제 4 교시

과학탐구 영역(화학Ⅱ)

성명		수험 번호									

1. 다음은 어떤 용액에 대한 설명이다.

> (가)은 약산과 그 약산의 짝염기가 섞여 있는 수용액이거나 약염기와 그 약염기의 짝산이 섞여 있는 수용액으로 소량의 산이나 염기를 넣어도 pH가 크게 변하지 않는다.

(가)로 가장 적절한 것은?

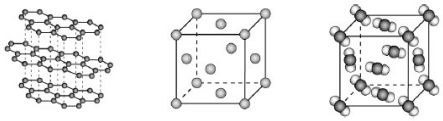
① 완충 용액 ② 표준 용액 ③ 과포화 용액
④ 포화 용액 ⑤ 불포화 용액

답 : ①

산이나 염기를 넣어도 pH가 크게 변하지 않는 용액은 완충 용액이다. 2~5번은 화2에서는 볼일이 없을 것이다.

2. 다음은 물질 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)는 각각 $Al(s)$, $CO_2(s)$, $C(s, 흑연)$ 중 하나이다.

> ○ (가)와 (나)는 공유 결합 물질이다.
> ○ (나)와 (다)는 전기 전도성이 있다.
> ○ (가)~(다)의 결정 구조 모형은 각각 다음 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. (가)는 $CO_2(s)$이다.
ㄴ. (나)는 원자 결정이다.
ㄷ. (다)의 결정 구조는 체심 입방 구조이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

각 고체의 특징을 정리하면 다음과 같다.

고체	$Al(s)$	$CO_2(s)$	$C(s, 흑연)$
결합	금속 결합	공유 결합	공유 결합
전기 전도성	O	X	O

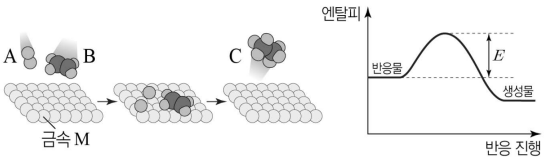
따라서 (가)는 $CO_2(s)$, (나)는 $C(s, 흑연)$, (다)는 $Al(s)$이다.

ㄱ. (가)는 $CO_2(s)$이다. **(참)**

ㄴ. $C(s, 흑연)$은 원자 결정이다. **(참)**

ㄷ. 첫 번째 그림은 $C(s, 흑연)$, 세 번째 그림은 $CO_2(s)$이므로 두 번째 그림이 $Al(s)$이다. 따라서 $Al(s)$의 결정 구조는 면심 입방 구조이다. **(거짓)**

3. 그림 (가)는 A(g)와 B(g)가 금속 M의 표면에 흡착하여 C(g)의 생성이 빠르게 진행되는 과정을 모형으로 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 반응의 진행에 따른 엔탈피를 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

<보 기>

ㄱ. 금속 M은 기질 특이성을 갖는다.
ㄴ. (가)의 화학 반응식은 A(g)+B(g)→C(g)이다.
ㄷ. (가)에서 금속 M을 사용하지 않았을 때의 활성화 에너지는 E보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ④

ㄱ. 금속 촉매는 기질 특이성을 가지지 않는다. 기질 특이성을 가지는 것은 효소이다. **(거짓)**

ㄴ. A(g) 한 분자와 B(g) 한 분자가 만나 C(g) 한 분자가 생성되었으므로 반응식은 A(g)+B(g)→C(g)이다. **(참)**

ㄷ. 생성이 '빠르게 진행되는' 과정이라고 하였으므로 금속 M은 정촉매이다. 따라서 사용하지 않았을 때의 활성화 에너지는 E보다 크다. **(참)**

ㄱ에서 틀린 학생이 매우 많았을 것이다. 킬러 푸는 연습도 중요하지만 수능 특강에 나온 기본적인 개념도 한번 씩 다시 읽기 바란다.

효소의 경우 무조건 반응하는 물질이 하나만 있기 때문에 기질 특이성을 가진다고 하는 것이다. 예를 들어 피루브산 탈수소 효소는 무조건 피루브산과만 반응한다.

알 필요는 없지만 그림으로 유추해보면 반응식은 $C_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$이고 금속 M은 백금 촉매(Pt)이다. 백금 촉매는 이중 결합이나 삼중 결합이 있는 탄화수소에 수소를 붙이는 역할을 하는 촉매로, 매우 많은 알켄, 알카인과 반응 할 수 있기 때문에 기질 특이성을 가지지 않는다고 하는 것이다.

4. 다음은 어떤 학생이 학습한 내용과 수행한 탐구 활동이다.

〔학습 내용〕
○ 액체 상태에서 분자 사이에 작용하는 힘은 쌍극자-쌍극자 힘, 분산력, 수소 결합이 있고, 물질에 따라 분자 사이에 작용하는 힘의 종류가 달라진다.

〔탐구 활동〕
○ 분자량이 비슷한 분자 O_2, A, B의 기준 끓는점과 액체 상태에서 분자 사이에 작용하는 힘을 조사한다. A와 B는 각각 CH_3OH과 NO 중 하나이다.

분자	기준 끓는점(°C)	분자 사이에 작용하는 힘
O_2	−183	㉠
A	−152	쌍극자·쌍극자 힘, 분산력
B	a	-

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. A는 NO이다.
ㄴ. $a>-152$이다.
ㄷ. B(l) 분자 사이에 ㉠이 작용한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

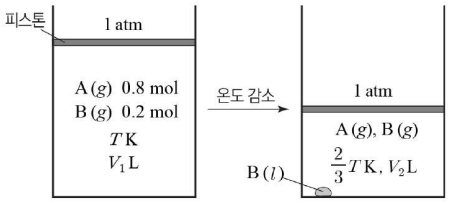
답 : ⑤

ㄱ. CH_3OH에는 수소 결합이 존재하지만 NO에는 존재하지 않는다. 따라서 A가 NO이다. **(참)**

ㄴ. B는 A와 다르게 수소 결합을 가지고 있고, 분자량이 비슷하므로 분산력은 거의 비슷할 것이다. 따라서 기준 끓는점은 B가 A보다 크다. **(참)**

ㄷ. ㉠은 분산력이다. 모든 액체 분자에서는 분산력이 작용하므로 B(l) 준자 사이에도 분산력은 작용한다. **(참)**

5. 그림 (가)는 TK에서 서로 반응하지 않는 A(g)와 B(g)를 실린더에 넣은 상태를, (나)는 (가)에서 온도를 $\frac{2}{3}T$K로 낮추고 충분한 시간이 지난 후의 상태를 나타낸 것이다. $\frac{2}{3}T$K에서 B의 증기 압력은 0.04atm이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 1atm으로 일정하고, 액체의 부피, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. A(g)의 부분 압력은 (나)에서가 (가)에서의 1.2배이다.

ㄴ. $V_2 = \frac{2}{3}V_1$이다.

ㄷ. (나)에서 B(g)의 양은 $\frac{1}{30}$ mol이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

이런 문제가 왜 1페이지에 있지?

ㄱ. (가)에서 A(g)의 부분 압력은 (몰분율)×(외부압력)이므로 0.8atm이고 (나)에서 A(g)의 부분 압력은 $1-0.04=0.96$atm이다. 따라서 A(g)의 부분 압력은 (나)에서가 (가)에서의 1.2배이다. **(참)**

ㄴ. A(g)의 양(mol)은 일정하므로 $0.8\times V_1 = 0.8\times T\times R$, $0.96\times V_2 = 0.8\times\frac{2}{3}T\times R$이므로 $V_1 = RT$, $V_2 = \frac{5}{9}RT$이므로 $V_2 = \frac{5}{9}V_1$이다. **(거짓)**

ㄷ. (나)에서 B(g)의 양(mol)은 $0.04\times V_2 = n\times\frac{2}{3}T\times R$이다. $V_2 = \frac{5}{9}RT$이므로 $n = \frac{1}{30}$이다. **(참)**

이게 어디 사설도 아니고 무슨 이런 문제를 1페이지에 놓는가.

6. 다음은 반응 속도에 영향을 주는 요인과 관련하여 학생 A가 세운 가설과 이를 검증하기 위해 수행한 탐구 활동이다.

[가설]

○ ㉠

[실험 과정]

○ 온도가 다른 물 100g이 들어 있는 3개의 비커에 동일한 발포정을 각각 넣고 기초 발생 반응이 완결될 때까지 걸린 시간을 측정한다.

[화학 반응식]

$$HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

[실험 결과 및 자료]

온도(°C)	t_1	t_2	t_3
걸린 시간(s)	180	120	60

○ $t_1 < t_2 < t_3$이다.

A의 가설이 옳다는 결론을 얻었을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 반응이 진행되는 동안 온도는 일정하다.)

<보 기>

ㄱ. '온도가 높을수록 반응 속도는 빠르다.'는 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 발생한 CO_2의 총량은 t_3°C에서가 t_1°C에서의 3배이다.

ㄷ. t_1°C~t_3°C 중 초기 반응 속도는 t_1°C에서 가장 빠르다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ①

ㄱ. 온도가 높아질수록 반응이 완결되는데 걸리는 시간이 짧아졌으므로 '온도가 높을수록 반응 속도는 빠르다.'는 적절하다. **(참)**

ㄴ. 동일한 발포정을 넣어주었으므로 발생한 CO_2의 총량은 반응이 완결되었을 때 항상 동일하다. 따라서 CO_2의 총량은 t_3°C에서와 t_1°C에서 동일하다. **(거짓)**

ㄷ. t_1°C~t_3°C 중 초기 반응 속도는 제일 높은 온도인 t_3에서 가장 빠르다. **(거짓)**

ㄴ이 살짝 애매하다. 반응이 완결되었을 때라고 해석하면 맞는 말이지만 충분한 시간 후인지 아닌지를 알 수 없기 때문에 해석에 따라 답이 갈라질 수 있다.

7. 다음은 25 °C, 1atm에서 2가지 열화학 반응식과 2가지 물질의 생성 엔탈피에 대한 자료이다.

○ $CH_4(g)+H_2O(g)\rightarrow CO(g)+3H_2(g)$	$\Delta H=a$kJ
○ $2H_2(g)+CO(g)\rightarrow CH_3OH(l)$	$\Delta H=b$kJ
○ $H_2O(g)$의 생성 엔탈피: ckJ/mol ($c<0$)	
○ $CO(g)$의 생성 엔탈피: dkJ/mol	

25 °C, 1atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 °C, 1atm에서 $H_2(g)$, $O_2(g)$의 생성 엔탈피는 0이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $CH_3OH(l)$의 생성 엔탈피는 bkJ/mol이다.

ㄴ. $2CH_4(g)+O_2(g)\rightarrow 2CH_3OH(l)$의 반응 엔탈피는 $(2a+2b+2c)$ kJ이다.

ㄷ. $H_2O(l)$ 1mol이 분해되어 $H_2(g)$ 1mol과 $O_2(g)$ 0.5mol이 생성될 때 출입하는 에너지는 $|c|$kJ보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ④

ㄱ. 생성 엔탈피는 가장 안정한 원소들에서 반응이 일어나 물질이 생성될 때의 엔탈피 변화를 말한다. 주어진 반응식은 안정한 물질이 아닌 불완전 연소 생성물인 $CO(g)$가 포함된 반응식이므로 $CH_3OH(l)$의 생성 엔탈피는 bkJ/mol가 아니다. $CH_3OH(l)$의 생성 엔탈피는 $(b+d)$kJ/mol이다. **(거짓)**

ㄴ. 주어진 반응식을 만들기 위해 우선 첫 번째 식과 두 번째 식을 더한다. 이 때 반응식은

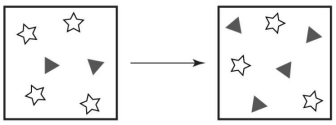
$CH_4(g)+H_2O(g)\rightarrow H_2(g)+CH_3OH(l)$이고, 반응물의 $H_2O(g)$를 제거하기 위해 $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(g)$식을 더해주면 $CH_4(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CH_3OH(l)$식이 나온다. 이 때 반응 엔탈피($\Delta H$)는 $(a+b+c)$kJ이므로 $2CH_4(g)+O_2(g)\rightarrow 2CH_3OH(l)$의 반응 엔탈피($\Delta H$)는 $(2a+2b+2c)$kJ이다. **(참)**

ㄷ. 주어진 문장을 해석하면 $H_2O(l)$의 분해 엔탈피, 즉 $H_2O(l)$의 생성 엔탈피에서 부호만 바뀐 수치가 된다. 액체가 기체로 바뀌는 반응의 엔탈피 변화가 양수이므로 $H_2O(l)$의 생성 엔탈피는 ckJ/mol보다 작다. 따라서 $H_2O(l)$의 분해 엔탈피는 $|c|$kJ보다 크다. **(참)**

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

$$a\mathrm{A}(g)\rightleftarrows b\mathrm{B}(g) \quad K=\frac{3}{8} \ (a,\ b\text{는 반응 계수})$$

그림 (가)는 TK, 1L의 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를, (나)는 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를 모형으로 나타낸 것이다. (가)에서 반응 지수(Q)는 2이다.



초기 상태 (가) 평형 상태 (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고 ☆과 ▲는 각각 A와 B 중 하나이다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $a:b=2:1$이다.

ㄴ. 1개의 ☆은 기체 분자 0.5mol에 해당한다.

ㄷ. (나)에서 A(g)와 B(g)를 각각 1mol씩 첨가하면 평형에 도달하기 전까지 역반응이 우세하게 진행된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

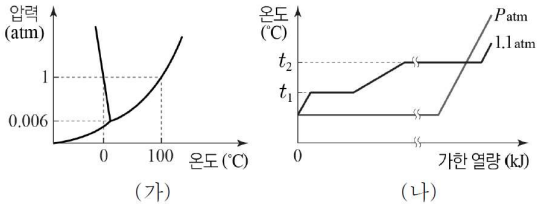
ㄱ. (가)에서 $Q>K$이므로 역반응이 우세하게 진행될 것이다. (가)와 (나)를 비교했을 때 ☆이 1개 줄었고 ▲이 2개 늘어났으므로 ▲가 A(g)이다. 변한 양(mol)비가 2 : 1이므로 반응비인 a, b의 비 또한 2 : 1이다. **(참)**

ㄴ. 모형 하나 당 기체의 양(mol)을 x라 할 때

$Q=\frac{4x}{(2x)^2}=\frac{1}{x}=2$이므로 $x=\frac{1}{2}$이다. 따라서 1개의 ☆은 기체 분자 0.5mol에 해당한다. **(참)**

ㄷ. (나)에서 A(g) 2mol, B(g) 1.5mol이 존재한다. 이 때 1mol씩 추가하면 $Q=\frac{2.5}{3^2}=\frac{5}{18}$으로 $K>Q$이다. 따라서 정반응이 우세하게 진행된다. **(거짓)**

9. 그림 (가)는 H_2O의 상평형 그림을, (나)는 같은 질량의 H_2O을 각각 1.1atm과 Patm에서 가열할 때의 가열 곡선을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. $P < 0.006$이다.

ㄴ. $t_1 > 0$이다.

ㄷ. Patm, t_2℃에서 H_2O의 압력을 높이면 $H_2O(s)$을 얻을 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ①

ㄱ. t_2℃이후 Patm에서와 1.1atm에서의 가한 열량에 대한 온도의 변화량이 동일하다. 즉, 이 때 두 압력에서 H_2O의 상이 동일하다는 것이다. 1.1atm에서 두 번의 상변화가 일어난 것으로 보아 이 때 상태는 기체이다. Patm, t_1보다 낮은 온도에서 한번의 상변화로 기체가 되었으므로 이 때 일어난 변화는 승화이다. 따라서 $P < 0.006$이다. **(참)**

ㄴ. t_1은 녹는점이다. 물은 압력이 높아질수록 녹는점이 낮아지므로 $t_1 < 0$이다. **(거짓)**

ㄷ. $t_2 > 100$이다. 따라서 이 때 압력을 아무리 높여도 $H_2O(s)$를 얻을 수 없고 기체 또는 액체만 존재할 수 있다. **(거짓)**

10. 표는 1atm에서 X(aq) (가)와 (나)에 대한 자료이다.

X(aq)	용질의 질량(g)	어는점 내림(℃)
(가)	w	k
(나)	$4w$	$6k$

1atm에서 (가)와 (나)를 혼합한 수용액의 어는점 내림(℃)은? (단, 용질은 비휘발성, 비전해질이고, 용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

① $2k$ ② $3k$ ③ $3.5k$ ④ $4k$ ⑤ $4.5k$

답 : ②

용질의 화학식량이 얼마인지, 용매의 질량이 얼마인지 어는점 내림 상수가 얼마인지에 대한 단서가 하나도 없으므로 이럴 땐 한 용액에 대하여 질량비를 설정하는 것이 좋다.

용질의 질량비는 결국 용질의 몰수비이므로 용질의 질량은 몰수비로 받아들이고 (가)의 용매의 질량을 1kg이라고 하면 $k = \frac{w}{M_X}$이다. (나)에서 용매의 질량 $x$kg에 대하여 $6k = \frac{4w}{M_X} \times \frac{1}{x}$이므로 $x = \frac{2}{3}$이다. (가)와 (나)를 혼합하였을 때 용매의 질량은 $\frac{5}{3}$kg이고 용질의 질량은 $5w$g이므로 어는점 내림은 $\frac{5w}{M_X} \times \frac{3}{5} = 3k$이다.

11. 표는 25 °C에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

수용액	물의 질량(g)	용질		증기 압력 내림 (atm)
		종류	질량(g)	
(가)	$2w$	A	$2a$	P
(나)	w	B	$3a$	P
(다)	w	A	$2a$	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이고, 서로 반응하지 않으며, 수용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. 분자량 비는 A : B = 1 : 3이다.

ㄴ. $x = 2P$이다.

ㄷ. 기준 끓는점은 (가)에 B ag을 추가한 용액이 (나)에 A ag을 추가한 용액보다 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ①

이 시험의 중간보스. 11번이 맞나 싶을 정도로 고도의 사고력을 요구한다.

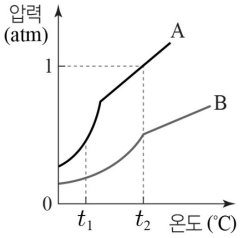
ㄱ. 물 wg을 $p$mol이라할 때 (가)에서 물의 몰분율은 $\frac{2p}{2p+\frac{2a}{M_A}}$, (나)에서 물의 몰분율은 $\frac{p}{p+\frac{3a}{M_B}}$이고, 증기 압력 내림이 동일하다는 것은 증기 압력 또한 동일한 것이므로 $\frac{2p}{2p+\frac{2a}{M_A}}=\frac{p}{p+\frac{3a}{M_B}}$이다. 따라서 분자량 비는 A : B = 1 : 3이다. **(참)**

ㄴ. 증기 압력 내림은 용질의 몰분율에 비례한다. (가)에서 용질의 몰분율은 $\frac{\frac{2a}{M_A}}{2p+\frac{2a}{M_A}}$이고 (다)에서 $\frac{\frac{2a}{M_A}}{p+\frac{2a}{M_A}}$인데, 분자는 동일하지만 분모가 (가)에서가 (다)에서의 2배보다 작다. 따라서 $x < 2P$이다. **(거짓)**

ㄷ. (가)에 B ag을 추가했을 때 용질의 양(mol)과 (나)에 A ag을 추가했을 때 용질의 양(mol)은 각각 $\frac{2a}{M_A}+\frac{a}{M_B}$, $\frac{3a}{M_B}+\frac{a}{M_A}$이다. $M_A : M_B = 1 : 3$이므로 용질의 양(mol)비는 $\frac{7}{3}$: 2이고 물의 질량은 2 : 1이므로 끓는점 오름은 $\frac{7}{6}$: 2이므로 (나)에 A를 추가한 용액이 더 높다. **(거짓)**

어려운 문제지만 얻어갈 거리가 많은 문제이다. 여러 번 복습하도록 하자.

12. 그림은 부피가 같은 2개의 진공 강철 용기에 같은 질량의 A(l)와 B(l)를 각각 넣고 온도를 변화시킬 때, 각 온도에서 충분한 시간이 흐른 후 온도에 따른 내부 기체의 압력을 측정하여 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. A의 기준 끓는점은 t_2 °C이다.

ㄴ. 분자량은 A < B이다.

ㄷ. t_1 °C에서 액체 분자 사이의 인력은 A > B이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ②

우선 그래프에 대한 이해가 필요하다. 곡선인 부분은 액체-기체 평형을 이루는 증기압 그래프이고 직선인 부분은 기체만 존재하는 부분이다.

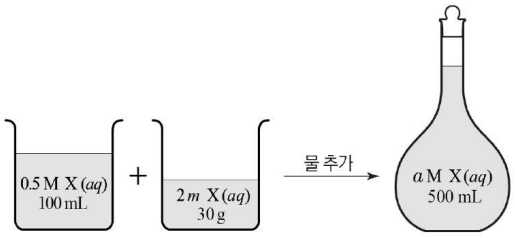
ㄱ. 기준 끓는점은 1atm에서의 끓는점을 의미한다. 1atm t_2 °C에서 A의 상은 기체 뿐이므로 기준 끓는점은 t_2 °C가 아니라 이보다 낮은 온도이다. **(거짓)**

ㄴ. 두 물질의 질량은 동일하다. 기체만 존재하는 상태에서 온도가 동일할 때 압력이 더 높으면 물질의 양(mol)이 더 많다는 것이므로 A의 양(mol)이 더 많다. 따라서 분자량은 A < B이다. **(참)**

ㄷ. 액체 분자 사이의 인력은 같은 온도에서 증기 압력의 크기 비교로 알 수 있다. t_1 °C에서 증기 압력은 A(l)이 B(l)보다 크므로 액체 분자 사이의 인력은 A < B이다. **(거짓)**

정말 오랜만에 강철 용기에서 액체의 가열이 나온 문제이다. 실제로 나올 일은 거의 없지만 필수적으로 이해하는 것이 좋다. (2016년 시행 10월 모의고사 15번도 같이 복습하자.)

13. 그림은 농도가 서로 다른 X(aq) (가)와 (나)를 500 mL의 부피 플라스크에 넣고, 표선까지 물을 추가하여 aM X(aq) (다)를 만드는 과정을 나타낸 것이다. (다)의 밀도는 1.2 g/mL이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, X의 화학식량은 100이고, 온도는 일정하다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. 녹아 있는 용질의 양(mol)은 (가)와 (나)가 같다.
ㄴ. $a=0.2$이다.
ㄷ. 퍼센트 농도(%)는 (나)가 (다)의 10배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ⑤

ㄱ. (가)의 부피는 0.1 L이므로 용질의 양(mol)은 0.05 mol이고, (나)에서 용질의 질량을 x g이라할 때 $\frac{\frac{x}{100}}{30-x}\times 1000=2$이므로 $x=5$이다. 즉 (가)와 (나)에서 용질의 양(mol)은 동일하다. **(참)**

ㄴ. 총 용질의 양(mol)은 0.1 mol이고 용액의 부피는 0.5 L이므로 $a=0.2$이다. **(참)**

ㄷ. (다)의 밀도가 1.2 g/mL이므로 총 질량은 600 g이다. (나)는 30 g에 5 g이므로 $\frac{100}{6}$%이고, (다)는 600 g에 10 g이므로 $\frac{10}{6}$%이다. 따라서 퍼센트 농도는 (나)가 (다)의 10배이다. **(참)**

이 문제는 2페이지에 넣어야 하는 것이 맞을 것이다. 일부러 잠시 쉬라고 넣어준 것인지는 모르겠지만.

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

$$A(g)\rightarrow B(g) \qquad v=k[A]\ (k\text{는 반응 속도 상수})$$

표는 A(g)의 초기 농도와 온도가 서로 다른 조건에서 강철 용기에 A(g)를 넣고 반응시킨 실험 I~III에 대한 자료이다.

실험	A(g)의 초기 농도(M)	온도	반감기(min)
I	a	T_1	$2t$
II	$2a$	T_1	㉠
III	$2a$	T_2	$\frac{1}{2}t$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각 실험에서 온도는 일정하다.)

<보 기>

ㄱ. ㉠은 $2t$이다.
ㄴ. I~III 중 초기 반응 속도는 III이 가장 크다.
ㄷ. $2t$ min일 때 [A]는 I에서가 III에서의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

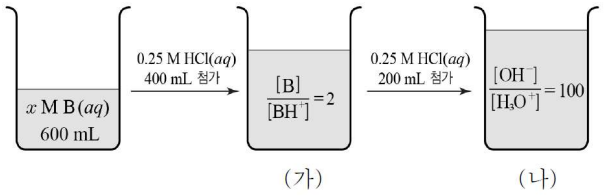
답 : ⑤

ㄱ. 온도가 동일하면 반응 속도 상수도 동일하고, 1차 반응에서 반응 속도 상수가 동일하면 반감기도 동일하다. 따라서 ㉠은 $2t$이다. **(참)**

ㄴ. 반감기가 짧을수록 k도 작다. 따라서 초기 반응 속도는 III에서가 가장 크다. **(참)**

ㄷ. I에서 $2t$ min일 때 반감기를 한번 거쳤으므로 $[A]=\frac{1}{2}a$M, III에서 $2t$ min일 때 반감기를 4번 거쳤으므로 $[A]=\frac{1}{8}a$M이다. 따라서 $2t$ min일 때 [A]는 I에서가 III에서의 4배이다. **(참)**

15. 그림은 xM 약염기 B(aq) 600 mL에 0.25M HCl(aq)을 첨가하여 혼합 용액을 만드는 과정을 나타낸 것이다.



$x \times \frac{\text{(가)에서 } [OH^-]}{\text{(나)에서 } [B]}$는? (단, 수용액의 온도는 25 °C로 일정하고, 25 °C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14}이며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 용액의 부피 합과 같다.) [3점]

① 4×10^{-8} ② 2×10^{-6} ③ 4×10^{-6} ④ 8×10^{-6} ⑤ 8×10^{-4}

답 : ④

슬슬 정신 나간 문제가 나오기 시작하는 구간이다.

B는 약염기이므로 강산이 들어왔을 때 짝산인 BH^+가 된다. (가)에서 $\frac{[B]}{[BH^+]}=2$인 것을 이용하면 $\frac{0.6x-0.1}{0.1}=2$이므로 $x=0.5$이다. 초기 상태에서 (나)까지 들어간 총 HCl의 양(mol)은 $0.25\times0.6=0.15$mol이고, 초기 B의 양(mol)은 $0.5\times0.6=0.3$mol이므로 (나)에서 $\frac{[B]}{[BH^+]}=1$이다.

(나)에서 $[H_3O^+]=\frac{K_w}{[OH^-]}$이므로 $[OH^-]=10^{-6}$이다. 염기 B의 이온화 상수(K_b)는 $\frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$이고, $\frac{[BH^+]}{[B]}=1$이므로 $K_b=10^{-6}$이다.

(가)에서 $\frac{[BH^+]}{[B]}=\frac{1}{2}$이므로 $[OH^-]=2\times10^{-6}$이고, 초기 B의 양(mol)중 절반이 BH^+가 되었으므로 (나)에서 B의 양(mol)은 0.15mol이고 부피는 1200mL이므로 $[B]=\frac{0.15}{1.2}=\frac{1}{8}$이다.

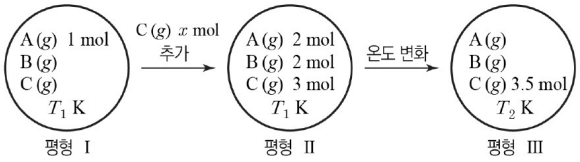
따라서 $x\times\frac{\text{(가)에서 } [OH^-]}{\text{(나)에서 } [B]}=0.5\times\frac{2\times10^{-6}}{\frac{1}{8}}=8\times10^{-6}$이다.

이 문제에서 틀린 사람은 분명 [B]계산할 때 아 절반으로 줄었으니 0.25M이다. 라고 해서 3번을 찍었거나 (나)에서 $[B]\approx0$이라고 무작정 때려버려서 계산 꼬여서 틀린 사람들일 것이다. 산염기 평형 문제는 항상 농도에 주의해야한다.

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

$$A(g) \rightleftarrows B(g)+C(g) \quad \Delta H>0,\ K$$

그림은 1L 강철 용기에서 A(g), B(g), C(g)가 들어 있는 평형 I과, 각각 순차적으로 조건을 변화시켜 도달한 새로운 평형 II와 III을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. $x=3$이다.
ㄴ. I에서 II에 도달하기 전까지 역반응이 우세하게 진행된다.
ㄷ. $T_1<T_2$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ⑤

ㄱ. 평형 II에서 $K=3$이다. 평형 I과 II에서 온도는 동일하므로 K또한 동일하다. 평형 I에서 II로 갈 때 A(g)가 1mol증가하였으므로 B(g)와 C(g)는 1mol씩 감소해야한다. 즉, 평형 I에서 B(g) 3mol, C(g) $(4-x)$mol존재한다. 이 때 $K=3\times(4-x)$이므로 $x=3$이다. **(참)**

ㄴ. 생성물인 C(g)가 추가되었으므로 반응은 역반응이 우세하게 진행된다. **(참)**

ㄷ. 평형 II에서 평형 III으로 이동할 때 생성물의 양이 증가하였으므로 평형 상수는 T_1K에서가 T_2K에서보다 작다. $\Delta H>0$이므로 온도가 증가할 때 평형 상수가 커져야한다. 따라서 $T_1<T_2$이다. **(참)**

개인적으로 ㄱ과 ㄴ의 위치가 바뀌는게 낫다고 생각한다. 어차피 ㄱ을 풀면서 역반응이 우세하게 진행되는 것을 충분히 알텐데, ㄴ을 나중에 물을 이유도 없고, 아니면 아예 다른 선지를 넣는 것이 어땟을까. 하는 생각도 든다.

17. 다음은 25 °C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식이고, 표는 25 °C, 1 atm에서 3가지 결합의 결합 에너지에 대한 자료이다.

$CO_2(g) \rightarrow CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ $\quad \Delta H = 283\,kJ$

$C(s, 흑연) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$ $\quad \Delta H = -110.5\,kJ$

$H_2(g) + 2CO(g) \rightarrow H_2O_2(g) + 2C(s, 흑연)$ $\quad \Delta H = 145\,kJ$

결합	H－O	O－O	O＝O
결합 에너지(kJ/mol)	460	180	498

25 °C, 1 atm에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 25 °C, 1 atm에서 $H_2(g)$, $O_2(g)$, $C(s, 흑연)$의 생성 엔탈피는 0이다.)

<보 기>

ㄱ. 생성 엔탈피(ΔH)는 $CO(g)$가 $CO_2(g)$보다 크다.

ㄴ. $C(s, 흑연)$ 1 mol이 완전 연소할 때 393.5 kJ의 열을 방출한다.

ㄷ. 자료를 이용하여 구한 $H_2O(g)$의 생성 엔탈피(ΔH)는 $-290\,kJ/mol$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

ㄱ. (반응의 엔탈피 변화(ΔH)) = Σ(생성물의 생성 엔탈피(ΔH)) - Σ(반응물의 생성 엔탈피(ΔH))이다. 첫 번째 반응식에서 283 kJ = ($CO(g)$의 생성 엔탈피) - ($CO_2(g)$의 생성 엔탈피)이다. 따라서 생성 엔탈피(ΔH)는 $CO(g)$가 $CO_2(g)$보다 크다. **(참)**

ㄴ. 흑연이 완전 연소하면 $CO_2(g)$가 생성된다. 즉 이 선지에서 묻는 것은 $CO_2(g)$의 생성열이다. (엔탈피와 부호가 반대다!) 간단하게 식 2에서 식1을 빼면 $CO_2(g)$의 생성 반응식이 나온다. 이 때 $\Delta H = -393.5\,kJ$이므로 방출하는 !열!은 393.5 kJ이다. **(참)**

ㄷ. $H_2O(g)$의 생성 엔탈피(ΔH)는 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ 반응식의 반응 엔탈피(ΔH)와 동일하다.

주어진 결합 에너지는 산소와 수소에 관련된 결합 에너지이므로 산소, 수소로만 이루어진 반응식을 만들어 내야한다. 식2에 2를 곱하고 식3과 더하면 $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(g)$라는 식이 나오고, 이 때 반응 엔탈피($\Delta H$)는 $-76\,kJ$이다.

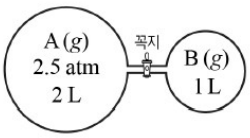
여기서 구한 두 식에서 공통적으로 H－H 결합 에너지를 모르는데, 이를 구할 필요 없이 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$에서 $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(g)$를 빼면 $H_2(g)$가 사라진다. 이 때 반응식은 $H_2O_2(g) \rightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + H_2O(g)$이다. $H_2O(g)$의 생성 엔탈피(ΔH)를 x라할 때, 전체 반응 엔탈피(ΔH)는 $(x+76)$ kJ이고 (반응 엔탈피) = Σ(반응물의 결합 에너지) - Σ(생성물의 결합 에너지) 이므로 $(x+76) = (460\times2+180) - (498\times\frac{1}{2}+2\times460)$에서 $x = -145$이다. **(거짓)**

최근 기출 중 제일 어려운 편에 속하는 헤스 법칙 문제라 할 수 있다. ㄷ을 풀 때 H－H를 구하는 방법도 있지만 계산이 길어지므로 최대한 간단하게 식을 정리하는 방법을 익히는 것이 중요하다.

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

$$aA(g) + B(g) \rightarrow 2C(g) \quad (a\text{는 반응 계수})$$

그림은 꼭지로 분리된 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 각각 넣은 것을, 표는 꼭지를 열고 반응을 완결시킨 후 초기 B(g)의 압력에 따른 $\frac{P_C}{P_A+P_B}$에 대한 자료이다. P_A~P_C는 각각 반응 후 A~C의 부분 압력이다.



실험	초기 B(g)의 압력(atm)	$\frac{P_C}{P_A+P_B}$
Ⅰ	p	2
Ⅱ	$1.6p$	10

$\frac{p}{a}$는? (단, 온도는 일정하고 연결관의 부피는 무시한다.) [3점]

① $\frac{3}{8}$ ② $\frac{5}{12}$ ③ $\frac{5}{8}$ ④ $\frac{10}{7}$ ⑤ $\frac{30}{7}$

답 : ②

화학 Ⅰ의 양적관계를 화학 Ⅱ버전으로 바꿔놓으면 이런 느낌일 것이다.

반응은 무조건 완결되므로 $\frac{P_C}{P_A+P_B}$는 결국 $\frac{P_C}{P_A}$또는 $\frac{P_C}{P_B}$를 의미할 것이다. 온도는 일정하므로 기체의 양(mol)을 (부피)×(압력)으로 나타낸다.

Ⅰ에서 어떤 기체가 전부 소모되었는가? A(g)가 전부 소모되었다고 가정하면 실험 Ⅰ과 Ⅱ에서 생성되는 C(g)의 양은 동일하고 남은 B(g)의 양이 실험 Ⅱ에서 더 많은 상황이 일어난다. 하지만 $\frac{P_C}{P_B}$는 실험 Ⅱ에서 더 크므로 이는 불가능하며, 따라서 Ⅰ에서는 B(g)가 전부 소모되었다. 반응이 일어난 후 A(g)는 $(5-ap)$mol, C(g) $2p$mol존재하고 $\frac{2p}{5-ap}=2$이다.

실험 Ⅱ에서는 A(g)가 모두 반응했는지 B(g)가 모두 반응했는지 알 수 없으므로 찍어야한다.

만약 B(g)가 전부 반응했다면, A(g) $(5-1.6ap)$mol, C(g) $3.2p$mol존재하고, $\frac{3.2p}{5-1.6ap}=10$인데, 이 경우 $a=\frac{17}{15}$, $p=\frac{75}{32}$가 나오므로 불가능하다. 따라서 A(g)가 전부 반응한 것이며 이 때 남은 기체의 양(mol)은 B(g) $(1.6p-\frac{5}{a})$mol, C(g) $\frac{10}{a}$mol이고 $\frac{\frac{10}{a}}{1.6p-\frac{5}{a}}=10$이므로 이 때 $a=3$, $p=\frac{5}{4}$이다. 따라서 $\frac{p}{a}=\frac{5}{12}$이다.

이딴 것 좀 내지마라 제발. 화학이 언제부터 반응물 찍기 게임이였나? 솔직히 대부분 학생이 Ⅱ에서 A(g)가 다 반응했겠지~하고 풀었겠지만 그냥 많이 더러운 문제다.

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

$$2A(g) \rightarrow bB(g) + C(g) \quad (b\text{는 반응 계수})$$
$$v = k[A] \quad (k\text{는 반응 속도 상수})$$

표는 A(g)만 들어 있는 강철 용기에서 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 $\frac{\text{생성물의 몰 농도}}{\text{반응물의 몰 농도}}$와 용기 내 전체 기체의 압력에 대한 자료이다. X와 Y는 각각 B(g), C(g) 중 하나이다.

반응 시간(min)		t	$2t$	$3t$
$\frac{\text{생성물의 몰 농도(M)}}{\text{반응물의 몰 농도(M)}}$	$\frac{[X]}{[A]}$	$\frac{1}{2}$	x	$\frac{7}{2}$
	$\frac{[Y]}{[A]}$	x		xy
용기 내 전체 기체의 압력(atm)		z		$\frac{5}{2}$

$\frac{y}{z}$는? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

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

답 : ④

$b=1$이면 반응 시간에 상관 없이 [B]=[C]이므로 표가 의미가 없다. 따라서 $b>1$이고 t에서 $\frac{[Y]}{[A]}$와 $2t$에서 $\frac{[X]}{[A]}$가 동일한 것으로 보아 더 적게 생성되는 X가 C(g)이다. 초기 [A]를 nM이라할 때 반감기를 거칠 때 기체의 몰농도를 나타내면

	[A]	[B]	[C]
1번	$\frac{1}{2}n$	$\frac{b}{4}n$	$\frac{1}{4}n$
2번	$\frac{1}{4}n$	$\frac{3b}{8}n$	$\frac{3}{8}n$
3번	$\frac{1}{8}n$	$\frac{7b}{16}n$	$\frac{7}{16}n$

이다. t에서 $\frac{[C]}{[A]}=\frac{1}{2}$이므로 t는 1반감기이다. $2t$에서 $\frac{[C]}{[A]}=x=\frac{3}{2}$이므로 $\frac{b}{2}=\frac{3}{2}$에서 $b=3$임을 알 수 있다.

$xy=\frac{21}{2}$이므로 $y=7$이고

$3t$에서 전체 기체의 몰농도는 $\frac{15}{8}n$M이고 이 때 압력은 $\frac{5}{2}$atm이다. t에서 전체 기체의 몰농도는 $\frac{3}{2}n$M이므로 $z=\frac{3}{2}\times\frac{4}{3}=2$이다.

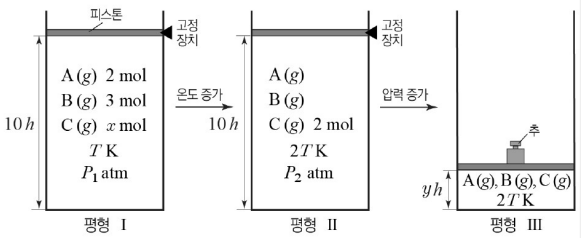
따라서 $\frac{y}{z}=\frac{7}{2}$이다.

퍼즐인가 싶은 문제이다. 적당히 복습해볼만하다.

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

$$A(g)+2B(g)\rightleftarrows 2C(g) \quad K$$

그림은 피스톤을 고정한 상태에서 실린더에 A(g), B(g), C(g)가 들어 있는 평형 I과, 평형 I에서 온도를 증가시켜 도달한 평형 II, 평형 II에서 고정 장치를 제거한 후 압력을 높여 도달한 평형 III을 나타낸 것이다. $P_1 : P_2 = 8 : 17$이고, 평형 III에서 B와 C의 몰 농도는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $x = 3$이다.

ㄴ. $\frac{\text{평형 II에서 } K}{\text{평형 I에서 } K} = \frac{1}{5}$이다.

ㄷ. $y = 2.5$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

답 : ③

ㄱ. I과 II에서 부피는 동일하므로 각 평형에서 기체의 양(mol)을 n_{I}, n_{II}라 하면 $P_1 \times 10h = n_{\text{I}} \times RT$,

$P_2 \times 10h = n_{\text{II}} \times 2RT$이다.

$P_1 : P_2 = 8 : 17$이므로 $n_{\text{I}} : n_{\text{II}} = 16 : 17$이다. 기체의 양(mol)이 증가했으므로 반응은 역반응이 우세하게 일어난 것이며, C(g)는 $x-2$mol소모되었다. 평형 II에서 A(g) $(1+\frac{x}{2})$mol, B(g) $(1+x)$mol존재하므로 $(2+3+x) : (4+\frac{3}{2}x) = 16 : 17$이므로 $x = 3$이다. **(참)**

(솔직히 그냥 처음부터 $x = 3$때려 박고 비교해도 된다.)

ㄴ. 평형 I에서 $K = \frac{3^2}{2 \times 3^2} \times 10h = 5h$,

평형 II에서 $K = \frac{2^2}{2.5 \times 4^2} \times 10h = h$이므로 $\frac{\text{평형 II에서 } K}{\text{평형 I에서 } K} = \frac{1}{5}$이다. **(참)**

ㄷ. 평형 III에서 [B] = [C]인데, 이 때 기체의 비율은 평형 I에서와 동일하다. 따라서 $K = \frac{3^2}{2 \times 3^2} \times yh = h$에서 $y = 2$이다. **(거짓)**

분명 K_p로 풀려다가 망한 사람 있을 것이다. K_p를 남발하지 않도록 연습하자.