

1. 다음은 인류 복지에 기여한 화학자의 업적에 관한 기사의 일부를 발췌하여 정리한 것이다.

(가) 개발 과정에서 특정 질병과 관련된 화합물의 구조와 효과적인 치료약의 합성법을 설계할 때, 컴퓨터를 이용한 분자 구조 결정 과정인 분자 모델링은 매우 중요한 역할을 한다. 노벨 화학상 위원회는 화학 발전에 기여한 공로를 인정하여 분자 모델링 컴퓨터 프로그램을 개발한 화학자를 올해의 노벨 화학상 수상자로 결정하였다.

다음 중 (가)에 가장 적절한 것은?

- ① 신약 ② 연료 전지 ③ 의료 기기
 ④ 신재생 에너지 ⑤ 생분해성 플라스틱

* 단원분류: 인류복지와 화학 → 이렇게 출제되지는 않는다.

* 신약 개발과정: ① 효소의 분리 및 조사 - 질병 관련 효소 분리, 정제 후 조사.

② 분자 모델링 - 컴퓨터를 이용하여 활성자리 구조 분석 후 직합구조 설계

③ 의약품 합성 - 설계된 의약품을 직접 합성.

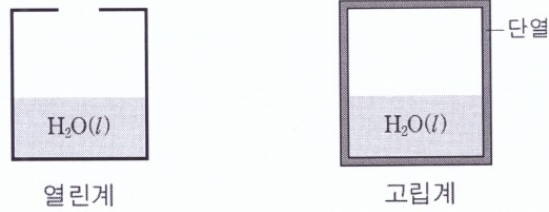
④ 임상시험 - 동물실험, 사람에게 대한 임상실험을 거쳐 부작용, 독성 조사.

⑤ 정부 기관의 허가

⑥ 시중 판매

* 위의 사실을 몰라도, "특정 질병과 ~ 치료약의 합성법" 문장에서 충분히 "신약" 답을 유추해낼 수 있다.

2. 그림은 열린계와 고립계에서 물이 자발적으로 증발하여 물의 부피가 감소하고 있는 상태를 각각 나타낸 것이다.



위의 두 계에서의 변화에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. 열린계에서 주위로 물질의 이동이 일어난다.
 - × ㄴ. 고립계의 엔트로피는 감소한다.
 - × ㄷ. 자유 에너지 변화(ΔG)는 열린계와 고립계에서 모두 0이다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄱ. 열린계에서 물질(물)이 주위(공기)로 이동하였다.

ㄴ. 고립계에서 또한 물이 자발적으로 증발하고 있다고 하였으므로, 엔트로피는 증가한다.

ㄷ. 평형상태가 아니므로, $\Delta G = 0$ 이 아니다. $\Delta G = 0$ 이라 함은, 평형상태를 의미한다.

* $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

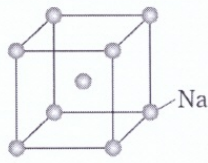
$\Delta G > 0$: 비자발적 반응

$\Delta G = 0$: 평형 상태

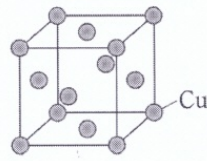
$\Delta G < 0$: 자발적 반응

} \Rightarrow 알기 필수

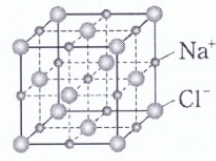
3. 그림은 3가지 고체의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다.



(가)



(나)



(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 단위 세포에 포함된 입자 수는 (나)가 (가)의 2배이다.
- ㄴ. (나)는 면심 입방 구조이다.
- ㄷ. (다)에서 단위 세포에 포함된 Na^+ 은 4개이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* (가): 체심입방구조

(나): 면심입방구조

(다): 단순입방구조

*

	단	체	면	육
입자수	1	2	4	6
배위수	6	8	12	12

(육: 육방밀집구조)

⇒ 알기필수

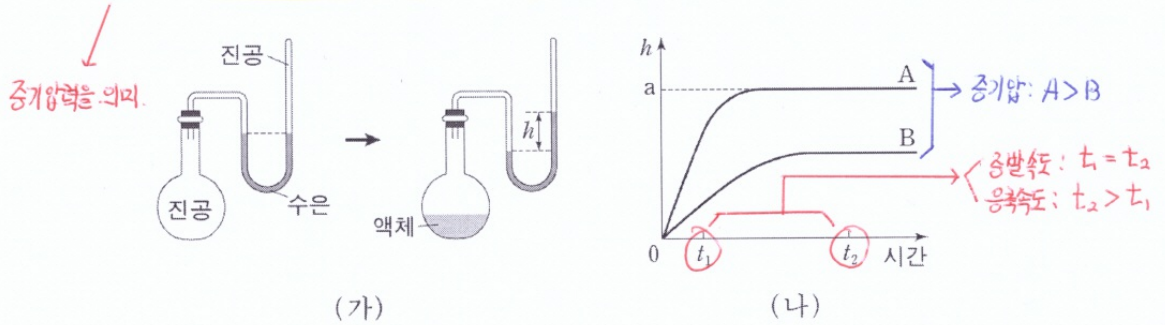
ㄱ. 단위세포에 포함된 입자수는 (나): 면심입방구조 가 (가) 체심입방구조의 두배이다.

ㄴ. (나)는 면심입방구조이다. (그림 자체를 기억해두자).

ㄷ. (다)의 단위세포에서, 단순입방구조 8개의 형태이므로 입자수 또한 8개이다.

이 중 Na^+ 가 4개, Cl^- 가 4개로 구성되어 있다. ($\text{Na}:\text{Cl}=1:1$)

4. 그림 (가)는 액체의 증기 압력을 측정하는 과정을, (나)는 액체 A와 B를 (가)의 장치에 각각 20mL씩 넣고 일정한 온도에서 측정한 수은 기둥의 높이 차(h)를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

- <보기> —
- 가. A의 증발 속도는 t_1 과 t_2 에서 같다.
 - × 나. A를 40mL 넣었다면 t_2 에서 측정되는 h 는 $2a$ 이다.
 - 다. 물 증발열은 B가 A보다 크다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 가, 다 ⑤ 나, 다

가. 같은 용기에 온도가 같으므로 증발 속도는 t_1 과 t_2 에서 동일하다.

위의 그림에 나와 있듯, 응축 속도는 $t_1 < t_2$ 이다.

나. 증기압력은 온도의 영향만을 받는다. (동일 액체일 경우.)

즉, 20mL 때와 40mL 일 때 온도가 같으므로 t_2 에서 측정되는 h 는 모두 A이다.

다. 증기압이 $A > B$ 이므로, 이는 B보다 A가 증발이 많이, 더 잘된다는 것을 의미한다.

이는 곧 B보다 A의 분자간 인력이 더 약하다는 것이며, 자연스럽게 1몰을 증발시키기 위한 몰 증발열은 분자간 인력이 강한 B가 A보다 더 크다.

5. 다음은 열량계를 이용하여 탄소 가루를 연소시킬 때 발생하는 열량을 구하는 실험이다.

[실험 과정] *0.05몰*

(가) 0.6g의 탄소 가루와 0.1몰의 산소 기체를 강철 용기에 넣는다.

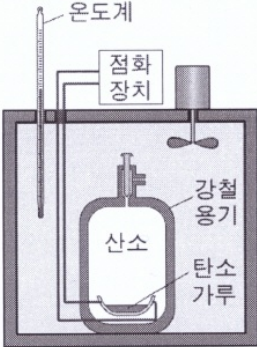
(나) 열량계의 온도(t_1)를 측정한다.

(다) 점화 장치로 0.6g의 탄소 가루를 완전 연소시킨 후 열량계의 온도(t_2)를 측정한다.

[실험 결과 및 자료]

t_1	t_2	열량계 열용량
23.2°C	23.7°C	40 kJ/°C

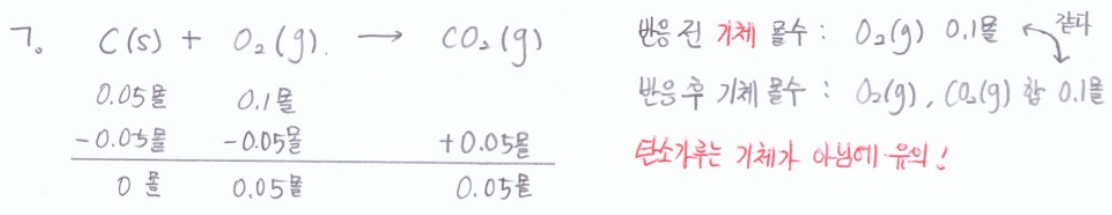
$\Delta t = 0.5^\circ\text{C}$



이 실험에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기> —
- 가. 강철 용기 내부 기체의 전체 몰수는 반응 전이 반응 후보다 크다.
 - 나. 탄소 가루가 완전 연소될 때 20kJ의 열이 발생한다.
 - 다. (다)에서 탄소 가루가 불완전 연소되면, t_2 는 23.7°C보다 낮게 측정된다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다



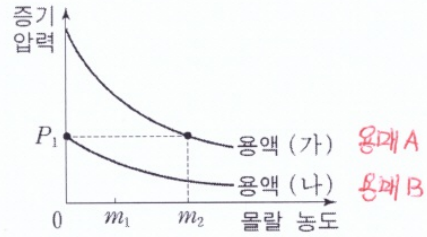
나. $Q = \text{열용량} \times \Delta t = 40 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 0.5^\circ\text{C} = 20 \text{ kJ}$

다. 불완전 연소, 완전 연소보다 열량이 적게 방출되며 이는 곧 t_2 에서 온도감소로 이어진다.

* $Q = C \Delta t = c m \Delta t$, 열용량 = 질량 × 비열

$\begin{array}{c} \downarrow \\ \text{열용량} \end{array}$
 $\begin{array}{c} \downarrow \\ \text{비열} \end{array}$

6. 그림은 25°C, 1기압에서 용질 X를 용매 A와 B에 각각 녹인 용액 (가)와 (나)의 몰랄 농도에 따른 증기 압력을 나타낸 것이다.



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

- <보기> —
- ㉠. 용매의 분자 간 인력은 B가 A보다 크다.
 - ㉡. 외부 압력이 1기압일 때, 몰랄 농도가 m_1 인 두 용액의 끓는점에서 증기 압력은 용액 (가)가 (나)보다 크다.
 - ㉢. 외부 압력 P_1 에서, 몰랄 농도가 m_2 인 용액 (가)와 용매 B의 끓는점은 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

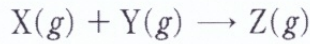
㉠. 그래프에서, 용액 (가) (용매 A) 가 용매 (나) (용액 B) 보다 증기압력이 더 크다. 따라서, 분자간 인력은 B가 A보다 크다. (몰랄농도 0일 때 비교)

㉡. 끓는점에서, 외부기압과 증기압은 동일하다. 즉, 용액(가), (나) 모두 증기압력이 1기압으로 동일하다.

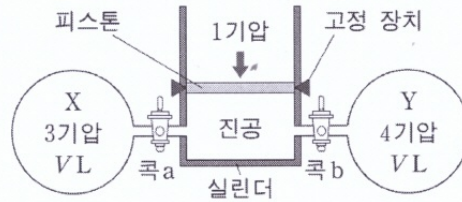
㉢. 외부압력과 증기압이 같을 때의 온도가 끓는점이다. 즉, 외부압력이 P_1 이므로 증기압력이 둘 다 P_1 인지 묻는 문항이다. 실제로 그래프를 보면, 몰랄농도가 0인 순수한 용액(나) (용매 B)는 증기압 P_1 이고 몰랄농도 m_2 에서의 용액(가) 또한 증기압이 P_1 이다.

- * 끓는점에서 증기압=외부기압 값을 기대하자.
- * 수용액에서 용질 농도가 짊어질수록 증기압이 감소한다
- * 증기압력은 같은 용액일 때, 온도만의 함수로 취급한다. 다시 말해서, 온도가 일정할 때 같은 두 용액의 증기압력은 서로 같다.

7. 다음은 X와 Y가 반응하여 Z를 생성하는 화학 반응식이다.



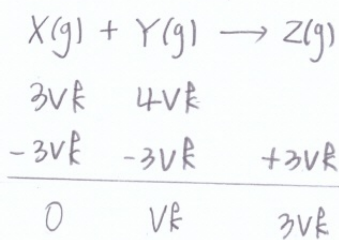
그림은 기체 X와 Y가 들어 있는 두 용기가 실린더에 콕으로 각각 연결된 상태를 나타낸 것이다. 콕 a, b를 열어 반응이 완결된 후 고정 장치를 풀었더니, 실린더 속의 기체 부피는 4L가 되었다. 반응 전과 후의 온도는 일정하다.



실린더에 연결된 한쪽 용기의 부피(V)는? (단, 연결관의 부피, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

$PV = nRT$ 에서, R, T가 일정한 경우에 해당한다. 즉, $PV \propto n$ 의 상황이다.



왼쪽 식을 통해 전체 몰수는 $3V R$ ($R =$ 일몰의 양수)임을 알 수 있다. 또한, 반응 완료 후 고정 장치를 풀고 난 후의 상태를 $PV \propto n$ 에 대입하면, $1 \text{ atm} \times (2V + 4) \text{ L} \propto n$ 이 성립한다.

즉, 다음과 같은 등식을 세울 수 있다. $3V R = n = 1 \times (2V + 4) R$

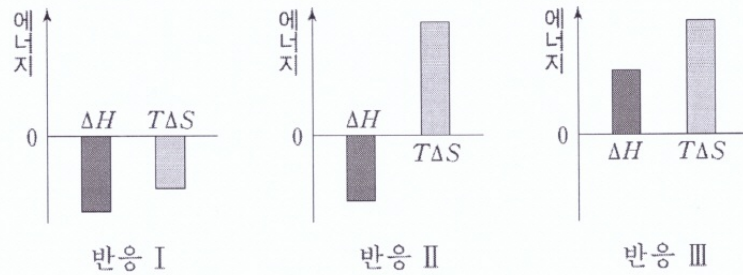
(분자수는 콕을 열어도 일정하게 유지된다.) $3V R = (2V + 4) R$ 를 풀면, $V = 2 \text{ L}$.

따라서, $V = 2 \text{ L}$ 이다.

* 콕을 여는 순간에서는 $PV = nRT$ 에서 일정한 불변 조건들은 상수 취급하여 제거한 후 문제에서 주어진 수치·미지수를 대입하면 된다.

* 돌턴의 부분압력 법칙을 알아두자. 매우 빈번하게 출제되는 유형이다.

8. 그림은 25°C에서 어떤 반응 I~III의 ΔH 와 $T\Delta S$ 를 나타낸 것이다.



25°C에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기> —
- 가. 반응 I ~ III은 모두 자발적으로 일어난다.
 - × 나. $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$ 은 반응 I에 해당한다.
 - × 다. $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$ 은 반응 III에 해당한다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 가, 다 ⑤ 나, 다

가. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서, ΔG 의 부호에 따라 자발성이 결정된다. (2번 해설 참고)
즉, 자발적으로 반응이 일어나기 위해서 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 즉 $\Delta H < T\Delta S$ 를 만족해야 한다. 반응 I ~ III 모두 $\Delta H < T\Delta S$ 이므로 모두 자발적으로 일어난다.

나. $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$ 은 에너지를 흡수하는 흡열반응이므로 $\Delta H > 0$ 이다.
고체에서 액체의 상이동이므로 분자들의 자유도·무질서도가 증가한다. 즉, $T\Delta S > 0$ 이다.
이는 반응 III에 해당한다.

다. $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$ 의 반응은 프로판의 연소반응이다.
연소반응은 발열반응이므로 $\Delta H < 0$ 이다. 또한, 기체의 총 몰수가 반응 후 늘어났으므로 $\Delta S > 0$ 이다. 즉, $T\Delta S > 0$ 이다. 이는 반응 II에 해당한다.

* $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 와 ΔG 의 부호에 대한 자발성을 잘 기억해두자

9. 1.5M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 aL 와 밀도가 $1.06g/mL$ 인 $1.5m$ NaOH 수용액 $0.1L$ 를 혼합한 수용액의 질량은 $600g$ 이다. 이 혼합 수용액의 퍼센트 농도(%)는? (단, NaOH의 화학식량은 40이다.)

- ① $6a + 0.5$ ② $6a + 1$ ③ $6a + 6$
 ④ $10a + 0.5$ ⑤ $10a + 1$

혼합수용액 전체의 질량이 $600g$ 으로 이미 주어져 있다.

혼합수용액 전체의 퍼센트농도(%)를 구하기 위해서 혼합수용액 내의 NaOH 질량만 구하면 된다. 혼합 전의 두 용액을 따로 생각하자.

① 1.5M NaOH 수용액 aL

1.5M 농도 즉, 1.5mol의 NaOH가 1L속에 포함된 것이므로 비례식을 세우면

$$1.5 \text{ mol} : 1L = x \text{ mol} : aL \quad \therefore x = 1.5a \text{ mol (용액 내 NaOH 몰수)}$$

이 때, 우리가 구해야 할 것은 질량하므로 화학식량을 x 몰이에 곱하면, $60a g$

② 1.5 m NaOH 수용액 0.1L, 밀도 $1.06 g/mL$

1.5 m 농도 즉, 1.5 mol의 NaOH가 1kg의 용매에 용해된 상태이다.

$$\text{위의 용액이 } 0.1L \text{ 즉 } 100 mL \text{가 있으므로, } 1.06 g/mL \times 100 mL = 106g$$

즉, 106g의 용액이 있는 셈이다. 여기에 포함된 NaOH의 몰수를 y 몰이라 할 때

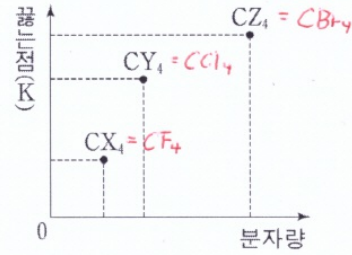
$$\frac{y}{106 - 40y} = 1.5 \text{ mol/kg} \times \frac{1kg}{1000g} \quad \text{여기서 구해야 할 것은 } 40y \text{ 이므로,}$$

$$40y = z \text{로 치환해서 풀어도 되고 직접 } y \text{를 구해도 된다. 위의 식을 풀면, } z = 40y = \underline{6g}$$

$$\text{전체의 퍼센트 농도는, } \frac{(60a + 6)g}{600g} \times 100\% = \underline{(10a + 1)\%}$$

* 농도계산문제는 단위를 잘 살펴보고 용액을 용매 + 용질로 보는 관점을 가져보자.

10. 그림은 분자량에 따른 탄소 화합물 $CX_4 \sim CZ_4$ 의 끓는점을 나타낸 것이다. $X \sim Z$ 는 각각 F, Cl, Br 중 하나이다.



$X \sim Z$ 를 포함하는 화합물에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기> —
- 가. 분산력은 CZ_4 가 CY_4 보다 크다.
 - × 나. 할로젠화 수소의 쌍극자-쌍극자 힘은 HZ 가 HY 보다 크다.
 - 다. 할로젠화 수소 HX 는 수소 결합을 한다.

- ① 가 ② 나 ③ ~~가, 다~~ ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

가. CX_4, CY_4, CZ_4 모두 무극성 분자이다. 무극성 분자들은 분자량이 커질수록 편극이 잘 되어 분산력이 커지고, 이는 끓는점이 높아지는 요인이 된다. 즉, 무극성분자들 사이에서는 끓는점, 분산력, 분자량이 서로 비례관계이다. 따라서, 분산력은 CZ_4 가 CY_4 보다 크다. $\rightarrow X$ 는 F, Y는 Cl, Z는 Br임을 알 수 있다

나. 해당 조건에서 쌍극자-쌍극자 힘은, 수소원자와 할로젠 분자의 전기음성도 차이로 비교해도 무방하다. 즉, 전기음성도 차이가 클수록 전하의 편이가 쉽게 일어나므로 쌍극자-쌍극자 힘이 강해지는 것이다. 전기음성도 세기는 일반적으로 주기율표의 오른쪽 위, 즉 F에 가까워질수록 강력해진다. 위에서 원소들의 전기음성도는 $H < Br < Cl < F$ 이므로, H와의 전기음성도 차이가 더 큰 HY 가 H_2 보다 쌍극자-쌍극자 힘이 더 크다.

다. X는 F이고, HF는 수소결합을 한다.

* H에 F, O, N의 원소가 직접 결합되어 있는 분자는 수소결합을 한다.

수소결합 해리의 세기 : $HF > H_2O > NH_3$

\rightarrow 한 분자당 이론적 최대 수소결합수가 $H_2O > HF$ 이므로, 이 사실까지 고려하면 끓는점이 $H_2O > HF$ 로 역전된다.

11. 다음은 프로페인(C₃H₈)의 분자량을 구하기 위한 실험이다.

$$* PV = nRT$$

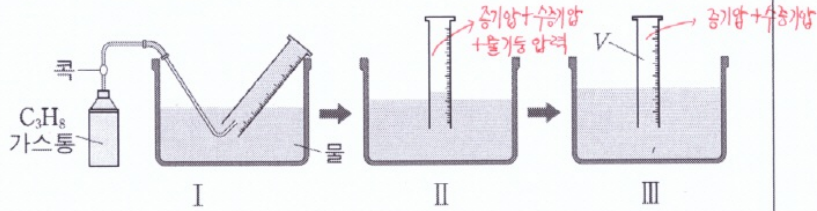
$$PV = \frac{W}{M} RT$$

$$M = \frac{WRT}{PV}$$

[실험 과정]

(가) 그림 I의 장치로 C₃H₈을 일정 부피만큼 포집한 후, C₃H₈ 가스통의 질량 변화량(Δw)을 측정한다.

(나) 그림 II와 같이 눈금 실린더를 수직으로 세운 후, 그림 III과 같이 눈금 실린더 안과 밖의 수면 높이가 같아질 때까지 수조에 물을 넣어 기체의 부피(V)를 측정한다.



(다) 수조 속 물의 온도(T)와 대기압(P_1)을 측정하고 그 온도에서의 수증기압(P_2)을 조사한다.

[실험 결과]

↗ 온도 일정

Δw	V	T	P_1	P_2
0.09 g	50 mL	300 K	1 기압	0.04 기압

이 실험에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 기체 상수 $R=0.08 \text{ L} \cdot \text{기압}/\text{몰} \cdot \text{K}$ 이고, C₃H₈은 물에 용해되지 않는다.) [3점]

— <보기> —

- × 가. 눈금 실린더 속 C₃H₈의 부분 압력은 그림 II에서가 III에서 보다 크다.
- 나. 이 실험으로부터 구한 C₃H₈의 분자량은 45이다.
- × 다. (다)에서 측정된 T 가 330 K이면, 그림 III의 눈금 실린더 속의 기체 중 C₃H₈의 몰 분율은 300 K일 때보다 크다.

- ① 나 ② 다 ③ 가, 나 ④ 가, 다 ⑤ 나, 다

가. I에서, 1기압(대기압) = C₃H₈의 증기압 + 수증기압 + 물기둥의 압력.

II에서, 1기압(대기압) = C₃H₈의 증기압 + 수증기압

II와 III에서 온도가 같다. 따라서 수증기압도 같다. 이를 고려하여 위의 두 식을 비교하면

C₃H₈의 부분 압력은 III에서 더 크다.

ㄴ. $M = \frac{wRT}{PV}$ 이므로, 이 식에 조건들을 대입한다. C_3H_8 의 부분압력은

(대기압) - (수증기압) = $p_1 - p_2 = 0.96$ 기압이다. 조건들을 식에 대입하면.

$$M = \frac{wRT}{PV} = \frac{0.09 \times 0.082 \times 300K}{0.96 \times 0.05L} = 45 \quad (\text{몰의상 단위 생략})$$

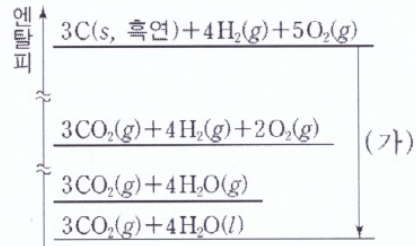
따라서, C_3H_8 의 분자량은 45 이다.

ㄷ. ㉠일때, 1기압(대기압) = 수증기압 + C_3H_8 의 부분압력 이다.

대기압은 일정하고, 수증기압은 330K일때가 300K일때 보다 더 크므로

C_3H_8 의 부분압력은 330K일때 300K보다 작을 수 밖에 없다.

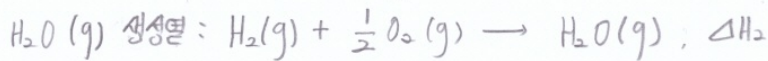
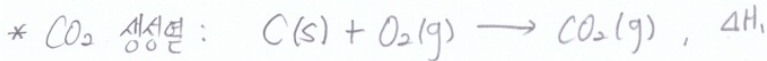
12. 그림은 25°C, 1기압에서 몇 가지 반응의 엔탈피 관계를 나타낸 것이다. CO₂(g), H₂O(g)의 생성열은 각각 ΔH₁, ΔH₂이고, H₂O(l)의 분해열은 ΔH₃이다.



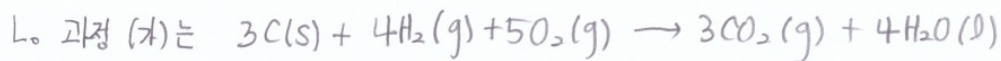
이 과정에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보기> —
- × 가. H₂O(l)의 몰 증발열(ΔH)은 4(ΔH₂ + ΔH₃)이다.
 - 나. 과정 (가)의 엔탈피 변화는 3ΔH₁ - 4ΔH₃이다.
 - × 다. 3ΔH₁ + 4ΔH₂에 해당하는 반응은 흡열 반응이다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 나 ④ 가, 다 ⑤ 나, 다



가. H₂O(l)의 몰 증발열은 H₂O(l) → H₂O(g) 일때의 ΔH이므로 헤스의 법칙에 따라 ΔH₂ + ΔH₃이다.



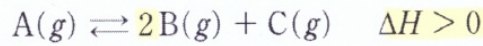
즉, 3분자의 CO₂(g)와 4분자의 H₂O(l)이 생성되는 반응이다. 헤스의 법칙에 따라 3ΔH₁ - 4ΔH₃로 나타낼 수 있다.

다. ΔH₁과 ΔH₂ 모두 연소반응 때의 반응열이다. 즉, ΔH₁, ΔH₂에 해당하는

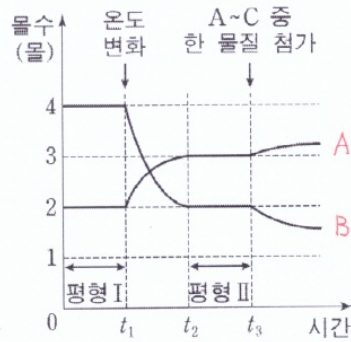
반응식 둘 모두 발열반응이다. 헤스의 법칙에 따라 3ΔH₁ + 4ΔH₂에 해당하는 반응은 발열반응이다.

* 헤스의 법칙은 무조건 나온다고 보는데 맞습니다. 원리만 알면 쉬니 알아둡시다.

13. 다음은 기체 A가 분해되어 기체 B와 C가 생성되는 반응의 열화학 반응식을 나타낸 것이다.



그림은 1L 강철 용기에서 A~C 중 두 물질의 몰수 변화를 나타낸 것이다. 평형 상수(K)는 평형 I에서가 평형 II에서의 12배이다.



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

- <보기>
- ㄱ. t_1 에서 온도를 감소시켰다.
 - × ㄴ. t_3 에서 첨가한 물질은 B이다.
 - ㄷ. 평형 II에서 몰수는 B가 C의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 반응은 A:B:C가 1:2:1의 비율로 증가/감소한다. B가 증가하면 C의 몰수도 증가한다. (둘다 생성물이기 때문) 이를 이용하여 그래프에서 A, B, C 각각의 선을 찾는다. (위 그래프에서 C는 없다)

ㄱ. $A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$ 에서, $\Delta H > 0$ 이므로 정반응이 흡열반응이며 온도를 감소시키면 B의 몰수가 감소하고 A의 몰수가 증가한다.

ㄴ. 그래프에서 농도가 급격히 증가하는 물질이 없고, B의 몰수감소, A의 몰수 증가를 고려해 보았을 때 첨가한 물질은 C이다.

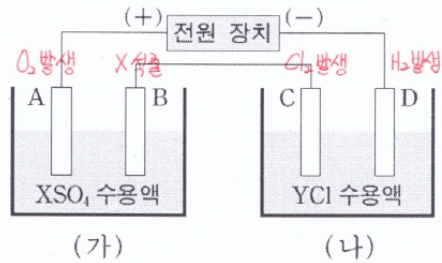
ㄷ. 평형상수 K의 조건의 이용하여 등식을 세워보자. C의 I에서의 몰수를 x라 하자.

$$\text{평형 I에서의 평형상수} = 12 \times \text{평형 II에서의 평형상수} \Rightarrow \frac{[B]_I^2 [C]_I}{[A]_I} = \frac{[B]_{II}^2 [C]_{II}}{[A]_{II}}$$

$$\frac{4^2 \times x}{2} = 12 \times \frac{2^2 \times (x-1)}{3} \quad \text{이므로, } x = 2 \text{ 이다. 평형 I에서 B의 몰수는 2이다}$$

평형 II에서 C의 몰수는 $x-1 = 1$ 이다. 따라서 B가 C의 2배이다.

14. 그림은 일정한 온도에서 백금 전극을 사용하여 XSO_4 수용액과 YCl 수용액을 전기 분해하는 장치를 나타낸 것이다. 전류를 흘려주었을 때 전극 B에서는 금속이 석출되었고, 전극 D에서는 기체가 발생되었다. X와 Y는 임의의 금속 원소이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기> —
- 가. (가)에서 수용액의 pH는 감소하였다.
 - 나. 전극 D에서 발생된 기체는 수소이다.
 - 다. 금속 이온이 금속이 되는 반응의 표준 환원 전위(E°)는 X가 Y보다 크다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

- 가. (가)의 A 전극에서 $H_2O(l) \rightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$ 의 반응이 일어나고, B 전극에서 H_2 기체가 아니라 금속이 석출(X석출) 되었으므로 H^+ 이온의 증가로 pH가 감소한다.
- 나. 전극 D에서 금속석출이 되지 않고 기체가 발생하였다고 제시되었으므로 물의 전기분해에 의해 H_2 가 생성된다.
- 다. 표준환원전위 (E°)가 클수록 전기분해 과정에서 석출되기 쉽다.
즉, 표준환원 전위는 석출될 X가 석출되지 않은 Y보다 크다.

15. 다음은 3 원자 분자 A가 B를 거쳐 C가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

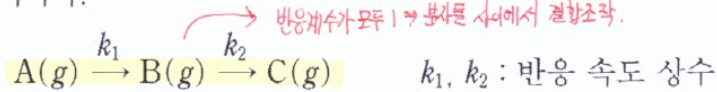
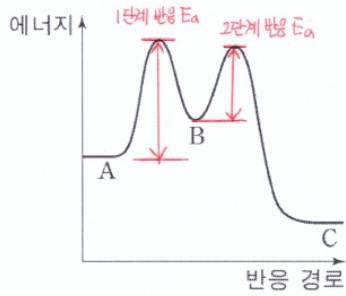
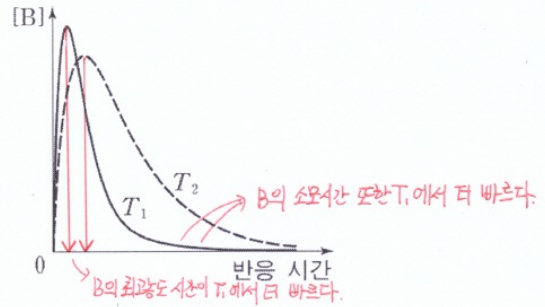


그림 (가)는 이 반응의 반응 경로에 따른 에너지를, (나)는 A의 초기 농도를 같게 하여 온도 T_1, T_2 에서 각각 반응시켰을 때 반응 시간에 따른 [B]를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

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

- <보기> —
- 가. 결합 에너지의 합은 C가 A보다 크다.
 - 나. k_2 는 k_1 보다 크다.
 - × 다. T_2 는 T_1 보다 높다.

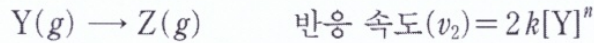
- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

가. 결합에너지 없이 같은 분자들 사이에서 C의 에너지 준위가 더 낮으므로 결합에너지의 합이 더 크다는 것을 의미한다.

나. 활성화 에너지가 1단계 > 2단계 이므로 반응속도는 2단계 반응이 더 빠르다. 반응속도와 반응속도상수는 서로 비례하므로, $k_2 > k_1$ 이다. ($[A] = [B]$, 완전반응시)

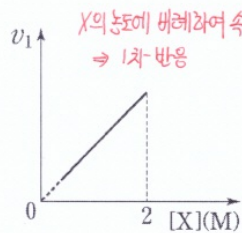
다. A → B 과정을 통해 B가 생성될 때 B가 최고농도가 되는 시간이 T_1 에서 더 빠르고, B가 거의 모두 소모되기까지 걸린 시간 또한 T_1 이 빠르다. 즉, T_1 에서 활성화에너지 장벽은 뛰어넘는 분자가 더 많다는 뜻이므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

16. 다음은 일정한 온도에서 강철 용기에 들어 있는 X, Y로부터 Z가 생성되는 두 반응의 화학 반응식과 반응 속도식이다. Z의 생성 속도(v)는 $v_1 + v_2$, m 과 n 은 반응 차수, k 는 상수이다.

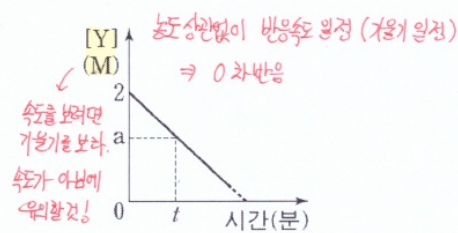


$$Z \text{의 생성 속도}(v) = v_1 + v_2$$

그림 (가)와 (나)는 X와 Y의 초기 농도를 각각 2M로 하여 반응을 진행시킬 때, [X]에 따라 Z가 생성되는 반응 속도(v_1)와 반응 시간에 따른 [Y]를 각각 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 서로 반응하지 않고, $[X]=1.2M$ 일 때 $[Y]>0$ 이다.)

- < 보기 >
- × 가. n 은 m 보다 크다.
 - 나. 반응 시간이 t 분일 때, $[X]$ 는 aM 보다 크다.
 - × 다. v 는 $[X]$ 가 $1.8M$ 일 때가 $1.2M$ 일 때의 1.5 배이다.

- ① 나 ② 다 ③ 가, 나 ④ 가, 다 ⑤ 나, 다

가. (가)의 그래프에서, 1차반응임을 알 수 있다. $\therefore v_1 = k[X]^1, m=1$
 나)의 그래프에서, 0차반응임을 알 수 있다. $\therefore v_2 = 2k[Y]^0, n=0$

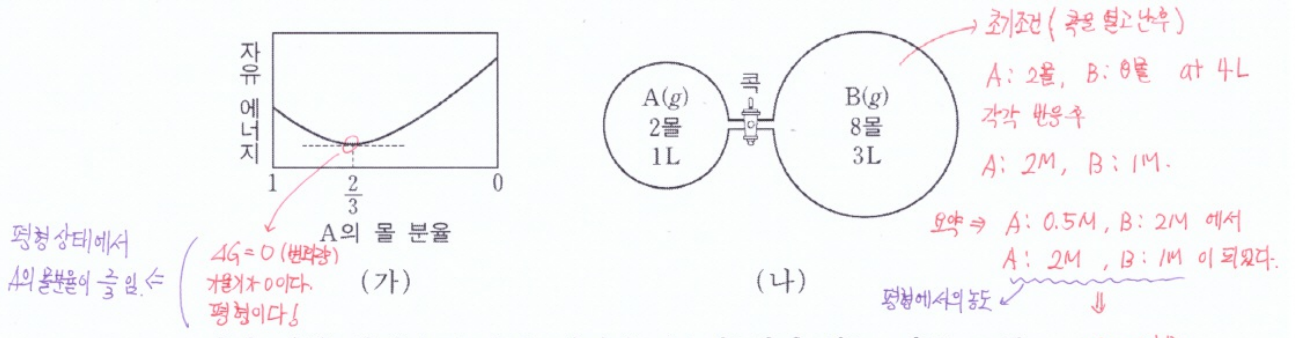
나. X는 1차반응. 즉, 반응물의 농도가 감소할수록 반응속도도 비례하여 감소한다.
 Y는 0차반응으로, 반응속도가 일정하다. 초기농도가 동일하고, 반응속도 상수 또한 v_2 가 더 큰 상황에서 X는 반응이 진행되면서 농도감소로 반응속도 감소 효과까지 더해져서 같은 $[X]$ 는 aM 보다 클 수 밖에 없다.

다. Z의 생성속도가 $v_1 + v_2$ 이므로, $1.8M$ 일 때 $v = 1.8k + 2k = 3.8k$
 $1.2M$ 일 때 $1.2k + 2k = 3.2k$ 1.5배가 아니다.

17. 다음은 기체 A와 B의 화학 반응식이다.



그림 (가)는 이 반응이 일어날 때 A의 몰 분율에 따른 자유 에너지를, (나)는 콕으로 분리된 반응 용기에 기체 A와 B를 넣어 준 초기 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 콕을 열고 반응이 진행되어 평형에 도달했을 때, 전체 기체의 몰수는 12몰이 되었다.



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

- <보기>
- 가. 평형에서 A의 농도는 2M이다.
 - 나. 분자량은 B가 A의 1.5배이다.
 - 다. 반응의 평형 상수(K)는 $\frac{1}{8}$ 이다.

$$\begin{array}{r}
 aA \rightleftharpoons bB \\
 0.5 \quad 2 \\
 +1.5 \quad -1 \\
 \hline
 2 \quad 1 \\
 \therefore a=3, b=2
 \end{array}$$

- ① 가 ② 나 ③ 가, 다 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

가. 평형점 ($\Delta G = 0$) 이 위의 그래프에서 주어졌고, 이때 A의 몰분율이 $\frac{2}{3}$, 전체 기체의 몰수가 12몰이다. A의 몰수는 $12 \times \frac{2}{3} = 8$ 몰, B의 몰수는 4몰이 된다. 콕을 열고 난 후 전체 부피가 4L이므로 $8\text{몰}/4\text{L} = 2\text{M}$ 이다.

나. 초기 조건이 A 2몰, B 8몰일 때, 반응 종료 후 평형에서 A 8몰, B 4몰이 되었으므로 그림 위의 기술된 과정대로 식을 세워보면 $3A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 이다. 추가분자 없이 3분자의 A가 2분자의 B가 되므로, 분자량은 B가 A의 1.5배이다.

다. 평형상수 식을 세워보면, $K = \frac{[B]^2}{[A]^3}$ 이고, 평형때의 농도 $[A] = 2\text{M}, [B] = 1\text{M}$ 을 대입하면, $K = \frac{1}{8}$ 이다.

18. 다음은 반응 (가)~(다)의 열화학 반응식이다.

(가) = C 이므로, $\Delta H > 0$

$\Delta S > 0, \Delta H = ?$	(가) $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$	$\Delta H = \boxed{x} \text{ kJ}$
$\Delta S < 0, \Delta H < 0$	(나) $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$	$\Delta H = -92 \text{ kJ}$
$\Delta S < 0, \Delta H < 0$	(다) $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$	$\Delta H = -198 \text{ kJ}$

(나), (다)는 A, B 들밖에

될 수 없다. C는 $\Delta S > 0$.

그림은 온도(T)에 따른 반응 (가)~(다)의 자유 에너지 변화 (ΔG)를 나타낸 것이다.

* 그래프의 해석

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ($y = b + ax$)

가을기: ΔS 에 의해 결정

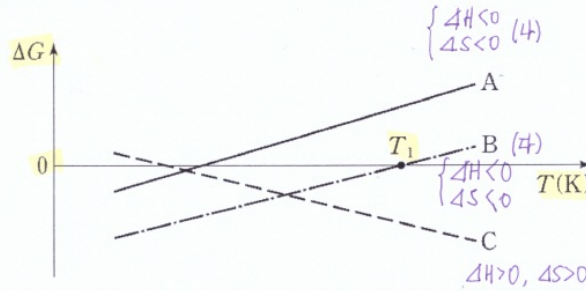
y절편: ΔH 에 의해 결정

- ΔS 가 가을기를 의미하므로,

$\Delta S < 0$ 일 때 양의 가을기를 갖는다.

ΔH 가 y절편이므로,

$\Delta H < 0$ 일 때 y절편은 음수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㉠. A는 (나)에 해당한다.
- ㉡. B에서 $T > T_1$ 일 때, $|\Delta H| > |T\Delta S|$ 이다.
- ㉢. (가)에서 $x > 0$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

㉠. A의 그래프는 가을기가 양수이고 y절편이 음수이므로 $\Delta H < 0, \Delta S < 0$ 이다.

B의 그래프 또한 $\Delta H < 0, \Delta S < 0$ 이나, A보다 ΔH 값이 더 작다.

즉, ΔH 값이 더 작은 (다)가 B가 되고, 자연스럽게 (나)는 A가 된다.

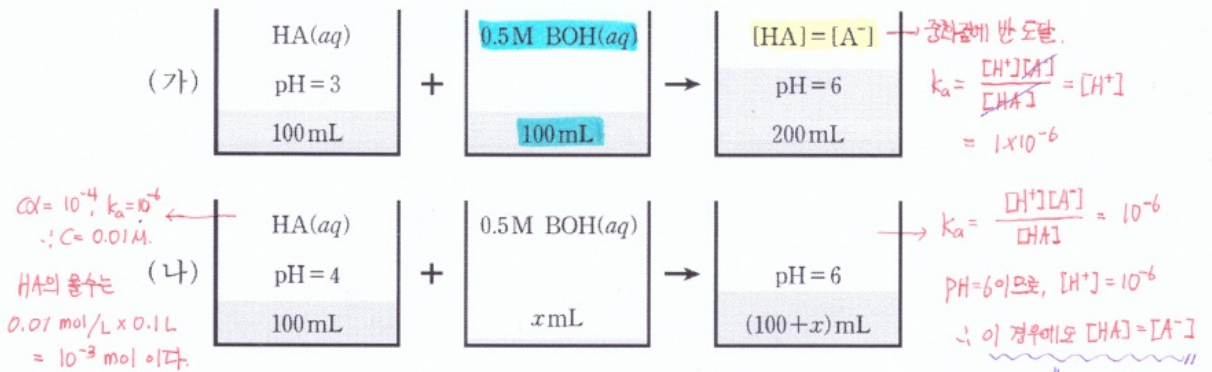
㉡. B의 그래프에서, $T > T_1$ 의 영역 즉, T_1 의 오른쪽 부분에서 $\Delta G > 0$ 이다.

이는 곧 $\Delta H - T\Delta S > 0, \Delta H > T\Delta S$ 를 의미하며 $\Delta H < 0, \Delta S < 0$

이므로 절댓값을 취하면 부호가 반대가 된다. $\therefore |\Delta H| < |T\Delta S|$

㉢. C의 그래프를 볼 때, y절편이 양수이므로 $\Delta H = x > 0$ 이다.

19. 그림은 25°C에서 pH가 다른 2가지 HA 수용액 100 mL에 0.5 M BOH 수용액의 부피를 달리하여 각각 혼합한 수용액을 만드는 과정을 나타낸 것이다. HA는 약산이고 BOH는 강염기이다.



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

\Rightarrow 평형상수 일정

- <보기>
- 가. (가)에서 혼합 전 HA(aq)의 농도는 0.1 M이다.
 - 나. (나)에서 x는 2이다.
 - 다. (가)의 혼합 수용액에 0.5 M BOH(aq) 100 mL를 가하면, 새로 만들어진 혼합 수용액에서 $[\text{B}^+]$ 는 $[\text{A}^-]$ 보다 크다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

가. 각각 100 mL씩 혼합하였을 때, $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 인 것은, 중화점까지 필요한 BOH의 양의 절반이 투입되었다는 것이다. 즉, HA의 양은 BOH와 같지만 농도가 두배라는 것이여 이 사실을 통해 (가)에서 혼합전 HA(aq)의 농도는 1.0 M을 알 수 있다.
 즉, $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} = C\alpha$, $k_a = C\alpha^2 = 10^{-6}$ (온도가 일정) 이므로, $C = 1.0 \text{ M}$ 으로 풀어도 된다. (실제 소문시간은 두 방법간에 차이가 별로 없다)

나. (나)에서 혼합전 HA수용액의 농도를 구하면, $[\text{H}^+] = 10^{-4} = C\alpha$, $k_a = C\alpha^2 = 10^{-6}$ 이므로 $C = 10^{-2} \text{ M}$ 이 된다. 위의 그림 옆에 언급한대로, (나)의 혼합수용액 또한 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 를 만족하고, (나)의 혼합전 HA수용액에서 HA의 몰수는 $0.01 \text{ M} \times 0.1 \text{ L}$ 즉, 10^{-3} mol 이다. BOH의 몰수는 $0.5 \times x$ 이고, 이 값은 HA몰수의 반인 $0.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 과 같아야 한다. 따라서, $x = 1 \text{ mL}$ 가 된다.

다. (가)의 HA수용액에 이미 0.5 M BOH(aq)를 100 mL 가하였을 때, 혼합수용액은 중화점의 절반만큼 도달하였고, 선지에서 고안이 이를 한 번 더 가한 것이다. 즉, 중화점이 된다. 이때, HA가 약산이고 염이 가수분해되어 HA로 돌아가게 되므로 짝염기 B^+ 보다 A^- 의 몰농도가 작다.

20. 다음은 기체 X와 Y의 화학 반응식이다.



표는 온도 T_1 에서 강철 용기에 X(g)를 넣고 반응시킬 때, 반응 시간과 온도에 따른 X와 Y의 압력을 나타낸 것이다. 반응 시간 2분이 경과한 직후, 소량의 고체 촉매를 넣고 가열하여 온도를 T_2 로 높였다. $T_2 < 2T_1$ 이다. \rightarrow 온도를 T_2 로 "높였다."

* $PV = nRT$

V, R 일정한

$\therefore P \propto nT$

P를 몰수 변화로 취급
(T 일정시)

촉매
두어

반응 시간(분)	온도(K)	X의 압력(기압)	Y의 압력(기압)
0	T_1	3.2	0
1	T_1	1.6	0.8
2	T_1	0.8	1.2
3	T_2	0.8	x

온도, 몰수 ↑
∴ 압력도 ↑

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

- <보기>
- ㉠ ㄱ. 표에서 x는 1.2보다 크다.
 - ㉡ ㄴ. 넣어 준 촉매는 부촉매이다.
 - ㉢ ㄷ. 평균 반응 속도는 0~1분에서 2~3분에서의 4배보다 크다. ($\Delta P_x = 1.6$ $\Delta P_x < 0.4$) \Rightarrow 4배보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄱ. 2→3분으로 진행될 때, 기존 T_1 의 온도에 촉매를 가해주시지 않는다면 X의 압력은 0.4, Y의 압력은 1.4가 된다. $T_2 < 2T_1$ 이므로 실제로는 T_2 가 두 배의 온도가 아니고, X의 압력은 0.4 초과한 값이었음을 의미한다.

일단 반응은 진행되었고, 반응이 진행되기 전에도 이미 1.2기압 여기에 온도까지 높여주었으니 지는 1.2기압 이상의 수치를 수 밖에 없다

ㄴ (ㄱ의 설명과 연결됨) 온도가 완전히 2배가 된 것도 아니어도 불구하고 ($T_2 < 2T_1$)

X의 압력이 2분때와 같다. 게다가 온도가 올라가 반응속도가 빨라져 3분, T_1 에서의 X의 압력이 0.4 보다 작아야 하나, 실제로는 그렇지 않은 결과가 표에 제시되어 있다. 이를 고려하면 이는 반응을 느리게 하여 T_1 , 3분 조건에서 0.4~0.8 사이의 농도를 갖게 하는 부촉매를 사용했음을 의미한다.

ㄷ. X의 몰수 변화량을 생각해보자. 0~1분은 T_1 조건에서 1.6기압 해당하는 몰수 반응하였다. 2~3분은, 3분조건 종료후 다시 T_2 으로 온도를 낮추었을 때 남은 기압이 0.4초과이다. 즉, 평균반응속도는 0~1분에서 2~3분에서의 4배보다 더 크다.