

1. 다음은 물의 특성에 대한 설명이다.

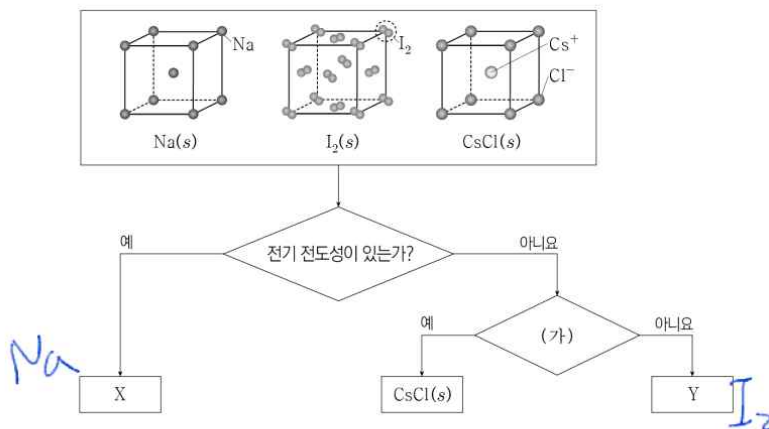
물은 같은 질량의 철에 비해 (가) 이/가 크기 때문에 쉽게 데워지지 않는다. 이는 물 분자 사이의 (나) 결합을 끊는 데 열에너지가 사용되기 때문이다.

(가)와 (나)로 가장 적절한 것은?

- | | (가) | (나) | | (가) | (나) |
|---|-------|-----|---|-----|-----|
| ① | 밀도 | 공유 | ② | 열용량 | 공유 |
| ③ | 밀도 | 수소 | ④ | 열용량 | 수소 |
| ⑤ | 표면 장력 | 공유 | | | |

비열 열용량 둘 다 맞는 말이고, 수소 결합을 끊어야 기화됩니다.

2. 그림은 3가지 고체를 분류한 것이다. 각 고체의 결정 구조는 모형으로 나타내었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각 결정의 단위세포는 정육면체이다.)

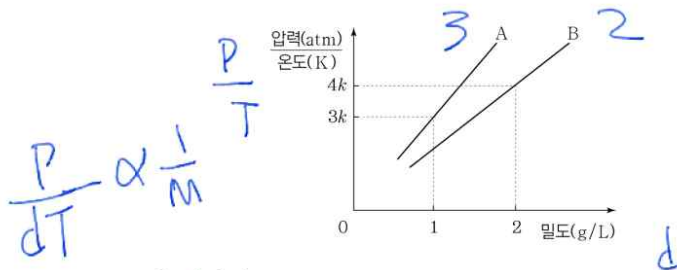
- <보 기>
- ☒ ㉠ '이온 결정인가?'는 (가)로 적절하다.
 - ☒ ㉡ X의 결정 구조는 면심 입방 구조이다.
 - ☒ ㉢ Y는 분자 결정이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

이온결정이 CsCl(l) 혹은 CsCl(aq)라면 전기전도성이 있겠지만 (s)이기 때문에 X는 Na만 가능합니다. Y는 I₂로 확정되고요. 이럴 때 ㉠ 선지는 적절합니다.

㉡. 그림에서 Na는 체심 입방 구조이고, ㉢. I₂는 분자 결정입니다.

3. 그림은 A(g), B(g)의 밀도와 $\frac{\text{압력}}{\text{온도}}$ 을 나타낸 것이다.



$\frac{\text{B의 분자량}}{\text{A의 분자량}}$ 은? [3점]

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

가로축, 세로축의 변수들을 보면 $PM = dRT$ 와 관련 있는 그래프입니다. 기울기를 구하면 분자량과 반비례함을 알 수 있습니다. 따라서 4번입니다.

4. 그림은 분자량이 비슷한 3가지 물질의 기준 끓는점을 나타낸 것이다.



액체 상태의 3가지 물질에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. 분자 사이에 분산력이 존재하는 물질은 1가지이다.
 - ㄴ. CH_3F 이 SiH_4 보다 기준 끓는점이 높은 주된 이유는 쌍극자-쌍극자 힘 때문이다.
 - ㄷ. CH_3OH 의 기준 끓는점이 가장 높은 주된 이유는 분자 사이에 수소 결합이 존재하기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Si, F, O의 원자량 등을 주지 않았지만 분자량이 비슷하다는 조건을 제시하였습니다. 따라서 분산력은 비슷하니 각 물질 별로 차이날 만한 요인에 그대로 답해주면 됩니다.

- ㄱ. 분산력은 모든 분자에 존재하고
 ㄴ. ㄷ. 둘의 차이에 대해 그렇다고 답하면 됩니다.

5. 다음은 반응 속도를 조절하는 생활 속 사례를 학습하기 위한 카드에 대한 설명이다.

○ 카드 앞면: 조건을 변화시켰을 때 반응물의 분자 운동 에너지 분포의 변화

I

II

III

○ 카드 뒷면: 카드 앞면의 조건 변화를 이용하여 반응 속도를 조절하는 생활 속 사례

(가)

냉장고에 넣은 음식은 쉽게 상하지 않는다.

(나)

추운 겨울에도 온실에서는 딸기가 잘 자란다.

(다)

세제 속의 효소는 찌든 때를 빠르게 제거한다.

I ~ III에 해당하는 카드 뒷면을 옳게 고른 것은? (단, E_a 는 활성화 에너지이다.)

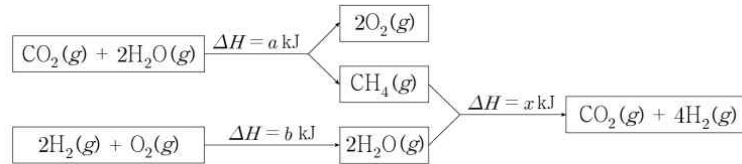
- | | | | | | |
|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|------------|
| <u>I</u> | <u>II</u> | <u>III</u> | <u>I</u> | <u>II</u> | <u>III</u> |
| ① (가) (나) (다) | ② (가) (다) (나) | | ③ (나) (가) (다) | ④ (나) (다) (가) | |
| ⑤ (다) (가) (나) | | | | | |

답은 그나마 고를 수 있겠지만 오류 문항입니다. 그나마 (다)의 경우에는 세제와 세탁물이라는 무생물을 대상으로 한 반응이지만(이마저도 촉매가 아닌 효소라고 쓴 게 이상하지만) (가), (나)의 경우에는 촉매보다는 효소에 대한 사례입니다. 즉 (가)와 (나)는 온도 변화로 인한 분자 운동 에너지 분포 변화도 있겠지만 그보다는 ‘효소가 적정 온도에서 활동하는지’ 여부가 더 중요합니다.

예를 들어 (나)를 이 문제만으로 접근하면 온실의 온도를 80도, 100도까지 올리면 딸기가 훨씬 잘 자라야 합니다. 그러나 실제로는 딸기가 잘 자라는 적정 온도를 넘어가면 자라는 건 커녕 딸기는 죽어버릴 것입니다. 즉 (가)와 (나) 모두 효소에 대한 예시이지 I과 III의 예시가 아닙니다. 즉 문항 오류입니다.

시험 보는 입장에서 그나마 맞는 선지를 고르면 2번이 되겠지만 명백히 잘못된 문항입니다.

6. 그림은 25 °C, 1 atm에서 $\text{CH}_4(g)$ 과 관련된 반응의 반응 엔탈피 (ΔH)를 나타낸 것이다.



x 는? (단, 25 °C, 1 atm에서 $\text{H}_2(g)$, $\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.)

- ① ☒ $-a-2b$ ② $-a-b$ ③ $a-b$ ④ $2a-b$ ⑤ $a+2b$

32

$$-x = a + 2b$$

은근히 헷갈릴 수 있는 문항입니다. O_2, H_2 부분은 생성 엔탈피가 0으로 이를 제외한 $\text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{H}_2\text{O}$ 의 계수만 맞도록 a, b, x 를 조합하면 답이 나옵니다. $-x$ 를 기준으로 a 를 더하고, H_2O 의 계수가 생성물에 2가 있도록 $2b$ 를 더하면 $-x = a + 2b$ 입니다.

다만, 이렇게 푸는 것이 헷갈릴 수 있으니 도식에서 바로 연산이 잘 되지 않는다면 a, b, x 식을 다 쓰고 조합하는 것이 좋겠습니다.

7. 다음은 묽은 용액의 성질에 대한 원격 수업의 일부이다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ ☒ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

A, B 모두 맞는 내용이고, C는 기화열에 관련된 내용으로 어느점 내림과 상관이 없습니다.

8. 다음은 물질 A에 대한 자료이다. A는 H_2O 와 CO_2 중 하나이다.

- 3중점의 온도 및 압력은 각각 $T\text{K}$, $P_1\text{ atm}$ 이다.
- $T\text{K}$, $P_2\text{ atm}$ 에서 A의 안정한 상은 액체이다.
- $P_2\text{ atm}$ 에서 A의 끓는점은 $\frac{5}{4}T\text{K}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. A는 H_2O 이다.

ㄴ. $P_1 < P_2$ 이다.

ㄷ. $\frac{5}{4}T\text{K}$, $P_1\text{ atm}$ 에서 A의 안정한 상은 고체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

삼중점 그래프를 잘 그릴 수 있어야 합니다.

첫 번째 조건을 보면서 승화, 증기 압력 곡선을 그리고 삼중점을 찍고,

두 번째 조건을 보면서 용해 곡선을 그림과 같이 그릴 수 있어야 합니다. ‘액체’라는 것에서 당연히 $P_2 > P_1$ 이고 용해 곡선의 기울기가 음수입니다.

세 번째 조건은 그래프를 그리는 데에는 의미가 없지만 해당하는 점을 찍어줍니다.

ㄱ. 용해 곡선 기울기에 따라 H_2O 입니다.

ㄴ. 맞습니다.

ㄷ. 그래프에서 해당 영역은 기체 영역입니다.

9. 다음은 25℃, 1 atm에서 3가지 반응의 열화학 반응식과 2가지 결합의 결합 에너지에 대한 자료이다.

- $\text{C}_2\text{H}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g) \quad \Delta H = -174 \text{ kJ}$
- $\text{C}_2\text{H}_6(g) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H = 137 \text{ kJ}$
- $\text{C}_2\text{H}_4(g) + 3\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -1410 \text{ kJ}$

결합	C-H	H-H
결합 에너지(kJ/mol)	410	436

25℃, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25℃, 1 atm에서 $\text{H}_2(g)$, $\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다.) [3점]

— < 보 기 > —

ㄱ. $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 을 완전 연소시켜 1 mol의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 -705 kJ이다.

ㄴ. $(\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피) - $(\text{C}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피) = -311 kJ/mol이다.

ㄷ. $(\text{C} \equiv \text{C}$ 결합의 결합 에너지) - $(\text{C} = \text{C}$ 결합의 결합 에너지) = 210 kJ/mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$$x + 436 - 820 = -174 \quad \boxed{12}$$

$$x = 210$$

ㄱ. 해당하는 연소 엔탈피는 세 번째 줄에 해당하고, 조건대로 계산하면 $-\frac{1410}{2} = -705 \text{ kJ}$ 입니다.

ㄴ. 첫 번째 줄과 두 번째 줄에서 C_2H_6 , C_2H_2 만을 남기도록 식을 정리하려면 $-174 - 137$ 이어야 하고, -311 kJ/mol 이 맞습니다.

ㄷ. $\text{C} \equiv \text{C}$, $\text{C} = \text{C}$ 결합은 C_2H_2 , C_2H_4 에 있으므로 첫 번째 식에서 계산합니다. $(\text{C} \equiv \text{C}) + 2(\text{C}-\text{H}) + (\text{H}-\text{H}) - (\text{C} = \text{C}) - 4(\text{C}-\text{H}) = -174$ 이고, $\text{C} \equiv \text{C}$, $\text{C} = \text{C}$ 부분을 x 로 묶고 계산하면 $x - 2(\text{C}-\text{H}) + (\text{H}-\text{H}) = -174$, 대입하고 계산하면 210이 나옵니다.

여담으로 자리수 계산법으로 일의 자리부터 계산한다면 받아내림을 빼먹지 않도록 합니다.

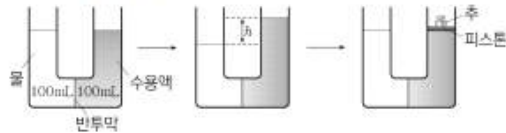
10. 다음은 학생이 삼투압에 대해 학습한 후 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

- 일정한 온도에서 삼투압의 크기는 용질의 종류에 관계없이 일정량의 용액에 녹아 있는 용질의 입자 수에 비례한다.

[탐구 과정]

- (가) 25℃, 1 atm에서 A(s) 1 g을 물에 녹여 수용액 100 mL를 만든다.
- (나) 반투막으로 분리된 U자관에 물과 (가)에서 만든 수용액을 넣는다.
- (다) 충분한 시간이 지난 후 양쪽 수면의 높이가 같게 유지 되도록 추를 올려놓는다.



- (라) 용질의 종류와 질량을 달리하여 과정 (가)~(다)를 반복한다.

[탐구 결과]

수용액	I	II	III	IV	V	VI
A의 질량(g)	1	2	0	0	1	2
B의 질량(g)	0	0	x	2	2	1
추의 수(개)	1	2	2	4	5	y

[결론]

- 가설은 옳다.

학생의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용질은 비휘발성, 비전해질이고 서로 반응하지 않는다. 대기압과 온도는 일정하며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다. 사용한 추의 질량은 모두 동일하다.) [3점]

<보 기>

☒ ㄱ. $x = 1$ 이다.

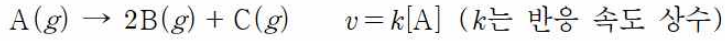
☒ ㄴ. $y = 4$ 이다.

☒ ㄷ. 화학식량은 $A > B$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중간의 h 는 왜 있는 것인지 알 수 없지만 결국 삼투압 정의를 물어보기 때문에 그대로 계산만 해주면 됩니다. 표에서 II와 IV를 비교하면 B의 질량에 2배해주고 계산하면 됩니다. 즉 $x=1$ 이고 $y=4$ 입니다. 화학식량은 A가 B의 2배일 것입니다.

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



표는 강철 용기에 $A(g)$ 를 넣어 반응시킬 때, 반응 시간에 따른 순간 반응 속도와 $C(g)$ 의 몰 분율을 나타낸 것이다.

시간(min)	t_1	t_2	t_3
순간 반응 속도(상댓값)	8	4	y 2
$C(g)$ 의 몰 분율 $\frac{0}{2}$	$\frac{1}{4}$	x $\frac{3}{10}$	$\frac{7}{22}$

$\frac{y}{x}$ 는? (단, 온도는 일정하다.)

- ① $\frac{11}{7}$ ② 2 ③ $\frac{22}{7}$ ④ $\frac{20}{3}$ ⑤ $\frac{40}{3}$

흔하게 출제되는 문제이기 때문에 계산하는 방법은 많습니다.

먼저 t_3 에서 분자에 7이 있기 때문에, 아마도 반감기를 3번 거쳤을 가능성이 있습니다. 실제로 3번 거쳤다고 가정하면 $A:B:C = 1:14:7$ 일 것이므로 주어진 조건 또한 만족합니다.

비슷하게 t_1 역시 1,3,7,15...와 같은 규칙에 따라 반감기 1번으로 생각하면 1:2:1로 주어진 조건을 만족합니다.

따라서 반감기 2번을 더 거친 $y=2$ 가 되고, t_2 는 반감기 2번을 거친 것이 됩니다. 이 때의 농도비는 1:6:3으로 $x = \frac{3}{10}$ 입니다.

역시 점화식을 사용해볼 수도 있으나, 그 관계를 알아내기는 쉽지 않아서 확인용으로 사용 가능합니다. 실제로 분모는 $a_{n+1} = 2a_n + 2$ 의 관계를 만족하고 분자 역시 $a_{n+1} = 2a_n + 1$ 의 관계를 만족합니다.

$0.1 \times 100 : 100$
= 1:100

용액 100
용액 100

12. 표는 A 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. (나)의 밀도는 1 g/mL 이고, A의 화학식량은 100이다.

A(aq)	농도	용질의 질량(g)	수용액의 질량(g)
(가)	0.1 m	1	x 101
(나)	0.1 M	1	y 100

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기> —
- ㄱ. (가)의 퍼센트 농도는 1%보다 크다.
 ㄴ. $x = y + 1$ 이다.
 ㄷ. (가)와 (나)를 모두 섞은 A(aq)의 몰랄 농도는 0.1 m 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Another class 1부에서 다루었던 수용액에서 몰랄 농도와 몰농도의 관계입니다. 결국 결론을 한 줄로 요약하면 1M, 1m 용액 중 1M이 조금 더 진한 용액이라고 하였습니다.

실제로 이 문제에서도 (가), (나)를 계산해봅시다. 0.1몰, 화학식량이 100인 점을 고려하면 용질 질량 : (용매 질량 or 용액 부피) = 1:100의 관계가 성립하고, 몰랄 농도에서는 용매가 100g, 몰농도에서는 용액 부피가 100mL가 되는 것입니다. 밀도가 1g/mL로 주어졌기 때문에 (가)는 용매 100g, (나)는 용액 100g으로 수용액의 질량은 $x=101, y=100$ 이 나오게 됩니다.

ㄱ. $x=101$ 이기 때문에 1%보다 작습니다.

ㄴ. $x=101, y=100$ 입니다.

ㄷ. 계산 결과 상으로 (나)가 (가)보다 더 진한 용액이므로 0.1m보다 커지는 것을 확인할 수 있지만, Another class 1부를 공부했다면 몰농도가 더 진하기 때문에 계산하지 않고도 틀린 것을 확인할 수 있었을 것입니다.

13. 표는 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	조성	pH
(가)	0.4 M HA(aq) 50 mL + 0.4 M NaOH(aq) 50 mL	7
(나)	0.2 M NaB(aq) 100 mL	9
(다)	0.2 M HB(aq) 50 mL + 0.2 M NaB(aq) 50 mL	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 수용액의 온도는 25℃로 일정하고, 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

<보 기>

㉠ 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

㉡ $x < 5$ 이다. $K_b = \frac{1}{2} \times 10^{-9}, K_a = 2 \times 10^{-5}$

㉢ 0.1 M NaOH(aq) 1 mL를 (가)와 (다)에 각각 넣었을 때, pH는 (가)에서가 (다)에서보다 더 많이 증가한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

(가)에서 NaOH가 강염기이므로, pH = 7이라면 HA는 강산이어야 합니다.

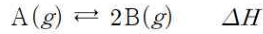
ㄱ. (나)에서 0.2M일 때 pH가 9이므로 B^- 는 약염기이고, 마찬가지로 HB도 약산입니다.

ㄴ. (나)에서 0.2M일 때 pH가 9인 것으로 $K_b = \frac{1}{2} \times 10^{-9}$ 임을 알 수 있고, $K_a = 2 \times 10^{-5}$ 입니다.

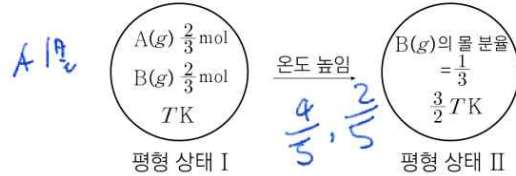
다. 따라서 $x < 5$ 입니다.

ㄷ. (가)는 강산+강염기 용액, (다)는 약산과 그 짝염기로 이루어진 완충용액이므로 (다)에서 pH가 적게 변합니다.

14. 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.



그림은 TK에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I과, 평형 상태 I에서 온도를 $\frac{3}{2}TK$ 로 높여 새롭게 도달한 평형 상태 II를 나타낸 것이다.



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

1/5V
2/3V

<보 기>

㉠ $\Delta H < 0$ 이다. $+-$

㉡ $\frac{\text{II에서의 평형 상수}}{\text{I에서의 평형 상수}} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉢ B(g)의 부분 압력(atm)은 I에서가 II에서의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

$\frac{2}{3} \times \frac{5}{6} \times \frac{4}{3} = \frac{20}{27}$

21

평형 상태 I 이전 A의 양은 총 1몰이었을 것이고, 평형 II의 몰분율을 $\frac{1}{3}$ 로부터 A, B 각각

$$\frac{2}{2 + \frac{1}{2}} = \frac{4}{5}, \quad \frac{1}{2 + \frac{1}{2}} = \frac{2}{5} \text{ 몰이 나옵니다.}$$

㉠. 온도를 높였을 때 (+) 역반응이 일어난 것이므로 (-) $\Delta H < 0$ 입니다.

㉡. 몰수로 계산해보면 전혀 다른 답이 나옵니다. 부피는 동일하니 무시하고 계산해도 됩니다.

㉢. 몰수만 보면 $\frac{5}{3}$ 배이겠지만 온도 변화도 고려하면 답은 $\frac{10}{9}$ 배입니다.

15. 표는 25℃에서 A(aq)에 대한 자료이다. 25℃에서 $H_2O(l)$ 의

증기 압력은 P mmHg이고, H_2O 과 A의 분자량은 각각 18, 60이다.

수용액	질량(g)		몰랄 농도(m)	증기 압력 (mmHg)
	물	A		
A(aq)	81	x	y	$\frac{45}{46}P$

$x \times y$ 는? (단, A는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

- ① $\frac{20}{9}$ ② $\frac{200}{27}$ ③ $\frac{25}{3}$ ④ $\frac{400}{27}$ ⑤ $\frac{100}{3}$

A의 질량(=퍼센트 농도), 몰랄 농도, 증기 압력(=몰분율)까지 3개의 농도 전환을 해야 하는 문제입니다. 농도 전환에 대해 용매 : 용질로 사고하는 습관이 잘 되어있었다면 편했을 것이고, 그렇지 않았다면 헷갈렸을 수 있습니다.

주어진 값은 증기 압력 밖에 없으므로, 몰수비와 분자량으로부터 표를 다음과 같이 채워볼 수

용매 : 용질
45 : 1
810 : 60

있습니다.

	용매	용질
몰수	45	1
질량	$45 \times 18 = 810$	$1 \times 60 = 60$

용매와 용질의 몰수비가 몰분율, 용매와 용질의 질량비가 퍼센트농도, 음영 처리한 용매의 질량과 용질의 몰수비가 곧 몰랄 농도를 나타낼 것입니다.

이러면 질량비는 $81 : x$ 에서 $x = 6$, 810g 이므로 0.81kg 으로 변환하면 $y = \frac{1}{0.81}$ 이므로 $xy = \frac{6}{0.81} = \frac{200}{27}$ 입니다.

16. 다음은 반응 차수를 구하기 위한 탐구 보고서의 일부이다.

[화학 반응식과 반응 속도식]
 $A(g) + B(g) \rightarrow 2C(g) \quad v = k[A]^\alpha[B]^\beta$
 (k 는 반응 속도 상수, α, β 는 반응 차수)

[단계 1] 일정한 온도의 강철 용기에서 반응물의 초기 농도를 변화 시키면서 초기 반응 속도를 구한다.

[단계 2] 단계 1의 결과를 활용하여 초기 반응 속도 비를 구한다.

○ $\frac{[A]_1}{[A]_2} = \frac{1}{2}, \frac{[B]_1}{[B]_2} = 2$ 일 때 $\frac{v_1}{v_2} = \boxed{x}$ 1/2

○ $\frac{[A]_1}{[A]_3} = 1, \frac{[B]_1}{[B]_3} = \frac{1}{2}$ 일 때 $\frac{v_1}{v_3} = \frac{1}{2}$

[단계 3] 단계 2의 결과를 활용하여 반응 차수를 구한다.

○ A에 대한 2차 반응, B에 대한 $\boxed{y}$ 차 반응이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $[A]_n, [B]_n, v_n$ 은 각각 n 번째 실험에서 A와 B의 초기 농도와 초기 반응 속도이다.)

<보 기>

ㄱ. $x \times y = \frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. 전체 반응 차수는 3이다.

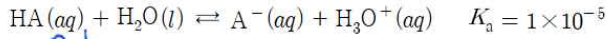
ㄷ. $\frac{[A]_3}{[A]_4} = 2, \frac{[B]_3}{[B]_4} = \frac{1}{2}$ 일 때, $\frac{v_3}{v_4} = 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

단계 2의 표현 방식에 대해 익숙하지 않았다면 헷갈렸을 수 있지만, Another class 1부 Chapter 0에서 상댓값의 계산으로 공부한 방식입니다. 따라서 주어진 A_1, A_2, A_3 의 비를 그대로 반응 속도식 $v = k[A]^\alpha[B]^\beta$ 에 대입하여 계산하면 됩니다.

1과 3의 A, B의 비교로 B에 대한 1차 반응임을 알 수 있고, $x = (\frac{1}{2})^2 \times (2) = \frac{1}{2}$ 입니다. 전체 반응 차수는 3차이고, ㄷ도 동일한 방식으로 $\frac{v_3}{v_4} = (\frac{[A]_3}{[A]_4})^2 (\frac{[B]_3}{[B]_4}) = 2^2 \times \frac{1}{2} = 2$ 입니다.

17. 다음은 $\text{HA}(aq)$ 의 이온화 반응식과 25°C 에서의 이온화 상수(K_a)이다.



표는 a M $\text{HA}(aq)$ 100 mL에 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 첨가하여 반응시킬 때, 첨가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 용액 속의 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ 를 나타낸 것이다.

첨가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)	0	75	100
용액 속의 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$	1×10^{-8}	9×10^{-4}	x

$a \times \frac{V}{x}$ 는? (단, 수용액의 온도는 25°C 로 일정하고, 25°C 에서 물의

이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이며, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

- ① 5×10^{-4} ② 7.5×10^{-4} ③ 1×10^{-3}
 ④ 1.5×10^{-3} ⑤ 2.5×10^{-3}

32

재미있는 문항입니다. 마지막 x 의 계산이 일반적인 방식으로 푼다면 꽤 복잡하고 어려운데, 하나씩 풀어봅시다. $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ 와 같이 자료를 제시하는 것은 흔하게 출제되어 왔는데, 10^{-7} 을 기

준으로 해석하면 NaOH 가 0mL일 때 $[\text{H}^+]$ 는 10^{-3} , V mL일 때는 $\frac{1}{3} \times 10^{-5}$ 입니다. $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 임이 알려져 있기 때문에 0mL인 상황에서 $a = 0.1$ 임을 알 수 있고, HA , NaOH 의 농도가 같고 V mL일 때 $\frac{1}{3} \times 10^{-5}$ 인 것에서 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = \frac{1}{3}$ 이므로 $V = 75$ 임을 알 수 있습니다.

중요한 것은 x 의 계산입니다. 가장 일반적인 방법으로 풀면 중화점에서 $[\text{OH}^-]$ 를 계산한 뒤, 반대로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 도 계산하여 구하는 방법입니다. 중화 후 농도는 0.05M, $K_b = 1 \times 10^{-9}$ 이므로 $[\text{OH}^-] = \sqrt{0.05 \times 10^{-9}}$ 입니다. 근호를 풀고 정리해서 나타낼 수도 있겠지만, 답을 구하기 위해서는

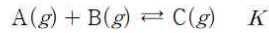
$$x = \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_w} = \frac{0.05 \times 10^{-9}}{10^{-14}} = 0.05 \times 10^5 \text{로 계산할 수 있습니다. 이에 따르면 답은}$$

$$0.1 \times \frac{75}{0.05 \times 10^5} = 1.5 \times 10^{-3} \text{입니다.}$$

한편, Another class 2부 중화점에서의 계산 공식을 이용해볼 수도 있는데, 중화점에서의

$$\text{pH} = 7 + \text{p} \sqrt{\frac{K_a}{C}} \text{을 따르므로 } \frac{1}{x} = \left(\sqrt{\frac{K_a}{C}} \right)^2 = \left(\sqrt{\frac{10^{-5}}{0.05}} \right)^2 = \frac{10^{-5}}{0.05} \text{로 간단히 계산할 수도 있습니다.}$$

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



그림은 꼭지로 분리된 실린더와 강철 용기에 A(g)와 B(g)가 각각 들어 있는 실험 I의 초기 상태와, 꼭지로 분리된 강철 용기에 B(g)와 C(g)가 각각 들어 있는 실험 II의 초기 상태를 나타낸 것이다.

① 0.5×2.5
 0.5×1.5
 $K = \frac{5}{3}$
 $\frac{P}{V} = \frac{0.8 + 0.4}{1.5}$

실험 I 실험 II

실험	I	II
평형 상태에서 $\frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}}$	3	6

$\frac{P}{V}$ 는? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{4}{5}$ ② $\frac{24}{25}$ ③ $\frac{8}{5}$ ④ $\frac{28}{15}$ ⑤ $\frac{45}{16}$
- ① $\frac{5}{3} = \frac{1.2}{0.4 \times 2.4}$ $x = 0.8$

A, B의 몰수비로부터 몰수만 잘 계산하고, 실수하지 않으면 되는 문항입니다. 만약 18번을 실수해서 틀렸다면 자주 실수하는 포인트에서 실수를 한 것이기 때문에 꼭 점검해야 합니다.

실험 I에서 몰수비 3으로부터 0.5, 1.5, 0.5몰 정도는 직관적으로 구할 수 있으면 좋겠습니다. 이럴 때 총 부피는 2.5L이고 실린더 부피 $V = 1.5L$ 입니다. 먼저 실린더 부피와 총 부피를 실수하지 않아야 합니다. 이에 따라 계산하면 $K = \frac{5}{3}$ 입니다.

실험 II에서는 몰수비 6에서 직관적으로 구하기 어려울 수 있는데, 반응 후 생성되는 A의 몰수를 a 로 하여 방정식을 쓰면 $2 + a = 6a$ 입니다. 이 계산까지 직관적으로 하기는 어려울 수 있는데, 방정식의 형태에서 6에서 1을 뺀 5로 2를 나눈다고 생각하면 쉽게 구할 수도 있었을 것입니다. 어떻게 계산하든 A는 0.4몰, B는 2.4몰, C는 x 라 하고 평형 상수 $K = \frac{5}{3}$ 에 대입하여 계산하면 $x = 0.8$ 입니다. P 는 $x = 0.8$ 에 A 생성된 0.4몰만큼 더한 $P = 1.2$ 로, 답은 1번이 됩니다.

P 를 계산할 때 0.4를 더해주시 않거나, V 를 계산할 때 실린더 부피와 총 부피를 헷갈리면 실수할 가능성이 있고 실제 선지도 그렇게 구성되어 있습니다. 이 부분을 주의해 주십시오.

19. 다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다.



표는 2 mol의 Ne(g)이 들어 있는 1 L의 강철 용기에 A(g)를 넣은 후, 반응이 일어날 때 반응 시간(t)에 따른 Ne(g)의 몰 분율을 나타낸 것이다.

실험	온도(K)	A(g)의 초기 농도(M)	Ne(g)의 몰 분율		
			t = 1 min	t = 2 min	t = 4 min
I	T ₁	8	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{4}{35}$
II	T ₂	8		x	$\frac{1}{8}$
III	T ₂	y		$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{15}$

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

<보 기>

ㄱ. $x = \frac{1}{7}$ 이다.

ㄴ. $T_1 > T_2$ 이다.

ㄷ. $y = 16$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기출에서 흔하게 나왔던 유형으로 분수 해석을 잘 하면 쉽게 풀리는 문항입니다. Ne의 몰수가 동일하니 t=1, t=4일 때 분자를 동일하게 1로 맞추어주면 분모가 곧 전체 몰수의 변화를 나타내게 됩니다. 제 풀이에서는 전부 1로 맞추었으나, Ne가 2몰이라는 점을 고려할 때 실험 I에서 1, 4분일 때 $\frac{2}{14}, \frac{2}{17.5}$ 와 같이 생각하면 헷갈리지 않고 풀 수 있을 것입니다. 여기에 A

의 초기 농도 8M에서 초기 Ne의 몰분율은 $\frac{2}{10}$ 까지 구할 수 있습니다.

실험 I에서 반감기가 1분이라고 가정하고 1분부터 4분까지 대입해보면, $\frac{2}{10} \rightarrow \frac{2}{14} \rightarrow \frac{2}{16} \rightarrow \frac{2}{17} \rightarrow \frac{2}{17.5}$ 로 반감기 1분일 때의 가정을 만족합니다.

ㄱ. 실험 I에서 2분일 때 $\frac{1}{8}$ 임을 알았고, 실험 II에서는 4분일 때 $\frac{1}{8}$ 이므로 실험 II의 반감기는

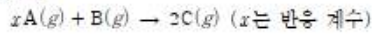
실험 I의 2배입니다. 따라서 실험 I의 1분과 동일하게 $x = \frac{1}{7}$ 입니다.

ㄴ. 마찬가지로 반감기에 의해 $T_1 > T_2$ 입니다.

ㄷ. 여러 방법으로 생각할 수 있는데, 실험 II와 III에서, 분모에서 분자 1을 뺀 나머지가 정확히 2배 차이므로 (2분 때 실험 II에서는 6, 실험 III에서는 12, 4분 때 실험 II에서는 7, 실험 III에서는 14)이므로 $y = 8 \times 2 = 16$ 으로 생각해도 되고, 최종 t=0이나 t=∞일 때의 전체 몰수를 계산해서 답을 내도 좋습니다.

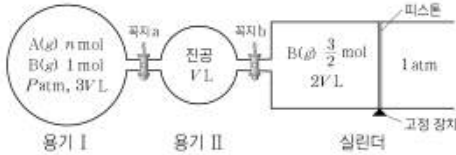
20. 다음은 기체의 성질을 알아보기 위한 실험이다.

[화학 반응식]



[실험 과정]

(가) TK 에서 꼭지로 연결된 강철 용기 I, II와 실린더에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 를 그림과 같이 넣는다.



- (나) 꼭지 a를 열어 B가 모두 소모될 때까지 반응시키고, 충분한 시간이 흐른 후 꼭지 a를 닫는다.
 (다) 꼭지 b를 열어 A가 모두 소모될 때까지 반응시키고, 충분한 시간이 흐른 후 꼭지 b를 닫는다.
 (라) 고정 장치를 제거하고 온도를 $\frac{5}{3}TK$ 로 유지시킨다.

[실험 결과]

○ (나)와 (다)의 각 과정이 끝난 후 측정한 용기 II 내 혼합 기체 압력

과정	(나)	(다)
용기 II 내 혼합 기체 압력(atm)	$\frac{3}{5}P$	$\frac{9}{20}P$

- (다) 과정 후 실린더 속 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{4}{9}$ 이다.
 ○ (라) 과정 후 실린더 속 기체의 부피는 $2.5V_L$ 이다.

$\frac{x}{P}$ 는? (단, 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 마찰은 무시한다. (나)와 (다)에서 온도는 TK 로 일정하다.)

[3점]

- ① $\frac{3}{5}$ ② 1 ③ $\frac{6}{5}$ ④ $\frac{3}{2}$ ⑤ $\frac{9}{5}$
- 회중 $B \frac{7}{4} \rightarrow C \frac{7}{2}$
 $C \frac{4}{9}$ $\frac{7}{4} \times \frac{5}{9}, \frac{7}{4} \times \frac{4}{9}$
 $B \frac{5}{4}, C 1$
 $\frac{9}{4} \times \frac{2}{3} = 1.5 \text{ 몰}$
 $\frac{5}{3}T, 2.5L = T, 1.5L$
 $T \text{ 기질 } 1.5 = 1.5 \text{ 몰}$

- * 확인 사항
 ○ 답안지의 해당란에 필요한 내용을 정확히 기입(표기)했는지 확인 하시오.

$\frac{27}{20}P = \frac{9}{5}$
 $P = \frac{5}{3}$
 용기 I 5몰
 $n = 4, 1.5 \text{ 몰}$
 $x = 2$

문제를 차근차근 해석해 봅시다.

(나)에서 용기 I과 II를 혼합하여 반응시키고, 꼭지 a를 닫습니다. 부피비는 용기 I과 용기 II가 3:1이므로 이에 맞게 분할됩니다.

이후 (다)에서는 용기 II와 실린더를 혼합하여 반응시키고, 꼭지 b를 닫습니다. 피스톤이 고정되어 있었으므로 강철 용기 2개를 혼합하는 것과 같습니다. 부피비는 용기 II와 실린더가 1:2이므로 이에 맞게 분할됩니다.

이후 (라)에서 고정 장치를 해제하고, 온도를 변화시키는 것입니다.

(라)에서 TK으로 보정해 주면 (라)의 부피는 1.5V입니다.

반응이 일어나든 말든, 물질들이 3:1, 1:2와 같이 분할되므로, (가)->(라)까지 반응하지 않고 초기 용기 I에 있던 A와 B의 $\frac{1}{4}$ 배가 용기 II로 들어오고, 이것이 (다)에서 실린더 속 B $\frac{3}{2}$ 몰과 반응한 상황과 동일하게 생각할 수 있습니다. 한계 반응물은 A이므로 무시하고 생각하면 총 B $\frac{7}{4}$ 몰이 C $\frac{7}{2}$ 몰이 되는 $B \rightarrow 2C$ 반응이 일어나는 것으로 생각할 수 있습니다.

이때 몰분율 $\frac{4}{9}$ 조건을 해석하면 B, C 각각 $\frac{7}{4} \times \frac{5}{5 + \frac{4}{2}}, \frac{7}{4} \times \frac{4}{5 + \frac{4}{2}}$ 몰수로 분할되므로 (다)

에서 B, C 각각 $\frac{5}{4}, 1$ 몰이 됩니다. 즉 (다)의 용기 II + 실린더가 총 2.25몰입니다.

그런데 (라)에서 실린더의 부피 1.5V에서, 용기 II에 있을 0.75V만큼을 생각하면 2.25몰이 곧 2.25V이므로, T 기준 1몰은 1기압 VL와 같아집니다.

(다)에서 혼합 기체 압력과, 부피 3VL에서 $\frac{9}{20}P \times 3V = \frac{9}{4}(V)$ 이므로 $P = \frac{5}{3}$ 입니다. 용기 I에서는 $V = 3$ 이므로 총 5몰이었다는 뜻이고, $n = 4$, (나)에서 총 1몰 감소한 것이므로 $a = 2$ 입니다.