

주로 보면 좋겠는 문항 : 6, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20

이번 9월 평가원 시험에서는, 전반적으로 ‘화학 II 시험에 최적화’ 되어 있기를 요구하는 문항이 많았습니다. 실제로 문제를 얼마나 논리적으로, 완벽히 지배하며 풀기보다는 **시험**이라는 환경에 맞게 풀어낼 수 있는가?를 묻는 경우가 많았습니다. 예를 들어 11번 같은 경우에는 필요하지 않은 정보를 제시하면서 심리전을 유도했고, 13번 같은 경우는 교육 과정 외인 로그 계산이 아닌 단순 부등호로 바로 풀어낼 수 있는가, 18번의 경우 정석적인 방법이 아닌 선지 대입으로 문제를 푸는 것, 19번 반응속도 해석, 20번 단순 계산을 묵묵히 하는 것 등 단순 정석적인 방법 외에 화학 II 기본 계산과 시험에서 답을 고르고 넘어가는 자세를 많이 물어보았습니다.

아직 화학 II 실전 경험이 많지 않은 학생들의 경우에는 이번 시험에서 실제 본인이 생각하던 실력보다 훨씬 어려워했을 것 같고, 반면 실전 경험이 많은 학생들의 경우 완벽하게 풀었다는 느낌은 못 들었어도 실제로는 고득점을 받은 경우가 많을 것 같습니다. 수능에서도 이러한 경향이 이어질지는 모르지만, 본인이 어느 쪽이든 부족한 영역을 보완하고 특히 짧은 화학 II 시험 시간 30분 내에 존재하는 불필요한 사고 과정이나 행동을 교정하는 것이 특히 중요할 것으로 보입니다.

전반적인 난이도 자체는 4페이지를 제외하고는 문제 자체에 어려움은 없었을 것이라고 생각합니다. 다만, 4페이지에서 어느 부분에 막혔느냐에 따라 3문제의 정답률이 많이 차이 났을 것으로 보여서, 실전에서 어느 문항부터 접근해서 해결할지를 고민하는 것이 꼭 필요하겠습니다.

1. 다음은 고체 X에 대한 설명이다.

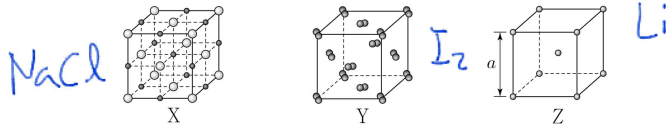
$C_2H_4(g)$ 과 $H_2(g)$ 가 반응하여 $C_2H_6(g)$ 이 생성되는 반응에서 정촉매인 고체 X를 사용하면, 동일한 조건에서 이 반응에 X를 사용하지 않은 경우보다 반응의 (가)가 감소하여 (나)가 증가한다.

다음 중 (가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | (가) | (나) | (가) | (나) |
|-----------|--------|----------|---------|
| ① 활성화 에너지 | 반응 속도 | ② 반응 엔탈피 | 활성화 에너지 |
| ③ 반응 속도 | 반응 엔탈피 | ④ 반응 속도 | 온도 |
| ⑤ 온도 | 반응 속도 | | |

촉매라는 것에서 바로 활성화 에너지 생각하면 되고, (나) 역시 반응 속도 증가가 맞습니다.

2. 그림은 고체 X~Z의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다. X~Z는 각각 $\text{NaCl}(s)$, $\text{Li}(s)$, $\text{I}_2(s)$ 중 하나이다. Z의 단위 세포는 한 변의 길이가 a 인 정육면체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. X는 이온 결정이다.
 - ㄴ. Y는 금속 결합에 의해 이루어진 결정이다.
 - ㄷ. Z의 단위 세포에 포함된 원자 수는 2이다.

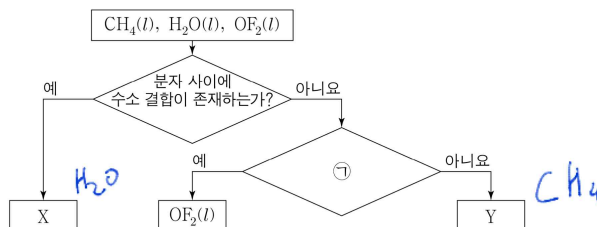
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

X처럼 다른 종류의 원자로 이루어져 있는 것이 NaCl, Y처럼 이원자 분자로 이루어져 있는 것이 I_2 , Z처럼 단원자로 되어 있는 것이 Li입니다.

- ㄱ. X는 이온 결정 맞고
- ㄴ. Y는 분자 결정으로 분자 간의 인력(여기서는 분산력)으로 이루어진 결정입니다.
- ㄷ. 체심 입방 결정이므로 2개 맞습니다.

3. 그림은 액체 상태의 3가지 물질을 분류하는 과정을 나타낸 것이다.

CH_4 , H_2O , OF_2 의 화학식량은 각각 16, 18, 54이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

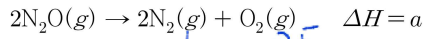
- <보 기>
- ㄱ. '분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재하는가?'는 ㉠으로 적절하다.
 - ㄴ. $\text{OF}_2(l)$ 분자 사이에 분산력이 존재한다.
 - ㄷ. 기준 끓는점은 $X > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

주어진 분자 중 수소 결합은 H_2O 만 있으므로 X가 H_2O , 나머지 Y가 CH_4 가 됩니다.

- ㄱ. OF_2 는 극성 분자, CH_4 는 무극성 분자이므로 맞습니다.
- ㄴ. 분산력은 모든 물질에 존재하므로 바로 맞다고 하고 넘어가면 됩니다.
- ㄷ. 분자량이 비슷하고 수소 결합의 유무가 차이나므로 $X > Y$ 맞습니다.

4. 다음은 25 ℃, 1 atm에서 $\text{N}_2\text{O}(g)$ 가 분해되는 반응의 열화학 반응식이다.

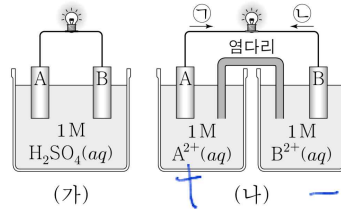


25 ℃, 1 atm에서 $\text{N}_2(g)$ 28 g과 $\text{O}_2(g)$ 16 g이 반응하여 $\text{N}_2\text{O}(g)$ 44 g이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는? (단, N_2 , O_2 , N_2O 의 화학식량은 각각 28, 32, 44이다.) [3점]

- ① $-2a$ ② $-a$ ③ $-\frac{a}{2}$ ④ $\frac{a}{2}$ ⑤ a

N_2 1몰, O_2 0.5몰이 반응하는 것이므로 주어진 반응식에 $\frac{1}{2}$ 을 곱하고, 방향이 반대인 $-\frac{a}{2}$ 가 됩니다. N_2 , O_2 분자라는 것에서 원자량과 분자량을 헷갈릴 수 있는데 이 부분 실수를 하지 않도록 합니다.

5. 그림은 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지 (가)와 (나)에서 각각 전지 반응이 진행될 때를 나타낸 것이다. (가)에서 전극 B의 질량이 감소하였다. (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25 ℃로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.) [3점]

<보 기>

- ㉠. 금속의 이온화 경향은 B가 A보다 크다.
 ㉡. (나)에서 전자의 이동 방향은 ㉡이다.
 ㉢. (나)에서 전지 반응이 진행되는 동안 전극 A의 질량은 감소한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

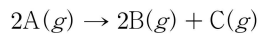
(가)에서 전극 B의 질량이 감소했으므로 A가 (+), B가 (-)극입니다. 볼타전지와 다니엘 전지 정도의 차이이므로 (나) 역시 A가 (+), B가 (-)극입니다.

㉠. (-)극이 이온화 경향이 더 큼니다. 따라서 맞습니다.

㉡. 전류의 이동 방향은 (+)→(-)인 ㉠, 전자의 이동 방향은 (-)→(+)인 ㉡이 맞습니다. 실수하지 않도록 합니다.

㉢. (나) 역시 B가 (-)극이므로 전극 B의 질량이 감소합니다.

6. 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



표는 강철 용기에 A(g)와 C(g)를 넣은 후 이 반응이 진행될 때, C의 질량 / 전체 질량을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다.

반응 시간(min)	0	10	20
$\frac{\text{C의 질량}}{\text{전체 질량}}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{2}{5}$ $\frac{4}{10}$

0~20min 동안의 평균 반응 속도 / 0~10min 동안의 평균 반응 속도는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ 1 ④ $\frac{3}{4}$ ⑤ $\frac{2}{3}$

전체 '질량'으로 제시하고 있기 때문에, 분모는 항상 동일합니다. 20분일 때 $\frac{2}{5} = \frac{4}{10}$ 으로 바꾸어 해석해주면 좀 더 편할 것입니다. 10분 동안은 분자가 2 증가했고, 20분 동안은 분자가 3 증가했기 때문에 $\frac{\frac{3}{2}}{\frac{2}{2}} = \frac{3}{2}$ 입니다.

정말 순수하게 반응 속도의 정의를 물어본 문항이라고 볼 수 있습니다. 대개 이렇게 평균 반응 속도를 묻는 문항들조차 실제로는 1차 반응임을 이용해서 푸는 경우가 많은데, 이 문항은 1차 반응인지는 정확히 알 수 없고 정의대로 푸는 것이 정석인 문항입니다. (아마도 1차 반응일 것이라고 추정되지만, 1차 반응이라고 확정할 수는 없습니다.)

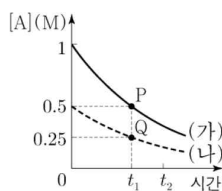
이와 비슷했던 문항으로 [2021.11.12.]가 있습니다.

[2021.11.12.]

12. 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)의 초기 농도를 달리하여 각각 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 각 용기의 [A]를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하다.)

<보 기>

ㄱ. (가)에서 $t_1 \sim t_2$ 동안 $-\frac{\Delta[B]}{\Delta[A]} = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. 0~ t_1 동안 평균 반응 속도는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

ㄷ. 순간 반응 속도는 P에서가 Q에서보다 작다.

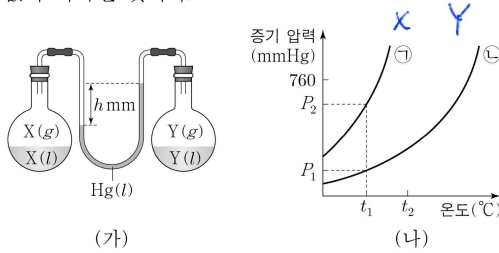
1)

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

답은 2번입니다.

이 문항도 사실 1차 반응임을 모르고 풀어도 되지만, 1차 반응임을 알고 풀어도 되는 문항이었습니다. 대부분의 문항이 1차 반응을 기반으로 해석해도 되지만, 이와 같이 정의를 활용하는 것도 연습해 보도록 합시다.

7. 그림 (가)는 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 물질 X와 Y가 각각 평형에 도달한 것을 나타낸 것이고, (나)의 ㉠과 ㉡은 X(l)와 Y(l)의 증기 압력 곡선을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Hg(l)의 증기 압력은 무시한다.)

<보 기>

㉠. ㉠은 X(l)의 증기 압력 곡선이다.
 ㉡. $h = P_2$ 이다. $P_2 - P_1$
 ㉢. Y의 기준 끓는점은 $t_2^\circ\text{C}$ 보다 낮다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

㉠. h 가 있는 쪽을 보면 증기 압력이 큰 ㉠이 X, ㉡이 Y가 됩니다.

㉡. h 는 두 액체의 증기 압력 간의 차이로 $h = P_2 - P_1$ 입니다.

㉢. $x = t_2$ 인 점선이 없어서 조금 애매한 선지이긴 한데, 그래프상 눈대중으로 봤을 때 $t_2^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력이 760보다 많이 작아 보이므로 기준 끓는점은 $t_2^\circ\text{C}$ 보다 높을 것입니다. 약간 그래프를 그리다가 빼먹었지 않았나 싶습니다.

8. 다음은 25°C , 1 atm에서의 전기 분해와 관련된 자료이다.

- 환원되기 쉬운 경향: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) > \text{H}_2\text{O}(\text{l}) > \text{Na}^+(\text{aq})$
 ○ $\text{CuCl}_2(\text{aq})$ 과 $\text{NaCl}(\text{aq})$ 을 각각 전기 분해한 결과, 각 전극에서 생성된 물질

물질	(+)극	(-)극
$\text{CuCl}_2(\text{aq})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$	㉠ Cu
$\text{NaCl}(\text{aq})$		H ㉡ H_2O

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

㉠. ㉠은 $\text{O}_2(\text{g})$ 이다.
 ㉡. ㉡은 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 이다.
 ㉢. $\text{CuCl}_2(\text{aq})$ 을 전기 분해할 때 산화 반응은 (+)극에서 일어난다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

전기 분해 개념이 제대로 안 잡혀 있었다면 실수하거나 버벅였을 수도 있습니다. 환원 경향을 H_2O 와 같이 제시한 것에 주목해 봅시다. (H_2 나 O_2 의 환원 경향과 같지 않습니다. 혹시 이 내용이 잘 이해되지 않는다면 Another class 2부 전기 화학 부분을 참고하세요.)

ㄱ. (-)극에서 Cu^{2+} 와 H_2O 가 경쟁하는 것이므로 Cu 입니다. 선지에서 O_2 인지를 물어보았는데 O_2 는 (+)극에서 Cl_2 와 경쟁한 물질입니다. 즉 O_2 는 전극도 안 맞는 터무니 없는 선지이기에 이런 선지에 휘돌리면 안 되겠습니다.

ㄴ. 이 역시 Cl_2 가 되려면 최소 (+)극이어야 할텐데 (-)극을 묻고 있으니 틀렸습니다. 환원 경향을 보았을 때 이번에는 H_2O 와 Na^+ 가 경쟁하는 것이므로 H_2O 입니다.

ㄷ. $CuCl_2$ 이든 다른 어느 물질이든 전기 분해에서 산화 반응은 항상 (+)극입니다.

9. 표는 $A(g)$ 와 $B(g)$ 에 대한 자료이다.

기체	질량(g)	압력(atm)	부피(L)	온도(K)
$A(g)$	a	P	V	$2T$
$B(g)$	b	$2P$	$2V$	$3T$

$A(g)$ a g과 $B(g)$ $3b$ g을 혼합한 기체의 압력, 부피, 온도가 각각 $4P$ atm, VL , x K일 때, x 는? (단, A와 B는 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{3}{4}T$ ② $\frac{4}{5}T$ ③ $\frac{8}{9}T$ ④ T ⑤ $\frac{4}{3}T$

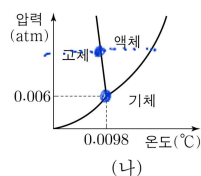
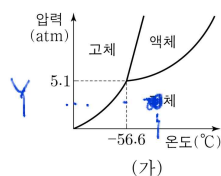
$$\frac{1}{2} + 4 = \frac{4}{x} \quad \boxed{\frac{12}{3}}$$

$n = \frac{PV}{T}$ 로 상댓값을 생각해보면 A a g은 $\frac{1}{2}$ 몰, B b g은 $\frac{4}{3}$ 몰과 같은 상황입니다. 따라서

A a g과 B $3b$ g은 $\frac{1}{2} + 4$ 몰이고, $4P$ 기압, x K 때로 생각해보면 $\frac{4}{x} = \frac{9}{2}$ 로 $x = \frac{8}{9}T$ 입니다.

10. 표는 온도와 압력에 따른 물질 X와 Y의 안정한 상에 대한 자료이고, 그림 (가)와 (나)는 X와 Y의 상평형 그림을 순서 없이 나타낸 것이다.

물질	안정한 상	
	$t_1^\circ C, 1 \text{ atm}$	$t_2^\circ C, P \text{ atm}$
X	고체, 액체	고체, 액체, 기체
Y		㉠



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보 기>
- ㄱ. $t_2 > t_1$ 이다.
 ㄴ. ㉠은 액체이다.
 ㄷ. $25^\circ C, P \text{ atm}$ 에서 X의 안정한 상의 수는 2이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

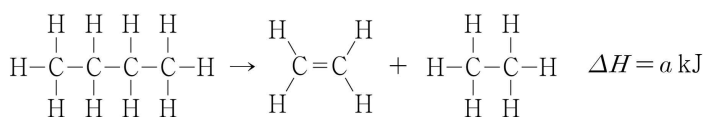
1기압인 선을 (가), (나) 모두에 그려 보면, 고체/액체가 될 수 있는 경우는 (나)뿐입니다. 따라서 (가)가 Y, (나)가 X가 됩니다. 여기에 삼중점을 (나)에서 찍어볼 수 있습니다.

ㄱ. 삼중점의 정보와 같이 보면 $t_2 > t_1$ 맞습니다.

ㄴ. (가)에 -56.6°C 와 5.1기압을 기준으로 0.0098, 0.006의 위치를 찍어 보면 기체입니다.

ㄷ. 삼중점에서 왼쪽, 오른쪽 어디로 가더라도 안정한 상의 수는 1개입니다. 실제로는 기체입니다.

11. 다음은 25°C , 1 atm에서 $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$ 이 분해되어 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 과 $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ 이 생성되는 반응을 구조식으로 나타낸 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	C-C	C=C	C-H
결합 에너지(kJ/mol)	348	x	412

이 자료로부터 구한 x 는?

- ① $a-760$ ② $a-696$ ③ $-a+412$
 ④ $-a+696$ ⑤ $-a+760$

$$348 \times 2 - x = a$$

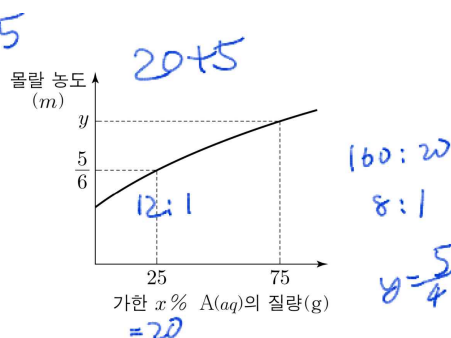
처음으로 결합 에너지를 제시하고도 사용하지 않는 문제가 출제되었습니다. 처음이라 C-H 에너지를 활용하지 않는 것에 당황하고 검토했을 수 있는데, 앞으로도 이런 문제가 출제될 수 있으니 유념해 두면 좋겠습니다.

계산은 간단합니다. 왼쪽과 오른쪽을 비교해 볼 때 C-H의 숫자는 같고, C-C가 왼쪽이 2개 많고 오른쪽이 C=C가 하나 있으므로 $348 \times 2 - x = a$ 입니다.

12. 그림은 0.5 m A(aq) 105 g에 $x\%$ A(aq)을 추가할 때, 가한 $x\%$ A(aq)의 질량에 따른 혼합 용액의 몰랄 농도를 나타낸 것이다.

$\frac{x}{y}$ 는? (단, A의 화학식량은 100이다.) [3점]

- ① 15 ② 16 ③ 18 ④ 20 ⑤ 21



먼저 0.5m 105g을 100+5와 같이 해석합니다. $1000 : 100 \times 0.5 = 100 : 5$ 로 비율을 계산해서 생각해도 좋고, 직관적으로 100+5로 생각해도 좋습니다.

다음 $\frac{5}{6}m$ 역시 동일하게 해석하면 $1000:100 \times \frac{5}{6} = 12:1$ 입니다. 더 빠르게 계산한다면 기존 $\frac{5}{10}m$ 과 $\frac{5}{6}m$ 으로 $\frac{3}{5}$ 배 차이므로 $20 \times \frac{3}{5}:1 = 12:1$ 입니다. 기존 105g에 25g을 추가했으니 130g이고, 이를 12:1로 분할하면 120:10입니다. 즉 용매 20g, 용질 5g을 추가한 것으로 해석할 수 있습니다. 이때 $x = 20$ 입니다.

마지막으로 75g을 추가한 것은 용매 60g, 용질 15g을 추가한 것이므로 160:20이고, 8:1입니다. 이 역시 1.5배 차이나는 것에서 빠르게 계산하면 $y = \frac{5}{6} \times 1.5 = \frac{5}{4}$ 입니다.

13. 다음은 산 염기 평형과 관련된 실험이다.

[자료]

○ 약산 $HA(aq)$ 의 이온화 반응식과 25°C 에서의 이온화 상수(K_a)

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_3O^+(aq) \quad K_a = \frac{1}{2} \times 10^{-7}$$

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 물이 들어 있는 비커 I, $HA(aq)$ 과 $A^-(aq)$ 을 혼합하여 만든 수용액이 들어 있는 비커 II를 준비한다.

물 pH=7.0 100 mL I	HA 0.02 mol A ⁻ 0.01 mol pH=7.0 100 mL II
----------------------------	--

(나) (가)의 I과 II에 $NaOH(s)$ 0.01 mol을 각각 첨가하여 모두 녹인 후 수용액의 pH를 측정한다.

[실험 결과]

○ (나) 과정 후 $\frac{\text{I에 들어 있는 수용액의 pH}}{\text{II에 들어 있는 수용액의 pH}} = x$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25°C 에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 물과 모든 수용액의 온도는 25°C 로 일정하며, 고체의 용해에 의한 수용액의 부피 변화는 무시한다.)

<보 기>

㉠ $K_a = 5 \times 10^{-8}$ 이다.

㉡ $x < 2$ 이다.

㉢ (가)의 II에 0.1 M $HCl(aq)$ 10 mL를 가하면 $\frac{[A^-]}{[HA]} < \frac{1}{2}$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

산염기 계산을 정량적으로만 할 수 있었다면 다소 어려움이 있었을 수도 있습니다. pH 계산을 범위로 잘 계산해 봅시다.

㉠. II에서 농도가 제시되어 있으니 K_a 를 쉽게 계산할 수 있습니다. $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{2}$, $[H^+] = 10^{-7}$ 이므로 $K_a = \frac{1}{2} \times 10^{-7} = 5 \times 10^{-8}$ 입니다. K_a 를 답할 때에는 유효숫자 형태로 바

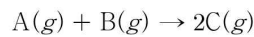
꾸어서 답해야 하므로 이를 실수하지 않도록 주의해줍니다.

ㄴ. I에 0.01몰을 추가한 것은 강염기, II는 중화 적정을 하고 있는 상황으로 이해하면 됩니다. I에서는 0.1L에 0.01몰이므로 0.1M으로 $\text{pH} = 13$, II에서는 반대로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 2$ 가 된 것으로 $[\text{H}^+] = \frac{1}{4} \times 10^{-7}$ 이므로 $\text{pH} = 7.\text{xxx}$ 가 됩니다. 따라서 $x < 2$ 입니다.

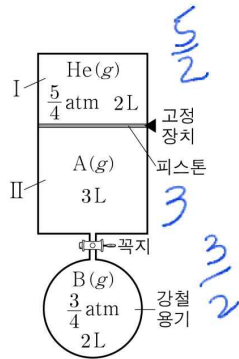
정확한 pH를 계산하려고 했으면 4를 처리하기 어려웠을 텐데, 이러한 로그 계산은 평가원 시험에서 요구하지 않기 때문에 계산이 되지 않으면 바로 부등호로 생각할 수 있도록 합니다.

ㄷ. $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{1}{2}$ 에서 작아지는지, 커지는지를 묻는 것으로 HCl을 추가하면 점차 산성쪽으로 가는 것이므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} < \frac{1}{2}$ 입니다.

14. 다음은 $\text{A}(\text{g})$ 와 $\text{B}(\text{g})$ 가 반응하여 $\text{C}(\text{g})$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 피스톤으로 분리된 실린더 I과 II에 각각 $\text{He}(\text{g})$ 과 $\text{A}(\text{g})$ 를, 꼭지로 분리된 강철 용기에 $\text{B}(\text{g})$ 를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다. 꼭지를 열어 $\text{B}(\text{g})$ 가 모두 소모될 때까지 반응시키고 고정 장치를 제거한 후 충분한 시간이 흘렀다. 이때 II에서 $\text{A}(\text{g})$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이고, $\frac{\text{I의 부피}}{\text{II의 부피}} = x$ 이다.



x 는? (단, 온도는 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 질량 및 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{5}{9}$ ② $\frac{2}{3}$ ③ $\frac{3}{4}$ ④ 1 ⑤ $\frac{3}{2}$

$$7 \times \frac{9}{14} = \frac{9}{2}$$

$$\frac{5}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{15}{4}$$

21

He, B의 몰수를 PV 상댓값으로 적고, A를 구해봅시다. A의 양을 x 라 하면 몰분율 $\frac{1}{3}$ 조

건에서 $\frac{x - \frac{3}{2}}{x + \frac{3}{2}} = \frac{1}{3} = \frac{2-1}{2+1}$ 과 같은 관계이므로 $x = 2 \times \frac{3}{2} = 3$ 을 쉽게 구할 수 있습니다.

반응식의 계수가 동일한 반응식이므로 반응 후에도 위쪽 $\frac{5}{2}$ 몰, 아래 $\frac{9}{2}$ 몰이므로 총 7L 중 아래가 $7 \times \frac{9}{14} = \frac{9}{2}$ L이고, 강철 용기 2L를 빼면 위, 아래 각각 $\frac{5}{2}$ L로 답은 4번입니다.

15. 표는 25℃에서 NaA(aq)과 HB(aq)에 대한 자료이다. 25℃에서 HB의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{1}{10}$ 이다.

수용액	농도(M)	pH
NaA(aq)	0.1	10.0
HB(aq)	x	5.0

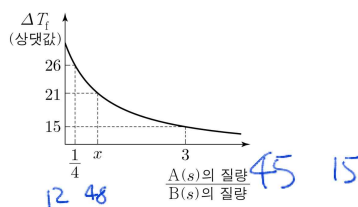
10^{-7}
 10^{-8}

HB(aq)에서 $\frac{[HB]}{[B^-]} = y$ 일 때, $x \times y$ 는? (단, 온도는 25℃로 일정하고, 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.) [3점]

- ① $\frac{1}{100}$ ② $\frac{1}{10}$ ③ 1 ④ 10 ⑤ 100

A⁻에서 K_b 를 계산하면 10^{-7} 으로 K_a 도 10^{-7} , 주어진 조건에서 HB의 $K_a = 10^{-8}$ 이므로 $x = 10^{-2}$ 입니다. 따라서 이때 이온화도는 10^{-3} 이고 $y = 10^3$ 입니다. 따라서 답은 4번입니다.

16. 그림은 물 w g에 A(s)와 B(s)를 함께 녹인 수용액의 어는점 내림 ΔT_f (°C)의 상댓값을 A(s)의 질량에 B(s)의 질량에 따라 나타낸 것이다. 물에 녹인 A(s)와 B(s)의 질량의 합은 60 g으로 일정하다.



x 는? (단, 압력은 1 atm으로 일정하고, A와 B는 비휘발성, 비전해질이며, 서로 반응하지 않는다. 용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

- ① $\frac{5}{7}$ ② $\frac{9}{11}$ ③ $\frac{7}{8}$ ④ 1 ⑤ $\frac{8}{7}$

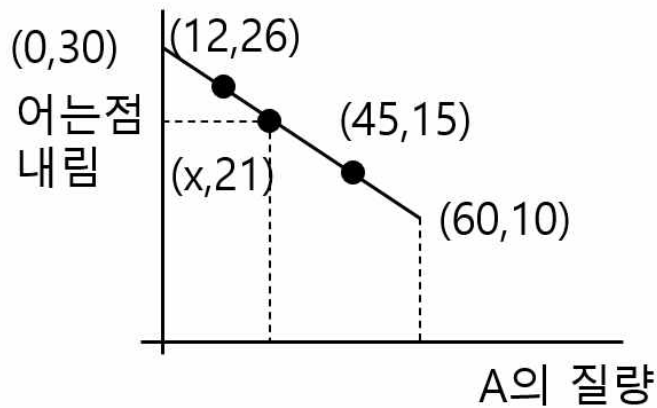
그래프가 질량비를 제시해서 어는점 내림이 곡선으로 제시되어서 헷갈렸을 수 있습니다. 합성함수의 그래프 그리기로 이렇게 곡선으로 그려진 것과 비슷한 느낌으로 이해하면 되겠습니다.

그래프 모양과는 달리, 전체 60g으로 일정할 때 실제로는 A, B의 질량에 따라 선형성을 지닌다는 점을 알고 있었으면 좋겠습니다. 이러면 26 → 21 → 15로 가는 것이 선형성이 있기 때문에 다시 해석하면 직선 위의 내분점을 구하는 것과 동일해집니다. 실제 그래프를 다시 그리면 다음과 같습니다.

실제로 그래프를 그리라는 것보다는 이러한 개념을 이해하고 머릿속으로 선형성이 있으니 내분하면 되겠다 - 정도의 사고를 하면 좋겠다는 뜻입니다.

즉 (12, 26)과 (48, 15)의 5:4 내분점을 구하라는 것이고, 이것이 $12 + 33 \times \frac{5}{11} = 27$ 입니다.

따라서 A의 질량은 27, B의 질량은 33이므로 $\frac{27}{33} = \frac{9}{11}$ 입니다.



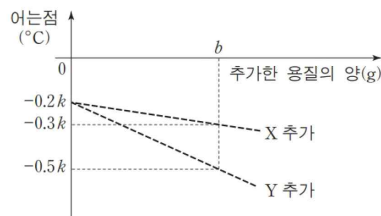
실제로 시험장에서는 내분점을 생각하기 어려웠을 수도 있습니다. 이런 경우에는 바로 연립 방정식을 세워 풀어주도록 합시다.

가장 기본은 분자량 M_A, M_B 로 나누어주는 방법이 있겠지만, 계산의 편의를 위해 $\frac{1}{M_A} = a, \frac{1}{M_B} = b$ 로 생각하여 일종의 계수와 같이 생각하면 $12a + 48b = 26, 45a + 15b = 15$ 로 연립방정식을 풀어주면 됩니다. a 를 지우든 b 를 지우든 비슷하게 계산이 복잡하므로 어느 쪽 이든 빠르게 계산하고 나면 $a = \frac{1}{6}, b = \frac{1}{2}$ 이고, 이를 이용해 어는점 내림이 21이 되는 A의 질량을 x 라 하면 $\frac{1}{6}x + \frac{1}{2}(60 - x) = 21$ 으로 $x = 27$ 이 되어서 답은 2번이 됩니다.

이러한 선형성은 지금까지 평가원 시험에서 자주 출제되었기 때문에, 연립방정식으로 푸는 것보다는 내분으로 푸는 법을 익혀두는 것이 좋을 것입니다. 만약 어려웠다면 다음 문항들을 같이 풀어보도록 합시다.

[2017.06.16.]

16. 그림은 1기압에서 물 1kg에 ① X와 Y의 혼합물 ag 을 녹여 만든 수용액 A에 X 또는 Y를 추가할 때, 추가한 용질의 양에 따른 용액의 어는점을 나타낸 것이다. 물의 몰랄 내림 상수(K_f)는 $k^\circ\text{C}/m$ 이다.



①에 들어 있는 $\frac{X \text{의 질량}}{Y \text{의 질량}}$ 은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질 이고 서로 반응하지 않는다.) [3점]

- ① $\frac{b-3a}{2b-2a}$ ② $\frac{3a-2b}{2b-a}$ ③ $\frac{2b-a}{3a-2b}$ 1)
④ $\frac{3a-b}{2b-3a}$ ⑤ $\frac{3a-2b}{b-3a}$

답은 2번입니다.

[2015.11.15.]

15. 표는 용매 A의 질량이 100 g인 용액 (가)~(다)의 어는점 내림(ΔT_f)이다.

용액		(가)	(나)	(다)
용질의 양(g)	X	9	5	3
	Y	1	5	7
$\Delta T_f(^{\circ}\text{C})$		a	x	$2a$

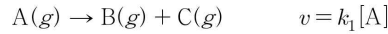
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이고, 서로 반응하지 않는다.) [3점]

〈 보 기 〉	
ㄱ. 화학식량은 Y가 X보다 크다.	1)
ㄴ. 용매 A의 몰분율은 (가)에서가 (다)에서보다 크다.	
ㄷ. x 는 $1.5a$ 보다 작다.	

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

답은 2번입니다.

17. 다음은 A(g)와 D(g)가 각각 분해되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 온도 T에서의 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T에서 부피가 같은 진공 강철 용기 (가)에 A(g)를, (나)에 D(g)를 넣은 후 각 반응이 진행될 때, 용기 속 전체 기체의 압력(P)을 반응 시간에 따라 나타낸 것이다. 반응 시간이 2min일 때

$\frac{\text{E(g)의 부분 압력}}{\text{B(g)의 부분 압력}} = \frac{7}{2}$ 이다. $\frac{4a}{6} \rightarrow \frac{8a}{6}$

반응 시간(min)		0	2	4	$\frac{b \times \frac{1}{8} \times 2}{\frac{2a}{3} \times \frac{3}{4}} = \frac{7}{2}$ $\frac{b}{3} \times \frac{3}{4}$ $\frac{b}{a} = 1$
P (atm)	반응기 2 (가)	$\frac{2}{3}a$	$\frac{7}{6}a$	$\frac{31}{24}a$	
	반응기 3 (나)	b	$\frac{15}{8}b$		

2min일 때 D(g)의 순간 반응 속도
4min일 때 A(g)의 순간 반응 속도는? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

- ① $\frac{7k_2}{5k_1}$ ② $\frac{3k_2}{2k_1}$ ③ $\frac{9k_2}{4k_1}$ ④ $\frac{8k_2}{3k_1}$ ⑤ $\frac{3k_2}{k_1}$ $\frac{k_2 \times 1 \times \frac{1}{8}}{\frac{2 \times 1}{3 \times 16}}$

1차 반응임이 제시되어 있기 때문에 반감기를 찾으려 해봅시다. 두 반응식 모두 반응물 계

수 1 → 생성물 계수 2가 되는 반응이므로 압력이 총 2배가 되는 반응입니다. 따라서 (가)에서는 $\frac{4}{6}a \rightarrow \frac{8}{6}a$ 가 되어야 하는데 2분간 이의 $\frac{3}{4}$ 배만 증가한 반감기 2번, (나)에서는 $b \rightarrow 2b$ 가 되어야 하는데 2분간 이의 $\frac{7}{8}$ 배만 증가한 반감기 3번의 상황입니다.

(가)의 경우 2분, 4분에서 각각 $\frac{1}{2}a, \frac{1}{8}a$ 가 증가한 것에서 $\frac{1}{4}$ 배로 반감기 2번임을 알 수도 있겠지만, (나)에서는 그렇게 알 수 없습니다. 오히려 이 문제에 한해서 (가)의 4분 조건은 제시되지 않아도 문제를 푸는 데 아무런 문제가 없는 조건입니다.

반감기를 구하는 두 가지 방법을 모두 잘 알아두도록 합시다.

이후로는 필요한 계산만 하면 됩니다. 부분 압력 비 $\frac{7}{2}$ 에서 반응 정도와 계수를 고려하여

$$\frac{b \times \frac{7}{8} \times 2}{\frac{2}{3}a \times \frac{3}{4}} = \frac{7}{2} \text{에서 } a = b \text{이고, (가)에서 4분일 때에는 초기 농도의 } \frac{1}{16} \text{배, (나)에서 2분일 때}$$

$$\text{에는 초기 농도의 } \frac{1}{8} \text{배로 계산해주면 } \frac{k_2 \times \frac{7}{8} \times 2}{k_1 \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{16}} = \frac{3k_2}{k_1} \text{로 답은 5번입니다.}$$

18. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

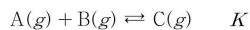
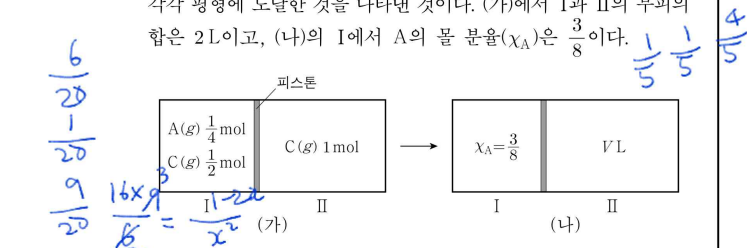


그림 (가)는 피스톤으로 분리된 실린더 I에 A(g)와 C(g)를, II에 C(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 I과 II 모두에서 반응이 진행되어 각각 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다. (가)에서 I과 II의 부피의 합은 2L이고, (나)의 I에서 A의 몰 분율(χ_A)은 $\frac{3}{8}$ 이다.



I에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하고, 피스톤의 마찰과 부피는 무시한다.) [3점]

<보 기>

㉠ $V = \frac{6}{5}$ 이다.

㉡ $K = 25$ 이다. 24

㉢ (나)에서 피스톤을 제거한 후 새로운 평형에 도달하면 A의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 보다 크다. $\frac{1}{2} \frac{4}{3}$

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

ㄱ을 먼저 보고 대답했느냐, 아니면 순수 계산으로 풀었느냐에 따라 체감 난이도가 완전히 달라지는 문항입니다. 다른 문항들은 대개 대답하지 않고 풀어도 풀이가 속달되어 있으면 거의 비슷한 데 반해, 이 문제는 대답 여부에 따라 시간 차이가 많이 납니다. 수능에서도 이러한 문제가 출제될 수 있기 때문에, 현장에서 잘 풀리지 않는다면 선지 대답 후 풀어볼 수는

없을지 생각해 보는 것이 좋겠습니다.

그래도 해설할 때에는 정석 위주로도 풀이하겠습니다. 선지를 주지 않고 난이도를 올릴 수도 있기 때문입니다.

ㄱ. 일단 ㄱ을 판단하려 가는 길도 복잡합니다. A의 물분율을 $\frac{3}{8}$ 을 직관적으로 생각해내기 어려우니 계산해보면, 전체 $(\frac{3}{4} + x) \times \frac{3}{8} = \frac{1}{4} + x$ 와 같이 식을 쓰고 $x = \frac{1}{20}$ 로 A, B, C 각각 $\frac{6}{20}, \frac{1}{20}, \frac{9}{20}$ 몰임을 알 수 있습니다.

이때 공간 I의 전체 몰수는 $\frac{4}{5}$ 몰인데, ㄱ은 $V = \frac{6}{5}$ 이라고 묻고 있습니다. 이러면 공간 II가 $\frac{6}{5}$ 몰로 A, B, C가 각각 $\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{4}{5}$ 몰이라는 가정이 실제로 들어맞는지 확인합시다. 양측 공간

에서 K 를 계산하면 $\frac{\frac{9}{20} \times \frac{4}{5}}{\frac{6}{20} \times \frac{1}{20}} = 24, \frac{\frac{4}{5} \times \frac{6}{5}}{\frac{1}{5} \times \frac{1}{5}} = 24$ 로 양측이 동일하므로 ㄱ은 맞는 가정이고,

ㄱ은 맞습니다. $K = 24$ 인 것도 확인하였습니다.

한편 대입하지 않고 계산한다면, 사실상 압력 평형을 쓰지 않고서는 풀이가 거의 불가능합니다. 가능한 하지만 몰수 변화에 따라 왼쪽, 오른쪽 부피가 모두 변하면서 평형 상수 계산을 해야해서 굉장히 복잡해집니다. 부피가 계속해서 변하는 상황이니 몰분율로 압력 평형을 써주는 것이 좋습니다.

공간 II에서 A, B의 몰분율을 x , C의 몰분율을 $1 - 2x$ 라고 하면, 양쪽의 압력은 동일하므로

평형 상수 식에 몰분율을 대입해서 계산하면 됩니다. $K_p = \frac{\frac{9}{16}}{\frac{6}{16} \times \frac{1}{16}} = \frac{1 - 2x}{x^2}$ 로

$24x^2 + 2x - 1 = 0$ 이므로 $(6x - 1)(4x + 1) = 0$ 이므로 $x = \frac{1}{6}$ 입니다. 이를 다시 몰수로 바꾸어

주면 A, B가 $\frac{1}{5}$ 몰, C가 $\frac{4}{5}$ 몰인 상황으로 양쪽 몰수비가 4:6으로 $V = \frac{6}{5}$ 입니다.

여기서 $K_p = 24$ 가 나온 것으로 ㄴ을 맞다고 해버렸을 수도 있는데, 실제로는 ‘우연히’

$K_p = 24 = K_c$ 였던 상황입니다. (여기서는 우연히 $\frac{6}{5}$ 몰 = $\frac{6}{5}$ L인 상황이기 때문에) 따라서 이

렇게 계산했으면 A, B, C $\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{4}{5}$ 몰로 다시 K_c 를 계산해야 합니다. 압력 평형 상수와 농도 평형 상수 모두를 계산해야 하는 상황입니다.

따라서 이렇게 풀기에는 첫 번째로 바로 압력 평형을 생각해내는 데 어려움을 느끼고, (+ 농도 평형으로 풀었으면 거의 못 풀 정도의 계산량이 들어가서 반드시 압력 평형을 생각했어야 했고) 두 번째로는 다시 압력 평형 상수와 농도 평형 상수 둘 다를 계산해야 해서 이 둘 다를 잘 해내기에는 풀이가 너무 길어지고 매우 힘들어지는 상황이었습니다. 실제로 이런 문제

가 수능에 출제될 수 있으니 실전에는 선지를 대입하는 것 역시 거부감을 가지지 않고 할 수 있어야 하겠습니다.

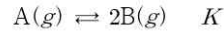
ㄷ. 피스톤을 제거하고 양측 A, B, C를 더해보면 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{5}{4}$ 몰입니다. 이때의 몰분율은 $\frac{1}{4}$ 인

데, $Q = \frac{\frac{5}{4} \times 2}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}} = 20$ 이므로 정반응이 일어나고, A의 몰분율은 $\frac{1}{4}$ 보다 큼니다.

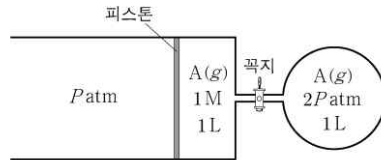
이와 같이 일반적으로 혼합 시의 상황을 선지로 제시하여 물어보지만, 6평에서 혼합 시의 몰분율이 아닌 무작위 상황의 정반응/역반응을 물어본 적도 있기 때문에, 다른 경우를 묻더라도 당황하지 않고 계산하는 것이 필요하겠습니다.

[2022.06.20.]

20. 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 온도 T 에서 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 $A(g)$ 가 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 실린더와 강철 용기에서 반응이 진행되어 각각 도달한 평형 상태에서 실린더 속 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이고, 강철 용기 속 $B(g)$ 의 몰 농도는 $x M$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. T 에서 $K=2$ 이다.

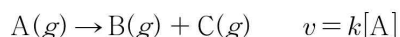
ㄴ. $x = \frac{4}{3}$ 이다.

ㄷ. 꼭지를 연 후 새로운 평형에 도달하면 전체 기체의 부피는 $\frac{13}{3} L$ 보다 작다.

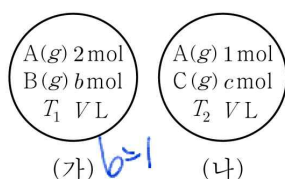
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

답은 2번입니다.

19. 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)~C(g)를 넣은 초기 상태를, 표는 온도 T_1 과 T_2 에서 이 반응이 진행될 때 $\frac{P_A}{P_B + P_C}$ 를 반응 시간에 따라 나타낸 것이다. $P_A \sim P_C$ 는 각각 A(g)~C(g)의 부분 압력이고, (나)에서 $4t$ 일 때 C(g)의 양(mol) $\frac{2.5}{2.5} = 1$ 이다.



반응 시간	t	$2t$	$3t$	$4t$
$\frac{P_A}{P_B + P_C}$ (가)	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{18}$	
(나)		x		$\frac{1}{13}$

$\frac{c \times x}{b}$ 는? (단, (가)와 (나)의 온도는 각각 T_1 과 T_2 로 일정하고, 역반응은 일어나지 않는다.)

- ① $\frac{2}{5}$ ② $\frac{7}{18}$ ③ $\frac{7}{20}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{7}{22}$

1차 반응이 제시되었고, 분수로 제시된 반응 속도를 해석하는 문항입니다. 주어진 정보 중 활용할 만한 게 (가)에서 분수들 밖에 없어서 이를 해석해야 합니다. t 초마다 반감기 1번씩 진행하는 것으로 $\frac{1}{18}$ 부터 거슬러 올라갑니다. 분자를 2배씩 하고, 반응 계수를 고려하여 분자 변화량에 2를 곱해서 분모도 변화시켜 줍니다. 그러면 $\frac{1 \times 2}{18 - 2} = \frac{2}{16}$, $\frac{2 \times 2}{16 - 4} = \frac{4}{12}$, $\frac{4 \times 2}{12 - 8} = \frac{8}{4}$ 과 같이 전부 맞아 떨어지는 것을 확인할 수 있고, (가)의 반감기가 t 초이고 0초일 때에는 A와 B의 비율이 2:1임도 확인할 수 있습니다. 따라서 $b = 1$ 입니다.

여담으로, 3, 8, 18의 약 2배보다 큰 차이로 변화하는 비율에서 점화식을 생각해서 어느 정도 반감기가 t 초일 것이라고 직관적으로 생각하고 계산해볼 수도 있습니다. 반감기 t 초로 생각하는 근거가 없어도 위와 같이 잘 풀 수 있겠지만 이러한 개념을 갖고 있으면 좀 더 확신을 가지고 풀이해볼 수 있습니다.

(가)에서 반감기 2번 지났을 때, A 1.5몰이 반응했고 초기 B 1몰이었으므로 2.5몰입니다. 따라서 (나)에서 $4t$ 일 때 2.5몰일 것입니다. 마찬가지로 반감기를 거슬러 $\frac{1}{13} \rightarrow \frac{2}{11} \rightarrow \frac{4}{7} \rightarrow \frac{8}{-1}$ 와 같이 생각해볼 수 있습니다. $\frac{8}{-1}$ 은 더 이상 반감기가 진행할 수 없는, 즉 초기 상태가 $\frac{4}{7}$ 일 것임을 시사하는 것입니다.

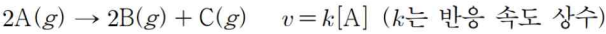
다만 이것만으로 초기 상태가 $\frac{4}{7}$ 라고는 확정할 수 없고, $\frac{4}{7}$ 로 확정하려면 주어진 조건까지

들어맞는지 확인해야 합니다. $\frac{4}{7}$ 라고 가정했을 때 초기 C가 1.75몰이었을 것이고, 반감기 2번 진행하였을 때 0.75몰 반응하므로 4t일 때 2.5몰이라는 결과와 들어맞게 됩니다. 따라서 이와 같이 (나)의 반감기는 2t로 해석하는 것이 맞는 해석이고, $x = \frac{2}{11}$, $c = \frac{7}{4}$ 이고 답은 5번입니다.

이 문제 또한 연역적으로 풀기에는 어려운 점이 많습니다. 다시 한 번 강조하지만 고등 화학 II에서 반응 속도의 해석은 반감기 외에는 없고, 반드시 완벽하게 풀 수 없는 문제가 많기 때문에 반감기를 가정하고 푸는 것이 필요하고, 만약 그 가정이 결과와 들어 맞는다면 다른 경우의 수를 생각하지 않아도 됩니다. 이 경우에도 반감기 t, 2t로 들어 맞는 경우만 생각하고 다른 경우는 생각하지 않아도 됩니다.

[2022.09.17.]

17. 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 부피가 같은 2개의 강철 용기에 같은 질량의 A(g)를 각각 넣은 후, 서로 다른 온도 T_1 , T_2 에서 반응시킨 실험 I 과 II의 자료이다. 반응 시간(t)이 $t = 20 \text{ min}$ 일 때 $\frac{\text{II에서 B의 질량}}{\text{I에서 C의 질량}} = \frac{5}{6}$ 이다.

실험	온도	$\frac{t = 40 \text{ min일 때 A의 몰 분율}}{t = 20 \text{ min일 때 A의 몰 분율}}$	$t = 30 \text{ min일 때 A의 몰 분율}$
I	T_1	$\frac{11}{47}$	x
II	T_2	$\frac{5}{11}$	

$x \times \frac{\text{A의 화학식량}}{\text{C의 화학식량}}$ 은? 1)

- ① $\frac{9}{92}$ ② $\frac{5}{46}$ ③ $\frac{3}{23}$ ④ $\frac{7}{46}$ ⑤ $\frac{5}{23}$

답은 1번입니다.

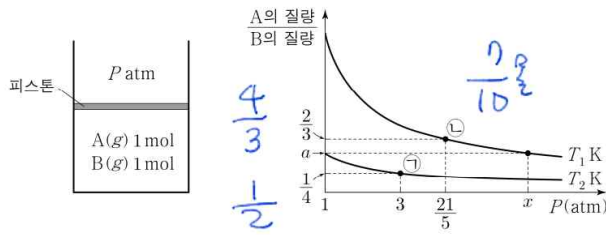
20. 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림 (가)는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 온도가 T_1 K 또는 T_2 K로 일정할 때, 반응이 진행되어

도달한 평형에서 압력(P)에 따른 A의 질량/B의 질량을 각각 나타낸 것이다.

$$\frac{T_1 \text{ K에서의 } K}{T_2 \text{ K에서의 } K} = \frac{5}{24} \text{ 이다.}$$



(가)

(나)

$x \times \frac{\text{㉠에서 기체의 부피}}{\text{㉡에서 기체의 부피}}$ 는? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① 6 ② $\frac{20}{3}$ ③ 7 ④ $\frac{64}{9}$ ⑤ 8

$$\frac{1}{x} \times \frac{T_1}{T_2} = \frac{5}{24}$$

$$\frac{T_1}{T_2} \times \frac{7}{6} \times \frac{5}{9} = \frac{5}{6} \times \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{\frac{9}{5} \times T_1}{\left(\frac{12}{5}\right)^2} = \frac{5}{24}$$

$$\frac{T_1}{32T_2} = \frac{1}{24} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{4}{3}$$

계산이 정말 많은 문항입니다. 문제 호흡이 길기 때문에 정말 끝까지 집중해서 풀어야 하는

문항입니다. 딱히 특별히 계산 과정을 줄일 부분도 없어서 기본기가 중요한 문항입니다. 문제를 푸는 데 오래 걸렸을 법한 **주요 발상 포인트**를 위주로 해설을 봅시다.

이 문항을 푸는 데 기본은 늘 그렇듯 첫째, 어느 상황을 서로 비교할 것인가, 둘째, $PV=nRT$ 와 K 의 계산 둘 중 어느 식을 사용할지입니다. 실제로는 단순 계산에 걸린 시간보다도 이 개념을 정확히 적용하는 데에 시간이 오래 걸렸을 수 있습니다. 계산을 하기 전에, 이 문제를 손을 대지 않고 풀이 계획만 세울 수 있는지를 점검해 봅시다.

먼저 어느 상황을 비교해야 할까요? 구해야 하는 것이 ㉠, ㉡을 묻기 때문에 먼저 ㉠, ㉡은 당연한거고, x 를 구하려면 x 와 나머지 상황 하나를 비교해야 합니다. 그런데 물분울 a 는 구할 수 없는 미지수이기에 같은 물분울 a 와 비교해야 할 것입니다. 즉 1기압 물분울 a , T_2 와만 비교할 수 있습니다.

그 다음으로 $PV=nRT$ 와 K 중 무엇을 쓸 수 있을까요? ㉠, ㉡의 비교에서 V 를 묻고 있으니 $PV=nRT$ 는 당연히 써야 하고, 몰수비를 제시해서 A, B 각각의 몰수도 알고 K 를 계산할 수 있으니 K 도 사용해야 합니다.

한편 x 와의 비교에서는, 부피도 모르고 P 도 모르므로 $PV=nRT$ 를 쓰기는 어려울 것 같고, K 에서 물분울이 동일하므로 이 점을 이용해서 써볼만 할 것입니다.

또한 항상 그런 것은 아니지만 일반적으로 $PV=nRT$ 의 계산과 K 의 계산 중 $PV=nRT$ 를 쓰는 것이 더 편해서 $PV=nRT$ 를 먼저 계산하는 것이 좋습니다. 이러한 문제가 20번 정도에 출제될 가능성이 많아 풀다가 중간에라도 답 가지를 줄이려면, 간단한 계산부터 빠르게 해결해서 확률을 높이는 쪽이 좋습니다.

처음에 전부 계획을 하고 풀이를 시작하라는 게 아니라, 풀이를 하면서 새로운 식을 쓰는 전환이 막힘없이 이루어져야 합니다. 이렇게 완벽하게 계획하고 풀 필요도 없고, 비교 각각에서 $PV=nRT$ 를 활용했는지 / K 를 활용했는지 체크리스트처럼 체크하면서 안 쓴 조건이 있는지 확인하면 좋을 것입니다. 실제로 처음 이 문항을 풀 때 무슨 식을 더 써야 하는지 헷갈린 사람들이 많을 텐데 어디서 생각이 멈췄었는지 다시 복기해 보도록 합시다.

이제 계산을 시작합시다. 비교의 순서는 중요하지 않은데, 1기압과 x 기압의 비교는 P, T 만 비교하면 되는데, ㉠, ㉡의 비교는 몰수 n 도 변화하므로 1기압과 x 기압의 비교부터 해봅시다.

농도 평형으로 계산하면 부피를 미지수로 잡아서 계산해야 하는데 이는 복잡하고, 또한 몰수보다 물분울로 제시하는 경우가 많기 때문에 가능하면 압력 평형을 쓰는 게 좋을 것입니다. 압력 평형을 쓰는 근거도 잘 익혀 둡시다.

이 때 $K = \frac{P_C \times RT}{P_A \times P_B}$ 와 같은 형태인데, 부분 압력은 (전체 압력) $\times$ (물분울)의 형태이므로

$\frac{K_1}{K_2}$ 과 같이 비교하면 물분울이 동일한 경우에는 전체 압력비 x 만 남게 될 것입니다. 즉

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{(x \times X_C) \times RT_1}{(x \times X_A) \times (x \times X_B)}}{\frac{(1 \times X_C) \times RT_2}{(1 \times X_A) \times (1 \times X_B)}} \text{에서 전부 약분되어 } \frac{1}{x} \times \frac{T_1}{T_2} = \frac{5}{24} \text{입니다. 여담으로 계산할 때}$$

T_1, T_2 와 ㉠, ㉡의 대응 관계가 약간 다를 수 유념하면서 계산 상 실수가 없도록 합시다.

이제 ㉠, ㉡을 비교합시다. 먼저 A, B의 질량이 제시되어 있는 것을 몰수비로 바꾸어 줍시다. A의 분자량을 1, B의 분자량을 2라고 하면 분자에 2배씩 곱해서 몰수비 $\frac{4}{3}, \frac{1}{2}$ 로 생각해 줍시다. 초기 A가 1몰, B가 1몰으로 제시되어 있는데 이는 신경쓰지 않아도 됩니다. 여차피 초기 양은 ㉠, ㉡ 동일하므로 몰분율로 계산하는 몰수만 정확히 비교할 수 있으면 됩니다.

몰분율을 이용한 몰수 계산에서 ㉠은 $\frac{1+2}{1+2 \times 2} = \frac{3}{5}$ 몰, ㉡은 $\frac{4+3}{4+3 \times 2} = \frac{7}{10}$ 몰입니다.

이러면 $PV = nRT$ 에서 $V \propto \frac{nT}{P}$ 이므로 $\frac{\text{㉡의 부피}}{\text{㉠의 부피}} = \frac{7}{6} \times \frac{T_1}{T_2} \div \frac{\frac{21}{3}}{\frac{5}{6}} = \frac{5}{6} \times \frac{T_1}{T_2}$ 입니다. 이러면 앞서 구했던 $\frac{1}{x} \times \frac{T_1}{T_2} = \frac{5}{24}$ 에서, $x \times \frac{\text{㉡의 부피}}{\text{㉠의 부피}} = \frac{24}{5} \times \frac{T_1}{T_2} \times \frac{5}{6} \times \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{2T_1}{T_2}\right)^2$ 입니다.

이러면 답 자체는 하나로 확정됩니다. 선지 중에 유리수의 제곱이 4번밖에 없기 때문에 답은 4번만 가능합니다. 만약 시간이 없었다면 여기서 바로 4번을 찍는 방법도 있었겠지만 실제로 이렇게 찍어서 맞추는 경우는 거의 없었을 것 같습니다.

마져 K 도 계산합시다. 몰분율로 부분 압력을 계산하면 ㉠에서 부분 압력이 A, B 1, 2기압

$$\text{이고, ㉡에서 A, B } \frac{12}{5} \text{ 기압, } \frac{9}{5} \text{ 기압입니다. } K = \frac{\frac{(\frac{9}{5}) \times T_1}{(\frac{12}{5})^2}}{\frac{2T_2}{1^2}} = \frac{5}{24}, \frac{T_1}{T_2} = \frac{4}{3} \text{로 답은 } \frac{64}{9} \text{입니다.}$$

다.

최근 출제된 유사 20번 문항들을 풀어봅시다. 전반적인 상황은 [2021.11.20.]을, 몰분율을 이용한 계산은 [2022.11.20.]에서 더 깊게 다룬 느낌의 문항입니다.

[2021.11.20.]

20. 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

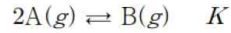
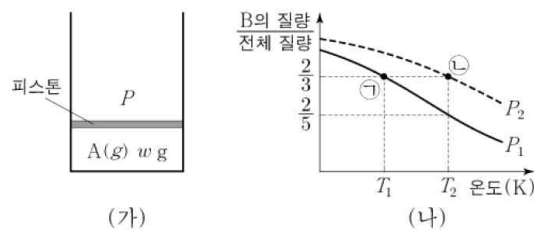


그림 (가)는 실린더에 $A(g)$ w g을 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 외부 압력(P)이 P_1 또는 P_2 로 일정할 때, 반응이 진행되어 도달한 평형에서 온도에 따른 $\frac{B \text{의 질량}}{\text{기체의 전체 질량}}$ 을 각각 나타낸 것이다. $\frac{\text{㉠에서 기체의 부피}}{\text{㉡에서 기체의 부피}} = 4$ 이다.



$\frac{T_2}{T_1}$ 는? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점] 1)

- ① $\frac{9}{8}$ ② $\frac{8}{7}$ ③ $\frac{7}{6}$ ④ $\frac{6}{5}$ ⑤ $\frac{5}{4}$

답은 1번입니다.

[2022.11.20.]

20. 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

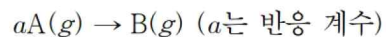
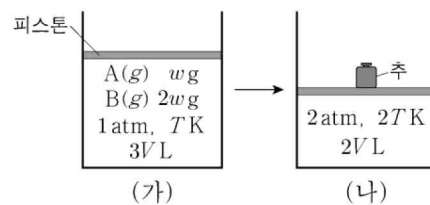


그림 (가)는 TK 에서 실린더에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 들어 있는 초기 상태를, (나)는 $2TK$ 에서 (가)의 피스톤 위에 추를 올려 외부 압력을 증가시킨 후 $A(g)$ 의 일부가 반응한 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 $A(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{2}{3}$ atm이다.



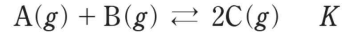
(나)에서 $\frac{B \text{의 질량(g)}}{A \text{의 질량(g)}}$ 은? [3점] 1)

- ① 8 ② 7 ③ 6 ④ 5 ⑤ 4

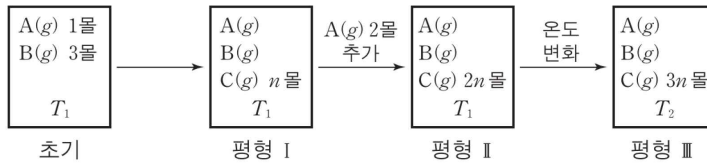
답은 1번입니다.

[2018.11.18.]

18. 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C를 생성하는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 온도 T_1 에서 강철 용기에 A(g) 1몰과 B(g) 3몰을 넣어 도달한 평형 I과, 평형 I에서 순차적으로 조건을 달리하여 새롭게 도달한 평형 II, III을 나타낸 것이다. 평형 I ~ III에서 C(g)의 몰수는 각각 n 몰, $2n$ 몰, $3n$ 몰이다.



$\frac{\text{평형 III에서의 평형 상수}}{\text{평형 I에서의 평형 상수}}$ 는? [3점]

1)

- ① 2 ② 3 ③ 6 ④ 8 ⑤ 9

다소 다른 문항이지만, 제공수를 이용해서 답을 확정지을 수 있었던 문항입니다. 답은 5번입니다.