형 — 원자의 질량과 양전하가 작은 원자핵에 집중되어 있고 전자는 그 주변에 분포한다고 보았다.
아인슈타인: 광전효과의 이론적 설명 — 빛을 광자로 보고 광자의 에너지가 빛의 진동수에 비례한다고 설명했다.
톰슨: 음극선과 전자 — 음극선 실험을 통해 음전하를 띤 전자의 존재를 밝혔다.
돌턴: 원자설 — 당시의 원자설에서 원자를 더 이상 나눌 수 없는 기본 입자로 보았다.

선지별 해설

① X — 광전효과에서 빛의 진동수와 방출 전자의 최대 운동에너지 사이의 관계를 이론적으로 설명한 과학자는 아인슈타인이다. 틀린 연결은 '러더포드의 연구'이며, 올바르게는 '아인슈타인의 광전효과 연구'이다.
② O — 러더포드는 알파 입자 산란 결과를 통해 원자의 중심에 작고 밀도가 높은 양전하의 원자핵이 있고 전자가 그 주변에 분포하는 원자 모형을 제시했다.
③ X — 음극선 실험으로 음전하를 띤 전자를 발견한 과학자는 톰슨이다. 틀린 연결은 '러더포드의 연구'이며, 올바르게는 '톰슨의 음극선 및 전자 연구'이다.
④ X — 원자를 더 이상 쪼갤 수 없는 입자로 본 근대 원자설은 돌턴과 연결된다. 틀린 연결은 '러더포드의 주장'이며, 올바르게는 '돌턴의 원자설'이다.

NoteBase

출제자가 노린 함정

선지들이 모두 원자와 전자에 관한 유명한 연구라서 과학자 이름을 혼동하기 쉽다. 특히 ③의 전자 발견을 원자핵 발견과 혼동하지 않아야 한다. 러더포드의 결정적 표지는 '알파 입자 산란'과 '작고 밀도가 높은 원자핵'이다.

다시 나오면 이렇게 판단

과학자 이름을 대표 실험과 발견으로 연결한다. 광전효과는 아인슈타인, 음극선과 전자는 톰슨, 쪼갤 수 없는 원자설은 돌턴, 알파 입자 산란과 원자핵은 러더포드에 대응한다.

암기 포인트

러더포드 = 알파 입자 산란 = 작고 밀도 높은 원자핵이다.

NoteBase

문 2. 다음 <보기> 중 고체의 분류에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
㉠ 금속성 고체는 공유된 비편재화 원자가 전자들의 바다(sea)에 의해 서로 결합되어 있어 전기가 통한다.
㉡ 이온성 고체는 양이온과 음이온 사이의 상호 정전기적 인력으로 결합되어 있어 전기가 잘 통한다.
㉢ 공유성 그물구조 고체는 공유결합의 확장된 그물구조에 의해 결합되어 있어 단단한 특성을 가지고 있다.
㉣ 액체의 구조와 유사한 비결정성 고체에서 분자, 원자, 이온은 액체일 때 가지게 되는 운동에 대한 자유도가 결여되어 있다.

① ㉠, ㉢
② ㉠, ㉡, ㉢
③ ㉠, ㉢, ㉣
④ ㉠, ㉡, ㉢, ㉣

정답 3번

출제 포인트

금속성 고체, 이온성 고체, 공유성 그물구조 고체, 비결정성 고체의 결합 방식과 전기 전도성·입자 운동 특성을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

㉠ 금속성 고체: 금속 양이온의 골격과 비편재화된 원자가 전자 사이의 인력으로 결합하며, 이동 가능한 전자 때문에 고체 상태에서도 전기가 통한다. 따라서 옳다.
㉡ 이온성 고체: 양이온과 음이온의 정전기적 인력으로 이루어지지만, 고체 상태에서는 이온이 결정 격자의 일정한 위치에 묶여 있어 전기가 잘 통하지 않는다. 따라서 옳지 않다.
㉢ 공유성 그물구조 고체: 원자들이 강한 공유결합으로 넓게 연결된 고체이므로 일반적으로 단단하다. 따라서 옳다.
㉣ 비결정성 고체: 입자 배열은 장거리 규칙성이 없어 액체와 유사하지만, 입자들은 액체처럼 자유롭게 이동하지 못한다. 따라서 옳다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㉠과 ㉢은 옳지만 옳은 설명인 ㉣이 빠져 있다. 올바른 조합은 ㉠, ㉢, ㉣이다.
② X — 고체 상태의 이온성 고체가 전기가 잘 통한다는 ㉡을 포함하고, 옳은 ㉣을 빠뜨렸다. 올바른 조합은 ㉠, ㉢, ㉣이다.
③ O — 옳은 설명인 ㉠, ㉢, ㉣만 모두 포함한다.
④ X — 옳지 않은 ㉡까지 포함했다. ㉡은 '이온성 고체는 고체 상태에서는 전기가 잘 통하지 않으며, 용융 상태나 수용액에서는 이동 가능한 이온 때문에 전기가 통한다'로 고쳐야 한다. 올바른 조합은 ㉠, ㉢, ㉣이다.

오답 포인트

㉡의 '양이온과 음이온으로 이루어져 있다'는 설명과 '전기가 잘 통한다'는 설명을 한 덩어리로 판단하기 쉽다. 전도성은 전하를 띤 입자의 존재만이 아니라 그 입자가 실제로 이동할 수 있는지에 따라 결정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

고체의 전기 전도성은 이동 가능한 전하 운반자가 있는지로 판단한다. 금속성 고체에는 이동 가능한 비편재화 전자가 있지만, 이온성 고체의 이온은 고체 상태에서 고정되어 있다.

암기 포인트

금속 고체는 전자가 움직여 전도하고, 이온 고체는 녹거나 물에 녹아 이온이 움직일 때 전도한다. 공유 그물은 단단하고, 비결정성 고체는 배열은 액체와 비슷해도 입자 이동은 제한된다.

NoteBase

문 3. 화학전지에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 갈바니 전지에서는 각 전극에서 자발적인 화학 반응에 의해 전류가 발생한다.

② 산소-수소 연료 전지에서 연료로 공급되는 수소의 반응은 환원전극에서 진행된다.

③ 염다리에서 음이온은 환원전극으로, 양이온은 산화전극으로 이동한다.

④ 연료전지는 메탄올이나 수소와 같은 연료를 사용하지 않는다.

정답 1번

출제 포인트

갈바니 전지와 연료전지에서 산화·환원이 일어나는 전극 및 염다리 속 이온의 이동 방향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

갈바니 전지는 자발적인 산화·환원 반응의 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 전지이다. 산화전극에서는 전자를 내놓는 산화가, 환원전극에서는 전자를 받는 환원이 일어난다. 염다리는 두 반쪽 전지의 전기적 중성을 유지하며, 음이온은 산화전극 쪽으로, 양이온은 환원전극 쪽으로 이동한다. 연료전지는 외부에서 연속적으로 공급되는 수소·메탄올 등의 연료를 산화하여 전기 에너지를 얻는다.

선지별 해설

① O — 갈바니 전지에서는 자발적인 산화·환원 반응이 두 전극에서 각각 진행되며, 그 과정에서 이동하는 전자가 외부 회로에 전류를 만든다.
② X — 틀린 표현은 '수소의 반응은 환원전극에서 진행된다'이다. 공급된 수소는 전자를 내놓아 산화되므로 산화전극에서 반응하고, 환원전극에서는 산소가 환원된다.
③ X — 음이온과 양이온의 이동 방향을 반대로 서술하였다. 올바르게는 음이온이 산화전극 쪽으로, 양이온이 환원전극 쪽으로 이동한다.
④ X — 틀린 표현은 '메탄올이나 수소와 같은 연료를 사용하지 않는다'이다. 연료전지는 메탄올이나 수소 같은 연료를 사용하며, 그 연료의 산화 반응에서 전기 에너지를 얻는다.

오답 포인트

②는 '수소'라는 물질명만 보고 환원과 연결하게 만들지만, 전극의 이름은 물질명이 아니라 전자의 출입으로 판단한다. 수소가 전자를 내놓으므로 산화전극이다. ③은 염다리 이온의 이동 방향을 정확히 뒤바꾼 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전자를 내놓는 반응을 산화전극, 전자를 받는 반응을 환원전극으로 판정한다. 그다음 전하 중성을 맞추기 위해 염다리의 음이온은 산화전극 쪽, 양이온은 환원전극 쪽으로 이동한다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

산화전극은 전자를 내놓고 음이온을 받으며, 환원전극은 전자를 받고 양이온을 받는다. 연료는 산화전극에서 산화된다.

NoteBase

문 4. 금속 나트륨(Na)과 염화 나트륨(NaCl)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① Na 원자가 Cl 원자보다 전기 음성도가 크다.

② 동일한 힘을 가할 때 염화 나트륨이 금속 나트륨보다 더 쉽게 부서진다.

③ 나트륨 이온(Na^+)의 바닥상태에서의 전자 배치는 $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$이다.

④ 염화 나트륨은 용융 상태가 고체 상태보다 전기 전도성이 크다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 Na와 Cl의 전기 음성도, 이온 결정의 취성, 이온의 전자 배치, 물질의 상태에 따른 전기 전도성을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

전기 음성도는 결합한 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도이며, Cl가 Na보다 크다. 금속 나트륨은 금속 결합으로 이루어져 변형되기 쉽지만, 염화 나트륨은 이온 결정이므로 충격을 받으면 같은 전하의 이온끼리 가까워져 반발하면서 깨지기 쉽다. 이온 결정은 고체에서는 이온이 고정되어 있으나 용융 상태에서는 이온이 이동할 수 있다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 'Na 원자가 Cl 원자보다 전기 음성도가 크다'이다. 실제로는 Cl 원자가 Na 원자보다 전기 음성도가 크다.
② O — 염화 나트륨은 힘을 받아 이온층이 어긋나면 같은 전하의 이온 사이에 반발력이 작용하여 쉽게 부서진다. 반면 금속 나트륨은 금속 결합이 유지된 채 원자층이 미끄러질 수 있어 연성과 전성이 나타난다.
③ O — 중성 Na 원자는 전자가 11개이며, Na^+는 전자 1개를 잃어 10개가 된다. 따라서 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$이다.
④ O — 고체 염화 나트륨에서는 이온이 결정 격자에 고정되어 전류를 운반하지 못한다. 용융 상태에서는 이온이 자유롭게 이동하여 전류를 운반하므로 전기 전도성이 더 크다.

오답 포인트

①은 Na가 전자를 잃기 쉽다는 사실을 전기 음성도가 크다는 뜻으로 바꾸어 놓은 선지이다. 또한 금속의 연성과 이온 결정의 취성, 고체와 용융 상태에서의 이온 이동 가능성을 서로 혼동하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

Na와 Cl을 비교할 때는 전기 음성도가 Cl 쪽이 크다는 점을 먼저 확인한다. 물성은 입자의 결합과 이동 가능성으로 판단하여, 금속은 원자층의 이동이 가능하고 이온 결정은 충격에 깨지기 쉬우며 용융된 이온은 전하 운반체가 된다고 구분한다.

암기 포인트

전기 음성도는 Cl > Na, 취성은 NaCl > Na, 전도성은 용융 NaCl > 고체 NaCl이다.

NoteBase

문 5. 다음 <보기> 중 이온화 에너지에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
㉠ 이온화 에너지는 기체 상태 중성 원자에서 전자 1개를 제거하는데 필요한 에너지이다.
㉡ 이온화 에너지가 큰 원소는 전자를 잃어 양이온이 되기 어렵다.
㉢ 순차적 이온화 과정에서 2차 이온화 에너지는 1차 이온화 에너지보다 작다.

① ㉠, ㉡
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이온화 에너지의 정의와 순차적 이온화 에너지의 크기 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이온화 에너지는 기체 상태의 중성 원자에서 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. 이 값이 클수록 전자를 잃기 어려워 양이온이 되기 어렵다.
순차적 이온화에서는 전자를 하나 제거할 때마다 남은 전자들이 더 큰 유효 핵전하를 느끼고 전자 사이 반발도 감소하므로, 같은 원소의 2차 이온화 에너지는 1차 이온화 에너지보다 크다.

선지별 해설

① O — ㉠은 이온화 에너지의 정의에 맞고, ㉡도 이온화 에너지가 클수록 전자를 잃기 어렵다는 뜻이므로 옳다.
② X — ㉠은 옳지만 ㉢의 '2차 이온화 에너지는 1차 이온화 에너지보다 작다'가 틀렸다. 올바르게는 2차 이온화 에너지가 1차 이온화 에너지보다 크므로, 옳은 조합은 ㉠, ㉡이다.
③ X — ㉡은 옳지만 ㉢의 크기 관계가 반대이다. ㉢은 '2차 이온화 에너지는 1차 이온화 에너지보다 크다'로 고쳐야 하며, 옳은 조합은 ㉠, ㉡이다.
④ X — ㉠과 ㉡은 옳지만 ㉢이 틀렸으므로 세 진술을 모두 고를 수 없다. ㉢을 제외한 ㉠, ㉡만 옳다.

오답 포인트

㉢에서 '순차적으로 전자를 제거하면 뒤의 전자가 더 쉽게 떨어질 것'이라고 생각하기 쉽다. 그러나 전자가 제거된 양이온에서는 남은 전자가 핵에 더 강하게 끌리므로 다음 전자를 떼는 데 더 많은 에너지가 필요하다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

이온화 에너지는 '기체 상태에서 전자를 떼는 데 필요한 에너지'로 판단한다. 값이 크면 전자를 잃기 어렵고, 동일 원소의 순차적 이온화 에너지는 차수가 높아질수록 커진다.

암기 포인트

이온화 에너지 클수록 전자 이탈은 어렵고, 순차적 이온화 에너지는 1차보다 2차가 크다.

NoteBase

문 6. 식초 5 mL에 0.1 M 수산화나트륨 수용액을 완전히 중화될 때까지 가하였더니, 가한 수산화나트륨 수용액의 부피가 50 mL였다. 이에 관한 설명으로 옳은 것을 다음 <보기>에서 모두 고른 것은?
(단, 식초에 산은 아세트산만 있다고 가정하며, 식초의 질량은 5 g, 아세트산의 분자량은 60이다.)

<보기>
㉠ 식초 5 mL에 들어있는 아세트산의 양(mol)은 5×10^{-3} mol이다.
㉡ 식초 속 아세트산의 몰 농도는 1.0 M이다.
㉢ 식초 속 아세트산의 함량은 6.0%이다.

① ㉠, ㉡
② ㉡, ㉢
③ ㉠, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

아세트산과 수산화나트륨의 1:1 중화 관계를 이용해 아세트산의 몰수, 몰 농도, 질량 백분율을 차례로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 식초의 부피는 $5mL = 5 \times 10^{-3}L$, 식초의 질량은 $5g$, 수산화나트륨 수용액은 $0.1M$이고 사용 부피는 $50mL = 5.0 \times 10^{-2}L$이다.
구해야 할 값: 아세트산의 몰수, 몰 농도, 질량 백분율이다.
주의할 조건: 아세트산 CH_3COOH은 수산화나트륨 NaOH과 1:1로 반응한다.

사용할 공식

중화 반응식은 $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$이다.
$n = MV$
$M = \frac{n}{V}$
질량 백분율=용질의 질량용액의 질량×100
완전 중화점에서는 반응 계수가 1:1이므로 아세트산의 몰수와 사용한 수산화나트륨의 몰수가 같다.

NoteBase

계산 과정

1. 수산화나트륨의 몰수는 $0.1 mol/L \times 0.050 L = 5 \times 10^{-3} mol$이다.
2. 1:1 중화 관계에 따라 식초 속 아세트산의 몰수도 $5 \times 10^{-3} mol$이다.
3. 아세트산의 몰 농도는 $\frac{5 \times 10^{-3} mol}{5 \times 10^{-3} L} = 1.0 mol/L = 1.0 M$이다.
4. 아세트산의 질량은 $5 \times 10^{-3} mol \times 60 g/mol = 0.30 g$이다. 따라서 함량은 $\frac{0.30 g}{5 g} \times 100 = 6.0\%$이다.

그러므로 ㉠, ㉡, ㉢은 모두 옳다.

선지 판단

① X — ㉠과 ㉡은 옳지만, 옳은 ㉢을 제외했으므로 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른다.
② X — ㉡과 ㉢은 옳지만, 옳은 ㉠을 제외했으므로 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른다.
③ X — ㉠과 ㉢은 옳지만, 옳은 ㉡을 제외했으므로 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른다.
④ O — 계산 결과 아세트산의 몰수는 $5 \times 10^{-3} mol$, 몰 농도는 $1.0 M$, 함량은 6.0%이므로 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.

오답 포인트

수산화나트륨의 부피 $50 mL$를 $0.050 L$로, 식초의 부피 $5 mL$를 $0.005 L$로 바꾸어야 한다. 또한 함량의 분모는 식초의 부피가 아니라 문제에서 준 식초의 질량 $5 g$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

중화 적정 문제는 적정액의 몰수 계산 → 반응 계수비로 분석 물질의 몰수 결정 → 몰 농도 또는 질량 계산 → 용액 전체 질량을 분모로 질량 백분율 계산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

아세트산과 수산화나트륨은 1:1 중화이며, 몰 농도는 용액 부피, 질량 백분율은 용액 질량으로 나눈다.

NoteBase

문 7. 분자량이 20,000인 비휘발성, 비전해질 용질 20 g을 물에 녹여 수용액 200 mL를 만들었다. 1기압에서 이 수용액의 온도가 27 °C일 때, 삼투압은?
(단, 기체상수 = $0.08\ \text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$**로 가정한다.)**

① 0.06 atm

② 0.12 atm

③ 0.6 atm

④ 1.2 atm

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 용질의 몰수와 용액의 몰농도를 구한 뒤 삼투압 공식 $\pi = MRT$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 용질의 질량은 $20g$, 분자량은 $20{,}000gmol^{-1}$, 용액의 부피는 $200mL = 0.200L$, 온도는 $27^\circ C = 300K$, 기체상수는 $0.08atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$이다.
구해야 할 값: 수용액의 삼투압 π이다.
주의할 조건: 용질이 비전해질이므로 반트호프 인자 $i = 1$이며, 온도는 절대온도인 켈빈으로 바꾸어야 한다.

사용할 공식

비전해질 묽은 용액의 삼투압은 $\pi = MRT$이다. 여기서 M은 용질의 몰농도이다. 용질이 비휘발성·비전해질이고 용액의 부피와 온도가 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 용질의 몰수는 $n = 20g/(20{,}000gmol^{-1}) = 0.001mol$이다.
2. 몰농도는 $M = n/V = 0.001mol/0.200L = 0.005molL^{-1}$이다.
3. 따라서 $\pi = MRT = (0.005molL^{-1})(0.08atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1})(300K) = 0.12atm$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $0.06atm$은 계산값의 절반이며, 삼투압 계산에 1/2을 곱할 근거가 없다. 틀린 값 $0.06atm$은 올바르게는 $0.12atm$이다.
② O — 공식에 몰농도 $0.005molL^{-1}$와 절대온도 $300K$를 대입하면 $0.12atm$이 된다.
③ X — $0.6atm$은 계산값의 5배로, 주어진 몰수·부피·온도를 올바르게 적용한 결과가 아니다. 틀린 값 $0.6atm$은 올바르게는 $0.12atm$이다.
④ X — $1.2atm$은 계산값의 10배이다. 용액 부피 $200mL$는 $0.020L$가 아니라 $0.200L$이다. 틀린 값 $1.2atm$은 올바르게는 $0.12atm$이다.
계산 결과가 $0.12atm$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

분자량을 이용해 몰수를 먼저 구하고, $200mL$를 $0.200L$로 바꾸어 몰농도를 계산해야 한다. 또한 $27^\circ C$를 그대로 대입하지 않고 $300K$로 변환해야 한다. 특히 부피를 $0.020L$로 잘못 바꾸면 ④의 $1.2atm$이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼투압 문제는 질량을 몰수로 변환하고, 용액 부피를 리터로 바꾸어 몰농도를 구한 다음, 온도를 켈빈으로 변환하여 $\pi = iMRT$에 대입하는 순서로 판단한다. 비전해질이면 $i = 1$이다.

암기 포인트

삼투압은 $\pi = iMRT$이며, 계산 전에 부피는 리터, 온도는 켈빈으로 통일한다.

NoteBase

문 8. 다음 <보기>에 제시된 이상 기체 및 실제 기체에 대한 방정식을 설명한 것으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>

· 이상 기체 방정식: $PV = nRT$

· 실제 기체 방정식: $[P + a(\frac{n}{V})^2] \times (V - nb) = nRT$

① 실제 기체 입자들 사이에서 작용하는 인력을 보정하기 위해 P 대신 $[P + a(\frac{n}{V})^2]$를 사용한다.

② 실제 기체는 낮은 압력일수록 이상 기체에 근접한다.

③ 실제 기체는 기체 입자가 부피를 가지고 있으므로 이를 보정하기 위해 V 대신 $V - nb$를 사용한다.

④ 실제 기체 입자들 사이에서 작용하는 인력을 고려할 때, 일정한 압력에서 온도가 낮을수록 실제 기체는 이상 기체에 가까워진다.

정답 4번

출제 포인트

반데르발스 방정식에서 분자 사이의 인력과 분자 자체의 부피를 어떻게 보정하는지, 그리고 실제 기체가 이상 기체에 가까워지는 조건을 묻는 문제이다.

핵심 개념

이상 기체는 분자 자체의 부피와 분자 사이의 인력을 무시하는 가상적인 기체이다. 실제 기체는 이 두 효과 때문에 이상 기체 방정식에서 벗어난다.

인력 보정: 분자 사이의 인력은 용기 벽에 가해지는 실제 압력을 낮추므로 압력 항을 $P + a(\frac{n}{V})^2$로 보정한다.

부피 보정: 기체 분자가 차지하는 부피만큼 자유롭게 움직일 수 있는 공간이 줄어들므로 부피 항을 $V - nb$로 보정한다.

이상 기체에 가까워지는 조건: 일반적으로 압력이 낮고 온도가 높을수록 분자 간 거리와 운동 에너지가 커져 분자 부피와 인력의 영향이 작아진다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 분자 사이의 인력 때문에 관측 압력이 인력이 없을 때의 압력보다 작아지므로 P에 $a(\frac{n}{V})^2$를 더해 보정한다.
② O — 압력이 낮아지면 기체가 차지하는 부피가 커지고 분자 사이가 멀어져 분자 자체의 부피와 인력의 영향이 상대적으로 작아지므로 이상 기체에 가까워진다.
③ O — 실제 기체 분자가 차지하는 배제 부피 때문에 분자가 운동할 수 있는 유효 부피는 전체 부피보다 작으므로 V 대신 $V - nb$를 사용한다.
④ X — 틀린 표현은 '온도가 낮을수록 실제 기체는 이상 기체에 가까워진다'이다. 온도가 낮아지면 분자의 운동 에너지가 감소하여 분자 사이 인력의 영향이 상대적으로 커지므로 이상 기체에서 더 벗어난다. 올바르게는 일정한 압력에서 일반적으로 온도가 높을수록 실제 기체가 이상 기체에 가까워진다.

오답 포인트

④는 온도가 낮으면 분자 운동이 약해져 기체가 더 이상적으로 행동할 것처럼 착각하게 만든다. 그러나 낮은 온도에서는 분자 사이의 인력이 상대적으로 두드러지므로 실제 기체의 비이상성이 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

실제 기체의 이상성 조건은 '저압·고온'으로 판단한다. 압력 보정의 a는 분자 간 인력, 부피 보정의 b는 분자 자체의 부피와 연결한다.

암기 포인트

실제 기체는 저압·고온에서 이상 기체에 가까워지며, a는 인력 보정, b는 부피 보정이다.

NoteBase

문 9. 1기압에서 A라는 어떤 기체 1 mol이 물 900 g에 녹는다면 2기압인 경우 2 mol이 같은 양의 물에 녹게 될 것이라는 원리는 다음 중 어느 법칙과 관련이 있는가?

① Boyle의 법칙

② Dalton의 법칙

③ Graham의 법칙

④ Henry의 법칙

정답 4번

출제 포인트

기체의 압력과 액체에 녹는 기체의 양 사이의 관계를 설명하는 법칙을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

Henry의 법칙: 일정한 온도에서 액체에 녹는 기체의 양은 그 기체의 부분 압력에 비례한다. 즉, $S \propto P$이다. Boyle의 법칙은 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력과 부피가 반비례한다는 법칙이다. Dalton의 법칙은 혼합 기체의 전체 압력이 각 성분 기체의 부분 압력의 합이라는 법칙이다. Graham의 법칙은 기체의 확산 또는 분출 속도가 몰 질량의 제곱근에 반비례한다는 법칙이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 부분은 ‘Boyle의 법칙’이다. Boyle의 법칙은 기체의 용해도가 아니라 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피가 반비례하는 관계를 설명한다. 올바르게는 ‘압력이 증가하면 같은 양의 용매에 녹는 기체의 양이 비례하여 증가한다’는 Henry의 법칙이다.

② X
틀린 부분은 ‘Dalton의 법칙’이다. Dalton의 법칙은 혼합 기체의 전체 압력이 성분 기체들의 부분 압력의 합이라는 관계를 설명한다. 올바르게는 기체의 부분 압력과 용해량의 비례 관계를 나타내는 Henry의 법칙이다.

③ X
틀린 부분은 ‘Graham의 법칙’이다. Graham의 법칙은 기체의 확산 또는 분출 속도와 몰 질량 사이의 관계를 설명한다. 올바르게는 압력이 1기압에서 2기압으로 2배가 될 때 용해량도 1 mol에서 2 mol로 2배가 되는 Henry의 법칙이다.

④ O
Henry의 법칙에 따르면 온도와 용매의 양이 같을 때 기체의 용해량은 그 기체의 부분 압력에 비례한다. 따라서 압력이 2배가 되면 물 900 g에 녹는 A의 양도 1 mol에서 2 mol로 증가한다.

오답 포인트

문장에 ‘압력’이 나온다는 이유만으로 Boyle의 법칙을 고르기 쉽다. 압력과 함께 변하는 대상이 부피이면 Boyle, 액체에 녹는 기체의 양이면 Henry이다.

다시 나오면 이렇게 판단

문장에서 압력과 연결된 물리량을 확인한다. 압력－부피는 Boyle, 전체 압력－부분 압력은 Dalton, 확산·분출 속도－몰 질량은 Graham, 기체의 부분 압력－액체에 녹는 양은 Henry로 판단한다.

암기 포인트

Henry는 ‘압력이 높을수록 액체에 기체가 더 많이 녹는다’이다.

NoteBase

문 10. 일정한 온도에서 1 atm의 A 기체 2 L, 2 atm의 B 기체 3 L, 3 atm의 C 기체 4 L를 10 L의 밀폐된 용기에 넣었을 때의 전체 압력(atm)은? (단, 세 기체는 서로 반응하지 않는 이상 기체라고 가정한다.)

① 1 atm

② 2 atm

③ 3 atm

④ 4 atm

정답 2번

출제 포인트

서로 반응하지 않는 이상 기체들을 일정한 온도에서 하나의 용기에 혼합할 때, 각 기체의 몰수에 해당하는 P_iV_i를 합하여 최종 전체 압력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A 기체는 $1atm$, $2L$, B 기체는 $2atm$, $3L$, C 기체는 $3atm$, $4L$이다.
구해야 할 값: 부피가 $10L$인 용기에서의 전체 압력이다.
주의할 조건: 온도가 일정하고 세 기체가 서로 반응하지 않으므로 각 기체의 P_iV_i를 그대로 합할 수 있다.

사용할 공식

$P_{\text{total}}V_f = \sum_i P_iV_i$

따라서

$P_{\text{total}} = \frac{\sum_i P_iV_i}{V_f}$

이다. 일정한 온도의 이상 기체에서는 $PV = nRT$이므로 P_iV_i가 각 기체의 몰수에 비례하고, 혼합 후 전체 몰수는 각 기체 몰수의 합이기 때문에 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 각 기체의 P_iV_i를 구하면 A는 $1atm \times 2L = 2atm \cdot L$, B는 $2atm \times 3L = 6atm \cdot L$, C는 $3atm \times 4L = 12atm \cdot L$이다.
2. 이를 합하면 $2 + 6 + 12 = 20atm \cdot L$이다.
3. 최종 용기 부피로 나누면

$P_{\text{total}} = \frac{20atm \cdot L}{10L} = 2atm$

이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- 전체 압력은 $1atm$이 아니라 $2atm$이다. 각 기체의 처음 압력을 단순히 비교하거나 하나만 선택해서는 안 되고, 각 P_iV_i의 합을 최종 부피로 나누어야 한다.

② O

- 계산 결과 전체 압력이 $2atm$이므로 옳다.

③ X

- 전체 압력은 $3atm$이 아니라 $2atm$이다. C 기체의 처음 압력 $3atm$은 혼합 전 $4L$에서의 값이며, 최종 $10L$ 용기에서의 전체 압력이 아니다.

④ X

- 전체 압력은 $4atm$이 아니라 $2atm$이다. 처음 압력이나 부피를 단순히 더하는 방식이 아니라 $\sum P_iV_i/V_f$로 계산해야 한다.

계산 결과 $2atm$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

각 기체의 처음 압력 $1atm$, $2atm$, $3atm$을 그대로 더하면 안 된다. 혼합 후에는 모두 최종 부피 $10L$를 차지하므로, 먼저 각 기체의 P_iV_i를 합한 뒤 최종 부피로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

온도가 일정한 이상 기체 혼합 문제에서는 각 기체의 P_iV_i를 계산하고, 그 합을 최종 용기 부피 V_f로 나눈다. 반응이 있거나 온도가 달라지는 조건이 있는지도 함께 확인한다.

암기 포인트

일정 온도·무반응 이상 기체 혼합에서는 $P_{\text{total}} = \sum P_iV_i/V_f$이다.

NoteBase

문 11. 25 ℃, 1 atm에서 기체의 부피가 22.4 L이다. 이 기체의 부피가 2배가 될 때의 온도(℃)는? (단, 기체의 양과 압력은 일정하다고 가정하며, 절대 온도＝섭씨온도(℃)＋273이다.)

① 323

② 273

③ 148

④ 50

정답 1번

출제 포인트

압력이 일정할 때 기체의 부피와 절대온도의 관계를 나타내는 샤를 법칙으로 최종 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 온도는 $25\,^\circ\mathrm{C} = 298\mathrm{K}$, 최종 부피는 초기 부피의 2배이다.
구해야 할 값: 최종 섭씨온도이다.
주의할 조건: 기체의 양과 압력이 일정하므로 부피는 섭씨온도가 아니라 절대온도에 비례한다.

사용할 공식

샤를 법칙은 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$이다. 여기서 온도 T는 절대온도인 K를 사용한다. 기체의 양과 압력이 일정하다는 조건이므로 이 공식을 적용한다.

계산 과정

1. 초기 절대온도는 $T_1 = 25 + 273 = 298\mathrm{K}$이다.
2. $V_2 = 2V_1$이므로 $T_2 = 2T_1 = 2 \times 298 = 596\mathrm{K}$이다.
3. 섭씨온도로 바꾸면 $596 - 273 = 323\,^\circ\mathrm{C}$이다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 $323\,^\circ\mathrm{C}$이므로 옳다.
② X — 273은 절대온도와 섭씨온도의 변환에 쓰는 기준값일 뿐 최종 온도가 아니다. 올바른 최종 온도는 $323\,^\circ\mathrm{C}$이다.
③ X — 148은 샤를 법칙에 따라 구한 값이 아니다. 부피가 2배이면 절대온도도 2배가 되어야 하므로 올바른 값은 $323\,^\circ\mathrm{C}$이다.
④ X — 50은 초기 섭씨온도 25를 그대로 2배 한 값이다. 섭씨온도가 아니라 절대온도 298 K를 2배 해야 하므로 올바른 값은 $323\,^\circ\mathrm{C}$이다.

NoteBase

오답 포인트

④의 50처럼 섭씨온도를 곧바로 2배 하면 안 된다. 기체 법칙에서 온도의 비례 관계에는 반드시 절대온도 K를 사용하고, 마지막에만 섭씨온도로 환산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

압력이 일정한 기체의 부피 변화 문제에서는 먼저 섭씨온도를 K로 바꾸고, V/T가 일정하다는 관계로 최종 절대온도를 구한 뒤 다시 섭씨온도로 환산한다.

암기 포인트

샤를 법칙의 비례 온도는 K이다. °C를 K로 바꾸어 계산한 뒤 마지막에 273을 뺀다.

NoteBase

문 12. 다음 <보기> 중 물이 수소 결합을 가지기 때문에 나타나는 현상으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
㉠ 얼음은 물 위에 뜬다.
㉡ 순수한 물은 전기를 통하지 않는다.
㉢ 물은 약 4 ℃에서 최대 밀도를 가진다.
㉣ 유사한 분자량을 가진 다른 화합물에 비해 끓는점이 높다.

① ㉠, ㉡
② ㉡, ㉢, ㉣
③ ㉠, ㉢, ㉣
④ ㉠, ㉡, ㉢, ㉣

정답 3번

출제 포인트

물 분자 사이의 수소 결합이 물의 밀도와 끓는점에 미치는 영향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

수소 결합은 물 분자의 산소 원자와 다른 물 분자의 수소 원자 사이에 작용하는 비교적 강한 분자 간 인력이다. 이 인력은 얼음의 열린 격자 구조, 약 4°C에서의 최대 밀도, 비정상적으로 높은 끓는점을 설명한다. 반면 전기 전도성은 주로 용액 속에서 이동할 수 있는 이온의 존재로 판단한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
㉠은 맞지만 ㉡은 수소 결합 때문에 나타나는 현상이 아니며, 수소 결합으로 설명되는 ㉢과 ㉣도 빠져 있다. 틀린 부분은 '㉠, ㉡'이라는 조합이며, 올바른 조합은 '㉠, ㉢, ㉣'이다.

② X
㉢과 ㉣은 맞지만 ㉡을 포함하고 ㉠을 빠뜨렸다. 틀린 부분은 '㉡'을 포함한 것이며, 올바르게는 ㉡을 제외하고 ㉠을 포함한 '㉠, ㉢, ㉣'이다.

③ O
㉠ 얼음에서는 수소 결합이 빈 공간이 많은 열린 격자 구조를 형성하므로 액체 물보다 밀도가 작아 물 위에 뜬다. ㉢ 물은 0°C에서 약 4°C로 가열될 때 열린 구조가 일부 무너지면서 부피가 줄어 약 4°C에서 밀도가 최대가 된다. ㉣ 물 분자를 서로 떼어 기체로 만들려면 수소 결합을 끊는 데 비교적 큰 에너지가 필요하므로, 분자량이 비슷한 다른 화합물보다 끓는점이 높다. 따라서 ㉠, ㉢, ㉣이 모두 옳다.

④ X
㉠, ㉢, ㉣은 수소 결합으로 설명되지만 ㉡은 그렇지 않다. 순수한 물에 전류가 거의 흐르지 않는 주된 이유는 이동 가능한 이온의 농도가 매우 낮기 때문이며, 수소 결합 자체가 전기 전도를 막기 때문이 아니다. 틀린 부분은 '㉡'을 포함한 것이며, 올바른 조합은 '㉠, ㉢, ㉣'이다.

오답 포인트

㉡의 문장 자체를 교과서식 표현으로 받아들이고 원인까지 수소 결합으로 연결하기 쉽다. 그러나 이 문제는 현상의 사실 여부가 아니라 '수소 결합 때문에' 나타나는지를 묻는다. 전기 전도성은 이동 가능한 이온의 유무와 농도로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

물의 성질 중 얼음의 낮은 밀도, 약 4°C에서의 최대 밀도, 높은 끓는점처럼 분자 사이의 구조나 인력을 묻는 현상은 수소 결합과 연결한다. 전기 전도성은 수소 결합이 아니라 이동 가능한 이온이 있는지를 기준으로 판단한다.

암기 포인트

수소 결합은 '얼음은 뜨고, 물은 4°C에서 가장 조밀하며, 끓는점은 높다'로 묶는다. 전기 전도는 이온의 문제이다.

NoteBase

문 13. 이온 결합과 공유 결합에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 공유 결합의 세기는 결합 엔탈피로부터 측정 및 산출할 수 없다.

② 이온의 공간 배열이 같을 때, 격자에너지는 이온 반지름이 감소할수록 감소한다.

③ 격자에너지는 이온 화합물이 생성되는 여러 단계의 에너지를 서로 곱하여 계산한다.

④ 공유 결합에서 두 원자 간 결합수가 증가함에 따라 두 원자 간 평균 결합 길이는 감소한다.

정답 4번

출제 포인트

공유 결합의 결합 엔탈피·결합수·결합 길이 관계와 이온 결정의 격자에너지를 결정하는 요인을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

결합 엔탈피는 기체 상태의 분자에서 특정 공유 결합 1몰을 끊는 데 필요한 에너지로, 공유 결합의 세기를 나타내는 척도이다.
격자에너지는 기체 이온들이 이온 결정을 만들 때의 에너지 변화 또는 그 결정을 기체 이온으로 분리하는 데 필요한 에너지로 정의하며, 부호 규약과 관계없이 그 크기는 이온 전하가 클수록, 이온 사이 거리가 짧을수록 커진다.
같은 두 원자 사이에서는 일반적으로 결합수가 커질수록 전자 밀도가 두 핵 사이에 더 집중되어 결합이 강해지고 결합 길이는 짧아진다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '결합 엔탈피로부터 측정 및 산출할 수 없다'이다. 결합 엔탈피는 공유 결합을 끊는 데 필요한 에너지이므로 공유 결합의 세기를 평가하는 대표적인 척도이다. 올바르게는 '공유 결합의 세기는 결합 엔탈피를 통해 측정하거나 산출할 수 있다'이다.
② X — 틀린 표현은 '이온 반지름이 감소할수록 감소한다'이다. 이온의 공간 배열과 전하 조건이 같다면 이온 반지름이 작아질수록 이온 사이 거리가 짧아져 정전기적 인력이 강해지므로 격자에너지의 크기는 증가한다. 올바르게는 '이온 반지름이 감소할수록 격자에너지의 크기는 증가한다'이다.
③ X — 틀린 표현은 '여러 단계의 에너지를 서로 곱하여 계산한다'이다. 격자에너지는 보른-하버 순환에서 헤스 법칙을 적용하여 각 단계의 엔탈피 변화를 대수적으로 더해 구한다. 올바르게는 '여러 단계의 에너지 변화를 합하여 계산한다'이다.
④ O — 같은 두 원자 사이의 공유 결합에서는 단일 결합, 이중 결합, 삼중 결합으로 결합수가 증가할수록 두 핵 사이의 결합이 강해져 평균 결합 길이가 감소한다.

NoteBase

오답 포인트

②는 '이온 반지름 감소'를 격자에너지 감소로 연결한 방향 전환이 함정이다. 반지름이 작아지면 이온 간 거리가 줄어 인력이 강해진다. ③은 헤스 법칙의 에너지 합산을 곱셈으로 바꾼 표현이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합 관련 선지는 관계의 방향을 확인한다. 공유 결합은 결합수 증가 → 결합 강도 증가 → 결합 길이 감소이고, 이온 결정은 같은 전하와 배열에서 이온 반지름 감소 → 이온 간 거리 감소 → 격자에너지 크기 증가이다. 에너지 순환 계산은 헤스 법칙에 따라 각 단계의 값을 대수적으로 합한다.

암기 포인트

공유 결합은 결합수가 클수록 짧고 강하며, 이온 결정은 이온이 작고 전하가 클수록 격자에너지의 크기가 크다. 보른-하버 순환의 에너지는 곱이 아니라 합이다.

NoteBase

문 14. 다음 화학 평형에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

$HCO_3^-(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$

① H_3O^+는 산으로 작용한다.
② CO_3^{2-}는 산으로 작용한다.
③ HCO_3^-는 산으로 작용한다.
④ H_2O는 염기로 작용한다.

정답 2번

출제 포인트

주어진 평형의 정반응과 역반응에서 양성자 H^+를 주는 산과 받는 염기를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

브뢴스테드-로우리 산은 양성자 H^+를 주는 물질이고, 염기는 양성자 H^+를 받는 물질이다.
정반응에서 HCO_3^-는 H^+를 주어 CO_3^{2-}가 되므로 산이고, H_2O는 H^+를 받아 H_3O^+가 되므로 염기이다.
역반응에서는 H_3O^+가 산, CO_3^{2-}가 염기로 작용한다.
따라서 짝산-짝염기 쌍은 HCO_3^-/CO_3^{2-}와 H_3O^+/H_2O이다.

선지별 해설

① O — H_3O^+는 역반응에서 H^+를 CO_3^{2-}에 주어 H_2O가 되므로 산으로 작용한다.
② X — 틀린 표현은 'CO_3^{2-}는 산으로 작용한다'이다. 실제로 CO_3^{2-}는 역반응에서 H^+를 받아 HCO_3^-가 되므로 염기로 작용한다.
③ O — HCO_3^-는 정반응에서 H^+를 주어 CO_3^{2-}가 되므로 산으로 작용한다.
④ O — H_2O는 정반응에서 H^+를 받아 H_3O^+가 되므로 염기로 작용한다.

오답 포인트

생성물이라는 이유만으로 CO_3^{2-}를 산으로 판단하면 ②를 놓치기 쉽다. 평형식에서는 정반응뿐 아니라 역반응도 보아야 하며, CO_3^{2-}는 역반응에서 양성자를 받는 염기이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 물질이 반응 전후에 잃거나 얻는 H^+를 추적한다. H^+를 잃으면 산, 얻으면 염기이며, 서로 H^+ 하나 차이인 물질끼리 짝산-짝염기 쌍이 된다.

NoteBase

암기 포인트

양성자를 주면 산, 받으면 염기이다. 이 평형에서 HCO_3^-와 H_3O^+는 산, H_2O와 CO_3^{2-}는 염기 역할을 한다.

NoteBase

문 15. 다음 반응이 평형 상태에 있을 때, 일정한 부피와 온도에서 아르곤 기체를 첨가한 결과로 가장 옳은 것은?

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

① 평형 상수는 감소한다.

② 기체 입자의 몰수가 커지는 방향으로 반응이 이동한다.

③ 평형 상수의 변화는 없다.

④ 평형 상수는 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

일정한 온도와 부피에서 불활성 기체를 첨가할 때 반응 기체의 부분 압력, 반응 지수, 평형 상수가 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

평형 상수는 온도만의 함수이므로 온도가 일정하면 변하지 않는다. 또한 일정한 부피와 온도에서는 각 반응 기체의 부분 압력이 $p_i = n_iRT/V$이므로, 반응에 참여하지 않는 아르곤을 넣어도 N_2, H_2, NH_3의 몰수와 부분 압력은 그대로이다. 따라서 반응 지수도 평형 상수와 같은 값으로 유지되어 평형은 어느 방향으로도 이동하지 않는다. 다만 전체 압력은 아르곤의 부분 압력만큼 증가한다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '평형 상수는 감소한다'이다. 온도가 일정하므로 평형 상수는 변하지 않는다.
② X — 틀린 표현은 '기체 입자의 몰수가 커지는 방향으로 반응이 이동한다'이다. 일정한 부피에서 아르곤을 넣어도 반응 기체들의 부분 압력과 반응 지수가 변하지 않으므로 평형은 이동하지 않는다.
③ O — 온도가 일정하므로 평형 상수의 변화는 없다. 반응 기체의 부분 압력도 그대로여서 평형 조성 역시 변하지 않는다.
④ X — 틀린 표현은 '평형 상수는 증가한다'이다. 아르곤 첨가는 전체 압력만 높일 뿐이며, 온도가 일정한 한 평형 상수는 변하지 않는다.

오답 포인트

전체 압력이 증가했다는 사실을 압축에 의한 압력 증가와 혼동하면 ②를 고르기 쉽다. 용기를 압축하면 부피가 줄어 반응 기체의 부분 압력이 변하지만, 일정한 부피에서 아르곤만 첨가하면 반응 기체의 부분 압력은 변하지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 온도가 변했는지 확인하여 평형 상수의 변화를 판단하고, 다음으로 부피가 변했는지 확인하여 반응 기체의 부분 압력 변화를 판단한다. 일정한 온도·부피에서 불활성 기체만 첨가한 경우에는 평형 상수도 평형 위치도 변하지 않는다.

암기 포인트

온도 일정이면 평형 상수 불변, 온도·부피 일정에서 불활성 기체 첨가이면 평형 이동 없음이다.

NoteBase

문 16. 화학 반응 속도에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 활성화 에너지가 0보다 큰 반응에서, 반응 속도 상수는 온도가 높을수록 크다.

② 정촉매를 사용하면 전이 상태의 에너지 전위는 낮아진다.

③ 다단계 반응의 속도 결정 단계는 반응 속도가 가장 빠른 단계이다.

④ 1차 반응의 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다.

정답 3번

출제 포인트

반응 속도 상수의 온도 의존성, 촉매의 작용, 속도 결정 단계, 1차 반응의 속도 법칙을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

반응 속도 상수는 활성화 에너지가 양수일 때 온도가 높아질수록 커진다. 정촉매는 활성화 에너지가 더 낮은 새로운 반응 경로를 제공한다. 다단계 반응의 전체 속도는 가장 느린 단계인 속도 결정 단계에 의해 좌우된다. 1차 반응은 반응 속도가 해당 반응물 농도의 1제곱에 비례하는 반응이다.

선지별 해설

① O — Arrhenius 식 $k = Ae^{-E_a/(RT)}$에서 $E_a > 0$이면 온도 T가 높아질수록 지수부의 음수 절댓값이 작아져 속도 상수 k가 커진다.
② O — 정촉매는 더 낮은 활성화 에너지를 갖는 대체 반응 경로를 제공하므로, 그 경로의 전이 상태 에너지와 활성화 에너지가 낮아진다.
③ X — 틀린 표현은 '반응 속도가 가장 빠른 단계'이다. 속도 결정 단계는 전체 반응을 제한하는 반응 속도가 가장 느린 단계이다.
④ O — 1차 반응의 속도 법칙은 $v = k[A]$이므로 반응 속도는 반응물 농도 $[A]$에 비례한다.

오답 포인트

'속도 결정 단계'를 반응이 가장 활발하게 진행되는 빠른 단계로 오해하기 쉽다. 실제로는 연속 과정 전체의 속도를 제한하는 가장 느린 단계가 속도 결정 단계이다.

다시 나오면 이렇게 판단

온도는 Arrhenius 식으로 속도 상수의 변화를 판단하고, 촉매는 대체 경로와 활성화 에너지 감소로 판단한다. 다단계 반응에서는 가장 느린 단계를 찾고, 반응 차수는 속도식에서 농도에 붙은 지수로 판단한다.

암기 포인트

온도 상승은 k 증가, 정촉매는 E_a 감소, 속도 결정 단계는 가장 느린 단계, 1차 반응은 $v \propto [A]$이다.

NoteBase

문 17. 다음 <보기>에서 반응속도에 영향을 주는 요소는 모두 몇 개인가?

<보기>
㉠ 온도
㉡ 압력
㉢ 농도
㉣ 촉매
㉤ 반응 엔탈피의 크기
㉥ 활성화 에너지의 크기
㉦ 반응물들의 충돌횟수

① 4개
② 5개
③ 6개
④ 7개

정답 3번

출제 포인트

반응 속도에 영향을 주는 요인과 반응 엔탈피처럼 반응 속도를 직접 결정하지 않는 양을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

반응 속도는 단위 시간 동안 반응물 또는 생성물의 농도가 변하는 정도이다. 온도, 기체 반응에서의 압력, 농도, 촉매, 활성화 에너지, 반응물의 충돌 횟수는 유효 충돌의 빈도나 비율을 바꾸므로 반응 속도에 영향을 준다. 반응 엔탈피는 반응물과 생성물의 에너지 차이로서 반응의 열 출입을 나타내지만, 그 크기만으로 반응 속도를 결정하지 않는다. 따라서 해당하는 것은 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉥, ㉦의 6개이다.

선지별 해설

① X — 4개라는 수가 틀렸다. ㉤만 제외한 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉥, ㉦이 반응 속도에 영향을 주므로 올바르게는 6개이다.
② X — 5개라는 수가 틀렸다. 온도·압력·농도·촉매뿐 아니라 활성화 에너지와 충돌 횟수도 포함되므로 올바르게는 6개이다.
③ O — 반응 엔탈피의 크기인 ㉤을 제외한 여섯 요소가 모두 반응 속도에 영향을 주므로 6개가 맞다.
④ X — 7개라는 수가 틀렸다. ㉤ 반응 엔탈피의 크기는 반응 속도를 직접 결정하는 요소가 아니므로 올바르게는 6개이다.

NoteBase

오답 포인트

반응 엔탈피와 활성화 에너지를 모두 에너지와 관련된 양이라는 이유로 함께 처리하기 쉽다. 반응 엔탈피는 반응 전후의 에너지 차이이고, 활성화 에너지는 반응이 일어나기 위해 넘어야 하는 에너지 장벽이므로 속도와 직접 관련되는 것은 활성화 에너지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 요소가 유효 충돌의 횟수 또는 유효 충돌이 되는 비율을 바꾸는지 확인한다. 이를 바꾸면 반응 속도 요인이고, 반응물과 생성물의 에너지 차이만 나타내면 반응 엔탈피이므로 속도 요인에서 제외한다.

암기 포인트

속도는 충돌과 장벽, 반응 엔탈피는 반응 전후의 에너지 차이이다.

NoteBase

문 18. 다음 <보기> 중 계의 엔트로피가 감소하는 반응을 모두 고른 것은?

<보기>

㉠ $H_2O(g) \rightarrow H_2O(\ell)$

㉡ $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

㉢ $4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$

㉣ 기체의 온도가 낮아져 부피가 감소한다.

① ㉠, ㉡

② ㉠, ㉡, ㉢

③ ㉠, ㉡, ㉣

④ ㉠, ㉡, ㉢, ㉣

정답 4번

출제 포인트

상태 변화, 반응 전후의 기체 몰수, 기체의 온도와 부피 변화로 계의 엔트로피 증감을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

엔트로피는 계가 가질 수 있는 미시적 배열의 수와 관련된 상태함수이다. 일반적으로 입자의 운동과 배치가 자유로울수록 엔트로피가 크므로 기체 > 액체 > 고체 순으로 크다. 반응에서는 기체 몰수가 줄거나 기체가 고체로 바뀌면 엔트로피가 감소하는 방향이다. 일정량의 이상기체에 대해서는 $\Delta S = nC_V \ln(T_2/T_1) + nR\ln(V_2/V_1)$ 이므로 온도와 부피가 모두 감소하면 두 항이 모두 음수가 된다.

보기 판단

㉠ O: $H_2O(g)$가 $H_2O(\ell)$로 응축하면 입자의 운동과 배치의 자유도가 작아져 계의 엔트로피가 감소한다.

㉡ O: 반응 전 기체는 총 3몰이고 반응 후 기체는 2몰이므로 기체 몰수가 감소하여 계의 엔트로피가 감소한다.

㉢ O: 기체인 O_2가 소비되고 생성물은 고체인 Fe_2O_3만 남으므로 계의 엔트로피가 감소한다.

㉣ O: 일정량의 기체에서 온도 하강과 부피 감소는 모두 가능한 미시상태의 수를 줄이므로 계의 엔트로피가 감소한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: ㉠과 ㉡은 맞지만, 엔트로피가 감소하는 ㉣과 ㉤을 빠뜨렸다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉣, ㉤이다.
② X: ㉠, ㉡, ㉢은 맞지만, 온도와 부피가 모두 감소하는 ㉤도 엔트로피 감소에 해당한다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢, ㉤이다.
③ X: ㉠, ㉡, ㉤은 맞지만, 기체 O_2가 고체 생성물로 전환되는 ㉣도 엔트로피 감소에 해당한다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉣, ㉤이다.
④ O: ㉠의 응축, ㉡의 기체 몰수 감소, ㉣의 기체 소멸과 고체 생성, ㉤의 온도·부피 감소는 모두 계의 엔트로피를 감소시키므로 옳다.

오답 포인트

반응식에서는 물질의 종류만 보지 않고 기체 상태의 물질이 얼마나 줄어드는지를 확인해야 한다. 특히 ㉣은 고체의 계수가 늘어나지만 기체 O_2가 사라지므로 엔트로피는 감소한다. 또한 ㉤에서는 온도와 부피가 동시에 감소하므로 어느 효과가 우세한지 비교할 필요 없이 두 변화가 모두 엔트로피 감소 방향이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 상변화가 기체→액체→고체 방향인지 확인하고, 반응식에서는 반응 전후의 기체 몰수를 비교한다. 일정량의 기체 상태 변화에서는 온도와 부피가 증가하면 엔트로피 증가, 둘 다 감소하면 엔트로피 감소로 판단한다.

암기 포인트

기체→액체→고체, 기체 몰수 감소, 온도·부피 감소는 모두 엔트로피 감소 방향이다.

NoteBase

문 19. 일정 압력에서 3 mol의 공기를 20 °C에서 40 °C로 가열할 때, 엔탈피 변화(ΔH)[J]는? (단, 공기의 정압열용량은 $20\,\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot {}^{\circ}C^{-1}}$이다.)

① 600

② 1,200

③ 1,800

④ 2,400

정답 2번

출제 포인트

일정 압력에서 물질을 가열할 때 정압열용량을 이용하여 엔탈피 변화 ΔH를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물질량 $n = 3mol$, 정압열용량 $C_p = 20J \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1}$, 온도 변화 $\Delta T = 40 - 20 = 20{}^{\circ}C$이다.
구해야 할 값: 엔탈피 변화 ΔH이다.
주의할 조건: 최종 온도 40이 아니라 온도 변화 20을 공식에 대입한다.

사용할 공식

일정 압력에서 온도에 따른 엔탈피 변화는
$\Delta H = nC_p\Delta T$
로 구한다. 공기의 정압열용량이 몰당 값으로 주어졌으므로 물질량과 온도 변화를 함께 곱한다.

계산 과정

1. 온도 변화는 $\Delta T = 40 - 20 = 20{}^{\circ}C$이다.
2. 공식에 대입하면
$\Delta H = (3mol)(20J \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}C^{-1})(20{}^{\circ}C) = 1{,}200J$
이다.
3. 온도가 상승하므로 엔탈피 변화의 부호는 양수이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 600은 계산 결과 1,200 J와 다르다. 600은 온도 변화를 $10\,^{\circ}C$로 잘못 대입할 때 나오는 값이며, 올바른 값은 1,200 J이다.
② O — $(3)(20)(20) = 1{,}200$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 1,800은 계산 결과와 다르다. 이는 온도 변화를 $30\,^{\circ}C$로 잘못 대입한 값이며, 올바른 온도 변화는 $20\,^{\circ}C$, 엔탈피 변화는 1,200 J이다.
④ X — 2,400은 최종 온도 40을 온도 변화로 잘못 대입한 값이다. 올바르게는 $\Delta T = 40 - 20 = 20\,^{\circ}C$이므로 $\Delta H = 1{,}200\,J$이다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 최종 온도 40을 그대로 곱하는 것이다. 열용량 식에는 온도 자체가 아니라 최종 온도와 초기 온도의 차이인 ΔT를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

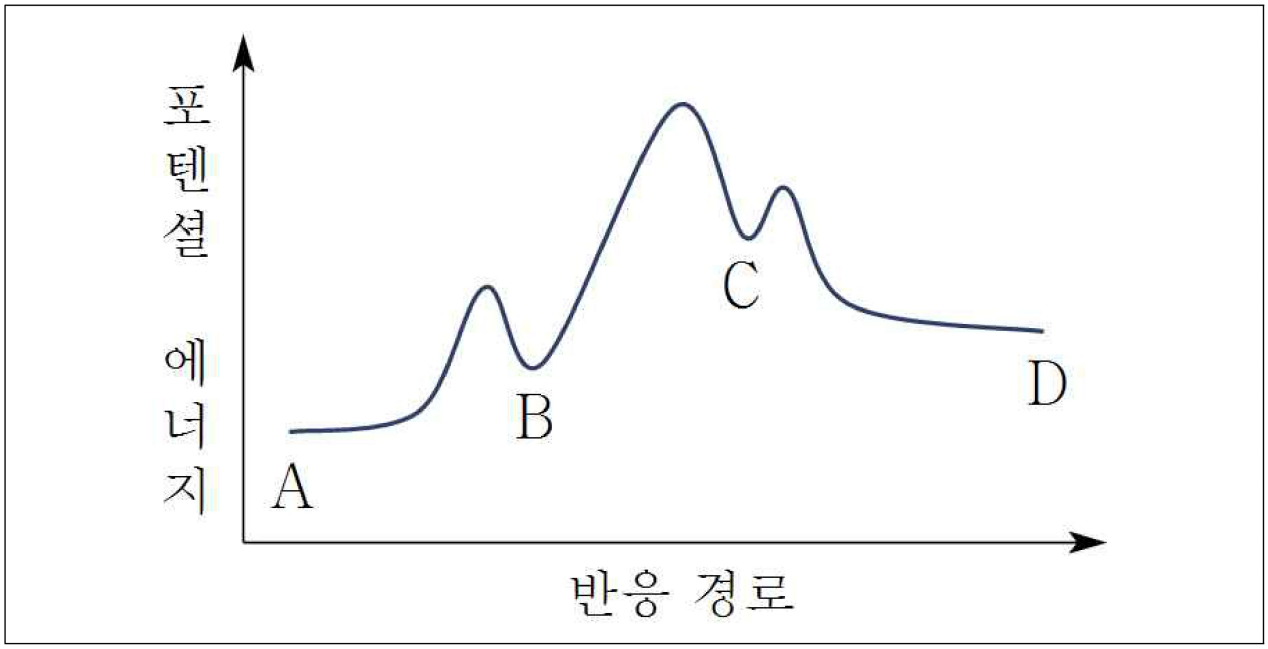
일정 압력 가열 문제에서는 먼저 $\Delta T = T_2 - T_1$을 구하고, 열용량이 몰당 값이면 $\Delta H = nC_p\Delta T$에 물질량까지 곱한 뒤 단위와 부호를 확인한다.

암기 포인트

일정 압력에서는 $\Delta H = nC_p\Delta T$이며, ΔT는 최종 온도에서 초기 온도를 뺀 값이다.

NoteBase

문 20. 아래 그림은 반응 경로에 따른 에너지 변화를 나타낸 것이다. 이 때 다음 <보기>에서 옳은 것을 모두 고른 것은?



<보기>

㉠ [A → D] 전체 반응 과정에는 두 개의 중간체가 있다.

㉡ 속도 결정 단계는 [B → C]이다.

㉢ 전체 반응은 흡열 반응이다.

① ㉠, ㉡

② ㉠, ㉢

③ ㉡, ㉢

④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

반응 경로 도식에서 봉우리는 전이 상태, 봉우리 사이의 골짜기는 중간체를 뜻한다. 각 단계의 활성화 에너지와 반응물·생성물의 에너지를 비교하여 반응 단계와 전체 반응의 흡열·발열 여부를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
㉠과 ㉡은 옳지만, 생성물 D의 에너지가 반응물 A보다 높으므로 ㉢도 옳다. 따라서 '㉠, ㉡'만 고른 것이 틀렸으며, 올바르게는 '㉠, ㉡, ㉢'이다.

② X
B에서 다음 봉우리까지의 에너지 차가 세 단계 중 가장 크므로 B → C가 속도 결정 단계이다. 따라서 ㉡을 제외한 '㉠, ㉢'은 틀렸으며, 올바르게는 '㉠, ㉡, ㉢'이다.

③ X
봉우리 사이의 골짜기 B와 C가 중간체이므로 전체 A → D 반응 과정에는 중간체가 두 개 있다. 따라서 ㉠을 제외한 '㉡, ㉢'은 틀렸으며, 올바르게는 '㉠, ㉡, ㉢'이다.

④ O
B와 C는 두 중간체이고, B → C의 활성화 에너지가 가장 크며, D의 에너지가 A보다 높아 $\Delta H > 0$인 흡열 반응이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.

오답 포인트

속도 결정 단계를 가장 높은 봉우리 자체로만 판단하면 안 된다. 각 단계가 시작되는 골짜기에서 바로 다음 봉우리까지의 높이, 즉 그 단계의 활성화 에너지 E_a를 비교해야 한다. 또한 흡열·발열 여부는 가장 높은 봉우리의 위치가 아니라 최종 생성물 D와 최초 반응물 A의 에너지 차로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 봉우리 사이의 골짜기 수로 중간체 수를 센다. 다음으로 각 골짜기에서 다음 봉우리까지의 높이를 비교하여 가장 큰 활성화 에너지를 갖는 단계를 찾는다. 마지막으로 생성물이 반응물보다 높으면 $\Delta H > 0$인 흡열 반응, 낮으면 $\Delta H < 0$인 발열 반응으로 판단한다.

암기 포인트

골짜기는 중간체, 골짜기에서 다음 봉우리까지는 활성화 에너지, 처음과 끝의 높이 차는 ΔH이다.

NoteBase