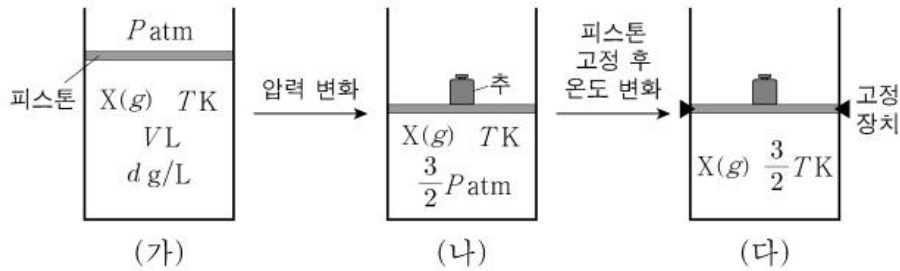


급한 대로 3.4페이지만 해설

12. 수능 단골 유형, 막힘없이 넘어가기

12. 그림 (가)는 실린더 속에 $X(g)$ 가 들어 있는 것을, (나)와 (다)는 (가)에서 순차적으로 조건을 달리한 후의 평형 상태를 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 P_{atm} 으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. (나)에서 $X(g)$ 의 밀도는 $\frac{3}{2}d \text{ g/L}$ 이다.

ㄴ. (다)에서 $X(g)$ 의 압력은 $\frac{9}{4}P_{atm}$ 이다.

ㄷ. (다)에서 고정 장치를 제거한 후, 온도를 $\frac{3}{2}TK$ 로 유지하며 평형에 도달하면 $X(g)$ 의 부피는 VL 가 된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

온도, 압력 변화시켜가면서 기체 특성 물어보는 것은 2, 3페이지 기체 단골 문제입니다.

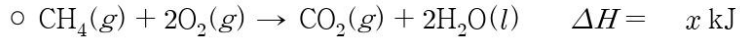
ㄱ. $PM = dRT$ 쓰면 $1.5d$ 라는 것 쉽게 알 수 있고, (O)

ㄴ. 압력 1.5배에 온도까지 1.5배 하면 $\frac{9}{4}P$ 되는 것 맞습니다. (O)

ㄷ. 온도 1.5배에, 압력도 1.5배가 되므로 V 로 유지됩니다. (O)

13. 엔탈피 계산 묵묵히 하면 되는데 이 정도는 이렇게 넘어가도 되지 않을까?

13. 다음은 25 °C, 1 atm에서 2가지 열화학 반응식과 4가지 결합의 결합 에너지이다.



결합	C-H	C=O	O=O	H-O
결합 에너지(kJ/mol)	410	799	498	460

이 자료로부터 구한 x 는?

- ① -714 ② -758 ③ -846 ④ -890 ⑤ -934

$$x + 88 = 410 \times 4 + 498 \times 2 - 799 \times 2 - 460 \times 4$$

$$x + 88 = 1640 + 996 - 1598 - 1840$$

$$x + 88 = 1640 + 996 - 1598 - 1840$$

$$x = 1640 + 996 - 1598 - 1840 - 88$$

$$x = 1640 + 996 - 1598 - 1840 - 88$$

$$x = 1640 + 996 - 1598 - 1840 - 88$$

Handwritten notes: $76 + 88 = 1640 + 996 - 1598 - 1840 - 88$, $6-8$, -2 , 일의 자리 0

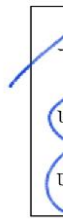
14. 표는 혼합 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 25 °C에서

특별할 것은 없는 엔탈피 계산입니다. 그냥 묵묵히 계산하면 되는데, 좀 일부러 799, 498같은 숫자를 준 느낌이 있습니다. 이런 것들은 500-2, 800-1과 같이 계산해주면 좀 더 편합니다.

식을 세우면 $x + 88 = 410 \times 4 + 498 \times 2 - 799 \times 2 - 460 \times 4$ 와 같이 되는데, 여기서 한 가지 볼 점은 이렇게 'x의 계수가 1일 때 십의 자리, 일의 자리만 보는 방법'이 있습니다. 보통 일의 자리는 같은 경우도 좀 있어서 위험한데 십의 자리까지 보면 웬만해선 틀리지 않습니다. 단 주의해야 할 것은 방정식에서 x 계수가 1일 때만 사용해야 합니다. 나눗셈이 들어가면 변수가 많아서 함부로 쓰면 안 됩니다.

여기서는 일의 자리만 계산해 봐도 0이니까 4번임을 바로 찍고 넘어갈 수 있습니다.

14. 산 염기 무조건 대비해야 합니다.



①

17.

반

년

14. 표는 혼합 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다. 25 °C에서

HA의 $K_a = \frac{1}{4} \times 10^{-4}$ 이다. $\frac{1}{4} \times 10^{-9}$

$x \times 1000$
 $= 0.5 \times 10 \times 2$
 $x = 0.01$

혼합 수용액	혼합 조건	평형 상태
(가)	x M NaB(aq) 1 L + 0.5 M HCl(aq) 10 mL	$\frac{[B^-]}{[HB]} = 1$, pH = 9.0
(나)	0.1 M HA(aq) 1 L + 0.1 mol NaOH(s)	$\frac{[A^-]}{[HA]} = y$

반당량 $K_a = 10^{-9}$

$x \times y$ 는? (단, 25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 온도는 25 °C로 일정하며 고체 용해에 의한 수용액의 부피 변화는 무시한다.) [3점]

- ① 10 ② 50 ③ 100 ④ 500 ⑤ 1000

$K_b = 4 \times 10^{-9}$
 $C = 10^{-1} \quad \alpha = 2 \times 10^{-9}$
 5000×0.01

21 / 32

작년 9평 15번 같은 문제가 작년 수능, 올해 6평에 등장하지 않아서 과연 산염기를 얼마나 공부해야 하는가?가 핫한 주제였는데 이번 시험으로 확정되었습니다. 산염기는 개정 이전 범위까지 전부 공부하셔야 합니다. 중화 적정 그래프의 어느 경우이든 계산 전부 확실하게 하실 줄 알아야 하고, 산/염기의 몰수 양적으로 비교하는 것 전부 막힘없이 하실 줄 알아야 합니다.

(가)에 주어진 정보가 많으니 (가)부터 봅시다. 평형 상태를 보면 바로 반당량점이라고 아셔야 하는데, 이때 pH를 봐야 하는지 pOH를 봐야 하는지 헷갈리는 것을 주의해야 합니다.

K_a 를 보고 싶다면 pH를 봐야 하는 것이고요, K_b 를 보고 싶다면 pOH를 봐야 하는 것입니다. 여기서 약염기를 적정시킨 것이어서 ' K_b 를 생각하고 pH를 보는' 실수를 할 수 있는데 주의해야 합니다. 이 실수를 안 했더라도 꼭 한번 짚고 넘어가야 헷갈리지 않을 수 있습니다.

$K_a = \frac{[B^-]}{[HB]} \times [H^+]$ 풀이고 $K_b = \frac{[HB]}{[B^-]} \times [OH^-]$ 풀인데, 반당량점에서는 $\frac{[B^-]}{[HB]} = \frac{[HB]}{[B^-]} = 1$ 이니까 $K_a = [H^+]$, $K_b = [OH^-]$ 가 됩니다. 약염기를 적정시켰다고 무조건 K_b 를 먼저 봐야 하는 것이 아닙니다. 따라서 (가)는 보자마자 HB의 $K_a = 10^{-9}$ 라고 알 수 있는 것이고요, 위에 제시된 조건에서 HA의 $K_a = \frac{1}{4} \times 10^{-5}$ 임도 알 수 있습니다. 이것 계산할 때도 분모에 $K_a = 10^{-9}$ 들어간다고 헷갈리지 마시고 이항한다고 생각해서 바로 $\frac{1}{4} \times 10^{4-9}$ 와 같이 생각해

주면 좋습니다.

한편 x 를 구하라 했으니 산/염기의 양을 비교할 때, 1L와 10mL로 단위가 다르니 주의합시다. 1000mL와 10mL로 바꾸든, 1L와 0.01L로 바꾸든 상관없는데 기왕이면 소수점이 없는 쪽이 편하겠죠? $1000x = 0.5 \times 10 \times 2$ 라고 식을 써줍시다. 반당량점이니 2배하는 것 꼭 잊지 마시고요. $x = 0.01$ 입니다. (+여기서는 약염기와 강산 혼합이니까 2배 해주는 것이고, 약염기와 약산 이렇게 섞으면 1:1이어야 하겠죠?) 좀 직관적으로 풀려면 0.5M에 2배 해준 뒤 10mL \rightarrow 1000mL로 100배 물어진다고 생각하면 $x = 0.01$ 구할 수 있긴 한데 실제로 이런 생각이 떠오르긴 쉽지 않으니 계산 해줍시다.

(나)로 가면 항상 그랬듯 먼저 상황 판단부터 해야 합니다. 산 0.1몰과 염기 0.1몰 섞는 상황이니까 당량점이고, A^- 로 K_b 생각해야 합니다. 그나마 평가원이 봐준 점은 여기서 부피가 증가하지 않았다는 것입니다. 부피 증가하면 또 그만큼 농도 반영해 주어야 하는데 여기서는 NaOH 0.1몰을 그대로 넣었고 (+부피 변화는 무시한다고 하므로) 그냥 계산하면 됩니다. $K_b = 4 \times 10^{-9}$ 이므로 $0.1M = 10^{-1}M$ 로 유효숫자 생각해주면 $\alpha = 2 \times 10^{-4}$ 인 것 쉽게 눈에 들어옵니다. y 는 이것의 역수이므로(=[2017.11.20.], [2021.09.15.] 같은 것에서 흔하게 경험했습니다.) $y = 5000$ 이고, $xy = 50$ 입니다.

15. 농도 계산, 항상 용질 + 용매

15. 표는 $t^\circ C$ 의 요소 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. (다)는 (가)에 (나) x mL와 증류수 y g을 혼합한 것이다. (가)와 (다)에서 요소의 몰 분율은 같다.

요소 수용액	(가)	(나)	(다)
농도	0.25 m	0.50 M	
요소 질량	27 g		54 g
밀도		1.02 g/mL	

$y-x$ 는? (단, 물과 요소의 화학식량은 각각 18, 60이다.) [3점] 증류수

① 0 (가) ② 9 ③ 18 (나) ④ 27 ⑤ 36

1000:15 1000:30 918mL 900+9
1800:27 900:27 900-9

짧은 문제에 핵심 조건들이 많습니다. 그 중에서도 마지막에 '(가)와 (다)의 요소의 몰 분율은 같다 = 농도가 같다'가 핵심입니다. 언제나 그렇듯 용매 + 용질로 나누어 봅시다.

(가)에서 0.25m이면 용매 1000g에 용매 $\frac{60}{4} = 15g$ 입니다. 그런데 27g이니까 용매 1800g에 용질 27g인 상황입니다.

(나)는 용질 질량이 구하기 쉽습니다. (다)에서 (가)를 뺀 27g입니다. 이때 마찬가지로 1000mL일 때 0.5몰(30g)이므로 900mL에 27g임을 알 수 있습니다. 즉 $x = 900$ 입니다. 그런데 밀도가 1.02로 주어졌으므로 '용액'의 질량은 918g(=900+18)이고 여기서 용질 질량 27을

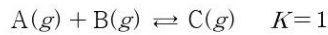
뺀 용매의 질량은 900-9가 됩니다.

그런데 (가)에서 용매 1800g에 용질 27g이었으니까 (나)에서는 3600g에 용질 27g이어야 합니다. 총 900g이 두 번 더해져야 하는데 (나)에서 900-9 였으므로 증류수 $y = 900 + 9$ 이고, 답은 2번입니다.

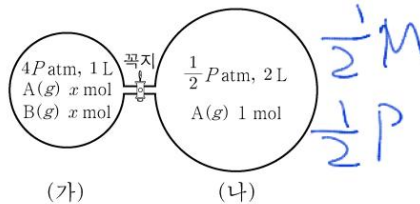
이 정도로 풀었으면 좋은데 좀만 더 포인트를 짚어보면 (나)에서 용매 질량, y 를 구할 때 891, 909 같은 숫자를 쓰기보다는 $900 - 9$, $900 + 9$ 처럼 쓸 수 있었으면 좋겠습니다. 문제를 많이 풀어보았다면 이렇게 연산하는 게 더 편하겠구나 정도 감이 오면 좋습니다.

16.

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



그림은 온도 T에서 꼭지로 분리된 강철 용기 (가)에는 A(g)와 B(g)가, (나)에는 A(g)가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. (가)에서 반응이 진행되어 평형 상태 I에 도달한 후, 꼭지를 열어 반응이 진행되어 평형 상태 II에 도달하였다.



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

<보 기>

ㄱ. $x=4$ 이다. $2x=4 \quad x=2$

ㄴ. I에서 (가) 속 C의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다. | | |

ㄷ. II에서 (가)와 (나) 속 전체 기체의 양은 $2x$ mol보다 크다. 2 | |

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

4

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

이 시험지에서 이 정도면 그래도 쉬운 편으로 풀었을 것 같습니다. 어느 시험지에서나 보이는 흔한 유형이니까 실수 없이 잘 풀어주셔야 하고요.

평형 어느 문제를 풀더라도 꼭 기체, 부피, 용기 확인해주시고요, 처음 반응식 보고서 부피 다른 것 봐야겠다 정도 생각하고 문제 들어가면 좋습니다.

먼저 압력과 몰농도 관계를 상당히 쉬운 관계로 주었습니다. $\frac{1}{2}M$ 일 때 $\frac{1}{2}P$ 로 $1M$ 일 때 $1P$ 이죠? 다만 이 관계가 성립하지 않게 나와도 풀 수 있게 익숙해집시다. $1M$ 은 $4P$ 이렇게 줄 때에도 헛갈리지 않고 풀 수 있어야 합니다.

ㄱ. $2x=4$ 여야 하는 거니까 $x=2$ 입니다. (X)

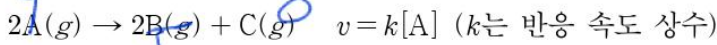
ㄴ. 이 정도는 직관적으로 봐도 보이죠? 부피 1L에 $K=1$ 이려면 A B C 1 1 1몰이면 될 것 같습니다. 실제로 성립하고 C의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 입니다. (O)

ㄷ. $2x=4$ 이고, 혼합 후 전체 기체의 몰수는 2 1 1 몰입니다. 결국 정반응/역반응이 일어나냐를 묻는 것인데, 처음에 꼭 부피 확인해줘야 한다고 했던 것 기억하고 봅시다. 총 3L이니 $K = \frac{1 \times 3}{2 \times 1}$ 이고 역반응이니 ㄷ은 맞습니다. (O)

17.

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

역반응



표는 부피가 같은 2개의 강철 용기에 같은 질량의 A(g)를 각각 넣은 후, 서로 다른 온도 T_1, T_2 에서 반응시킨 실험 I과 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.

9

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 $\frac{9}{92}$

② $\frac{5}{46}$

③ $\frac{3}{23}$

④ $\frac{7}{46}$

⑤ $\frac{5}{23}$

2

이 문제지에 관한 저작권은 한국교육과정평가원에 있습니다.

얼 마

나 엄밀하게 풀 것인가에 따라 좀 논란이 있을 수 있는 문항인데 저는 처음 풀 때 상당히 쉽게 풀었습니다. 엄밀하게 푸는 게 아닌 실전에서는 T_1 을 보고 바로 $\frac{1}{4}$ 감기, T_2 를 보고 바로 반감기라고 확정지을 수 있어야 합니다.

A의 몰분율을 물어 보는데, A는 항상 반감, 혹은 $\frac{1}{4}$ 반감됩니다. 그렇기 때문에

$$\frac{t = 40\text{min일 때 } A \text{의 몰분율}}{t = 20\text{min일 때 } A \text{의 몰분율}}$$

$$= \frac{\frac{t = 40\text{min일 때 } A \text{의 몰수}}{t = 40\text{min일 때 전체 몰수}}}{\frac{t = 20\text{min일 때 } A \text{의 몰수}}{t = 20\text{min일 때 전체 몰수}}} = \frac{t = 40\text{min일 때 } A \text{의 몰수}}{t = 20\text{min일 때 } A \text{의 몰수}} \times \frac{t = 20\text{min일 때 전체 몰수}}{t = 40\text{min일 때 전체 몰수}}$$

$$= \left(\frac{1}{4} \text{ or } \frac{1}{2}\right) \times \frac{t = 20\text{min일 때 전체 몰수}}{t = 40\text{min일 때 전체 몰수}}$$

라고 생각할 수 있고

$\frac{t = 20\text{min일 때 전체 몰수}}{t = 40\text{min일 때 전체 몰수}}$ 는 크게 변화하지 않는 값이기 때문에 $\frac{1}{4}$ 과 가까운 $\frac{11}{47}$ 은 보자마자 $\frac{1}{4}$ 감기, $\frac{1}{2}$ 과 가까운 $\frac{5}{11}$ 는 보자마자 반감기라고 보면 좋겠습니다. 이게 핵심입니다. 정확한 값이 어떻게 나오는지 몰라도 이게 $\frac{1}{4}$ 감기인지 반감기인지 정도는 판단할 수 있으면 합니다.

반감기 10분인 것만 알았으면 초기 농도 16 이런 걸로 잡아서 $\frac{1}{8}$ 배하고(=2) B+C는 $1.5 \times (16 - 2)$ 와 같이 계산해서 $\frac{2}{2+21}$ 라고 계산할 수 있습니다. 사실 이 정도만 하면 충분하다고 생각하는데,

여기에 분수를 추가로 해석하면 47을 4로 나눈 11, 11.75의 차이를 통해 초기 8 -> 11 -> 11.75 ->.....->12로 가는 반응임을, 11을 2로 나눈 5, 5.5를 통해 4->5->5.5->....->6으로 가는 반응임을 알 수 있습니다. 정확히는 실험 I, II에서 A의 양이 같으므로 4->5->5.5->....->6가 아닌 8->10->11->.....->12로 가는 반응입니다.

그러면 $t = 30$ 일 때에는 반감기 3번이니까 8->10->11->11.5이고 A는 8->4->2니까 $x = \frac{2}{11.5} = \frac{2}{23}$ 임을 쉽게 알 수 있습니다.

처음에 반감기인지 $\frac{1}{4}$ 감기인지 안 보인다면 일단 반감기 표를 그리고 그에 맞는 값을 맞춰 보는 것이 정답이겠죠. 실제로 그것 외에는 특별한 방법이 없습니다. 하지만 최소 분수의 크기가 $\frac{1}{2}$ 과 비슷한지 $\frac{1}{4}$ 과 비슷한지로 이게 반감기인지 $\frac{1}{4}$ 감기인지 알기만 하면 과정이 훨씬 쉬워집니다.

별개로 다른 해석으로 수열로 생각해도 5 - 11 - ? - 47이면 $a_{n+1} = 2a_n + 1$ 같은 규칙을 볼 수 있었으면 합니다. 11과 47은 $a_{n+1} = 4a_n + 3$ 같이 이전 항에 4배를 곱하므로 $\frac{1}{4}$ 감기가

되는 것이고요.

A, C의 화학식량을 구하는 과정이 헛갈렸을 수 있는데, 헛갈릴 때는 꼭 이렇게 계산합니다.

- I) 항상 A 1몰을 기준으로 하고
- II) 반응식 계수도 A를 1로 약분하고 생각합니다.

	초기	반감기 1번	반감기 2번	반감기 3번	반감기 n번	최종 완결점
A(반응물)	x	$x \cdot \frac{1}{2}$	$x \cdot \frac{1}{4}$	$x \cdot \frac{1}{8}$	$x \cdot \frac{1}{2^n}$	0
B(생성물)	0	$bx \cdot (1 - \frac{1}{2})$ $= bx \cdot \frac{1}{2}$	$bx \cdot (1 - \frac{1}{4})$ $= bx \cdot \frac{3}{4}$	$bx \cdot (1 - \frac{1}{8})$ $= bx \cdot \frac{7}{8}$	$bx \cdot (1 - \frac{1}{2^n})$ $= bx \cdot \frac{2^n - 1}{2^n}$	bx
C(생성물)	0	$cx \cdot (1 - \frac{1}{2})$ $= cx \cdot \frac{1}{2}$	$cx \cdot (1 - \frac{1}{4})$ $= cx \cdot \frac{3}{4}$	$cx \cdot (1 - \frac{1}{8})$ $= cx \cdot \frac{7}{8}$	$cx \cdot (1 - \frac{1}{2^n})$ $= cx \cdot \frac{2^n - 1}{2^n}$	cx

이전에 Another class 2부에 이런 표를 둔 적이 있는데, 이에 맞게 그대로 계산하면 됩니다.

예를 들어 반감기 1번 지난, II에서 B의 질량은

$$1(\text{계수}) \times \frac{1}{2}(\text{반감 1번일 때 생성물}) \times B\text{의 분자량}$$

반감기 2번 지난 I에서 C의 질량은

$$\frac{1}{2}(\text{계수}) \times \frac{3}{4}(\text{반감 2번일 때 생성물}) \times C\text{의 분자량}$$

그렇기 때문에 $\frac{4}{3} \times \frac{B\text{의 분자량}}{C\text{의 분자량}} = \frac{5}{6}$ 에서 C의 분자량 8, B의 분자량 5로 해서 A의 분자량

9을 구할 수 있습니다. 문제의 정답은 $\frac{2}{23} \times \frac{9}{8} = \frac{9}{92}$ 입니다.

올해 수능에서도 이런 문제가 등장할 것으로 예상되는데 헛갈리지 않고 계산하는 법을 잘 익혀서 그대로 사용하시길 바랍니다.

18. 한계 반응물 문제는 올해 수능에서도 복병

18. 다음은 기체와 관련된 실험이다.

[화학 반응식]
 $aA(g) + B(g) \rightarrow 2C(g)$ (a 는 반응 계수)

[실험 과정]
 (가) 그림과 같이 온도 T K에서 강철 용기에는 $B(g)$ 를, 분리막이 있는 실린더에는 $A(g)$ 와 $He(g)$ 를 각각 넣는다. $B(g)$ 의 압력은 x atm이고, $A(g)$ 와 $He(g)$ 의 혼합 기체의 부피는 $3VL$ 이며 $A(g)$ 와 $He(g)$ 의 양(mol)의 비는 1:2이다.
 (나) 꼭지를 열어 $B(g)$ 의 일부를 실린더로 이동시킨 후 꼭지를 닫는다.
 (다) 분리막을 제거하여 반응을 완결시킨 후 실린더 속 기체의 부피(V_1)를 측정하고, $C(g)$ 의 부분 압력(P_C)을 구한다.
 (라) 꼭지를 열고 충분한 시간이 흐른 후 실린더 속 기체의 부피(V_2)를 측정하고, $C(g)$ 의 몰 분율(X_C)을 구한다.

[실험 결과]
 $V_1 = 3VL, P_C = \frac{1}{3}$ atm $V_2 = 4VL, X_C = \frac{2}{11}$

A, B 의 몰 수
 $a=2$
 $x_{He} = \frac{4}{11}$
 $x_B = \frac{5}{11}$
 $2.5V + 0.5V = 3V$
 $x=2$

20. 다음은 화학 반응식

그림은 온도 $C(g)$ 가, (나) 들어 있는 초표는 (가)와 도달한 평형

온도(K)
T
$\frac{5}{4}T$

$x \times \frac{K_2}{K_1}$ 는 무시한다.) [$\frac{5}{72}$]

이제는 확실히 말할 수 있습니다. 어려운 기체 문제의 트렌드가 바뀌었습니다. 이전에는 어려운 기체 문제는 상황을 복잡하게 주고 계속 혼합시키면서 상황을 어지럽게 하는 것이었다면, 이제는 반응식 or 한계 반응물을 해석하는 문제를 계속 출제하고 있습니다. 그 중에서도 이번 문제가 가장 어렵고요.

(가)는 역시 그렇듯이 문제 조건을 설명하고 있습니다. A와 He가 1:2로 A의 $PV = V$, He는 $PV = 2V$ 임을 알 수 있습니다. 다만 특이한 것은 B의 압력도 미지수인데 부피도 알려주지 않았다는 것입니다. 이 부분에 주목하고,

(나), (다)에서는 꼭지를 닫은 상태이니 (다)는 강철 용기의 부피를 고려하지 않아도 되고, (라)에서는 강철 용기의 부피까지 고려해야 하는 상황입니다.

(다)에서 C의 $PV = V$ 인데, He의 $PV = 2V$ 이므로 A, B가 전부 존재하지 않음, A, B가 전부 한계반응물임을 알 수 있습니다. B의 몰수는 모르지만 A의 몰수는 $PV = V$ 로 알고 있었으므로 C의 몰수 $PV = V$ 와 동일하려면 $a = 2$ 여야 합니다.

따라서 (라)에서는 추가된 B, C, He만 존재하게 되며, C의 $PV = V$, He의 $PV = 2V$ 이므로

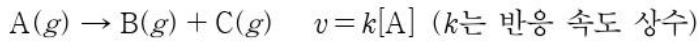
$X_{He} = \frac{4}{11}$, $X_B = \frac{5}{11}$ 임을 알 수 있습니다. 또한 A가 V 만큼 반응할 때 B는 $0.5V$ 만큼 반응했으므로 초기 B는 총 $PV = 3V$ 만큼 존재했음을 알 수 있는데, 문제는 강철 용기의 부피를 모른다는 점입니다.

(다)와 (라)를 비교할 때 둘 다 동일한 실린더 상황에 C의 몰수도 동일함에도 불구하고 PV ((라)에서는 몰분율 $\frac{2}{11}$ =압력 $\frac{2}{11}$ 기압입니다.) PV 가 같지 않다는 것이 핵심입니다. 즉 강철 용기의 부피까지 해서 (강철용기 + 실린더의 부피) \times 몰분율(부분 압력)= V 가 되어야 하는 것이고 강철 용기의 부피는 $1.5V$ 이고, $1.5Vx = 3V$ 에서 $x = 2$ 가 나옵니다.

그나마 온도를 고려하지 않아도 되게 한 점이 다행이고 수능에서 이 문제가 더 어려워진다면 온도 변화까지 줄 가능성이 있습니다.

이 문제가 어려웠다면 반응식에 담긴 의미를 해석하는 능력을 길러야 합니다. 더 이상 단순 계산으로 풀 수 있는 기체 문제는 고난도로 주어지지 않을 것입니다. 수능에서도 분명 이러한 문제가 출제될 것이고, 그 안에 한계 반응물과 반응식에 담긴 의미는 없는지 꼭 확인해야 합니다.

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



실험 I은 VL 강철 용기에 A(g)를, 실험 II는 VL 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣고 온도 T에서 반응시킨 것이다. 표는 반응 시간(t)에 따른 $P_B + P_C$ 를 나타낸 것이며, P_B 와 P_C 는 각각 B와 C의 부분 압력(atm)이다. $\frac{\text{II에서 } t=20 \text{ min일 때 A의 양(mol)}}{\text{I에서 } t=10 \text{ min일 때 A의 양(mol)}} = 1$ 이고, 역반응은 일어나지 않는다.

실험	$P_B + P_C$			
	t = 0	t = 10 min	t = 20 min	t = 30 min
I	0	48a	63a	63a
II	y	80b	92b	95b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하다.) [3점]

<보기>

ㄱ. $\frac{y}{x} = \frac{3b}{5a}$ 이다. $\frac{32b}{60a}$

ㄴ. $\frac{\text{II에서 } t=10 \text{ min일 때 반응 속도}}{\text{I에서 } t=10 \text{ min일 때 반응 속도}} = 4$ 이다.

ㄷ. $\frac{\text{II에서 } t=0 \text{일 때 전체 압력}}{\text{I에서 } t=0 \text{일 때 전체 압력}} = 16$ 이다. $\frac{\text{II}}{\text{I}} A, B \quad \frac{32b}{4 \times 2} : 32b$

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10분 → 4
a : b = 1 : 4

* 확인 사항
○ 답안지의 해당
하십시오.

역시 반응속도 해석인데, 특이점은 실험 II에서는 B를 추가하여 $P_B + P_C$ 의 초기 값이 0이 아니라는 점입니다. 온도는 일정해서 실험 I, II에서 반감기가 동일합니다.

실험 I은 해석하기 쉬우니 먼저 봅시다. 중간에 x로 비워져 있는데, 48a와 63a라는 숫자를 보면 64a로 수렴하고 있구나, 대충 $\frac{4}{3}$ 배 풀이니 $\frac{1}{4}$ 감기 풀이구나 판단할 수 있어야 합니다.

그게 아니면 x에 반감기를 이용해서 $48a + 24a \rightarrow 48a + 24a + 12a (X)$ 를 해보든 $\frac{1}{4}$ 감기 이용해서 $48a + 12a \rightarrow 48a + 12a + 3a = 63a (O)$ 해보든 빠르게 반감기인지, $\frac{1}{4}$ 감기인지 확정해야 합니다. 여기서는 $x = 48a + 12a = 60a$ 인, 변화량이 $\frac{1}{4}$ 배씩 되는 $\frac{1}{4}$ 감기이고요.

II에서도 $\frac{1}{4}$ 감기로 동일하기 때문에 동일하게 계산해 주면 됩니다. t = 10min일 때

$92b - 12b = 80b$ 인 것이고, $t = 0$ 일 때 $80b - 48b = 32b$ 가 됩니다. 그래서 γ 에서 $\frac{y}{x} = \frac{32b}{60a}$ 로

γ 은 틀렸습니다. (X)

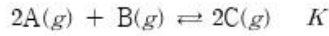
또한 여기서 실험 I에서는 초기 0에서 최종 $64a$ 가 생성되는 것임을, 실험 II에서는 $32b$ 에서 $96b$ 가 생성되는 것임을 알 수 있습니다. 즉 초기 농도비가 a, b 가 됩니다.

ㄴ. 결국 초기 농도비 $a:b$ 가 얼마나는 것을 묻고 있습니다. 여기서 조건으로 $t = 10, 20$ 에서의 A의 양을 제시하였습니다. 이 분수를 바꾸어서 II에서 10분 전인 $t=10$ 으로 비교하면, $\frac{1}{4}$ 반감이 한 번 덜 되었으니 ㄴ은 4가 되고, 초기 농도비도 $a:b = 1:4$ 입니다. (O)

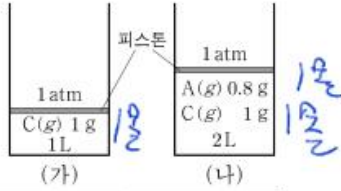
ㄷ. 전체 압력은 초기 B가 $32b$ 있다는 것을 알았는데, A도 $32b$ 있음을 알고 있으므로 초기 $a:b = 1:4$ 에서 두 배만 더 해주면 됩니다. 따라서 1:8이고 답은 16이 아니라 8입니다. (X)

참고로 이 문제도 온도가 변했다면 정말 많은 것이 달라집니다. 단순히 반감기가 달라지는 것도 문제이지만, 부분 압력 또한 온도에 영향을 받기 때문에 그 또한 변수가 되어서 상황이 매우 복잡해집니다. (Ex. $4TK$ 일 때 반응 속도 상수도 2배인 그런 경우면 기본적으로 같은 몰농도여도 압력이 4배가 되듯이) 이 점까지 한 번 확인하면 좋겠습니다.

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



그림은 온도 T K에서 실린더 (가)에 C(g)가, (나)에 A(g)와 C(g)가 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 표는 (가)와 (나)에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태에 대한 자료이다.



온도(K)	(가) 속 기체의 밀도(g/L)	(나) 속 기체의 부피(L)	평형 상수
T	4/3 $x = 3/4$	9/4 2.25L	K_1
5/4 T		3 2.4L	K_2

$x \times \frac{K_2}{K_1}$ 는? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

무시한다. [3점]

- ① 5/72 ② 7/72 ③ 1/8 ④ 11/72 ⑤ 13/72

$x = 1.5$
 $x = 2$

$$(1-2x)^2(1+x) = 4x^2 \cdot x$$

$$3x = 1$$

	A	B	C
(4)	1.5	0.25	0.5
	1.8	0.4	0.2

$$K_1 = \frac{(0.5)^2 \times 2.25}{(1.5)^2 \times 0.25} = 1$$

$$K_2 = \frac{(0.2)^2 \times 3}{(1.8)^2 \times 0.4} = \frac{3}{81} \times \frac{1}{0.4}$$

$$\frac{3}{81} \times \frac{1}{0.4} \times \frac{3}{4} = \frac{1}{14.4} = \frac{5}{72}$$

10분 → 4
a:b = 1:4

잘 풀렸으면 잘 풀렸을텐데 아니면 어려웠을, 사실 대다수에게는 어려웠을 것 같은 문항입니다.

문제 상황은 어렵지 않습니다. (가)와 (나)를 비교할 때 A 0.8g이 1몰, C 1g을 1몰로 생각하면 부피 1L가 1몰이므로 계산하기 편합니다. 이때 T에서 (나) 2.25L인데, 0.25L 증가하였으므로 반응식 계수에서 B의 몰수가 0.25몰이어야 하고 A는 1.5몰, B 0.25몰, C 0.5몰이 됩니다. 소소하게 A, C의 계수가 같으므로 A + C가 항상 2몰이어야 한다는 점도 생각하면서

계산하면 좋습니다.

$\frac{5}{4}T$ 일 때에는 온도 증가한 것을 보정하면 2.4몰이고, B가 0.4몰이니 A 1.8몰, B 0.4몰, C 0.2몰이 됩니다. 지금까지 몰수와 부피를 전부 알고 있으므로 평형상수를 구할 수 있고

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{0.2^2 \times 3}{1.8^2 \times 0.4}}{\frac{0.5^2 \times \frac{9}{4}}{1.5^2 \times 0.25}} = \frac{\frac{3}{81} \times \frac{1}{0.4}}{1} \text{이 됩니다.}$$

이제 $K_1 = 1$ 임을 이용해서 밀도 x 만 구하면 되는데, 사실 전체 질량은 1g으로 유지되는 것을 알고 있으니 부피가 얼마나 되는지만 알면 바로 풀립니다. 정석적으로 풀면 C 1몰에서 B가 x 만큼 생성된다고 하면, A는 $2x$, B는 x , C는 $1-2x$, 전체 부피는 $1+x$ 와 같이 식을 세워서 $1 = \frac{(1-2x)^2(1+x)}{(2x)^2 \times x}$ 로 전개하면 $3x = 1$ 이 나와서 풀 수 있었을 것입니다.

사실 이 과정이 쉽지는 않습니다. 계산이 많으니 이런 경우 직관 한 번 정도 시도해 볼 수 있는데, 사실 이런 직관의 경우 보통은 $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ 같은 숫자들이 일반적인데 $\frac{1}{2}$ 은 (나)에서 써버렸으니 $\frac{1}{3}$ 로 생각해 볼 수 있고, B가 $\frac{1}{6}$ 생성되는 것보다 $\frac{1}{3}$ 생성되어야 A도 $\frac{2}{3}$ 생기고 C도 $\frac{2}{3}$ 감소하므로 $K=1$ 로, 분모/분자가 모두 약분될 가능성이 꽤 있습니다. 이대로 직관을 써 보면 A $\frac{2}{3}$, B $\frac{1}{3}$, C $\frac{1}{3}$, 부피 $\frac{4}{3}$ 으로 뭔가 그럴 듯한 숫자가 나오고 실제로 이것이 답이 됩니다. 따라서 밀도 $x = \frac{3}{4}$ 이고, $x \times \frac{K_2}{K_1} = \frac{3}{4} \times \frac{3}{81} \times \frac{1}{0.4} = \frac{1}{14.4} = \frac{5}{72}$ 입니다.

원래는 (가) 속 B 기체의 밀도 같은 걸 물어보다가 너무 시험지가 어려워서 바꾸지 않았을까... 싶습니다. 그렇지 않으면 굳이 A, C의 질량을 줄 이유가 없었을텐데 17번과도 어느 정도 겹쳐서 그런 게 아닐까 싶고, 수능이라면 그렇게 물어봤을 것 같습니다. 한 번 그것까지 직접 계산을 해보시면 좋겠습니다.