

16. 압력 평형

우선, 압력 평형은 엄밀히 말하면 교과 과정에서 다루는 주제는 분명 아닙니다. 수능특강, 교과서 어디에도 몰 농도 대신 압력으로 압력 평형 상수를 쓸 수 있다. 라는 말은 분명 어디에도 없습니다. 또한 자주 출제되는 문항이 아니기도 합니다. 그럼에도 불구하고, 압력 평형을 공부해야 하는 이유는 첫째, 나왔을 때 지금까지 항상 20번 혹은 그 시험지의 킬러문항으로 출제되었으며 두 번째, 농도 평형으로 구했으면 많은 시간과 노력이 필요한 데 비해 압력 평형으로 풀면 매우 쉽게 풀렸다는 점 때문입니다.

[12화학II02-03] 가역 반응에서 동적 평형을 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.

2015 개정 교육과정에서는 간단히 이렇게만 적혀 있습니다. 농도에 의한 평형 상수로도 어쨌든 풀 수 있기 때문에 큰 언급이 없는 듯합니다. 하지만 어찌되었든 2021 수능에서 압력평형 문제가 출제되었으므로, 그리고 압력평형이 출제된 시험지는 대개 1컷 46 이하의 어려운 시험에서 출제되어 온 만큼 꼭 공부해야 하겠습니다.

압력 평형에 대해 전혀 모르시는 분들도 계실 테니 간단히 소개를 하겠습니다.

일반적인 반응식 $aA(g) + bB(g) \leftrightarrow cC(g) + dD(g)$ 에 대해서 평형상수 $K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$ 로 정의됩니다. 이게 우리가 잘 알고 있는 몰농도로 정의된 평형상수이고, 화학2에서 유일하게 배우는 평형상수입니다. 그럼 이제 이 식을 조금 변형해서 생각해봅시다. 구분을 위해서 constant를 뜻하는 c를 추가하여 K_c 로 적었습니다. 앞으로 이를 농도평형, 혹은 농도평형상수로 지칭하겠습니다.

그런데, 모든 반응물과 생성물이 기체이기 때문에 이상기체 상태방정식에서 $\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$ 로 표현할 수 있습니다. 이제 기체 A, B, C, D의 압력을 P_A, P_B, P_C, P_D 로 정의하면,

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = \frac{\left(\frac{P_C}{RT}\right)^c \left(\frac{P_D}{RT}\right)^d}{\left(\frac{P_A}{RT}\right)^a \left(\frac{P_B}{RT}\right)^b} = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b} \times \frac{(RT)^{a+b}}{(RT)^{c+d}}$$
로 정리할 수 있습니다. 여기서,

K_c, RT 는 온도가 변하지 않는 한 상수값이니까, 이를 압력에 대해 정리하면,

$$\frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b} = K_c \times \frac{(RT)^{c+d}}{(RT)^{a+b}} = K_p$$
가 되고, 이 K_p 를 압력평형상수라고 부르게 됩니다. 이제

이를 압력평형, 혹은 압력평형상수로 지칭하겠습니다.

식 정리 과정이 의미가 있는 것은 아니고, 결국 중요한 것은 물질의 농도뿐만 아니라 압력도 같은 평형식으로 표현할 수 있다는 것이고, 이를 문제에 활용할 수 있다는 것입니다.

여기서 만약 $a+b = c+d$ 이면 약분되어서 $K_c = K_p$ 로 언제든 동일하게 사용할 수 있겠습니다. 그렇다면 $a+b \neq c+d$ 이면 압력평형상수를 쓸 수 없는 건가요? 가 아니고, 어차피 문제에서 K 값을 직접 묻는 게 아니라면 K_c 를 쓰든, K_p 를 쓰든 아무런 문제가 없습니다. (주의 : 단 화학2에서는 K_c 만 배웠기 때문에 K 를 직접 묻는다면 당연히 K_c 로 답해야 합니다!) 때로는

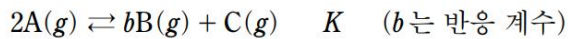
K 를 구하라고 했던 문제조차도 K_p 로 풀 이후에 다시 구하는 것이 훨씬 더 편할 것입니다.

추가로, 농도평형상수에서 $(a+b) < (c+d)$ 일 때, $K = \frac{(n_C)^c (n_D)^d}{(n_A)^a (n_B)^b (V)^{(c+d)-(a+b)}}$ 로 표현했던 것처럼, 만약 RT 의 값이 정량적으로 주어져서 K_c 를 구해야 할 때는 $K_c = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b} \times \frac{1}{(RT)^{(c+d)-(a+b)}}$ 로 표현해서 부족한 차수를 채워주는 방식으로 계산할 수 있습니다.

여기까지가 압력평형상수 개념에 대한 소개였고, 중요한 것은 이것을 언제, 어떻게 활용하느냐?가 되겠습니다. 이를 위해서는 압력의 특성과 평형상수 식의 특성에 대해서 깊이 이해해야 하는데, 다소 내용이 어려워서 예시를 통해 살펴보겠습니다.

[2018.09.20.]

20. 다음은 기체 A가 분해되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 TK에서 반응 전 A(g)가 실린더 속에 들어 있는 상태를 나타낸 것이고, 표는 TK와 $\frac{5}{4}TK$ 에서 도달한 평형에 대한 자료이다. P_A 와 P_B 는 각각 A(g)와 B(g)의 부분 압력(기압)이다.

	상태	온도 (K)	$\frac{P_B}{P_A}$	혼합 기체의 부피(L)	평형 상수
	평형 I	T	1	$\frac{5}{4}V$	K_I
	평형 II	$\frac{5}{4}T$	2		K_{II}

$\frac{K_I}{K_{II}}$ 은? (단, 대기압은 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{5}$ ③ $\frac{3}{16}$ ④ $\frac{3}{20}$ ⑤ $\frac{1}{8}$

문제 조건부터 심상치 않습니다. 몰수에 대한 조건이 없이, 압력만을 제시하고 있고, 심지어 그마저도 압력의 비율로 제시하고 있습니다. 몰 수에 대한 정보가 없고, 실린더 상황에서 압력에 대한 정보를 주었으니, 압력평형이 가장 빠를 것입니다.

처음 계수를 구하는 것은 기체 반응식 파트이지만 구해봅시다. 평형 I에서 $\frac{P_B}{P_A}$ 와 기체의 부피가 $V \rightarrow \frac{5}{4}V$ 가 되었다는 점에서, 전체 기체의 몰수는 2.5몰이고, 2몰에서 0.5몰 증가했습니다.

A의 변화량이 중요합니다. A의 변화량으로 나머지 변수를 전부 표현할 수 있기 때문이죠.

계수가 1인 C의 변화량을 기준으로 생각해서 x 라고 합시다. 이러면 구하고 싶은 숫자들이

간단하게 표현됩니다. 반응했을 때의 증가량은 $(b-1)x=0.5$ 와 같이 표현될 것이고, A와 B는 2몰을 원래 있던 2몰을 나누어서 $(b+2)x=2$ 의 꼴로 표현될 것입니다. 이러면 $x=0.5$ 이고, 쉽게 $b=2$ 임을 구할 수 있습니다.

현장에서는 P_A, P_B 가 1이 되려면 $b=2$ 여야겠다는 느낌으로 풀어도 되겠지만, 위 풀이가 가장 간결하게 나오겠습니다.

이후의 과정부터가 평형문제입니다. 먼저 농도평형으로 풀어보겠습니다. 평형 I에서 $K_I = \frac{1^2 \times (0.5)}{1^2 \times \frac{5}{4} V} = \frac{2}{5V}$ 가 되겠고, 평형 II에서는 A, B 2몰을 1:2로 쪼개면 $\frac{2}{3}, \frac{4}{3}$ 몰 일 것이고,

C는 이 때 $\frac{2}{3}$ 몰이 됩니다. 전체 몰수가 2.5몰에서 $\frac{8}{3}$ 몰로 증가하였고, 온도가 $\frac{5}{4} T$ 로 증가하

였으니, 두 가지를 모두 고려하면 $\frac{5}{4} V \times \frac{\frac{8}{3}}{\frac{5}{4}} \times \frac{5}{4} = \frac{5}{3} V$ 가 됩니다. 이 때

$K_{II} = \frac{(\frac{4}{3})^2 (\frac{2}{3})}{(\frac{2}{3})^2 \frac{5}{3} V} = \frac{8}{5V}$ 여서, 답은 1번이 나오게 되겠습니다. 보시면 아시겠지만 계산 과정이

어렵고, 실수할 여지도 정말 많습니다. 평형 I에서 II로 넘어갈 때 온도를 고려하지 않거나, 몰 수 변화를 고려하지 않아서 부피를 잘못 구할 가능성이 있습니다.

그렇다면 이번에는 압력평형으로 계산을 해보겠습니다. 우선 이 경우에 처음에 b의 계수를 구하는 과정까지는 똑같습니다. 하지만 이후, 평형 I, II에서 A, B, C의 구체적인 몰수를 구하지 않아도 됩니다. 항상 $n_B : n_C = 2 : 1$ 이기 때문에, I에서 $P_A : P_B : P_C = 1 : 1 : \frac{1}{2} = 2 : 2 : 1$ 이고 $P_A : P_B : P_C = 1 : 2 : 1$ 이 되겠습니다. 실린더이므로 전체 압력은 1기압이므로, P_A, P_B, P_C 를 평형 I에서 $\frac{2}{5}, \frac{2}{5}, \frac{1}{5}$ 기압, 평형 II에서 $\frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{1}{4}$ 기압으로 둘 수 있겠습니다. 이대로 압력평형상수

식을 사용하면, $K_I = \frac{(\frac{2}{5})^2 (\frac{1}{5})}{(\frac{2}{5})^2 (T)} = \frac{1}{5RT}, K_{II} = \frac{(\frac{2}{4})^2 (\frac{1}{4})}{(\frac{1}{4})^2 (\frac{5}{4} RT)} = \frac{4}{5RT}$ 로, 답이 1번이 나오게 됩

니다. 이것이 정석적인 압력평형상수 식의 풀이입니다.

보시면 알겠지만, 고려해야 할 요소가 정말 많이 간결해진 것을 보실 수 있습니다. 하지만 이 압력평형 식을 제대로 쓰려면, 어떤 상황에서 압력평형이 더 편한지를 알고 있어야 합니다. 그렇다면 이 문제에서 왜 농도평형은 복잡하고, 압력평형은 간단했을까요? 왜 이 문제에서는 압력평형을 선택해야 했을까요?

이 문제는 이상기체상태방정식에서, $PV=nRT$ 일 때, n 의 변화에 따라 V 도 변하기 때문입니다. 농도 평형식은 본질적으로 $\frac{n}{V}$ 으로 표현되는 몰농도를 사용합니다. 강철 용기의 경우에는 어느 경우에도 조건만 제대로 주어진다면 큰 문제가 없습니다. 몰수가 늘어나든, 감소하든

항상 V 는 일정하기에, 몰수 변화만 고려하면 $\frac{n}{V}$ 을 쉽게 구할 수 있었죠. 그러나 실린더는 다릅니다. n 이 변하면, V 도 변할 수밖에 없습니다. 그리고 중요한 것은, 전체 압력은 항상 대기압으로 고정되어 있다는 점이죠. 이 점을 고려하여 이상기체 상태방정식을 다시 살펴봅시다.

$$\frac{P}{RT} = \frac{n}{V}$$

조금 어렵지만 이 식을 보고 느끼는 점이 있었으면 좋겠습니다. 몰수를 위주로 풀려고 하니 V 가 변해서 못 풀었다면, 그렇다면 $\frac{n}{V}$ 라는 몰농도라는 하나의 변수를 기반으로 풀면 되지 않을까? 라는 생각이 들어야 하는 것이고, 식을 보면, 결국 압력평형 식이라는 것은, 몰농도를 대변하는 일종의 치환값에 해당하는 거구나! 라는 생각을 할 수 있습니다. 즉, 온도가 일정할 때, 압력은 몰농도의 다른 표현이 되게 됩니다.

이를 다시 표현하면, 압력평형식에서 $\frac{2}{5}$ 기압과 같이 표현했던 것은, $\frac{2}{5}M$ 이라고 표현했어도 큰 문제가 없는¹⁾, 곧 몰농도를 다르게 표현한 것이구나, 결국 압력평형과 농도평형은 다른 것이 아니라 그 연장선에 있음을 이해하셨으면 좋겠습니다.

다만 그렇다고 해서 압력평형으로 풀 수 있는 것을 굳이 다 농도로 바꿔서 풀라는 뜻은 아닙니다. 압력평형이라는 무기가 강력할 때는 헛갈리지 않게 압력평형을 사용하고, 농도평형이라는 익숙한 무기로 구할 수 있으면 농도평형을 사용해주세요.

한편, 이는 정석적인 압력평형 풀이에서 더 간단히 할 부분이 남아있으니 좀 더 심화해서 보겠습니다.

먼저, 제가 기압을 설정할 때 1기압을 기본으로 잡고 기압들을 전부 분수꼴로 표현하였는데, 분수꼴의 계산이 귀찮은 만큼 이를 전부 자연수로 잡을 수 있으면 편합니다. $\frac{K_I}{K_{II}}$ 는 결국 평형상수의 상대적인 크기를 묻는 것이지 절대적인 크기를 묻는 게 아니므로(+애초에 평형상수는 그 특성상 항상 주어진 상황에서의 상대값이 될 수밖에 없습니다.) 굳이 1기압이 아니라, 내가 원하는 기압으로 설정해도 무관합니다. 여기서는 4, 5의 최소공배수가 되어야 하니 대기압을 20기압으로 설정을 하면, I은 8:8:4, II는 5:10:5로 압력이 설정됩니다.

두 번째로, RT 에 대한 처리입니다. 어차피 T 역시 상대적인 값을 물어보는 것이고, R 은 상수이니, T 라는 문제 대신 $1, \frac{5}{4}$ 라는 숫자로, 혹은 4, 5라는 숫자로 바꿔줄 수 있겠습니다. 계산 과정에서 굳이 RT 를 다 쓸 필요보다는, 필요에 맞게 소거하여 쓸 수 있습니다.

이제 정리를 해보겠습니다. 그럼 대체 어떻게 공부해야 하고, 어느 상황에서 압력평형을 쓰는 게 편한가요?

우선 이렇게 압력평형의 좋은 점을 소개했지만, 그럼에도 공부할 때에는 이 문제를 농도평형으로도 큰 문제없이 풀어낼 수 있어야 합니다. 수능날은 결국 익숙한 무기, 확실한 무기를 쓰고 싶어지고 쓰게 됩니다. 결국 실수 없이 계산만 해내면 확실히 풀어낼 수 있는 방법은 꼭

1) K값을 직접 물어봤을 때는 제외

가지고 가야합니다. 이렇게 말하는 이유는, 압력평형 문제는 지금까지 기출을 봐도 그리 많지는 않기 때문에 공부할 기회가 적기 때문입니다. 실제로 일반적인 사설 모의고사에서는 압력평형을 묻은 문제를 본 적이 없습니다. 오히려 Peet 문제를 선별해서 보면 압력평형 문제를 찾을 수 있을 겁니다.

하지만 공부할 때와는 다르게 시험을 볼 때는, 압력평형을 쓸 수 있고 그게 빠르다고 생각하면 지체없이 압력평형을 쓰시길 바랍니다. 이미 2021 개정 수능에서도 압력평형이 등장하면서 앞으로도 압력평형은 어려운 시험에서 자주 등장할 것이 예상됩니다.

평형 문제가 출제되는 상황은 항상 강철용기 아니면 실린더입니다. 먼저 강철용기이든 실린더이든, 여기에 압력평형을 쓰면 좋은 조건들을 생각해봅시다. 여기서 압력은 곧 부분 압력이고, 이와 연결되는 개념은 단연 몰분율입니다. 농도 평형상수식에서는 몰분율이 아닌 '몰수'와 '부피'로 식을 표현했다는 점을 잘 주목해주세요. 구체적인 몰수가 아니라, 몰분율로 제시되고, 특히 실린더라면, 압력평형을 쓰는 것이 낫지 않을까? 라는 생각을 문제풀이 시작 단계부터 해볼 수 있습니다.

이 중 강철용기에서는 위에서 말했듯이 V 가 일정하기에 조건만 제대로 주어졌다면 몰수를 바탕으로 몰농도를 구하는데 큰 문제가 없습니다. 또한, 여기서는 위에서 말씀드렸듯이 압력은 곧 몰농도의 다른 표현이기 때문에, 둘 중 어느 방법을 쓰더라도 큰 문제가 없습니다.²⁾ 단, 강철용기에서 전체 기체의 압력은 필수로 나오는 조건이 아니므로, 강철용기에서는 압력을 구하는게 좀 더 어려울 것입니다.

압력평형이 중요해지는 상황은 실린더인데, 이 중에서도 기체 각각의 몰수를 구하기 어렵거나, 몰수 변화로 부피 변화를 고려해야 할 때, 즉, [2018.09.20.]처럼 n 과 V 를 구하는데 서로가 영향을 줄 때 농도평형은 어려워지고, 몰농도를 하나의 변수로 표현할 수 있는 압력평형이 편해지게 됩니다. 특히, 실린더의 경우 전체 압력을 반드시 제시할 수밖에 없기 때문에, 별다른 기준점 없이도 몰분율만으로 기체들의 부분압력을 전부 알 수 있게 됩니다.

이제 예시문항들을 바탕으로 압력평형을 써야하는 상황과, 활용을 구체적으로 알아보겠습니다. 지금부터는 농도평형 풀이는 생략하겠지만, 꼭 직접 한번 해보면서 두 방식을 모두 익혀주시길 바랍니다.

2) 역시나 K 값 자체를 구하는 경우 제외

[2016.11.18.]

18. 다음은 A가 B를 생성하는 화학 반응식과 평형 상수(K)이다.



표는 피스톤이 있는 실린더에 A(g)가 들어 있는 초기 상태와 반응이 일어나 도달한 평형 상태 1, 2에 대한 자료이다.

상태	온도(K)	실린더 속 기체의 밀도(g/L)	평형 상수
초기	T	6	-
평형 1	T	5	K_1
평형 2	$\frac{6}{5}T$	3	K_2

$\frac{K_2}{K_1}$ 는? (단, K는 농도로 정의되는 평형 상수이며, 실린더 속 기체의 압력은 일정하다.)

- ① 8 ② 16 ③ $\frac{96}{5}$ ④ 24 ⑤ $\frac{80}{3}$

밀도 조건은 다소 생소해서 따로 정리할 예정이니 지금은 연습삼아 한 번 풀어봅시다. 여기서 피스톤 내의 질량은 항상 그대로 유지되니, 역수로 생각하면 분모(g)은 항상 동일하고, 분자가 곧 부피를 나타내는 것과 같아지니, 역수를 취해서 생각해주면 초기 : 평형 1 : 평형 2의 V는 $1 : \frac{6}{5} : 2$ 가 됩니다. 그러나 우리가 구하고 싶은 것은 몰수이기 때문에, 평형 2의 $\frac{6}{5}T$ 를 고려하면 초기 : 평형 1 : 평형 2의 몰수비는 $1 : \frac{6}{5} : 2 \times \frac{5}{6} = 1 : \frac{6}{5} : \frac{5}{3}$ 입니다. 초기 A를 1몰이라 하면, A가 전부 다 반응해야 2몰이 되니, $\frac{6}{5}$ 은 A가 전체의 $\frac{1}{5}$ 만 반응한 것이고, $\frac{5}{3}$ 는 $\frac{2}{3}$ 만 반응한 것입니다. 따라서 평형 1에서 A,B는 $\frac{4}{5}, \frac{2}{5}$ 몰이고, 평형 2에서는 $\frac{1}{3}, \frac{4}{3}$ 몰입니다.

몰 수를 각각 다 구했고, 전체 몰수도 구했으니 여기서는 농도평형으로 풀어도 큰 차이가 없을 것입니다. 그런데 여기서 몰분율을 바탕으로 A,B의 압력을 평형1에서 $\frac{2}{3}P, \frac{1}{3}P$, 평형 2에서 $\frac{1}{5}P, \frac{4}{5}P$ 라 하고, 최소공배수 15로 평형1에서 10,5기압, 평형 2에서 3, 12기압으로 하

면 $\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{12^2}{3 \times \frac{6}{5}T}}{\frac{5^2}{10 \times T}} = 16$ 이 나옵니다. 실제 계산에서는 T는 어차피 약분되니 굳이 쓰지 않아도 됩니다.

[2017.11.19.]

19. 다음은 A가 B와 C를 생성하는 반응의 열화학 반응식과, 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다. a는 정수이다.

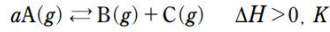
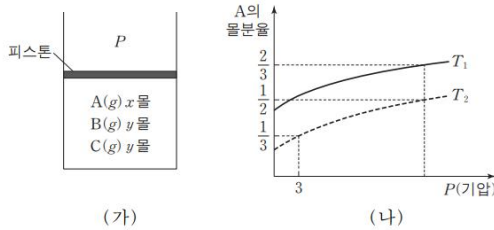


그림 (가)는 실린더에서 이 반응이 일어나 평형에 도달한 상태를, (나)는 (가)에서 절대 온도가 T_1 또는 T_2 일 때 압력 P에 따른 A의 몰분율을 나타낸 것이다.



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

— < 보 기 > —

ㄱ. $T_1 < T_2$ 이다.

ㄴ. $\frac{T_2 \text{에서의 } K}{T_1 \text{에서의 } K} = \frac{3T_1}{T_2}$ 이다.

ㄷ. (가)의 실린더에 He(g) 1몰을 넣은 후 3기압, T_2 일 때 도달한 평형에서 몰수는 B가 A보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

사실상 최초로 압력평형을 노골적으로 요구한 문제였고, 그 탓에 처음 출제됐을 당시에는 정말 어려운 문제였습니다. 앞서 [2016.11.18.]은 압력평형에 대해서 잘 몰라도 풀 수 있었지만, 압력평형을 생각하지 않으면 이 문제는 많이 돌아가야 합니다.

다양한 조건이 제시되어 해석이 어렵지만, 먼저 a를 알아야 합니다. 그런데 구체적인 숫자가 제시되지 않은 상태로 계수를 알아내는 경우는 특수한 경우밖에 없습니다. 계수비교에서 반응물 < 생성물이거나, 반응물=생성물이거나, 반응물 > 생성물인 3가지 경우로 나뉘므로, 여기서는 하나로 확정되는, a=1이거나 a=2인 조건을 숨겨뒀음을 예측하고 보면 좋습니다. (나) 그래프를 보면, 압력이 증가할 때 A의 몰분율이 증가합니다. 따라서 a=1이고 예상과도 맞습니다.

ㄱ. $\Delta H > 0$ 이고, T_2 일 때 생성물이 더 많으므로 $T_1 < T_2$ 입니다. (이 판단 과정은 평형이동에서 자세히 하겠습니다.)

ㄴ. 압력평형을 알고 보면, 식의 꼴 자체가 압력평형 식이겠다는 느낌을 주는 식입니다. 물론 이와 별개로, 몰분율들을 제시하고 있기 때문에 압력평형으로 푸는 것이 빠르겠다는 판단 또한 들어가야 합니다. P기압으로 일정할 때를 봅시다. B, C의 계수가 같고 초기농도가 같으니 몰수는 항상 같습니다. 따라서 B, C의 몰분율은 T_1 에서 $\frac{2}{3}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}$ 이고, T_2 에서 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$ 입니다. 최소공배수를 이용하면 16, 4, 4와 12, 6, 6으로 표현할 수 있고,

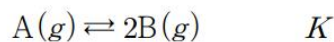
$$\frac{T_2 \text{에서의 } K}{T_1 \text{에서의 } K} = \frac{\frac{6^2}{12T_2}}{\frac{4^2}{16T_1}} = \frac{3T_1}{T_2} \text{입니다. 암산으로 숫자만 계산하고 답을 내는 경우에도 } K_1, K_2$$

각각의 압력평형식에서 T_1, T_2 항이 분모에 들어간다는 점을 생각하면, 역수로 되는 것이 자연스러움을 이해할 수 있습니다. 이를 농도평형으로 바꿔서 풀면 계산이 어떻게 되는지 꼭 한번 해보시길 바랍니다.

ㄷ. 몰분율이 다 동일한 상황을 이용해서 평형이동 방향을 묻고 있습니다. 계수를 구한 것과 같은 논리로 압력이 감소하여 생성물, B가 더 많아집니다.

[2019.06.20.]

20. 다음은 기체 A가 반응하여 기체 B를 생성하는 화학 반응식과 농도로 정의된 평형 상수(K)이다.



표는 압력이 일정하게 유지되는 실린더에서 $A(g)$ 가 반응할 때 초기 상태와 평형 상태 I, II에서 $B(g)$ 의 질량 백분율(%)과 K 를 나타낸 것이다.

상태	온도 (K)	B의 질량 백분율(%)	K
초기	T_1	0	K_1
평형 I	T_1	20	K_1
평형 II	T_2	50	K_2

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

<보 기>

ㄱ. $T_1 > T_2$ 이다.

ㄴ. 평형 I 에서 A의 몰분율은 $\frac{2}{3}$ 이다.

ㄷ. $\frac{K_2}{K_1} = \frac{8T_1}{T_2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

조건이 B의 질량 백분율로 주어졌기 때문에 몰분율을 쉽게 구할 수 있습니다. A의 분자량을 2, B의 분자량을 1로 하면 A,B 몰분율은 평형 I에서 2:1, 평형 II에서 1:2입니다. 계산 과정에서, A의 분자량이 2라서 질량을 2로 나눠주는 게 불편하면, B의 질량에 2배로 생각해도 비율에는 문제가 없습니다.

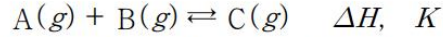
ㄴ. 선지를 보면 압력평형 문제풀이의 핵심인 몰분율을 물어보고 있습니다.

ㄷ. 전체 압력은 마음대로 설정하면 되니까 몰분율과 그대로 A,B의 압력을 평형 I에서 2,1, 평형 II에서 1,2기압으로 잡을 수 있고, 이러면 ㄷ은 암산으로도 구할 수 있습니다. 식으로 T_1, T_2 의 위치가 바뀌었는지 확인할 필요도 없고, K_1, K_2 각각의 압력평형식에서 T_1, T_2 항이 분모에 들어간다는 점을 생각하면, 역수로 되는 것이 자연스러움을 이해할 수 있습니다.

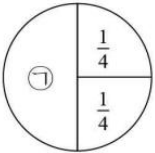
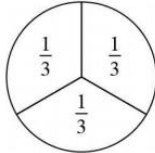
ㄱ. 선지는 이 연습과는 무관하고, 저는 실제 이전 교육과정 기준으로 오류선지라고 생각하지만, 현 교육과정에서 $\Delta S, \Delta G$ 를 통한 자발성 판단 과정이 삭제되었기 때문에 언급하지 않고 넘어가도록 하겠습니다.

[2019.07.19.]

19. 다음은 A와 B가 반응하여 C를 생성하는 열화학 반응식과, 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 T K에서 압력이 일정하게 유지되는 실린더에 기체 A, B를 넣어 도달한 평형 (가)와, 온도를 $2T$ K로 높여 새롭게 도달한 평형 (나)에 존재하는 물질의 몰수 비율을 나타낸 것이다.

평형	(가)	(나)
절대 온도(K)	T	$2T$
몰수 비율		

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

— <보 기> —

ㄱ. ㉠에 해당하는 물질은 C이다.

ㄴ. $\Delta H < 0$ 이다.

ㄷ. 평형 상수(K)는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{8}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실린더에, 몰분율이 나온 문제입니다.

ㄱ. (나)에서 A,B,C 몰분율이 똑같으므로, A,B의 몰수가 같으니, 어떤 반응에도 항상 A,B의 몰수는 같습니다. 따라서 (가)에서 다른 한 가지는 C입니다.

ㄴ. T 증가에, 생성물 감소이므로 $\Delta H < 0$ 입니다.

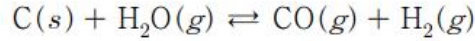
ㄷ. 농도평형에서는 몰수가 변했으니 부피를 다시 고려해야 했겠지만, 압력만 고려합시다. 4와 3의 최소공배수인 12로 계산하면 A,B,C는 (가)에서 3, 3, 6기압, (나)에서 4, 4, 4기압입니다.

$K_{(가)} = \frac{6}{3 \times 3} = \frac{2}{3}$, $K_{(나)} = \frac{4 \times 2}{4 \times 4} = \frac{1}{2}$ 으로 (나)의 $\frac{4}{3}$ 배입니다. 온도를 고려하지 않는 경우

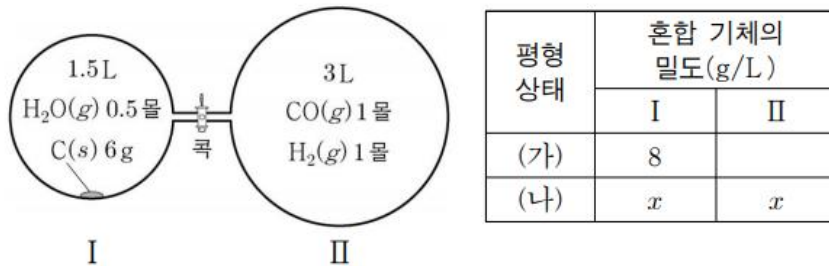
에 $\frac{8}{3}$ 배가 나옴을 주의해주세요.

[2019.09.19.]

19. 다음은 C(s)와 H₂O(g)이 반응하여 CO(g)와 H₂(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 콕으로 연결된 두 강철 용기에 들어 있는 반응물의 초기 상태를 나타낸 것이다. 표는 절대 온도 T인 용기 I 과 II에서 각각 반응이 일어나 도달한 평형 상태 (가)와, (가)에서 콕을 열어 도달한 새로운 평형 상태 (나)의 혼합 기체의 밀도를 나타낸 것이다. RT = 90 기압·L/몰이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, 고체의 부피와 증기압, 연결관의 부피는 무시한다. H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다. 제시된 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다.)

<보 기>

ㄱ. (가)의 용기 I에서 H₂O(g)의 부분 압력은 15 기압이다.

ㄴ. (나)의 용기 I과 II에 들어 있는 C(s)의 질량의 합은 9g 이다.

ㄷ. x = 10 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

압력평형이 꼭 필요한 문제는 아니지만, 몰농도와 부분압력이 같은 선상에 있음을 좀 더 명확히 하기 위해 강철용기에서 농도와 압력을 다루는 ㄱ을 보겠습니다.

ㄱ. 부분압력을 물어보았지만, 몰농도를 구하면 부분압력을 구할 수 있다는 사실을 기억하면서 몰농도부터 구해봅시다. 혼합 기체의 밀도가 8이면 전체 기체의 질량이 12이므로, H₂O와 C 합이 15g이었으니 C가 3g 이어야 하고, C가 절반이 되었으니 H₂O도 절반이 됩니다.

RT를 제시해줬다는 것은 몰농도와 부분압력의 전환이 된다는 뜻으로, $\frac{P}{RT} = \frac{n}{V}$ 이므로

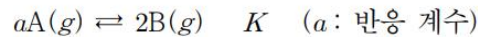
$$P = 90 \times \frac{1}{6} = 15 \text{가 됩니다.}$$

ㄴ. ㄷ. 농도평형에서, 몰수만 보면 반응식 계수가 다르고 V가 변했으니 Q, K를 다시 구해

야 하는 것 아닌가? 라는 생각이 들 수 있겠지만, $\frac{n}{V}$ 으로 묶어서 생각하면, I, II는 완전히 동일한 상황입니다. 따라서 콧을 열어도 (가)와 (나)의 상태는 동일하며, ㄱ.에서 구한 것처럼 용기 I, II의 C 질량은 3, 6이 되고, $x = 8$ 로 동일합니다.

[2019.09.20.]

20. 다음은 A(g)가 B(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 3개의 실린더에 n 몰의 A(g)를 각각 넣고 절대 온도 T_1 과 T_2 에서 외부 압력을 변화시켜 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 (가)~(다)에 대한 자료이다. $\frac{T_2 \text{에서 } K}{T_1 \text{에서 } K} = \frac{1}{3}$ 이다.

평형 상태	절대 온도	혼합 기체의 압력(기압)	B의 몰분율	혼합 기체의 부피(L)
(가)	T_1	2	$\frac{1}{2}$	x
(나)	T_1	6	$\frac{1}{3}$	
(다)	T_2	5	$\frac{1}{5}$	y

$\frac{x}{y}$ 는? [3점]

- ① $\frac{5}{2}$ ② 3 ③ $\frac{10}{3}$ ④ $\frac{15}{4}$ ⑤ 4

혼합기체의 압력에, B의 몰분율까지 압력평형을 쓰기에 최적으로 보이는 상황입니다. 단, 여기에 혼합 기체의 부피가 제시되었으니 최종적으로는 부피도 구해주어야 합니다.

먼저 계수 a를 구해봅시다. 두 방법으로 구할 수 있는데, 개념적으로 (가), (나)를 비교했을 때, 전체 압력이 증가했을 때 B가 감소하였으므로 B의 계수가 더 큰 것이니 $a=1$ 일 수밖에 없고, 압력평형으로 K값을 비교하면 ($T_1 = 1$ 로 생각) (가)에서는 계수에 상관없이 1, (나)는 $K = \frac{2^2}{4^a}$ 이므로 $a=1$ 일 수밖에 없습니다. 두 가지 모두 기억하시고 실전에서는 두 방법 중 편한 것으로 판단할 생각을 하셔야 합니다.

* T_2 에서 K 조건을 활용합시다. $K = \frac{1^2}{4 \times T_2} = \frac{1}{3}$ 이니 $T_1 = 1$ 일 때 $T_2 = \frac{3}{4}$ 입니다. 그러면 이제, 부피를 물어보았으니, P, n, T 전부를 활용해서 부피비를 구해야 하는데, 조금 복잡해지기 시작합니다. 몰수를 구해봅시다. (이를 구하는 방법은 기체반응식에서 더 자세히 하겠습니다.) * $A \rightarrow 2B$ 반응에서 전부 반응하면 2n몰, 하나도 반응하지 않으면 n몰입니다. (가), (다)에서 A,B 몰수비는 1:1, 4:1이므로, 이를 B 한 쪽으로 몰아주면 (가)에서는 3, (나)에서는 9이므로, 반응 전체 n몰 중 (가)에서는 $\frac{n}{3}$ 만 진행된 것이고, (나)에서는 $\frac{n}{9}$ 만 진행되었습니다. 따

라서 (가), (나)의 몰수는 $\frac{4}{3}n, \frac{10}{9}n$ 이 됩니다.

$$\text{이를 바탕으로 } y \rightarrow x \text{로 변환하면, } \frac{5}{2} \times \frac{\frac{4}{3}}{\frac{10}{9}} \times \frac{4}{3} = 4 \text{가 나옵니다.}$$

이 문제에서 깨달음이 있었으면 좋겠습니다. 분명 압력평형을 쓰기 좋은 조건처럼 보였고, 중간까지만 해도 간단해 보였는데, 어느 순간부터 어려워졌습니다. 왜 그런 것일까요? 그것은 압력평형 식에서는 구하지 않는 기체의 부피를 구해야 했기 때문에, 사실상 농도평형과 크게 다르지 않은 과정을 거쳐야 했습니다. 여기에, 이전 문제들과는 다르게 (가)와 (다)처럼 전체 압력이 달라졌기 때문에, 이 부분까지 계산에 들어가야 했습니다.

이 문제를 그렇다면 농도 평형으로 구해볼까요? *이전 지점까지는 풀이가 같고, 그 이후를 농도평형으로 구해봅시다. 농도 평형으로 구하는 것이다 보니 이전의 과정처럼 몰수는 어쩔 수 없이 구해야 합니다. 주어진 몰분을 자료로 A,B의 몰수는 (가)에서 $\frac{2}{3}n, \frac{2}{3}n$ 이고, (다)에서는 $\frac{8}{9}n, \frac{2}{9}n$ 입니다. ※ 표시에서 쓴 풀이법의 연장으로 생각하면, $\frac{n}{9}$ 몰만 반응이 진행되었다고 생각하면, A는 $n - \frac{1}{9}n$, B는 $2 \times \frac{n}{9}$ 으로도 생각할 수 있고, 여기에 분수꼴을 없애기 위해 $n=9$ 라고도 할 수 있습니다. 아무튼 이것으로 K를 구하면

$$\frac{T_2 \text{에서 } K}{T_1 \text{에서 } K} = \frac{\frac{8}{9} \times y}{\left(\frac{2}{3}\right)^2} = \frac{x}{y} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{3} \text{로, } \frac{x}{y} = 4 \text{입니다.}$$

$$\frac{\left(\frac{2}{9}\right)^2}{\frac{2}{3} \times x}$$

아까의 풀이와 비교해보면, A,B 각각의 몰수를 구체적으로 구했다는 것 외에는, 여기서는 T_1, T_2 의 구체적인 값을 구할 필요도 없었고, P_1, P_2 의 차이를 계산에 고려할 필요도 없었습니다.³⁾ 더 계산이 간단해진 것입니다. 따라서 이 문제는 겉보기와는 달리 전체 부피를 구해야 한다는 점 때문에, 농도평형으로 계산하는 것이 더 편했을 것입니다.

여기서 알 수 있는 사실은 농도 평형과 압력 평형은 항상 무엇이 더 편한 게 아니라, 상황에 따라서 두 가지를 다 택해서 자유자재로 쓸 수 있어야 한다는 점입니다. 이 문제에서 처음 a의 계수를 구할 때는 압력평형으로 간단히 알아내기 쉬웠습니다.(물론 압력평형을 쓰지 않아도 구할 수는 있었지만) 따라서, 압력평형으로 풀어 나가다가도, 농도 평형이 쉬울 것 같다면 농도평형으로 바꿔서도 푸는, 두 가지 방법 모두가 가능해야 합니다.

3) 농도평형에서의 복잡한 점인 n의 변화에 따라 V의 변화를 계산했던걸, 이 압력평형에서는 T_1, T_2 의 변화에 따른 P의 변화를 계산한 것과 일맥상통합니다.

[2019.10.19.]

19. 다음은 A(g)가 분해되는 반응의 화학 반응식과 TK에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

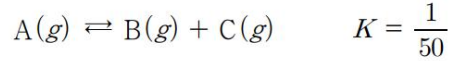
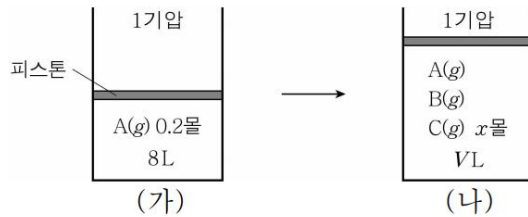


그림 (가)는 TK, 1기압에서 실린더에 0.2몰의 A(g)를 넣은 것을, (나)는 반응을 진행시켜 TK에서 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다.



x는? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{1}{8}$ ② $\frac{2}{15}$ ③ $\frac{1}{7}$ ④ $\frac{1}{6}$ ⑤ $\frac{2}{11}$

농도 평형이 익숙하면, 바로 어떻게 풀어야할지 과정이 다 보이기 때문에 계산만 오래 걸릴 뿐 무조건 풀 수 있다는 생각이 들고 보통 농도평형으로 풀 게되는 문제입니다. 하지만 압력 평형도 그만큼 익숙해지고 충분한 선택지가 되게 하기 위해 연습문제로 가져왔습니다.

압력평형을 쓸만한 상황이라는 생각이 들겠지만, $K = \frac{1}{50}$ 으로 구체적인 숫자가 제시되었기 때문에 변환과정을 거쳐야 합니다. 여기서는 (가)에서 $\frac{n}{V}$ 과 P가 제시되어있기 때문에 변환이 가능합니다. $\frac{0.2}{8} \times RT = 1$ 이므로 $RT = 40$ 이고, $K = \frac{P_B P_C}{P_A \times RT}$ 로 $\frac{4}{5} = \frac{P_B P_C}{P_A}$ 입니다.

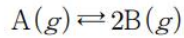
여기서 $P_B = x$ 와 같이 변수를 잡고 계산하면 누구나 할 수 있지만, 숫자를 근거 있게 찍는 것도 가능합니다. $P_B = P_C$ 여서 제곱항이 들어가는데 4라는 제곱수와, 5가 나오려면 분모에 5가 있어야 하고, 분자는 1 혹은 2가 들어가야 합니다. 여기서는 P_A, P_B, P_C 가 $\frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{2}{5}$ 가 되면 숫자가 맞겠네요.

이걸 A쪽으로 합치면 $\frac{3}{5}$ 이고, A 전체의 $\frac{2}{3}$ 가 반응한 것이니, $0.2 \times \frac{2}{3} = \frac{2}{15}$ 가 되겠습니다.

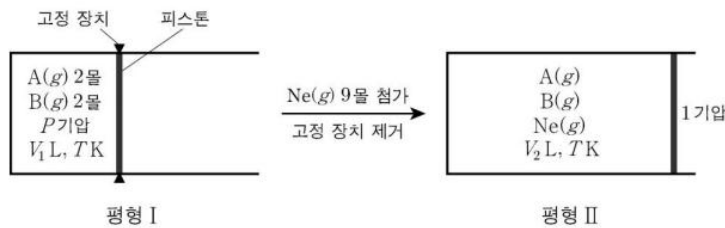
처음 압력평형을 공부하면서 이렇게 풀이를 써내기는 쉽지 않았을 것입니다. 그러나 압력평형에 익숙해지면 이런 식의 풀이가 눈에 보이고 할 수 있다는 것도 속지하시고 연습을 해주시길 바랍니다.

[2019.11.20.]

20. 다음은 기체 A로부터 기체 B가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 실린더에 A(g)와 B(g)가 들어 있는 평형 상태(평형 I)에서 Ne(g) 9몰을 첨가하고 고정 장치를 제거하여 새로운 평형 상태(평형 II)에 도달한 것을 나타낸 것이다. 평형 II에서 B(g)의 몰분율은 $\frac{1}{5}$ 이고, 평형 I과 II에서 온도는 TK로 일정하다.



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

< 보 기 >

ㄱ. 평형 II에서 혼합 기체의 몰수는 $\frac{40}{3}$ 몰이다.

ㄴ. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{32}{15}$ 이다.

ㄷ. $P = \frac{16}{25}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

V, P 등 여러 가지를 묻는 만큼, 여러 방법을 사용할 수 있습니다. 특히, [2019.09.20.]처럼 V와 P를 같이 묻는다는 점이 비슷하니, 두 풀이를 비교하면서 체화하시길 바랍니다.

ㄱ. 몰수가 다 제시되었고, 몰분율 조건에서 B의 몰수를 계산합니다. 특별한 방법보다는 식 세워서 계산하는 것이 빠를 것이고, $\frac{2+2x}{13+x} = \frac{1}{5}$ 같은 식을 세워, $\frac{40}{3}$ 몰을 확인할 수 있습니다.

ㄴ. 평형 I, II에서 $\frac{2^2}{2V_1} = \frac{(\frac{8}{3})^2}{\frac{5}{3}V_2}$ 에서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{32}{15}$ 입니다.

ㄷ. 평형 I에서는 A, B의 부분압력은 $\frac{1}{2}P$ 이고, 평형 II에서 A,B의 몰분율로 $\frac{1}{8}, \frac{1}{5}$ 기압이므로

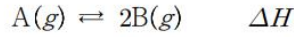
로 $K = \frac{(\frac{1}{2}P)^2}{\frac{1}{2}P} = \frac{(\frac{1}{5})^2}{\frac{1}{8}}$ 에서 $P = \frac{16}{25}$ 입니다.

[2019.09.20.]과는 다르게 가장 빠른 풀이로 간결하게 하였으니, 상황이 이해가 잘 되지 않

는다면 [2019.09.20.]을 다시 보고 오시길 바랍니다.

[2020.06.20.]

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



그림은 1 기압, $T_1 K$ 에서 실린더에 $A(g)$ 1 몰을 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다. 표는 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I 과, I 에서 온도를 $T_2 K$ 로 변화시켜 도달한 새로운 평형 상태 II 에 대한 자료이다.

	평형 상태	I	II
	온도(K)	T_1	T_2
	혼합 기체의 부피(L)	V	$\frac{3}{4}V$
	$A(g)$ 의 몰수(몰)	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$

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

<보 기>
ㄱ. $T_1 : T_2 = 5 : 4$ 이다. ㄴ. $\Delta H < 0$ 이다. ㄷ. $T_1 K$ 에서 $A(g)$ 의 초기 몰수가 $\frac{1}{2}$ 몰일 때 도달한 평형 상태에서 $B(g)$ 의 몰수는 $\frac{1}{4}$ 몰보다 작다.

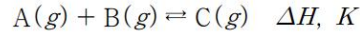
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

ㄷ. 선지에서, 압력평형으로 접근하면, A의 초기 몰수가 변해도 항상 A,B의 부분압력이 $\frac{1}{2}$

기압으로 동일해야 하므로 B의 몰수는 $\frac{1}{3}$ 몰입니다.

[2020.07.20.]

20. 다음은 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 반응하여 $C(g)$ 를 생성하는 반응의 열화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



표는 2 개의 실린더에 1 몰의 $C(g)$ 를 각각 넣고 온도 T K와 $\frac{3}{2}T$ K에서 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 (가), (나)에 대한 자료이다.

평형 상태	온도(K)	혼합 기체의 부피(L)	$C(g)$ 의 몰 분율
(가)	T	V_1	$\frac{2}{3}$
(나)	$\frac{3}{2}T$	V_2	$\frac{1}{4}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부 압력은 1 기압으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시하며, $RT = 25$ 기압·L/몰이다.) [3점]

<보 기>

<p>ㄱ. $\Delta H < 0$이다.</p> <p>ㄴ. $V_2 = 2V_1$이다.</p> <p>ㄷ. $\frac{\text{평형 (나)에서의 평형 상수}}{\text{평형 (가)에서의 평형 상수}} = \frac{1}{9}$이다.</p>
--

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[2019.11.20.], [2019.09.20.]의 아류작같은 느낌의 문제입니다. ㄱ, ㄴ을 넘어가고 바로 ㄷ부터 계산해봅시다.

ㄷ. A,B,C의 몰분율은 (가)에서 $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{2}{3}$ 이고, $\frac{3}{8}, \frac{3}{8}, \frac{1}{4}$ 이니 최소공배수 24로 4,4,16과 9,9,6으로 바꾸면 (가)에서 $K=1$ 이고, (나)에서 $K = \frac{6 \times \frac{3}{2}}{9 \times 9} = \frac{1}{9}$ 입니다.

ㄱ. 온도가 증가했는데 C가 감소했으니 $\Delta H < 0$ 입니다.

ㄴ. 농도평형으로 풀어줍니다. $A : B : C$ 가 (가)에서 1 : 1 : 4였고, (나)에서 3 : 3 : 2였으니 이를 C쪽으로 몰아버리면 C는 (가)에서 $\frac{1}{5}$ 만큼 반응했고, (나)에서 $\frac{3}{5}$ 만큼 반응했으니 전체 몰 수는 $\frac{6}{5}, \frac{8}{5}$ 몰이고, $T \rightarrow \frac{3}{2}T$ 이니 $\frac{3}{2} \times \frac{4}{3} = 2$ 입니다.

[2021.06.17.]

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

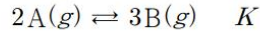
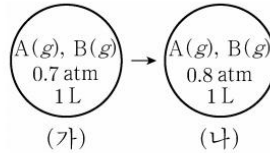


그림 (가)는 TK에서 A(g)와 B(g)의 혼합 기체가 용기에 들어 있는 초기 상태를, (나)는 반응이 진행되어 도달한 평형 상태를 나타낸 것이다. (가)에서 A(g)의 부분 압력은 0.4 atm이고 반응 지수는 Q이다.



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

<보 기>

ㄱ. (나)에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{4}$ 이다.

ㄴ. A(g)의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

ㄷ. $K = 32Q$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

크게 어렵지는 않지만, 강철용기에서 몰농도 대신으로 부분압력으로 계산하는 문제입니다. 결국, 여기서 부분압력을 제시한 것이 몰농도를 제시한 것과 동일합니다.

ㄱ. (가)는 A,B가 0.4, 0.3기압이었으니, 반응식에서 0.1이 증가하려면 A는 0.2 감소, B는 0.3 증가해야합니다. 이에 따라 0.2, 0.6이므로, ㄱ은 맞습니다.

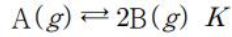
ㄴ. 이 또한 맞습니다. 몰농도가 두 배라고 물어봐도, 고민 없이 답해야 합니다.

ㄷ. 몰농도가 아닌 부분압력에 따라 K를 계산합니다. K와 Q 비율을 물어보니, 계산하기 편하게 소수점을 떼고 자연수로 바꿔서 계산해도 됩니다.

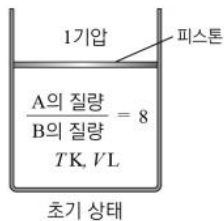
$$Q = \frac{3^3}{4^2}, K = \frac{6^3}{2^2} \text{로 } ㄷ \text{도 맞습니다.}$$

[2021.07.20.]

20. 다음은 기체 A로부터 기체 B가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.



그림은 온도 T K에서 실린더에 혼합 기체가 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다. 표는 실린더에서 반응이 일어나 도달한 평형 상태 (가), (가)에서 온도를 $\frac{5}{4}T$ K으로 달리하여 도달한 평형 상태 (나), (나)에서 실린더에 $He(g)$ n 몰을 첨가한 후 도달한 평형 상태 (다)에 대한 자료이다.



평형 상태	온도(K)	$\frac{A \text{의 질량}}{B \text{의 질량}}$
(가)	T	2
(나)	$\frac{5}{4}T$	$\frac{2}{3}$
(다)	$\frac{5}{4}T$	a

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 초기 상태 실린더에는 $A(g)$ 와 $B(g)$ 만 들어 있고, 대기압은 일정하며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $a < \frac{2}{3}$ 이다.

ㄴ. (나)에서 혼합 기체의 부피는 $1.5V$ L이다.

ㄷ. $\frac{\text{(다)에서의 평형 상수}}{\text{(가)에서의 평형 상수}} = \frac{18}{5}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

ㄷ. 이제 ㄷ은 눈감고도 풀 수 있습니다. A,B의 질량비이니 사실상 몰수비를 준 것이나 다름없고, 분자량을 고려하면 A,B의 몰수비는 (가)에서 1:1, (나)에서 1:3입니다. (나),(다)의 평형

$$\text{상수가 똑같으니 (가), (나)를 비교하면 } \frac{\frac{3^2}{1 \times \frac{5}{4}}}{\frac{2^2}{2}} = \frac{18}{5} \text{입니다.}$$

ㄱ. 실린더에서 He를 첨가했으니 계수가 큰 B가 증가하는 쪽이니 맞습니다.

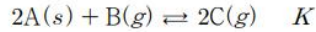
ㄴ. 이쯤에서, ㄴ 선지를 계산해보기 전에, 머릿속으로 계획이 그려지는지 확인해봅시다. 앞에서 농도평형상수를 이용해서 $V_{(가)}, V_{(나)}$ 를 구하기도 했고, 단순 몰수, 온도 계산으로 기체의 특성을 이용해서 $V_{(가)}, V_{(나)}$ 를 구하기도 했습니다. 이 경우는 전자일까요, 후자일까요?

여기서는 T_1, T_2 로 온도 간의 관계가 숨겨진 것도 아니고, 다른 온도에서 K_1, K_2 사이의 관계를 주지 않았기 때문에 후자입니다. 전자는 이의 반대의 경우겠죠? 실전에서 시행착오를 줄일 수 있게 한 번에 정확한 식을 쓸 수 있도록 합시다.

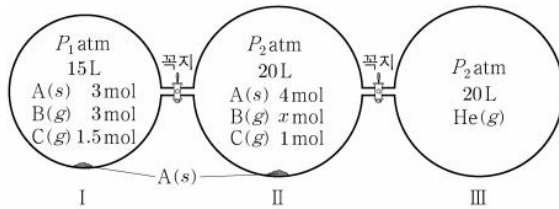
후자로 계산하면, 몰수로 계산하면 (계속 반복하였으니 과정 생략하겠습니다.) $\frac{4}{3}$ 몰과 $\frac{8}{5}$ 몰
 이니 $\frac{5}{4} \times \frac{6}{5} = 1.5$ 입니다.

[2021.11.17.]

17. 다음은 A(s)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 I 과 II에서 각각 반응이 진행되어 도달한 평형 상태와 꼭지로 분리된 강철 용기 III에 He(g)이 들어 있는 상태를 나타낸 것이다.



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

<보 기>

ㄱ. $K = \frac{5}{4}$ 이다.

ㄴ. $\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{3}$ 이다.

ㄷ. 두 꼭지를 동시에 연 후 도달한 새로운 평형에서 용기 속 $\frac{\text{B의 부분 압력}}{\text{He의 부분 압력}} < 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

ㄴ.에서 압력평형을 사용하여 계산해도 좋겠지만, 몰수, V가 전부 다 제대로 주어지지 있기 때문에 굳이 압력평형을 쓸 이유는 없습니다. 하지만 연습해볼만은 합니다.

[2021.11.20.]

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

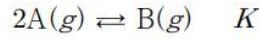
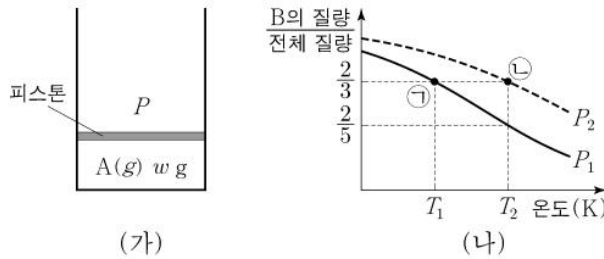


그림 (가)는 실린더에 A(g) w g을 넣은 초기 상태를, (나)는 (가)에서 외부 압력(P)이 P₁ 또는 P₂로 일정할 때, 반응이 진행되어 도달한 평형에서 온도에 따른 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{기체의 전체 질량}}$ 을 각각 나타낸 것이다. ㉠에서 기체의 부피 / ㉡에서 기체의 부피 = 4이다.



$\frac{T_2}{T_1}$ 는? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{9}{8}$ ② $\frac{8}{7}$ ③ $\frac{7}{6}$ ④ $\frac{6}{5}$ ⑤ $\frac{5}{4}$

사실상 지금까지 이토록 열심히 압력평형을 공부해온 것은, 바로 이 문제가 개정화학에서 출제되었기 때문입니다.

조건이 조금 복잡하고, 보자마자 감이 잡히지는 않습니다. 따라서 일단 해줄 수 있는 것부터 해봅시다. 질량비-> 몰분율을 제시한 것이니, 압력평형을 쓸 수 있겠습니다.

분자량을 바탕으로 A,B 몰수비를 구합시다. $\frac{\text{B의 질량}}{\text{전체 질량}}$ 이 $\frac{2}{3}$ 일 때는 1:1, $\frac{2}{5}$ 일 때는 3:1 입니다. T₂에서 K값이 같을 테니까, 이 때의 압력평형상수 식을 정리하면

$$K = \frac{\frac{1}{2}P_2}{(\frac{1}{2}P_2)^2} = \frac{\frac{1}{4}P_1}{(\frac{3}{4}P_1)^2}, \text{ 정리하면 } \frac{2}{P_2} = \frac{4}{9P_1} \text{ 로, 분모에 } P_1 \text{ 과 } P_2 \text{ 가 들어가 있으니까 바로}$$

$$P_1 = \frac{4}{9}, P_2 = 2 \text{ 이렇게 쓸 수 있습니다.}$$

이제 ㉠과 ㉡이 조건으로 나왔으니 비교해보면, 몰수는 똑같은 것이고, P, V, T가 다를 수 있으므로 계산하는 문제입니다. 이제, V_㉠ = 4, V_㉡ = 1, P₁ = $\frac{4}{9}$, P₂ = 2를 쓰면

$$P_1 V_{\text{㉠}} = \frac{16}{9} = T_1, P_2 V_{\text{㉡}} = 2 = T_2 \text{ 로 생각하면 답이 쉽게 나옵니다.}$$

압력평형을 이용해서 계산을 간단히 끝낸 모습입니다. 하지만 특히 이 문제는 [2017.11.19.]

와 비교하면서 농도평형으로 직접 한번 구해보시길 바랍니다.

여담을 조금 남기자면, 압력평형 문제는 2019,2020년도에 트렌드를 탔다가, 2021에 조금 주춤하다가, 결국은 2021 수능에서 다시 등장함으로 어려운 화학2 시험에 계속해서 출제되고 있습니다. 특히 수능에서 유난히 많이 출제되었다는 점이 주목할만 합니다. 사실상 압력평형을 사용해야 제대로 풀 수 있게 만든 최초의 문제인 [2017.11.19.]는 당시는 정말 어려운 문제였고, 실제로 이 때 1컷은 45에 만점자는 한자리수를 기록했습니다.

현재는 기출문제를 많이 풀어보면서 압력평형이 그렇게 어렵지는 않을 수도 있습니다. 하지만 화학2에서도 언제든지 이 때처럼 신유형이 출제될 수도 있고, 허를 찔러서 압력평형을 더 어렵게 낼 수도 있습니다. 이를 대비하는 방법은 여러 가지가 있겠지만, 결국 기본은 이미 출제된 문제를 확실히 풀어서 완전히 익히고, 이해하고, 적용해서 심화 유형은 문제의 실마리를 찾고 신유형은 세이브된 시간을 투자하여 풀어야합니다. 수능날에는 어떤 문제가 나올지 아무도 모릅니다.

압력평형은 분명 어려운 소재이고, 앞으로도 어려운 화학2 시험에서 4페이지에 출제될 확률이 정말 높은 만큼, 이 챕터의 내용을 꼼꼼히 공부해서 막힘없이 바로 써내려갈 정도까지 연습해주시길 바랍니다.