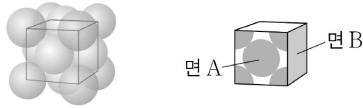


제 4 교시

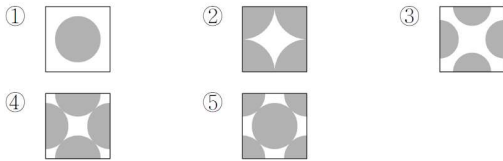
과학탐구 영역(화학II)

성명 수험 번호

1. 그림은 면심 입방 구조를 갖는 금속 M 결정의 단위 세포 모형과 단위 세포의 면 A를 나타낸 것이다.



면 B로 가장 적절한 것은? (단, M은 임의의 원소 기호이고, 단위 세포의 꼭짓점은 원자의 중심에 위치한다.)



답 : ⑤

면심 입방 구조는 6면의 모양이 동일하다. 따라서 면 A와 B는 동일한 모양을 가져야 하므로 답은 5번.

- 1번은 체심 입방 구조의 정 가운데를 자르면 보이는 단면
- 2번은 단순 입방 구조의 한 면의 모양
- 3번은 면심 입방 구조의 정 가운데를 자르면 보이는 단면
- 4번은 뭘까?

2. 다음은 학생 A가 표면 장력에 대해 학습한 후 수행한 탐구 활동이다.

[가설]
○ 동일한 유리컵에 최대한 채울 수 있는 액체의 부피는 물이 에탄올보다 크다.

[탐구 과정]
(가) 그림과 같이 유리컵에 표시된 선까지 물을 채운 후, 동일한 동전을 한 개씩 조심스럽게 넣는다.
(나) 물이 넘치기 시작하면 동전을 넣는 것을 멈춘다.
(다) 넣은 동전의 수를 센다.
(라) 물 대신 액체 에탄올을 사용하여 (가)~(다) 과정을 반복한다.

[탐구 결과]

| 액체 | 물 | 에탄올 |
|-------------|---|-----|
| 넣은 동전의 수(개) | a | b |

[결론]
○ 가설은 옳다.

학생 A의 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 액체의 증발은 무시한다.)

<보 기>

- ㄱ. $a > b$ 이다.
- ㄴ. 표면 장력은 에탄올이 물보다 크다.
- ㄷ. 유리판에 떨어뜨린 같은 부피의 액체 방울은 물이 에탄올보다 더 구형에 가깝다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

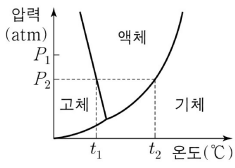
답 : ④

ㄱ. 동전은 전부 동일하므로 동전의 개수가 많을수록 부피가 크다. 최대한 채울 수 있는 액체의 부피는 물이 에탄올보다 크므로 최대한 넣은 동전의 개수는 물이 에탄올보다 많다. 따라서 $a > b$ 이다. (참)

ㄴ. 같은 유리컵에 더 많은 부피의 액체가 들어간다는 것은 표면 장력이 더 크다는 것이다. 따라서 표면 장력은 물이 더 크다. (거짓)

ㄷ. 표면 장력이 더 클수록 유리판에서 물방울이 더 구형에 가깝다. 따라서 물이 더 구형에 가깝다. (참)

3. 그림은 H₂O의 상평형 그림을 나타낸 것이다. H₂O의 끓는점은 P₁ atm에서 a °C이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. $a > t_2$ 이다.
 - ㄴ. t_1 °C, P_1 atm에서 H₂O의 안정한 상은 고체이다.
 - ㄷ. t_1 °C, P_2 atm에서 H₂O이 응고될 때, H₂O의 엔탈피 변화 (ΔH)는 0보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

답 : ①

ㄱ. 끓는점은 압력이 증가할수록 높아진다. 따라서 $a > t_2$ 이다. (참)

ㄴ. 어는점은 압력이 증가할수록 낮아진다. 따라서 P_2 보다 높은 압력인 P_1 에서 어는점은 t_1 보다 낮으므로 t_1 °C, P_1 atm에서 안정한 상은 액체이다. (거짓)

ㄷ. 사실에서 정 쓸 선지가 없을 때 넣을만한 선지이다. 응고될 때 엔탈피 변화(ΔH)는 0보다 작다. (거짓)

ㄷ에 쓸 선지가 그렇게 없었나???? 하다못해 (끓는점)-(어는점)같은 선지를 추가하는 것이 나았을듯하다.

4. 다음은 1atm에서 물질 X~Z에 대한 자료이다. X~Z는 각각 HF, HCl, F₂ 중 하나이다.

- 끓는점은 HF가 가장 높다.
- X의 끓는점에서 Y와 Z는 각각 액체와 기체 상태로 존재한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, F, Cl의 원자량은 각각 1, 19, 35.5이다.) [3점]

- <보 기>
- ㄱ. Y는 HF이다.
 - ㄴ. X(l) 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다.
 - ㄷ. 기준 끓는점은 Z가 Cl₂보다 낮다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ⑤

끓는점은 HF가 제일 높고, F₂와 HCl을 비교했을 때 두 분자의 분자량은 비슷하지만(38vs36.5) 쌍극자-쌍극자 힘의 존재로 인해 HCl이 더 끓는점이 높다.

| 물질의 쌍 | I | | II | |
|---------|---|----------------|------|----------------|
| | ㉠ | O ₂ | HCl | F ₂ |
| 분자량 | | 32 | 36.5 | 38 |
| 끓는점(°C) | | -183 | -85 | -188 |

(이해가 안되면 2017학년도 수능 4번을 다시 보기 바란다.)

ㄱ. X의 끓는점에서 Y는 액체, Z는 기체 상태이다. 즉, 끓는점은 $Y > X > Z$ 이다. 따라서 Y가 HF, X가 HCl, Z가 F₂이다.

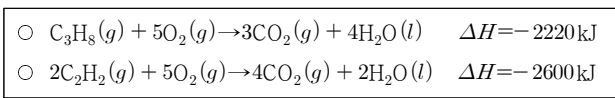
(참)

ㄴ. HCl(l) 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다. (참)

ㄷ. F₂의 기준 끓는점은 Cl₂보다 낮다. 분산력이 Cl₂가 더 세다.

(참)

5. 다음은 25 °C, 1atm에서 C₃H₈(g)과 C₂H₂(g)의 연소 반응에 대한 열화학 반응식이다. C₂H₂의 분자량은 26이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. C₃H₈(g)의 연소 반응은 흡열 반응이다.
- ㄴ. 1g의 C₂H₂(g)이 완전히 연소될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 -50kJ이다.
- ㄷ. C₃H₈(g)과 C₂H₂(g)이 각각 1mol씩 완전 연소되면 열의 출입량은 C₂H₂(g)에서가 C₃H₈(g)에서보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

답 : ②

ㄱ. 연소 반응의 정의는 빛과 열을 내는 반응을 의미한다. 따라서 연소 반응은 발열 반응이다. (ΔH의 부호로 답을 내도 상관은 없긴 하다.) (거짓)

ㄴ. C₂H₂(g) 1mol의 연소 엔탈피(ΔH)는 -1300kJ이다. 따라서 1g이 완전 연소될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 -50kJ이다. 이거 분명 $\frac{-2600}{26}$ 해서 틀린 사람 있을 것이다. (참)

ㄷ. 1mol이 완전 연소될 때의 열의 출입량은 C₃H₈(g)가 2220kJ, C₂H₂(g)가 1300kJ으로 C₃H₈이 더 많다. (거짓)

6. 다음은 삼투 현상에 대한 실험이다.

- [실험 과정]
- (가) 5% 포도당 수용액 100mL에 10g의 무 조각을 넣는다.
- (나) 시간 t가 경과한 후, 무 조각을 꺼내어 표면의 물기를 제거하고 질량을 측정한다.
- (다) 5% 포도당 수용액 대신 10% 포도당 수용액을 사용하여 (가)와 (나)를 반복한다.

- [실험 결과]
- (나)에서 측정한 무 조각의 질량은 수용액에 넣기 전보다 감소하였다.

| | | |
|-----------------|---|----|
| 포도당 수용액의 농도(%) | 5 | 10 |
| 측정한 무 조각의 질량(g) | a | b |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도와 외부 압력은 일정하다.)

- <보 기>
- ㄱ. a > b이다.
- ㄴ. 포도당 수용액 대신 물을 사용하여 (가)와 (나)를 반복하면 (나)에서 측정한 무 조각의 질량은 10g보다 작다.
- ㄷ. 실험 결과를 이용하여, 소금을 뿌려 놓은 배추에서 수분이 빠지는 현상을 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

ㄱ. 5% 수용액에서 무의 질량이 감소했다는 것은 무 내부의 농도는 그보다 낮아 물이 빠져나갔다는 것이다. 10% 수용액에 담그면 빠져나가는 물의 양이 더 많아질 것이므로 a > b이다. (참)

ㄴ. 물을 사용할 경우 오히려 무가 물을 흡수하여 질량이 커질 것이다. 진짜 만약 농도 차이가 거의 없어 물이 거의 이동하지 않더라도 질량이 작아 질 수는 없다. (거짓)

ㄷ. 소금을 뿌려놓은 배추는 삼투압에 의해 수분이 빠져나간다. (참)

생명과화학에서나 보던 유형의 문제이다. ㄱ에서 일타는 학생이 조금 있었을듯하다.

7. NaOH 1g이 녹아 있는 1m NaOH(aq)에 물 wg을 추가하여 묽힌 수용액의 농도는 400ppm이다.

w는? (단, NaOH의 화학식량은 40이다.) [3점]

- ① 224 ② 2474 ③ 2476 ④ 24974 ⑤ 24976

답 : ②

ppm은 100만분의 1을 나타낸다. 즉 1g당 10^{-6} g의 용질이 들어있는 것을 나타내는 단위로, 계산하기 매우 거지같으므로 1mg의 용질이 1kg의 용액에 들어있는 것으로 계산하는 것이 제일 간편하다.

즉 400ppm이라는 것은 용질 1kg에 400mg의 NaOH가 녹아있음을 나타낸다.

NaOH 1g은 $\frac{1}{40}$ mol이고, 농도가 1m이므로 용매의 질량은 $\frac{1}{40}$ kg = 0.025kg이다.

$$\text{따라서 } \frac{1\text{g}}{0.026\text{kg} + \frac{w}{1000}\text{kg}} = \frac{400\text{mg}}{1\text{kg}} \text{ 이므로 } 0.0104 + \frac{4w}{10000} = 1$$

에서 $4w = 9896$ 이므로 $w = 2474$ 이다.

진짜 왜 낸 문제일까????????????? 사실상 교육청에서나 쓰던 ppm단위를 사용한 것은 새롭다 할 수 있지만 이런 식으로 낼 이유는 없었다고 생각한다.

8. 표는 C₂H₅OH(l)과 CH₃COOH(l)의 증기 압력 자료이다.

| 증기 압력 (mmHg) | 온도(°C) | |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | C ₂ H ₅ OH(l) | CH ₃ COOH(l) |
| 78 | 30 | t ₁ |
| 300 | t ₁ | t ₂ |

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

<보 기>

ㄱ. t₂ < 30이다.

ㄴ. t₂°C에서 증기 압력은 C₂H₅OH(l)이 CH₃COOH(l)보다 크다.

ㄷ. 외부 압력이 240mmHg일 때, 끓는점은 CH₃COOH(l)이 C₂H₅OH(l)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ④

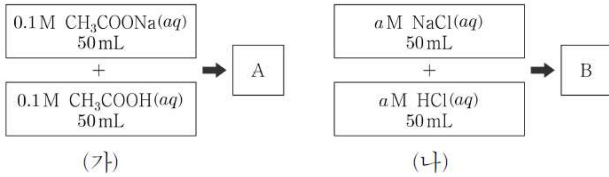
ㄱ. 증기 압력이 커지기 위해서는 온도가 증가해야 한다. $30 < t_1$ 이고 $t_1 < t_2$ 이므로 $t_2 > 30$ 이다. (거짓)

ㄴ. $t_1 < t_2$ 이다. C₂H₅OH(l)은 t₁°C에서 이미 증기 압력이 300mmHg이고 CH₃COOH(l)은 t₂에서 증기 압력이 300mmHg이므로 t₂°C에서 증기 압력은 C₂H₅OH(l)이 훨씬 큼을 알 수 있다. (참)

ㄷ. 끓는점은 $30 < (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l) \text{의 끓는점}) < t_1$,

$t_1 < (\text{CH}_3\text{COOH}(l) \text{의 끓는점}) < t_2$ 이므로 CH₃COOH(l)이 더 높다. (참)

9. 그림 (가)와 (나)는 25°C에서 혼합 수용액 A와 B를 만드는 과정을 각각 나타낸 것이다. pH는 A와 B가 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.)

- <보 기>
- ㄱ. (가)에서 사용한 $\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 의 액성은 염기성이다.
 - ㄴ. 0.01mol의 $\text{NaOH}(s)$ 을 A에 첨가한 후 평형에 도달하면 OH^- 의 양은 0.01mol만큼 증가한다.
 - ㄷ. 0.1M $\text{HCl}(aq)$ 10mL를 A와 B에 각각 넣었을 때, pH는 A에서가 B에서보다 더 많이 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

답 : ①

ㄱ. 약산의 짝염기를 포함하는 염이므로 염기성이다. (참)
 ㄴ. A에 $\text{NaOH}(s)$ 0.01mol을 넣으면 CH_3COOH 가 CH_3COO^- 가 되면서 OH^- 의 일부가 H_2O 가 된다. 따라서 OH^- 는 0.01mol만큼 증가하지 않는다. (거짓)
 ㄷ. A는 완충 용액이고 B는 완충 용액이 아니므로 pH의 변화량은 B에서가 더 높다. 따라서 pH는 A에서가 B에서보다 더 적게 감소한다. (거짓)

굳이 a M를 알 필요는 없지만 만약 계산한다면 1.8×10^{-5} 정도 된다. A의 pH가 $-\log(1.8 \times 10^{-5})$ 이므로.

10. 다음은 A(aq)에 대한 자료이다.

- A(aq)의 농도: 4%
- A(aq)의 질량: 75g
- A의 분자량: 60, H_2O 의 분자량: 18
- 25°C에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증기 압력: a mmHg

25°C에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A는 비휘발성, 비전해질이고, 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

- <보 기>
- ㄱ. A의 몰분율은 $\frac{1}{81}$ 이다.
 - ㄴ. A(aq)의 증기 압력은 $\frac{80a}{81}$ mmHg이다.
 - ㄷ. A(s) 3g을 추가로 넣어 녹인 용액의 증기 압력 내림은 $\frac{2a}{81}$ mmHg이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

4% 75g 용액에서 A의 질량은 $75g \times \frac{4}{100} = 3g$ 이다. 즉, H_2O 72g, A 3g이 들어있는 용액이다.

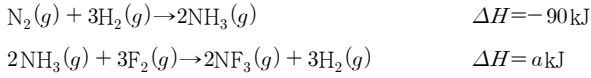
ㄱ. A의 몰분율은 $\frac{3}{\frac{60}{18} + 3} = \frac{1}{81}$ 이다. (참)

ㄴ. A의 몰분율이 $\frac{1}{81}$ 이므로 물의 몰분율은 $\frac{80}{81}$ 이다. 증기 압력은 $P^* \times (\text{용매의 몰분율})$ 이므로 $a \times \frac{80}{81}$ mmHg이 용액의 증기 압력이다. (참)

ㄷ. A(s)가 3g 추가되면 A(aq)의 몰분율은 $\frac{1}{41}$ 이 된다. 따라서 증기 압력 내림은 $\frac{a}{41}$ mmHg이다. (거짓)

증기 압력 내림 문제를 풀 때 $\frac{1}{80+1}$ 같은 모양을 항상 기억하는 것이 좋다. ㄷ에서 초기 A와 같은 몰수의 A가 추가되었으므로 A의 몰분율은 $\frac{1+1}{80+1+1} = \frac{1}{41}$ 이 된다.

11. 다음은 25 °C, 1atm에서 NH₃(g)와 관련된 2가지 반응의 열화학 반응식과 2가지 결합의 결합 에너지 자료이다.



| | | |
|-----------------|-----|-----|
| 결합 | N≡N | N-F |
| 결합 에너지 (kJ/mol) | 945 | b |

이 자료로부터 구한 F-F 결합의 결합 에너지(kJ/mol)는?

- ① $\frac{a}{3} + 2b + 345$ ② $\frac{a}{3} + 2b - 345$ ③ $\frac{a}{3} + 2b - 945$
 ④ $\frac{a}{3} - 2b - 345$ ⑤ $\frac{a}{3} - 2b - 945$

답 : ②

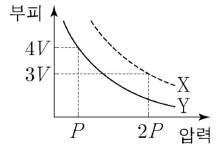
주어진 결합이 N≡N과 N-F밖에 없으므로 F-F 결합 에너지를 구할 때 반응식에 N₂, NF₃, F₂만 남도록 반응식을 만들면 될 것이다.

주어진 두 반응식을 더하면 N₂(g) + 3F₂(g) → 2NF₃(g)이다. 원하던 반응식을 만들었으므로 이를 사용한다. 새로 만든 반응식의 반응 엔탈피(ΔH)는 (a-90)kJ이다.

(반응 엔탈피) = Σ(반응물의 결합 에너지) - Σ(생성물의 결합 에너지) 이다.

따라서, a-90 = (945+3F-F) - (6b)이고 이를 정리하면 F-F 결합 에너지는 $\frac{a}{3} + 2b - 345$ 이다.

12. 그림은 X(g)와 Y(g)의 부피를 압력에 따라 나타낸 것이다. X(g)와 Y(g)의 온도는 각각 TK와 2TK이고, X(g)의 질량은 Y(g)의 2배이다.



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

< 보 기 >

ㄱ. 분자 수는 X가 Y의 3배이다.
 ㄴ. 분자량은 X가 Y의 $\frac{2}{3}$ 배이다.
 ㄷ. 압력이 P일 때, $\frac{2TK}{TK}$ 에서 X(g)의 밀도 = $\frac{1}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ⑤

ㄱ. 기체 분제이므로 PV=nRT를 사용한다. X(g)의 분자 수 n_x = $\frac{6PV}{RT}$ 이고 Y(g)의 분자 수 n_y = $\frac{4PV}{2RT}$ 이므로 분자 수는 X(g)가 Y(g)의 3배이다. (참)

ㄴ. 질량은 X(g)가 Y(g)의 2배이다. n_x = $\frac{2w}{M_x}$, n_y = $\frac{w}{M_y}$ 에서 M_x : M_y = $\frac{1}{3} : \frac{1}{2} = 2 : 3$ 이므로 분자량은 X가 Y의 $\frac{2}{3}$ 배이다. (참)

ㄷ. 압력이 P일 때, 2TK의 X(g)의 부피는 12V, TK의 Y(g)의 부피는 2V이다. 밀도 d = $\frac{w}{V}$ 이므로, X(g)의 밀도 d_x = $\frac{2w}{12V}$, Y(g)의 밀도 d_y = $\frac{w}{2V}$ 이므로 $\frac{2TK}{TK}$ 에서 X(g)의 밀도 = $\frac{1}{3}$ 이다. (참)

13. 표는 약산 HA와 HB의 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

| 수용액 | 산 | 농도(M) | pH | 25 °C에서의 이온화 상수(K_a) |
|-----|----|-------|-----|--------------------------|
| (가) | HA | 0.050 | 3.0 | |
| (나) | HB | 0.025 | | 1×10^{-7} |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 수용액의 온도는 25 °C이고, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. HB는 HA보다 더 약한 산이다.
- ㄴ. (나)에서 $\frac{[B^-]}{[HB]} < 1 \times 10^{-3}$ 이다.
- ㄷ. 10mL의 (나)와 10mL의 0.025M NaOH(aq)을 혼합한 수용액에서 pH > 7.0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

ㄱ. (가)에서 pH = 3이므로 $[H_3O^+] = 10^{-3}M$ 이다. $[H_3O^+] = \sqrt{C \times K_a}$ 이고 $C = \frac{1}{20}$ 이므로 $K_a = 2 \times 10^{-5}$ 이다. 이온화 상수 (K_a)가 작은 산이 더 약한 산이므로 HB가 HA보다 더 약한 산이다. (참)

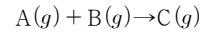
ㄴ. α 가 매우 작을 때, $\alpha = \frac{[B^-]}{[HB]} = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$ 이다. $C = \frac{1}{40}$ 이므로 $\alpha = 2 \times 10^{-3}$ 이다. $\alpha \ll 1$ 이므로 α 가 매우 작을 것이라는 가정에 맞으므로 $\frac{[B^-]}{[HB]} > 1 \times 10^{-3}$ 이다. (거짓)

ㄷ. 약산과 강염기를 동일한 양으로 혼합한 용액으로 약산의 짝염기만 남는 용액이 된다. 따라서 이 용액은 약 염기를 띄므로 pH > 7.0이다. (참)

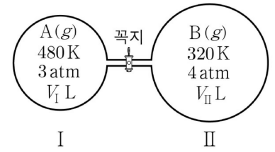
ㄴ에서 $\alpha \ll 1$ 이라는 것을 일반적으로 생각하고 풀게 되지만, α 가 충분히 크다면 저 식을 사용해서는 안된다. 주어진 식은 $\frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \approx C\alpha^2$ 이라는 가정하에 나온 식으로 α 가 어느 정도 크면 사용할 수 없지만, 수능에서는 그런 문제는 거의 나올 확률이 없으므로 그런 것이 있다는 것 정도만 알고 넘어가도 상관없다.

(일반 화학에서는 $\alpha \leq 0.05$ 이면 저 식을 사용한다.)

14. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 꼭지로 분리된 강철 용기 I과 II에 A(g)와 B(g)가 각각 들어 있는 상태를 나타낸 것이다. 꼭지를 열어 반응이 완결된 후, 400K에서 혼합 기체의 압력은 $\frac{10}{3}$ atm이다.



$\frac{V_{II}}{V_I}$ 는? (단, 연결관의 부피는 무시한다.)

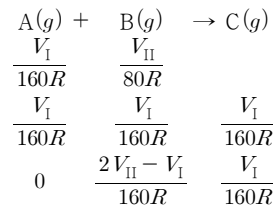
- ① $\frac{5}{3}$ ② 2 ③ $\frac{7}{3}$ ④ $\frac{8}{3}$ ⑤ 3

답 : ②

풀이는 두 가지로 나눌 수 있다.

(풀이 1)

용기 I에서 A(g)의 몰수 $n_A = \frac{3V_I}{480R} = \frac{V_I}{160R}$. 용기 II에서 B(g)의 몰수 $n_B = \frac{4V_{II}}{320R} = \frac{V_{II}}{80R}$ 이다. 그림이나 선지가 없었다면 n_A, n_B 의 크기 비교를 할 방법이 없어서 가정법을 써야하지만, 그림상으로도 II가 커 보이고 선지에서도 II가 더 큰 선지만 존재하므로 $n_A < n_B$ 라고 생각할 수 있다. 반응식을 써보면



반응 후 전체 몰수는 $\frac{V_{II}}{80R} = \frac{\frac{10}{3} \times (V_I + V_{II})}{400R} = \frac{V_I + V_{II}}{120R}$ 이므로 $3V_{II} = 2(V_I + V_{II})$ 이므로 $\frac{V_{II}}{V_I} = 2$ 이다.

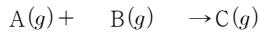
(풀이 2)

반응 후 온도가 400K이므로 용기 I, II의 온도도 400K으로 치환해버릴 수 있다.

이 때 I의 압력은 $3 \times \frac{400}{480} = \frac{5}{2}$ atm, II의 압력은

$4 \times \frac{400}{320} = 5$ atm이다. RT 는 항상 동일하므로 $n \propto PV$ 이다.

A(g)의 몰수를 $\frac{5}{2}V_I$, B(g)의 몰수를 $5V_{II}$ 라 하고 반응식을 쓰면



$$\frac{5}{2}V_I \quad 5V_{II}$$

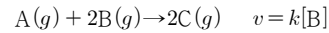
$$\frac{5}{2}V_I \quad \frac{5}{2}V_I \quad \frac{5}{2}V_I$$

$$0 \quad 5V_{II} - \frac{5}{2}V_I \quad \frac{5}{2}V_I$$

반응 후 전체 몰수는 $5V_{II} = \frac{10}{3}(V_I + V_{II})$ 이므로 $\frac{V_{II}}{V_I} = 2$ 이다.

일반적으로 기체 문제는 온도를 통일해서 푸는 것이 더 편하다. (Entropy 개념서를 참고해보자.)

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



표는 강철 용기 I~III에서 진행되는 A(g)와 B(g)의 반응에 대한 자료이다. 반응 전 I~III에는 A(g)와 B(g)만 존재한다.

| 용기 | 반응 전 혼합 기체의 양(mol) | 반응 전 B의 몰 분율 | 용기의 부피(L) | 초기 반응 속도 ($M \cdot s^{-1}$) |
|-----|-----------------------|-----------------|--------------|----------------------------------|
| I | 0.2 | 0.2 | 2 | a |
| II | 0.4 | x | 5 | $2a$ |
| III | 0.3 | 0.4 | 6 | y |

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

<보기>

ㄱ. $k = 50a s^{-1}$ 이다.

ㄴ. $x = 0.5$ 이다.

ㄷ. $y = a$ 이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ⑤

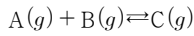
ㄱ. 용기 I에서 $n_B = 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ mol}$ 이고 $[B] = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ M}$ 이다. $a = k \times 0.02 \text{ M}$ 이므로 $k = 50a s^{-1}$ 이다. (참)

ㄴ. 초기 반응 속도가 $2a \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ 이므로 $[B] = 0.04 \text{ M}$ 이다. 부피가 5L이므로 $n_B = 0.2 \text{ mol}$ 이므로 $x = 0.5$ 이다. (참)

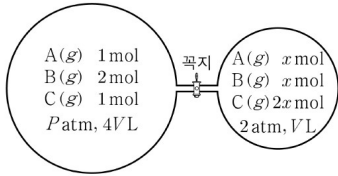
ㄷ. 용기 III에서 $[B] = \frac{0.3 \times 0.4}{6} = 0.02$ 이므로 $y = a$ 이다. (참)

뭔가 더 어렵게 낼 수 있는 문제라는 느낌이 강하게드는 아쉬운 문항이다. 6평에서 반응 속도의 변화에 대한 문제는 몰농도의 변화로만 낼 수 있으니 온도 변화는 낼 수 없으므로 이해는 하지만 실린더+외부압력 변화 같은 조건으로 문제를 변형하면 더 어려운 문제가 될 수 있었을 것이라는 생각이 든다.

16. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 꼭지로 분리된 강철 용기에 들어 있는 A(g)~C(g)가 각각 평형을 이룬 상태를 나타낸 것이다.



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

<보기>

- ㄱ. $x = 1$ 이다.
- ㄴ. $P = 0.5$ 이다.
- ㄷ. 꼭지를 연 후 도달한 새로운 평형에서 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{B(g) \text{의 양(mol)}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

ㄱ. 온도가 일정하므로 K 는 항상 일정하다. 왼쪽 용기를 통해 $K = 2V$ 임을 알 수 있다. 왼쪽에서 $Q = \frac{2}{x}V$ 이므로 $x = 1$ 이다.

(참)

ㄴ. 왼쪽에서 기체는 총 4mol으로 V L에서 2atm이고, 오른쪽에서 몰수는 동일한데 부피가 4배이므로 압력은 $\frac{1}{4}$ 배이다. 따라서 $P = 0.5$ 이다. (참)

ㄷ. 꼭지를 열었을 때 A(g) 2mol, B(g) 3mol, C(g) 3mol이다. 꼭지를 연 순간 B(g)의 양(mol)과 C(g)의 양(mol)은 동일하므로 선지에서 묻는 것은 반응의 진행 방향을 묻는 것이다.

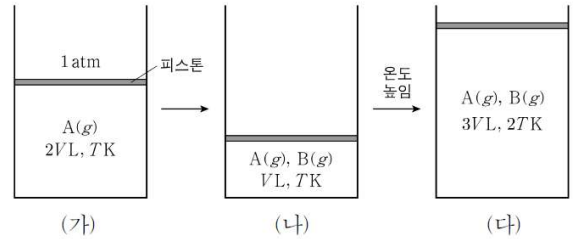
꼭지를 연 순간 $Q = \frac{V}{2}$ 로 $Q < K$ 이므로 반응은 정반응으로 진행된다. 이 때 B(g)는 줄어들고 C(g)는 증가하므로 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{B(g) \text{의 양(mol)}} > 1$ 이다. (참)

일반적으로 이런 문제에서 부등호 등으로 몰수의 비를 묻는 경우 직접 계산하는 것이 아닌 평형의 반응을 예측함으로써 정성적으로 계산하는 경우가 많다. 직접 계산하겠다고 시간을 낭비하지 않도록 한다.

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



그림 (가)는 A(g)가 실린더에 들어 있는 초기 상태를, (나)는 (가)에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를, (다)는 (나)에서 온도를 높인 후 도달한 새로운 평형 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 서로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 압력은 1atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

<보기>

- ㄱ. $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이다.
- ㄴ. $\Delta H < 0$ 이다.
- ㄷ. (다)에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{5}{6}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ④

ㄱ. (나)에서 두 기체의 몰수는 같다. 초기 A(g)의 몰수를 n 이라하고 반응한 A(g)를 ax mol이라하면 반응 후 A(g)는 $(n-ax)$ mol, B(g)는 bx 몰이다. $n-ax+bx = \frac{n}{2}$ 이고 $n-ax=bx$ 이므로 $ax = \frac{3}{4}n$, $bx = \frac{1}{4}n$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = 3$ 이다. (거짓)

ㄴ. (나)에서 기체의 총 몰수는 $\frac{V}{RT}$. (다)에서 기체의 총 몰수는 $\frac{3V}{2RT}$ 이다. 기체의 몰수가 증가하는 방향으로 평형 이동이 일어났으므로 역반응으로 반응이 일어난 것이고, 온도가 증가한 상황이므로 $\Delta H < 0$ 이다. (참)

ㄷ. (다)에서 기체의 총 몰수는 (가)에서의 $\frac{3}{4}$ 배이다. 반응한 A(g)를 $3y$ mol이라하면 A(g) $(n-3y)$ mol, B(g) y mol에서 총 몰수는 $n-2y = \frac{3}{4}n$ 이다. 따라서 $y = \frac{1}{8}n$ 이고, A(g) $\frac{5}{8}n$ mol,

B(g) $\frac{1}{8}n$ mol이므로 A(g)의 몰분율은 $\frac{\frac{5}{8}n}{\frac{5}{8}n + \frac{1}{8}n} = \frac{5}{6}$ 이다. (참)

계수를 특이한 방식으로 묻는 문제로, 이런 문제에서 계수를 계산하기 보다는 직관적으로 몇인지 보는 눈을 기르는 것이 중요하다.

18. 다음은 기체의 반응 실험이다.

[화학 반응식]
 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$

[실험 과정]
 (가) 꼭지로 분리된 강철 용기에 그림과 같이 $\text{CH}_4(g)$ 과 $\text{O}_2(g)$ 를 넣는다.
 (나) $\text{CH}_4(g)$ 과 $\text{O}_2(g)$ 를 반응시킨다.
 (다) 반응이 완결된 후 꼭지를 열고 온도를 TK로 유지시킨다.

[실험 결과]
 ○ (다) 과정 후 용기 속에는 혼합 기체와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 존재한다.
 ○ (다) 과정 후 혼합 기체의 밀도는 $\frac{3w}{4} \text{ g/L}$ 이다.

(다) 과정 후 $\text{CO}_2(g)$ 의 부분 압력(atm)은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다. 기체의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 에 대한 용해, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 부피와 증기 압력, 연결관의 부피는 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{6}{35}$ ② $\frac{6}{25}$ ③ $\frac{9}{35}$ ④ $\frac{9}{25}$ ⑤ $\frac{12}{25}$

답 : ①

문제가 복잡해보이지만 천천히 풀다보면 충분히 해결할 수 있다. CH_4 의 분자량은 16, O_2 의 분자량은 32이므로 각 기체의 몰수는 $\text{CH}_4 \frac{w}{16} \text{ mol}$, $\text{O}_2 \frac{5w}{32} \text{ mol}$ 이다.

반응이 일어난 후 $\text{CH}_4(g)$ 는 완전히 반응하여 사라지고 $\text{O}_2(g)$ $\frac{w}{32} \text{ mol}$, $\text{CO}_2(g)$ $\frac{w}{16} \text{ mol}$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ $\frac{w}{8} \text{ mol}$ 존재한다. 기체의 총 질량은 $(\frac{w}{32} \times 32) + (\frac{w}{16} \times 44) = \frac{15}{4}w \text{ g}$ 이다. 혼합 기체의 밀도가 $\frac{3w}{4} \text{ g/L}$ 이므로 용기 전체의 부피는 5L이다.

반응 전 $\frac{7w}{32} \text{ mol}$ 이 3L에 있을 때 1atm이고, 반응 후 $\text{CO}_2(g)$ 는 $\frac{w}{16} \text{ mol}$ 이 5L에 있으므로 $\text{CO}_2(g)$ 의 부분 압력은 $1 \times \frac{2}{7} \times \frac{3}{5} = \frac{6}{35}$ 이다.

(몰수가 $\frac{7w}{32}$ 의 $\frac{2}{7}$ 배, 부피가 $\frac{5}{3}$ 배)

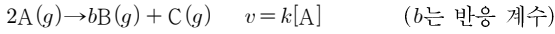
몰수가 아닌 반응 질량비로 풀 수 있다.

$\text{CH}_4(g)$ 16g당 $\text{O}_2(g)$ 64g이 반응하여 $\text{CO}_2(g)$ 44g, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 36g이 생성되므로 반응 질량비는

$\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 4 : 8 : 11 : 9$ 이다. CH_4 $w \text{ g}$ 가 소모되었으므로 반응 후 $\text{O}_2(g)$ $3w \text{ g}$, $\text{CO}_2(g)$ $\frac{11}{4}w \text{ g}$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ $\frac{9}{4}w \text{ g}$ 가 존재한다. 반응 후 혼합 기체의 밀도는 $\{(\text{초기 기체의 질량}) - (\text{액체의 질량})\} / (\text{부피})$ 이므로 $\frac{(6w - \frac{9}{4}w)}{(3 + V)} = \frac{3w}{4}$ 이므로 $V = 2$ 이다.

이후 부분 압력을 구하는 부분은 앞 설명과 동일하게 몰수를 구해서 진행하면 된다.

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



표는 TK에서 강철 용기 (가)와 (나)에 A(g)를 각각 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 생성물의 농도를 나타낸 것이다. (나)에서 A(g)의 초기 농도는 1.6M이다.

| 반응 시간 | | 0 | t | 2t | 3t |
|--------|----------------|---|-----|-----|-----|
| 농도 (M) | (가)에서의 [B] | 0 | 2.4 | 3.6 | 4.2 |
| | (나)에서의 [B]+[C] | 0 | | 1.8 | 2.1 |

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

- <보 기>
- ㄱ. 이 반응의 반감기는 t이다.
 - ㄴ. b = 2이다.
 - ㄷ. 0~3t 동안 평균 반응 속도는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

ㄱ. Δ[B]를 보자. 0~t에서 Δ[B]=2.4M, t~2t에서 Δ[B]=1.2M, 2t~3t에서 Δ[B]=0.6M이다. Δ[B]가 절반이 되는 시간이 t이므로 반감기는 t이다. (참)

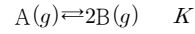
ㄴ. 2t~3t에서 3번째 반감기를 지나므로 Δ[A]=-0.2M이다. 이 때 Δ([B]+[C])=0.3M이므로 b=2이다. (참)

ㄷ. 평균 반응 속도 $v = -\frac{1}{2} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$ 이다. (가)에서 $v = \frac{1}{2} \times \frac{4.2}{3t}$ 이고, (나)에서 3t일 때 [B]=1.4이므로 $v = \frac{1}{2} \times \frac{1.4}{3t}$ 이다. 따라서 평균 반응 속도는 (가)에서가 (나)에서의 3배이다. (거짓)

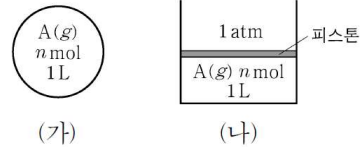
사실 ㄷ의 경우 굳이 계산을 하지 않아도 되는 것이 표에서 값이 2배인데 [B]와 [B]+[C]로 다르므로 직관적으로 아니라는 것을 알 수 있다.

명색의 19번인데 너무 쉽게 나온게 아쉽다.

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



그림은 A(g)가 강철 용기 (가)와 실린더 (나)에 들어 있는 초기 상태를 각각 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 반응이 일어나 각각 평형 상태 I과 II에 도달하였을 때, I에서 B의 몰 분율은 $\frac{6}{11}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도와 외부 압력은 각각 TK와 1atm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- <보 기>
- ㄱ. I에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{8}$ atm이다.
 - ㄴ. $K = \frac{9}{10}n$ 이다.
 - ㄷ. II에서 혼합 기체의 부피는 $\frac{10}{7}$ L이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ⑤

ㄱ. 평형에서 A(g) $\frac{5}{8}n$ mol, B(g) $\frac{3}{4}n$ mol이다. (가)와 (나)를 비교해봤을 때 (가)의 초기 압력은 1atm이므로 평형에서 A(g)의 부분 압력은 $\frac{5}{8}$ atm이다. (참)

ㄴ. $K = \frac{(\frac{3}{4}n)^2}{\frac{5}{8}n} = \frac{9}{10}n$ 이다. (참)

ㄷ. (몰이 1) 평형에 도달했을 때 A(g) (n-x) mol, B(g) 2x mol이라하면 실린더의 부피는 $\frac{(n+x)}{n}$ L이다. 이 때 평형 상수는 $K = \frac{4x^2}{n-x} \times \frac{n}{n+x} = \frac{9}{10}n$ 이다. 이를 풀면 $x = \frac{3}{7}n$ 이므로 평형에서 실린더의 부피는 $\frac{10}{7}$ L이다. (참)

(몰이 2) 혼합 기체의 부피가 $\frac{10}{7}$ L이라면 기체는 총 $\frac{10}{7}n$ mol 존재해야한다. 따라서 A(g) $\frac{4}{7}n$ mol, B(g) $\frac{6}{7}n$ mol이고, 반응

지수 $Q = \frac{(\frac{6}{7}n)^2}{\frac{4}{7}n} \times \frac{7}{10} = \frac{9}{10}n$ 이므로 옳다.

(풀이 3) K_p 로 풀 수 있긴 하다. (가)에서 A(g)의 부분 압력이 $\frac{5}{8}$ atm, B(g)의 부분 압력이 $\frac{3}{4}$ atm이므로 $K_p = \frac{(\frac{3}{4})^2}{\frac{5}{8}} = \frac{9}{10}$ 이다. 풀이 1처럼 A(g)가 $(n-x)$ mol, B(g) $2x$ mol이 있다고 하자. A(g)의 부분 압력은 $\frac{n-x}{n+x}$ atm, B(g)의 부분 압력은 $\frac{2x}{n+x}$ atm이다. 이 때 $Q_p = \frac{(\frac{2x}{n+x})^2}{\frac{n-x}{n+x}} = \frac{9}{10}$ 이고, 이를 풀면 $x = \frac{3}{7}n$ 이므로 사실상 풀이 1과 풀이 3은 차이가 없다.

가끔 K_p 로 풀면 된다고 하는 학생이 있어서 써봤지만 이런 문제에서는 별 효용성이 없다. 이런 문제에서는 (풀이 2)가 제일 쓸모 있을 것이다.

물론 ㄱ, ㄴ 삭제시키고 1~5에 부피만 던져주는 문제로 바뀌면 (풀이 1)이나 (풀이 3)을 사용해야한다. 이 때 학생이 체감하는 난이도는 급상승 할 것이다.