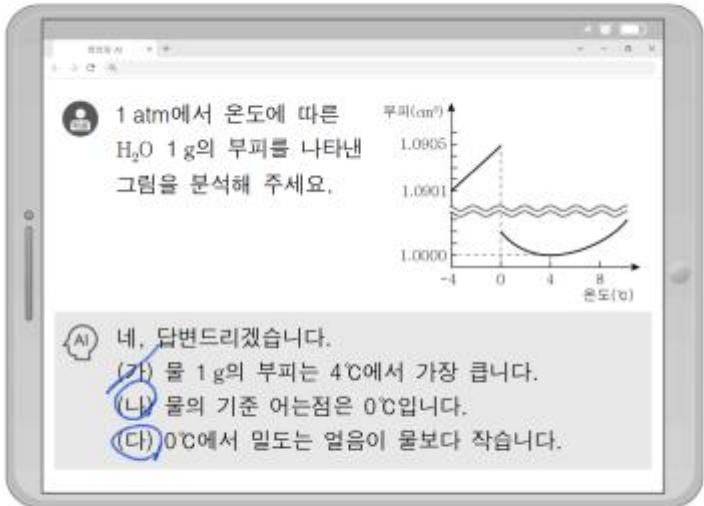


10월 모의고사의 난이도 자체는 그리 어렵지 않았으나, 전반적으로 배울 점이 많은 문항들로 구성되어 있습니다. 정확하게는 그 동안 어나클에서 나왔던 개념을 예시로 들기 적합한 문항이 많습니다. 한 문항씩 관련 개념을 정리해서 보면 도움이 많이 될 것 같습니다.

[2024.10.01.]

1. 다음은 학생 A가 제시한 물(H_2O)에 대한 자료를 생성형 인공지능(AI)이 분석한 내용을 나타낸 것이다.



(가)~(다) 중 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ① (가) ② (다) ③ (가), (나)
④ (나), (다) ⑤ (가), (나), (다)

기출문제에서 많이 보던 그래프 문항입니다. 사실 굳이 그래프를 보지 않아도 (가), (나), (다)는 개념 생각하면 바로 풀립니다.

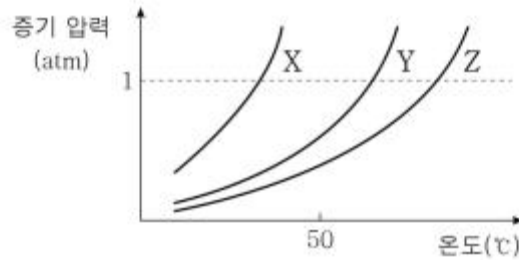
(가) : $4^{\circ}C$ 에서 가장 작습니다.

(나) : 맞습니다.

(다) : 부피와 밀도가 반대이므로 얼음이 더 작은 것이 맞습니다.

[2024.10.02.]

2. 그림은 물질 X~Z의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다.



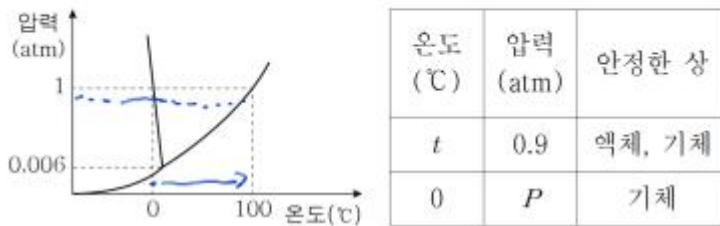
X~Z의 기준 끓는점을 비교한 것으로 옳은 것은?

- ① $X > Y > Z$ ② $Y > X > Z$ ③ $Y > Z > X$
 ④ $Z > X > Y$ ⑤ $Z > Y > X$

그냥 1기압과 선과 만나는 점 순서대로 기준 끓는점 쓰면 됩니다.

[2024.10.03.]

3. 그림은 H_2O 의 상평형 그림을, 표는 온도와 압력에 따른 H_2O 의 안정한 상을 나타낸 것이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. $t < 100$ 이다.

ㄴ. $P > 0.006$ 이다.

ㄷ. $t^\circ\text{C}$, $P\text{atm}$ 에서 H_2O 의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

흔하게 보는 상평형 그래프입니다.

ㄱ. 임의의 0.9기압 선을 그으면 끓는점은 낮아집니다. $t < 100$ 입니다.

ㄴ. 0°C 에서 증기 압력 곡선 아래로 가도록 점을 찍으면 됩니다. 정확하게는 0°C 선과 증기 압력 곡선 점이 만나는 지점의 압력보다 작겠지만 기준으로 제시된 0.006기압보다 작은 것이 확실하니 ㄴ은 틀렸습니다.

ㄷ. ㄴ에서 찍은 점으로부터 오른쪽으로 이동하면 됩니다. 기체가 맞습니다.

[2024.10.04.]

4. 다음은 어떤 학생이 금속의 산화 환원 반응을 이용하여 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

- 2가지 금속 전극으로 만든 화학 전지에서 전지 반응이 진행될 때, 이온화 경향이 더 큰 금속 전극에서 산화 반응이 일어난다.

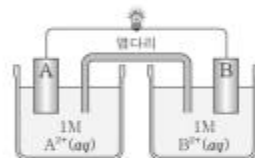
[탐구 과정]

(가) 금속 A와 B의 이온화 경향을 비교하기 위해 $\text{BSO}_4(\text{aq})$ 에 A를 넣고 변화를 관찰한다.

(나) 금속 A와 B를 전극으로 사용한 화학 전지에서 전지 반응이 진행될 때 각 전극의 질량 변화를 측정한다.



(가)



(나)

[탐구 결과]

- (가): 금속 A에서 B(s)가 석출되었다.
- (나): A(s) 전극의 질량은 ㉠ 하였고, B(s) 전극의 질량은 ㉡ 하였다.

[결론]

- 가설은 옳다.

학생의 결론이 타당할 때, 이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 25°C 로 일정하며, 음이온은 반응하지 않는다.)

< 보 기 >

㉠. 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

㉡. '증가'는 ㉠으로 적절하다.

㉢. (나)에서 전지 반응이 진행될 때, 수용액에 들어 있는 $\frac{B^{2+} \text{의 양(mol)}}{A^{2+} \text{의 양(mol)}}$ 은 감소한다.

① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

전기 분해 문제가 대개 간단하지만 어렵게 출제된 적이 없어 연습이 어려운 점도 있습니다. 연습하기 좋은 문항입니다.

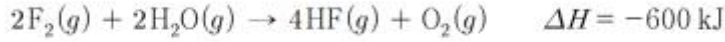
㉠. (가)에서 A가 산화되고, B가 환원되었음을 알 수 있습니다. 따라서 이온화 경향은 $A > B$ 입니다.

㉡. 그래서 A가 산화되니 ㉠은 감소입니다.

㉢. 산화되는 쪽(A)의 이온 수는 늘어나고, 환원되는 쪽(B)의 이온 수는 감소하니 감소가 맞습니다.

[2024.10.05.]

5. 다음은 25℃, 1 atm에서 $F_2(g)$ 과 $H_2O(g)$ 가 반응하여 $HF(g)$ 와 $O_2(g)$ 를 생성하는 반응의 열화학 반응식과 4가지 결합의 결합 에너지에 대한 자료이다.



결합	F-F	O-H	H-F	O=O
결합 에너지 (kJ/mol)	160	x	y	500

이 자료로부터 구한 $x - y$ 는?

- ① -420 ② -105 ③ -50 ④ 105 ⑤ 420

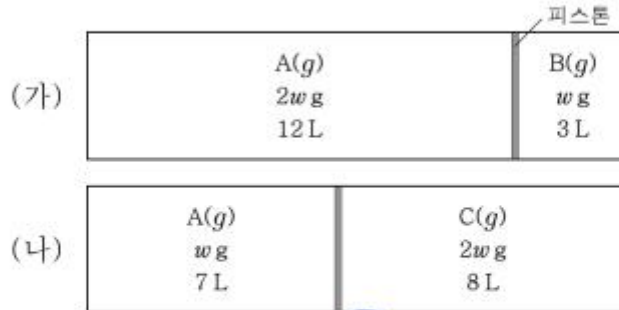
32

$$320 + 4x - 4y - 500 = -600$$

써 있는 식대로 결합 에너지 그대로 계산해주면 됩니다.

[2024.10.06.]

6. 그림은 피스톤으로 분리된 실린더 (가)와 (나)에 $A(g)$ 와 $B(g)$, $A(g)$ 와 $C(g)$ 를 각각 넣고 충분한 시간이 흐른 후의 상태를 나타낸 것이다.



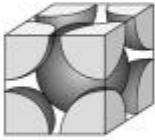
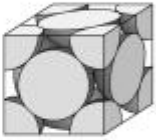
$\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}}$ 은? (단, 온도는 일정하고, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

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

(가), (나)에서 wg 당 부피가, 몰수비이므로 그 역수가 분자량비입니다. (가)에서 $A:B=1:2$ 이고 (나)에서 $A:C=4:7$ 이므로 답 $B:C=8:7$ 입니다.

[2024.10.07.]

7. 표는 Na(s)과 Pb(s)에 대한 자료이다. Na과 Pb의 결정 구조는 각각 면심 입방 구조, 체심 입방 구조 중 하나이다.

물질	Na(s)	Pb(s)
원자량	a	$9a$
단위 세포 모형		
단위 세포의 질량(상댓값)	1	x

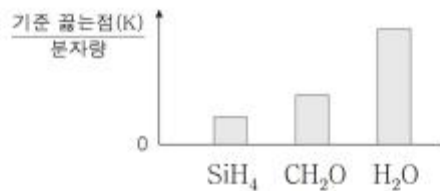
x 는? [3점]

- ① $\frac{9}{4}$ ② $\frac{9}{2}$ ③ 9 ④ 18 ⑤ 36

Na는 체심, Pb는 면심이므로 단위 세포 당 원자 수는 2, 4이고 단위 세포의 질량은 $2a:36a$ 가 되므로 $x=18$ 입니다.

[2024.10.08.]

8. 그림은 3가지 화합물의 $\frac{\text{기준 끓는점(K)}}{\text{분자량}}$ 을 나타낸 것이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, H_2O , CH_2O , SiH_4 의 분자량은 각각 18, 30, 32이다.)

< 보 기 >

- ㄱ. 분자 사이의 인력은 $\text{SiH}_4(l) > \text{CH}_2\text{O}(l)$ 이다.
 ㄴ. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 분자 사이에 수소 결합을 한다.
 ㄷ. 액체 상태에서 분자 사이에 분산력이 존재하는 화합물은 3가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄱ. 끓는점을 분자량으로 나눈 자료가 주어졌는데, 조금 애매하긴 하지만 두 분자의 분자량이 열추 비슷하기 때문에 CH_2O 가 더 크다고 할 수도 있습니다. 한편 분산력, 극성 개념을 이용하면 CH_2O 가 분자량도 아주 약간 더 크고 극성 분자이기도 하기 때문에 CH_2O 가 인력이 더 큰 게 맞습니다.

ㄴ. 수소 결합 하는 것 맞습니다.

ㄷ. 모든 분자에 분산력이 존재하니 맞습니다.

[2024.10.09.]

9. 그림은 25℃에서 서로 다른 농도의 A(aq)을 혼합한 후 물을 추가하여 1 M A(aq)을 만드는 과정을 나타낸 것이다.



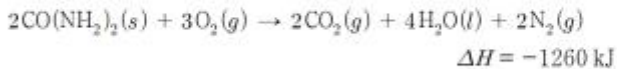
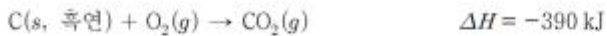
x는? (단, A의 화학식량은 40이다.)

- ① 8 ② 10 ③ 12 ④ 15 ⑤ 16

최종 0.2L, 1M이니 0.2몰이고 화학식량은 8g입니다. 28g을 직관으로 25+3과 같이 생각하기는 조금 어려워서, 용매 1000g과 3몰(=120g)이니 1000:120에서 25:3이 나옵니다. 그러면 x% 용액은 용질 5g이어야 하고 x=10입니다.

[2024.10.10.]

10. 다음은 25℃, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이다.



25℃, 1 atm에서 이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H₂O의 분자량은 18이고, 25℃, 1 atm에서 C(s, 흑연), H₂(g), N₂(g), O₂(g)의 생성 엔탈피는 0이다.) [3점]

- < 보 기 >
- ㉠ 1 mol이 완전 연소될 때 방출하는 열은 C(s, 흑연)이 H₂(g)보다 많다.
 - ㉡ H₂O(l) 18 g이 H₂(g)와 O₂(g)로 분해될 때 570 kJ의 열을 흡수한다.
 - ㉢ CO(NH₂)₂(s)의 생성 엔탈피는 -660 kJ/mol이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

계수와 방향 생각하면 어렵지 않습니다.

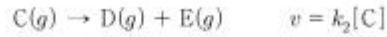
㉠. 두 번째 줄 반응식은 계수가 2배이므로 '1몰'이 방출하는 열은 C가 더 많습니다.

㉡. H₂O 18g이 1몰이므로 그 절반인 285입니다.

㉢. 세 번째 줄에서 CO₂, H₂O 계수 맞춰서 생성 엔탈피 빼주면 660KJ이 나오는데, CO(NH₂)₂의 생성 엔탈피는 그 절반에 반대 방향이니 -330입니다.

[2024.10.11.]

II. 다음은 A(g)와 C(g)가 각각 분해되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k_1 과 k_2 는 반응 속도 상수이다.



표는 온도 T 에서 강철 용기 (가)에 A(g)를, 강철 용기 (나)에 C(g)를 넣은 후, 각 반응이 진행될 때 반응 시간에 따른 [A]와 [C]에 대한 자료이다.

반응 시간 (s)	0	t	$2t$	$3t$
(가)에서의 [A] (M)	x	0.2		0.1
(나)에서의 [C] (M)	y	0.2	0.1	

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 T 로 일정하다.)

< 보 기 >

☒ ㄱ. (가)에서 A(g)의 반감기는 $2t$ s이다.

☒ ㄴ. $x = y$ 이다.

☒ ㄷ. (나)에서 $3t$ s일 때, C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{8}$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

최근 들어 일부 문항들에서 반감기만으로는 정확한 계산을 못 하고 개념으로 풀어야 하는 문항이 있습니다. 이 문항도 약간 그러합니다.

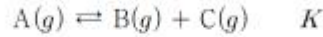
ㄱ. (가)에서 $2t$ 만에 반감되었으니 맞습니다.

ㄴ. (나)에서는 t 만에 반감되었으니, 같은 t 초 동안에는 $y > x$ 입니다. 정확히는 $y = 0.4$, $x = 0.2 \times \sqrt{2}$ 일 것입니다.

ㄷ. 반감기 3번을 지나니 기존의 $\frac{1}{8}$ 배가 되는 것은 맞지만, D, E 두 물질이 생기기 때문에 1:7:7이므로 $\frac{1}{15}$ 입니다.

[2024.10.12.]

12. 다음은 $A(g)$ 로부터 $B(g)$ 와 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T 에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 강철 용기 (가)와 (나)에서 이 반응이 일어날 때, 초기 농도와 평형 상태에 대한 자료이다.

강철 용기	초기 농도 (M)			평형 상태에서 $C(g)$ 의 몰 분율
	[A]	[B]	[C]	
(가)	4	0	0	$\frac{1}{6}$
(나)	2	2	2	x

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T 로 일정하다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. (가)에서 평형에 도달했을 때 $[A] = 3 \text{ M}$ 이다.

ㄴ. $K = \frac{1}{5}$ 이다. 3.2 0.8 0.8

ㄷ. $x > \frac{1}{3}$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

해설을 읽어보면 출제 의도는 다른 것 같지만 (가), (나)가 동치 상태임을 보기 좋은 문항입니다.

ㄱ. C의 몰 분율 $\frac{1}{6}$ 에서 몰수비는 4:1:1이므로 전부 A로 몰아서 생각하면 5:0:0이므로 A, B, C는 초기 4M의 $\frac{4}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}$ 배로 3.2, 0.8, 0.8M입니다.

ㄴ. 그대로 계산하면 $\frac{0.8^2}{3.2} = \frac{1}{5}$ 입니다.

ㄷ. (가)와 (나)는 A로 몰아보면 동일한 상황이기 때문에 $x = \frac{1}{6}$ 입니다. 이와 별개로 ㄷ의 $\frac{1}{3}$ 은 초기 상태이므로 역반응이 일어나 $x < \frac{1}{3}$ 입니다.

[2024.10.13.]

13. 표는 물질 (가)와 (나)를 각각 전기 분해한 결과, 각 전극에서 생성된 물질에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 각각 $\text{CuCl}_2(aq)$, $\text{NaCl}(aq)$ 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 각각 $\text{Cu}(s)$, $\text{Cl}_2(g)$ 중 하나이다.

물질	(+)극	(-)극
(가) NaCl	㉠ Cl_2	$\text{H}_2(g)$
(나) CuCl_2		㉡ Cu

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

㉠. ㉡은 $\text{Cu}(s)$ 이다.

㉡. (가)를 전기 분해할 때 (-)극에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 환원된다.

㉢. (가)의 전기 분해에서 생성된 양(mol)은 ㉠과 $\text{H}_2(g)$ 가 같다.

① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

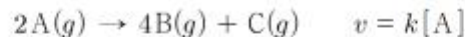
㉠. H_2 가 생긴 것에서 (-)극에 Cu 가 아닌 Na 가 있어야 합니다. 따라서 (가)는 NaCl , (나)는 CuCl_2 가 되고 ㉡은 Cl_2 , ㉢은 Cu 가 됩니다.

㉡. 맞습니다.

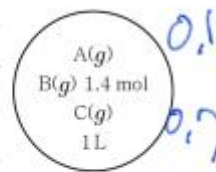
㉢. H_2 와 Cl_2 의 가수가 2로 동일하므로 맞습니다.

[2024.10.14.]

14. 다음은 $\text{A}(g)$ 로부터 $\text{B}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k 는 반응 속도 상수이다.



그림은 1 L의 강철 용기에 0.8 mol의 $\text{A}(g)$ 를 넣은 후, 반응 시간이 6 min일 때의 모습을 나타낸 것이다.



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

< 보 기 >

㉠. $\text{A}(g)$ 의 반감기는 2 min이다.

㉡. 순간 반응 속도는 2 min일 때가 6 min일 때의 3배이다.

㉢. $\frac{0 \sim 2 \text{ min 동안의 평균 반응 속도}}{2 \sim 6 \text{ min 동안의 평균 반응 속도}} = \frac{8}{3}$ 이다.

① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

㉠. A와 B의 계수 차이가 2배임을 감안하면 A가 0.7몰 감소한 것임을 알 수 있습니다. 따

라서 A 0.1몰, B 1.4몰, C 0.7몰 상황이고, 반감기는 3번 거쳤음을 알 수 있습니다. 반감기는 2분입니다.

ㄴ. 반감기 2번 차이이므로 4배 차이입니다.

ㄷ. 2분 간 0.4몰 감소하고, 2배의 시간인 4분 간 0.3몰 감소했으니 $\frac{0.4}{0.3 \times \frac{1}{2}} = \frac{8}{3}$ 입니다.

[2024.10.15.]

15. 그림은 25℃의 HA(aq)과 BOH(aq)을 나타낸 것이다.

0.2 M HA(aq) 100 mL pH = 3.0	0.1 M BOH(aq) 100 mL pH = 13.0
(가)	(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 25℃에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이고, 수용액의 온도는 일정하다.) [3점]

- ① (가)에서 H_3O^+ 의 양은 0.02 mol이다. ✓
- ② (나)에서 $[OH^-] = 0.01$ M이다. ✗
- ③ BA(aq)의 액성은 산성이다. ✗
- ④ 25℃에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 5×10^{-6} 이다. 9
- ⑤ (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 pH는 7.0보다 크다. ✗

① 강산을 염두에 두고 출제한 보기입니다. 강산이라면 전부 이온화되고 0.1L이기에 0.02몰이 맞겠지만 pH대로 10^{-3} 입니다.

② 이번엔 강염기라 0.01몰이 맞지만 묻는 것이 농도이기 때문에 0.1M입니다.

③ 강염기와 약산이 만난 염이니 약염기입니다.

④ 이온화도가 $\frac{1}{2} \times 10^{-2}$ 이니 $10^{-3} \times \frac{1}{2} \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-6}$ 이 맞습니다.

⑤ (가)의 농도가 (나)의 2배이니 산이 더 많아서 7보다 작습니다.

[2024.10.16.]

16. 표는 $t\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 atm에서 A(aq)과 B(aq)에 대한 자료이다.

수용액	질량 (g)	용질의 양 (mol)	증기 압력 (atm)	끓는점 오름 (상댓값)
A(aq)	w	$3n$	$62P$	3
B(aq)	w	$2n$	$63P$	2

60+3
63
62
60+2

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, A와 B는 비휘발성, 비전해질 용질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

< 보 기 >

☒ ㉠ 용매의 양(mol)은 A(aq)과 B(aq)이 같다.

☒ ㉡ 용질의 화학식량 비는 A : B = 2 : 3이다.

☒ ㉢ B(aq)에서 B의 몰 분율은 $\frac{1}{31}$ 이다.

① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

처음에 해석이 어려울 수도 있는데 보기를 따라가면 이해하기 쉽습니다.

㉠. 용매가 물인 두 용액에서 끓는점 오름 = 몰랄 농도인데, 용질의 몰수에 끓는점 오름이 그대로 비례하니, 용매의 양은 A, B가 동일해야 합니다.

㉡. ㉠ 때문에 전체 용액 질량에서 용매의 질량, 용질의 질량이 동일해야 합니다. 따라서 화학식량 비는 A:B=2:3입니다.

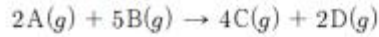
㉢. 증기 압력은 용매의 몰분율에 비례하는데, 용매의 몰수는 동일하다는 것을 알고 있습니다. 따라서 분모인 (용매, 용질의 몰수 합)이 증기 압력과 반비례하게 됩니다. 따라서 A, B 수용액의 몰수비는 63:62입니다.

그런데도 '우연히' 63과 62는 1 차이로, A, B의 용질 n 몰 차이를 설명할 수 있습니다. 따라서 A는 총 $63n$ 에 $60n+3n$ 으로, B는 총 $62n$ 에 $60n+2n$ 으로 설명이 됩니다.

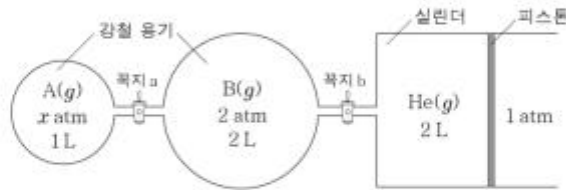
여기서 우연히라는 표현을 사용한 것은 63:62라고 구했다고 끝이 아니라, 둘 사이의 용질 몰 수 차이인 n 몰까지 반영해야 하기 때문입니다. 만약 주어진 증기 압력이 $15P:17P$ 와 같이 주어졌다면, 역수로 17:15까지 구한 뒤 차이가 1이 아니기 때문에 8.5:7.5로 바꾼 후 $8.5=5.5+3$, $7.5=5.5+2$ 와 같이 설명하여야 합니다. 이 점을 정확히 인지하고 이 풀이를 사용해야 합니다.

[2024.10.17.]

17. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)와 D(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T 에서 두 강철 용기에 각각 A(g)와 B(g)가, 실린더에 He(g)이 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 꼭지 a를 열고 A(g)와 B(g)의 반응을 완결시킨 후, 꼭지 b를 열고 충분한 시간 동안 놓아두었더니 온도 T 에서 B(g)의 부분 압력은 $\frac{3}{13}$ atm 이었고, 실린더 속 기체의 부피는 V L이었다.



V 는? (단, 온도는 T , 외부 압력은 1 atm으로 일정하고, 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

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

Handwritten calculations:

$$\begin{array}{c}
 4 \times \frac{5x}{2}, 2x, x, 2 \\
 1.5 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad B \quad C \quad D \quad He \\
 \frac{4-2.5x}{1+0.5x} = \frac{3}{13} \quad x=1
 \end{array}$$

우선 있는 대로 계산을 해주면 쉽게 풀립니다.

초기 A, B, He 각각의 $PV = x, 4, 2$ 인데

이대로 반응시켜주면 B, C, D, He의 $PV = 4 - 2.5x, 2x, x, 2$ 입니다.

$\frac{4-2.5x}{6+0.5x} = \frac{3}{13}$ 이니 이항해서 계산해주면 $x = 1$ 입니다.

따라서 총 $PV = 6.5$ 이니 $V = 3.5$ 입니다.

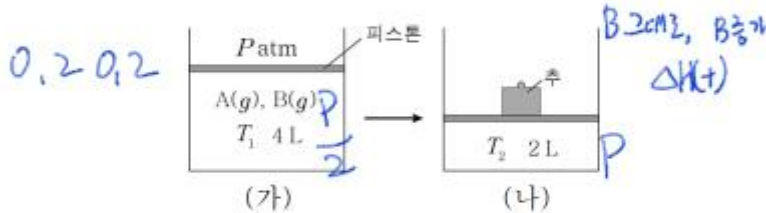
[2024.10.18.]

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



그림 (가)는 온도 T_1 에서 실린더에 A(g) 0.3 mol을 넣고 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (나)는 온도 T_2 에서 피스톤 위에 추를 올려 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다.

(가)에서 $\frac{B \text{의 질량(g)}}{A \text{의 질량(g)}} = \frac{1}{2}$ 이고, (나)에서 B(g)의 부분 압력은 $P \text{ atm}$ 이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 압력은 $P \text{ atm}$ 으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.
 - ㄴ. 온도 T_1 에서 $K = \frac{1}{20}$ 이다.
 - ㄷ. $T_2 > T_1$ 이다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

다소 논란이 되었던 문제가 아닌가 싶습니다.

ㄱ. 질량비에서 몰수 비는 1:1임을 알 수 있습니다.

ㄴ. 이러면 초기 0.3몰에서 0.1몰 반응하여 0.2몰, 0.2몰인 상태일 것이고, $\frac{0.2^2}{0.2 \times 4} = \frac{1}{20}$ 입니다.

ㄷ.

(가)와 (나)의 PV 는 같다고 해도 외부 압력, 온도 두 개가 모두 다른 상황이라, 사실 처음 보면 어찌라는 것인지 싶습니다. 이 둘에 의한 효과를 전부 고려해야 하기 때문에 일반적으로는 풀기가 어렵습니다.

제가 처음 풀 때 한 접근은 이렇습니다. 저는 T_1, T_2 의 대소가 명확하지 않기 때문에 $n = \frac{PV}{T}$ 와 같이 몰 수로 연역적으로 풀기는 어렵다고 생각했습니다. 그런데 우리는 압력 평형도 알고 실린더의 상황이기도 하니 압력이 변하는 양상으로 판단할 수 있습니다.

이렇게 몰수가 아닌 압력으로 보면 좋은 점이, 실린더기 때문에 온도 변화로 인해서 $PV = nRT$ 가 변하는 효과는 무시할 수 있고 평형 이동에 의한 효과만 생각할 수 있습니다.

즉, 압력으로 본다는 것은 사실상 몰수비로 판단하겠다는 것과 똑같은 말입니다.

온도 변화를 무시하고 압력 변화만으로 4L에서 2L로 변화되는 지점 부근을 생각해 봅시다. 부피가 감소하면 평형 이동에 의해 더 감소하는 효과가 있으므로, 외부 압력은 2배보다 조금 적게 증가해야 그 절반인 2L가 될 수 있을 것입니다. 설명의 편의를 위해 임의로 1.7기압 정도일 때 2L가 된다고 이해해 봅시다. 그러면 외부 압력이 1.7배 되었는데 평형 이동에 의해 B가 감소하기까지 하니 실제로는 B의 부분 압력이 2배가 될 수 없습니다.

그런데 실제로는 온도도 변화하니, 이 기준점을 두고 2L보다 약간 큰 지점, 약간 작은 지점도 생각해 봅시다. 부피가 2L보다 약간 큰 지점이라하면 이 1.7기압보다도 약간 작은 지점이 될 것이고 2L보다 약간 작은 지점이면 1.7기압보다 약간 큰 지점이 될 것입니다.

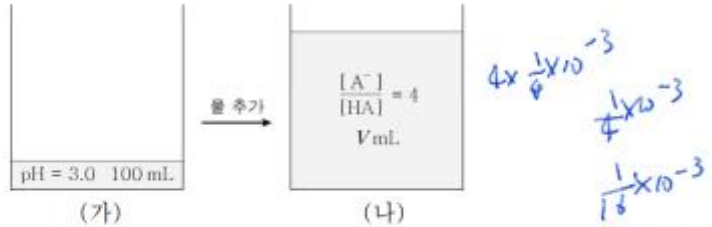
이 상태에서 온도 변화를 같이 고려해봅시다. 다행히 온도 증가와 몰수 증가가 같은 방향이기 때문에 2L보다 약간 큰 지점이라하면 온도가 감소해야 성립하고 2L보다 약간 작은 지점이라하면 온도가 증가해야 합니다. 그런데, 2L보다 약간 큰 지점이라하면 온도가 감소하면서 B의 기압이 다시 감소할 것인데, 기존 B가 1.7기압보다도 약간 작았으므로 2기압에 도달할 수 없습니다. 따라서 이 경우는 불가능하고, 가능한 경우는 온도가 증가하는 경우밖에 없습니다.

해설은 아주 간략히 적혀 있어서 과연 다른 풀이가 있는지 계속 생각해 봤는데요... 아주 길게 해설의 풀이를 정당화할 방법도 찾아보곤 했는데 다른 특별한 방법이 없다면 그냥 해설을 잘못 써놓은 게 맞는 것 같습니다. 다만 해설은 잘못되었어도 문제 자체는 오류는 없다는 점, 꿈보다 해몽한 것 같기도 하고... 잘 모르겠네요.

다만 이 문항에서 한 가지 얻어갈 게 있다면, 온도 변화와 몰수 변화가 같이 있어서 헷갈릴 때에는 먼저 그 방향을 확인하면 좋다는 점입니다. 온도 증가할 때 몰수도 같이 증가하여 결국 부피 증가하는 방향이기 때문에, 이 점을 안다면 그래도 그나마 문제 풀이가 쉬워집니다. 이 점 하나는 알고 갔으면 좋겠네요.

[2024.10.19.]

19. 그림 (가)는 $2 \times 10^{-3} \text{ M HA(aq)}$ 100 mL를, (나)는 (가)에 물을 추가한 수용액을 나타낸 것이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 수용액의 온도는 25°C 로 일정하다.) [3점]

- < 보 기 >
- ㉠ 25°C 에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-3} 이다. $\frac{10^{-3} \times 10^{-3}}{10^{-3}}$
 - ㉡ (나)에서 A^- 의 양은 $1.6 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이다. $\frac{10^{-3} \times 10^{-3}}{10^{-3}}$
 - ㉢ $V = 600$ 이다. 640
- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[2024.06.17.] 때문에 앞으로 이러한 문제들이 자유롭게 등장할 것으로 보입니다. 개인적으로는 이러한 문제에 대한 명확한 기준 없이 암묵적으로 출제되는 것이 말이 안 된다고 생각하긴 하는데 최근 출제가 그렇게 되니 어쩔 수 없는 부분인 것 같습니다... 대략 이온화도 0.05 기준으로 생각하면 될 것 같습니다.

㉠. (가)에서 초기 농도가 2×10^{-3} 인데 H^+ 는 10^{-3} 입니다. 따라서 이온화도가 $\frac{1}{2}$ 으로 0.05보다 크기 때문에 Ca^{2+} 이 아닌 $\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]}$ 식을 사용해야 합니다. 이온화도가 $\frac{1}{2}$ 이니 전부 10^{-3} 으로 계산하면 10^{-3} 맞습니다.

㉡, ㉢. 일반적으로 물 농도를 구한다고 하면, (나)에서 $\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]}$ 식에서 $[\text{H}^+] = \frac{1}{4} \times 10^{-3}$ 입니다. 이것의 $\frac{5}{4}$ 배가 초기 $V \text{ mL}$ 에서 이온화되기 전 $[\text{HA}] = \frac{5}{16} \times 10^{-3} \text{ M}$ 이었음을 알 수 있습니다. (가)에 비해 $\frac{5}{32}$ 배이므로 $V = 640$ 입니다.

여기서 $[\text{A}^-] = [\text{H}^+]$ 이므로 $0.64 \times \frac{1}{4} \times 10^{-3} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 임을 알 수 있습니다.

다만 이번 모의고사에서는 이상하게 물수를 묻는 문항이 많아서, 공식 해설 내용을 추가하려고 합니다.

일반적으로 산 염기에서는 물 농도를 물어봤기에 반응한 양과 용매의 양 변화를 이용해서 물농도를 계산하곤 했는데, 여기서는 물수를 바로 묻기 때문에 용질 계산처럼 할 수 있습니다. (가)에서 $2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 있었으니 (나)에서도 $2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이 4:1로 나누어진 것이라 생각할 수 있고, $1.6 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 이 있음을 바로 구할 수 있습니다.

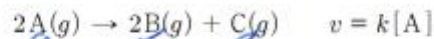
여기에서 K_a 를 구할 때도 일반적인 평형 식을 써서 물수, V 를 분리하여 $\frac{(1.6 \times 10^{-4})^2}{0.4 \times 10^{-4}} \times \frac{1000}{V} = 10^{-3}$ 과 같이 계산하는데, 이러한 풀이를 알아두는 것도 나쁘지는 않다고

봅니다.

다만 이 문제에서는 이 풀이가 유용했던 것이 정확한 이온의 '몰 수'를 구하라고 하였기 때문입니다. 지금까지의 대부분의 산염기 문항들은 '몰 수'가 아닌 '몰 농도'를 구하는 것이 많았는데 이는 우연이 아닌 화학 I과 화학 II 산염기의 핵심적인 차이점, 핵심 개념이기 때문입니다. 그런 점에서 이 풀이를 알아 두는 것은 나쁘지 않으나, 지금까지의 경향으로 봤을 때에는 활용 가능성이 조금 낮다는 게 제 생각입니다.

[2024.10.20.]

20. 다음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. k는 반응 속도 상수이다.



표는 강철 용기 (가)에 A(g)를, (나)에 A(g)와 B(g)를 넣은 후 반응이 진행될 때 용기 속 기체에 대한 자료이다. 반응 시간 (t)이 5 s일 때 C의 질량은 (나)에서가 (가)에서의 3배이다.

강철 용기	부피	온도	B의 질량(g) 전체 기체의 질량(g)		
			t = 0	t = 5 s	t = 10 s
(가)	V	T ₁	0 $\frac{0}{18}$	$\frac{5}{18}$	$\frac{5}{12}$ 7.5 $\frac{15}{18}$
(나)	V	T ₂	$\frac{1}{10}$ 2 $\frac{2}{20}$	$\frac{19}{40}$ 9.5 $\frac{9.5}{20}$	

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)에서 온도는 각각 T₁과 T₂로 일정하다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. T₁ > T₂이다.

ㄴ. C의 분자량 = $\frac{8}{5}$ 이다.

ㄷ. t = 5 s일 때, A(g)의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄱ. 전체 기체의 질량은 항상 동일할 테니 분자의 값, 즉 시간이 지나면서 몇 배 증가하는지 보는 것이 중요합니다. (가)에서 5초와 10초의 비교에서 1.5배 증가하였으니 반감기가 5초임을 알 수 있습니다. 분수 해석을 위해 0초의 0도 $\frac{0}{18}$ 로 써줍시다.

이를 (나)와 비교해야 하는데, 분모 값의 A를 동일하게 맞추어 주어야 같은 비교가 가능합니다. 여기서는 마침 (나)가 $\frac{1}{10}$ 인데, B의 질량 1을 제외하면 10-1=9이므로 (가)의 18과 비교가 가능해집니다. 따라서 $\frac{2}{20}$, $\frac{9.5}{20}$ 와 같이 다시 쓰면 (나)에서는 5초만에 7.5가 증가했음을 알 수 있습니다. (가)의 10초에 해당하므로 (나)의 반감기는 2.5초입니다. 따라서 T₂ > T₁입니다.

다.

ㄴ. ㄱ에서 분수 해석만 잘 되었으면 그 뒤는 쉽게 풀립니다. (가)의 5초에서 5가 된 것으로, 반응 완결이 되면 B는 18중 10, C는 8이 됨을 알 수 있습니다. 이와 계수비를 비교하면 A, B, C의 분자량 비는 9:5:8입니다.

ㄷ. 임의로 분모를 조정하여 반감기 비교를 편하게 했지만, 실제 질량은 5초에서 (가), (나)를 비교하면서 정확히 제시하고 있습니다. 초기 질량이 동일하다면 (나)에서 반감기 2번을 거쳤으니 1.5배여야 하는데, 실제로는 3배이니 (나)의 초기 몰수가 2배 더 많습니다. 따라서 반감기 1번을 거친 것과 동일해지니 A의 몰수는 (가), (나)에서 같습니다.