Chapter 0. 화학 Ⅱ의 기본 풀이법

이 챕터는 본격적으로 각 유형들을 공부하기 이전에, 화학2에서 기본적으로 쓰이는 계산법과 발상에 대해 다루겠습니다. 이 챕터의 내용은 이 책 전반에 걸쳐서 풀이법의 기본이 되고, 특히 이 뒤에 바로 배울 이상기체 상태방정식에서 가장 많이 쓰이게 될 것이므로 잘 익혀두시길 바랍니다.

처음에는 발상이 어렵고 헷갈릴 수 있습니다. 실제 기출보다는 간단한 예제로 예시를 들어 다소 지루하기도 할 것입니다. 이 책을 보는 학생들 대부분이 처음에는 그럴 것이라고 생각합니다. 하지만 익숙해지면 시간을 단축하고 간단히 풀 수 있는 풀이가 하나 더 생기는 것이니 꼼꼼히 보면서 사고과정을 비교해보길 바랍니다.

이 챕터는 크게 4가지의 소챕터로 구성되어 있습니다.

1) 변화량 풀이법
2) 분할, 내분점
3) 체계적인 상댓값의 설정
4) 역수의 판단

1) 변화량 풀이법

화학2에서는 상황 I, II의 물리량을 비교하는 경우가 정말 많습니다. V_1, V_2를 비교하고, P_1, P_2를 비교하고, 화학 평형에서 $\frac{K_{II}}{K_I}$를 비교하는 등 V_1, V_2의 절대적인 값이 무엇인지보다는 그래서 '$V_1 : V_2$가 몇인데? $\frac{V_2}{V_1}$가 몇인데?' 라고 상댓값을 물어보는 문항이 정말 많습니다. 그러나 시중의 기출문제집들, 교육청 해설들에서는 절댓값[3]을 구할 필요가 없음에도 불구하고 절댓값을 구한 경우가 정말 많은 것을 볼 수 있습니다. 절댓값을 구하는 게 당연히 잘못된 풀이는 아닙니다. 시간이 많다면 확실하게 그렇게 풀고, 해설도 그렇게 적으면 이견의 여지없이 정확한 해설이 됩니다. 그러나 이것은 불필요한 정보도 구하였기 때문에 시험에 맞는 최적의 풀이라고는 할 수 없습니다. 따라서 지금부터는 절댓값을 구하지 않고 상댓값만을 빠르게 구해서 비교하는 이 풀이를 변화량 풀이법이라고 지칭하겠습니다.

변화량 풀이는 상황 I, II가 주어졌을 때 I과 II의 차이점(변화량)만을 가지고 I, II를 비교합니다. 가령, 이상기체 상태방정식 문제에서 상황 I과 상황 II의 부피를 비교할 때 상황 I의 정확한 부피를, 부피 단위 L로 맞춰가며 풀 수도 있겠지만, 변화량 풀이에서는 정확히 V를 구해야 하는 상황이 아니라면 정확한 값을 구할 필요도, 단위를 부피에 맞춰줄 필요도 없습니다. 변화량 풀이에서는 V에 영향을 주는 P, n, T에 집중하고 이 물리량들의 변화로 V의 변화를 계산합니다. 다음의 예시 문항을 보겠습니다.

3) 이 책의 대부분에서 상댓값의 반대로 절댓값이라는 표현을 사용하겠습니다. 여기서 절댓값의 의미는 압력 1기압과 같은 실제 물리량의 값을 의미합니다.

그렇다면 0.2M 200ml 용액과, 0.3M 300ml 용액을 섞고 증류수를 부어 1L를 만든 변화량 풀이의 상황을 내분점으로 생각해 봅시다. 두 용액만 섞으면 3:2로 내분됩니다.(2:3이 아님을 주의하세요!) 여기서 0.26M이고, 용매 500ml를 추가하면 농도는 절반이 되므로 0.13M입니다.

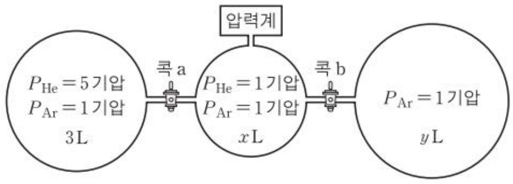
이와 비슷한 내분점을 활용한 문제 하나를 풀어보겠습니다.

[2018.06.06.]

6. 다음은 헬륨(He)과 아르곤(Ar) 기체의 혼합 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 온도 T에서 용기에 He과 Ar을 넣는다. P_{He}, P_{Ar}은 각각 He과 Ar의 부분 압력이다.

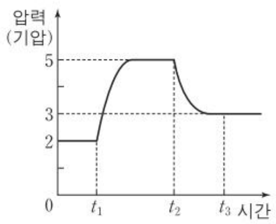


(나) t_1일 때 콕 a를 열어 충분한 시간 동안 놓아 둔다.

(다) t_2일 때 콕 b를 열어 충분한 시간 동안 놓아 둔다.

[실험 결과]

○ 시간에 따라 측정한 압력



t_3일 때 혼합 기체에서 P_{He}(기압)은? (단, 온도는 T로 일정하고, 연결관과 압력계의 부피는 무시한다.)

① 0.5 ② 1 ③ 1.5 ④ 2 ⑤ 2.5

아직 기체를 같이 공부하지 않아 어떤 풀이를 하셨을지는 잘 모르겠지만, 온도가 변하지 않는 상황이니 처음에 x를 구할 때 PV로 $\dfrac{3\times6+x\times2}{x+3}=5$와 같이 일차방정식을 세워서 푼 분이 많을 것이라고 생각합니다. 이를 내분점을 활용해서 풀어보겠습니다.5)

(가)에서 압력계 용기는 총 2기압, 왼쪽 용기는 총 6기압입니다. 그리고 혼합 후의 압력은 총 5기압입니다. 여기서, 압력계 용기와 왼쪽 용기의 3:1 내분점이 5기압임을 알 수 있습니다. 그렇다면 왜 혼합 기체가 3:1 내분점이어야 할까요? 농도 문제가 (몰수)=(몰 농도)×(부피)였던 것처럼, 여기서는 PV로 표현되고, 그렇다면 V가 1:3이기 때문일 것입니다. 따라서 $x:3=1:3$이고, $x=1$입니다.

마찬가지로 y에 대해서도 적용해 봅시다. 압력계가 포함되어 있는 쪽은 5기압, 그 오른쪽 Ar은 1기압이므로 3기압은 1:1 내분점입니다. 그렇다면 부피 역시 1:1이어야 하고, $3+x=4$

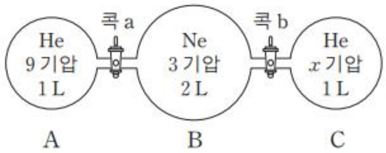
5) 내분점을 활용해서 푼다는 말을 보고 식을 보면, 내분점 식과 똑같은 꼴이라는 것도 알 수 있습니다.

[2015.11.20.]

20. 다음은 헬륨(He)과 네온(Ne) 기체의 혼합 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 He과 Ne을 넣는다.



(나) 콕 a를 열고 충분한 시간이 흐른 후 콕 a를 닫고 용기 B의 압력(P_1)을 측정한다.

(다) 콕 b를 열고 충분한 시간이 흐른 후 콕 b를 닫고 용기 B의 압력(P_2)을 측정한다.

[실험 결과]

○ $P_1 : P_2 = 15 : 16$

○ 용기 B에서 He의 몰분율

P_1 측정 시 : X_1

P_2 측정 시 : X_2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 T로 일정하고, 연결관의 부피는 무시한다. He과 Ne의 원자량은 각각 4, 20이고, $RT = 25$ 기압·L/몰이다.) [3점]

〈보 기〉

ㄱ. (가)에서 He과 Ne의 총 분자 수의 비는 5 : 2이다.

ㄴ. P_1 측정 시 용기 B의 기체의 밀도는 2g/L보다 작다.

ㄷ. $X_1 : X_2 = 3 : 4$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

콕을 열고 닫는 상황이 많기 때문에 주의해야 합니다. 이런 유형의 문제는 뒤에서 좀 더 집중적으로 다루고, 지금은 밀도 계산에 집중해보겠습니다.

ㄱ. 주어진 정보가 15:16밖에 없는데 몰수를 구하라는 문제이므로 과정을 그대로 따라가 봐야합니다. 상댓값 풀이를 쓰면 (나)에서 He의 $PV=9$, Ne의 $PV=6$이므로 합쳐서 $PV=15$에 $V=3$이므로 $P=5$입니다. (다)에서는 콕 a를 닫았기 때문에 B 용기와만 혼합하므로 전체 $PV=10+x$이고, 여기서도 $V=3$이므로 $x=6$이어야 합니다.

따라서 He : Ne = 15 : 6 = 5:2입니다.

ㄴ. 먼저 평균 분자량을 사용하지 않고 $\frac{w}{V}$로 풀어보겠습니다. He, Ne의 실제 몰수를 구해야 질량을 구할 수 있을 것이고, 이를 3L로 나누어주어야 합니다. 상댓값 풀이에서 PV를 RT로 나누어 실제 몰수로 전환합시다. He의 몰수는 $\frac{9}{25}$, Ne의 몰수는 $\frac{6}{25}$이고, 질량 합은

$4\times\frac{9}{25}+20\times\frac{6}{25}=\frac{156}{25}g$입니다. 따라서 밀도는 $\frac{156}{75}g/L$이고, 2보다 큽니다.

평균 분자량의 개념을 쓰면, He와 Ne가 3:2의 비율이기 때문에 2:3 내분점을 이용하면 4와 20의 차이 16을 2:3으로 내분하면 자세히 계산하지 않아도 평균 분자량은 10보다 큼을 알 수 있습니다. 전체 기압은 5기압, $RT=25$이므로 $d=\frac{PM}{RT}>2$임을 구할 수 있습니다.

정확한 계산을 물었다면 내분점을 구하는 데에 조금 더 시간이 들었겠지만, 그럼에도 평균 분자량 풀이는 쓸데없는 변수(몰수, 질량)을 구하지 않고 바로 d를 구하는 장점이 있습니다.

ㄷ. $X_1=\frac{3}{5}$이고, (다)에서 혼합할 때 B에는 He 6몰, Ne 4몰 C에는 He 6몰이 있는 상황이므로, $X_2=\frac{3}{4}$으로 4:5입니다.

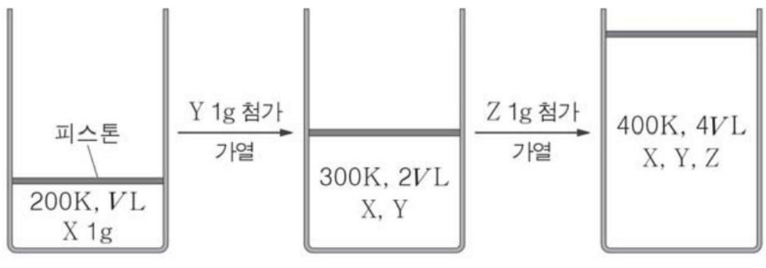
5) 밀도/부피/질량, 분자량/몰수/질량

$(\text{밀도})\times(\text{부피})=(\text{질량})\Leftrightarrow dV=W$ $(\text{분자량})\times(\text{몰수})=(\text{질량})\Leftrightarrow Mn=w$임을 알고 있음에도 불구하고 실전에서 이를 헷갈림 없이 쓰는 것은 또 다른 문제입니다. 만약 어려움을 겪는다면 밀도와 분자량의 정의만을 알고 있고 실제로 활용하는 것을 연습해보지 않았기 때문입니다.

가능하면 이를 밀도의 정의, 분자량의 정의로 기억하는 것보다 위 식처럼 곱셈의 형식으로 생각하면 비례, 반비례 관계를 잘 기억할 수 있을 것입니다. 이전에서 연습했던 것처럼 밀도/부피/질량의 비례·반비례 관계와 분자랑/몰수/질량의 비례·반비례 관계를 머릿속으로 떠올리며 잘 알고 있는지 확인해 봅시다. 앞에서 밀도/부피/질량의 관계를 밀도의 2번 관점으로 주로 다루었으므로 여기서는 분자량/몰수/질량 세 변수들의 관계에 익숙해지는 연습을 합니다.

[2016.04.19.]

19. 그림은 1기압에서 200K의 X(g) 1g이 V L로 채워진 실린더에 Y(g)와 Z(g)를 차례대로 첨가하면서 가열하였을 때, 서로 다른 온도에서 혼합 기체의 부피를 나타낸 것이다.



X~Z의 분자량 비($M_X : M_Y : M_Z$)는? (단, X~Z는 서로 반응하지 않으며, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

① 1 : 3 : 4　② 2 : 6 : 3　③ 3 : 1 : 2
④ 3 : 4 : 6　⑤ 4 : 3 : 2

해 봅시다. 즉 전체 기체의 압력이 동일하다는 정보로 푸는 것이 아니라, 좌우 피스톤의 위치를 고려하며 개별 기체의 부피를 계산하면서 푸는 것입니다. 이 경우 왼쪽의 부피는 위에서부터 $\frac{40}{3}, \frac{20}{3}$L가 될 것이고, 오른쪽의 부피는 $\frac{20}{3}, \frac{40}{3}$L가 될 것이어서 (나)에서 A는 총 20L이고, 압력은 0.5기압입니다.

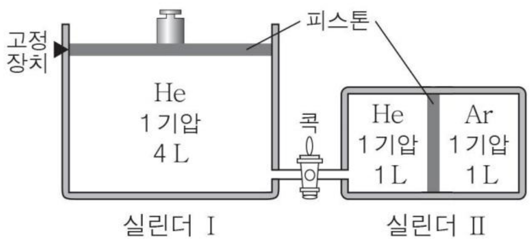
처음 풀이처럼 피스톤, 콕에 대한 이해를 바탕으로 전체 상황을 이해하고 풀었을 때와 밑의 풀이처럼 단편적으로 부피를 계산해서 푸는 풀이 두 가지가 가능합니다. 다만 이 문제에서 후자의 경우에는 전자처럼 개념적으로 부피를 구하는 것보다 과정이 어려웠을 것입니다. 상황에 따라 두 풀이를 자유롭게 할 수 있어야 합니다.

[2017.04.19.]

19. 다음은 기체의 성질을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 실린더 Ⅰ에 He을, 실린더 Ⅱ에 He과 Ar을 넣었더니 그림과 같았다.



(나) 고정 장치를 풀고 충분한 시간이 흐른 후, 실린더 Ⅰ의 부피를 측정하였더니 2L이었다.

(나)에서 콕을 열고 충분한 시간이 흐른 후 콕을 다시 닫았을 때, 실린더 Ⅱ 속 He과 Ar의 몰수 비(He : Ar)는? (단, 온도는 일정하고 연결관의 부피와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

① 1 : 1 ② 2 : 1 ③ 2 : 3 ④ 3 : 1 ⑤ 3 : 2

역시 피스톤, 실린더의 개념을 이해하기 좋은 문항입니다.

(나)에서 고정 장치를 해제해서 외부 압력과 동일하게 만듭니다. 이 때 2L가 되므로 외부 압력은 총 2기압입니다. 이후 콕을 열어서 실린더 I과, 실린더 II 왼쪽의 조성을 똑같이 합니다. 둘 다 He이기 때문에 압력만 변하게 됩니다. 또 실린더 II는 피스톤으로 분리되어 있으므로, 실린더 I, II 전체의 압력이 같아지게 됩니다. 그런데 여기서는 외부 압력 $P=2$가 제시되어 있으므로 모든 기체의 압력은 2기압이 됩니다. 이후 콕을 닫아서 실린더 I과 II를 분리합니다.

$P=2$이므로 실린더 II에서 Ar은 $\frac{1}{2}$L가 될 것이고, He는 $\frac{3}{2}$L가 됩니다. 둘의 압력이 같으므로 몰수 비는 부피비가 되고, 3:1이 됩니다.

3) 부분 압력 법칙의 이해

화학2를 어느 정도 공부했다면 부분 압력 법칙은 알고 있을 것입니다. 이상 기체 방정식만큼 이 역시 개념적으로 이해할 필요가 있는데, 부분 압력 법칙은 단순히 두 기체의 압력을 더하면 전체 압력이 됨을 이야기하기도 하지만, 진정한 의미는 두 기체가 한 용기 내에서 독립적으로 존재함을 알려주는 법칙입니다. 이 의미에 맞게 상황에 따라서 어느 경우에는 두 기체가 하나로 존재하는 것처럼 생각하기도 하고, 때로는 두 기체가 각각의 기체인 것처럼[5] 나누어서 생각하는 연습을 해야 합니다. 개념이 다소 막연한 만큼 이는 예시문항들로 적용해 보겠습니다.

부분 압력 문제는 이상기체 상태방정식에도 연계되고, 나중에는 화학 평형 중 압력 평형상수를 이용하면 편한 문제에도 연결되지만 부분 압력의 개념을 가장 잘 이해할 수 있는 증기 압력과 함께 제시되는 문제들을 이 단원에서 주로 보겠습니다. 여기서 다룰 용액의 증기 압력은 크게 다음 세 가지 변수에 영향을 받습니다.

① 용매의 몰분율
② 온도
③ 용매의 종류

① 용매의 몰분율 때문에 증기 압력이 변하는 경우는 다소 간단합니다. 증기 압력이 아닌 다른 기체에는 영향을 주지 않고 오로지 용매의 증기 압력만이 변하기 때문입니다. 이때의 증기 압력 내림은 몰분율에 비례해서, 증기 압력이 0.5기압이었고 용질의 몰분율이 0.2였다면 $0.5\times0.2=0.1$기압만큼 내려가게 됩니다. 몰분율과 증기 압력 내림은 Chapter 7에서 자세히 다룹니다.

② 온도가 변하는 경우에는 상황이 다소 복잡해집니다. 온도가 변해서 증기압 자체가 변하는 효과도 있는데, 여기에 $PV=nRT$에서 온도가 변함으로 부피나 몰수 역시 변할 수 있습니다. 예를 들어 온도가 증가해서 증기압이 0.2기압에서 0.3기압으로 증가하고 부피는 일정하다고 해 봅시다. 부피가 같은 것만 고려하면 n 역시 1.5배로 생각할 수 있겠지만, 온도가 증가했기 때문에 n, T가 반비례함을 생각하면 1.5배 이하로 증가하게 됩니다. 이처럼 온도가 변하는 경우에는 이상 기체방정식의 조건이 달라지는 것을 반드시 염두해 두어야합니다.

③ 용매의 종류는 사실 용매의 몰분율을 바꾸는 것과 일맥상통합니다. 용매의 몰분율과의 차이점은 용매의 분자량이 달라져서 몰분율이나 기체의 질량을 구할 때 이를 고려해야 한다는 점입니다.

이제부터 ①, ②, ③을 다루는 문제를 바탕으로 부분 압력 법칙에 대해 이해해볼 것입니다.

5) 둘 다 이상기체 상태방정식을 만족하므로

$PV=2$입니다. 이것만으로는 전체 부피가 4L일 텐데, 여기서 온도가 변합니다. 온도가 1.5배가 되었으니 6L가 됩니다. 따라서 강철 용기에는 전체의 $\frac{1}{3}$만 담기며, 원래 $PV=2$의 $\frac{1}{3}$인 A, B는 각각 T기준 $PV=\frac{2}{3}$가 되어서, 전체 $PV=\frac{4}{3}$만 남게 됩니다.[9]

그런데 (다)에서 주어진 조건은 $2T$ 기준 전체 $PV=\frac{8}{5}$입니다. 이를 T기준으로 보정하면 $PV=\frac{4}{5}$이고 반응식의 결과 전체 $\frac{4}{3}$몰에서 $\frac{4}{5}$몰이 되는 상황입니다. 이를 다르게 표현하면 A 5몰, B 5몰에서 전체 6몰이라고 이해할 수 있습니다.[10]

여기까지가 이상기체 상태방정식의 간단한 계산에서 배운 내용들입니다. 복잡한 과정에 대한 독해, PV를 통한 상댓값의 설정, T가 변했을 때 PV의 비교까지 사용한 것입니다. 처음부터 $\frac{PV}{T}$로 상댓값을 설정해도 되는데 여기서는 온도가 간단하므로 온도 기준 설정 후 비교하는 방법을 사용했습니다.

⑤ 반응식에서 주의할 것은 능동적으로 변수를 설정하는 일입니다. 계수가 변수로 주어졌다고 해서 그것이 계수로 반응식을 세워야함을 의미하지는 않습니다. 직접 생각하고 편한 변수를 설정하는 습관을 들여야 합니다.

정말 가장 일반적으로 할 수 있는 풀이는 반응식의 계수가 미지수이므로 다음과 같이 반응 계산식으로 풀 수 있습니다.

	$A(g)$	+	$bB(g)$	$\rightarrow$	$2C(g)$
반응 전	5		5		
반응	$-\frac{5}{b}$		-5		$+\frac{10}{b}$
반응 후	$5-\frac{5}{b}$				$\frac{10}{b}$

전체 몰수 $5+\frac{5}{b}=6$에서 $b=5$여야 합니다.

모든 문제들은 반응 계산식을 쓰면 복잡하든 말든 어쨌든 다 풀 수 있습니다. 다 풀 수 있다는 게 반응식 계산의 가장 중요한 점입니다. 빨리 풀고, 창의적인 풀이에 집중하다보면 반응 계산식의 중요성을 놓칠 수 있는데 정말 중요한 방법입니다. 수능 날 갑자기 죽어도 반응 계산식으로만 풀라고 해도 다 풀 수 있을 만큼 반응 계산식은 익숙하게 사용하셔야 합니다. 이 문제 이후로는 반응 계산식을 자세히는 다루지 않겠지만 꼭 모든 문제에 대해 반응 계산식을 직접 해보시길 바랍니다.

이제부터는 반응 계산식으로 수식적으로 풀어나가는 것에서 조금 벗어나서 지금까지 배운 한계반응물의 개념을 이용해서 풀어보겠습니다. ⑤-①, 한계반응물이 무엇인지 확정해야 하는데, 발문을 잘 읽으면 놀랍게도 문제에서 (다)에서 A의 농도를 물어보므로 B가 한계반응물임을 알 수 있고, 그것이 아니더라도 둘의 몰수가 똑같아 $b=1$일 때 둘 다 한계반응물이므로, 항상 B가 한계반응물입니다.

---

9) 온도가 변하는 상황이라면 온도 보정을 T기준, $1.5T$기준과 같은 표현으로 PV를 헷갈리지 않게 써줍니다.
10) 꼭 정수화할 필요는 없겠지만, 분수꼴의 계산을 편하게 하기 위해 정수화한 것입니다.

⑤-② 한계반응물의 계수가 알려져 있지 않기 때문에 B와는 무관하게 A와 C의 변화만을 생각합니다. A에서 x몰 반응했다면, C에서는 $2x$몰 생성되었을 것입니다. 따라서 반응 전 A 5몰에서[11] 총 6몰이 되려면 $x=1$이어야 합니다. 그리고 B 5몰에 A가 1몰 반응하려면, $b=5$여야 하겠지요.

여기까지의 과정을 다시 한 번 돌이켜 봅시다. 사고 과정에서 B는 완전히 지우고 A 5몰 ->A+C 6몰을 구하는 과정으로 바뀌었습니다. 어차피 0몰이 될 것을 알기 때문에 B는 전혀 고려하지 않고 계수가 알려진 A, C만을 가지고 사고하는 것입니다. 조금 전에 B의 계수를 알 수 없어 B를 기준으로 A, C의 변화를 기술하기 어려웠다는 점을 상기합시다. 이 개념을 통해 B가 한계반응물로 다른 반응의 기준점이 되어야 한다는 생각에서 벗어나 자유롭게 사고할 수 있게 됩니다.

이 점을 생각하면서 다시 반응식 계산식을 봅시다.

	$A(g)$	+	$bB(g)$	$\rightarrow$	$2C(g)$
반응 전	5		5		
반응	$-\frac{5}{b}$		-5		$+\frac{10}{b}$
반응 후	$5-\frac{5}{b}$				$\frac{10}{b}$

이제 다시 보면, 사실 여기서 반드시 반응식의 계수를 미지수로 해서, $\frac{5}{b}$, $\frac{10}{b}$과 같이 표현할 필요 없이 $\frac{5}{b}=x$와 같이 표현할 수 있었음이 보일 것입니다. 따라서 미지수를 자신의 편의에 맞게 능동적으로 설정하는 것은 정말 중요합니다. 그리고 한계반응물로 풀든, 반응 계산식으로 풀든 둘은 본질적으로 같음을 알 수 있습니다. 두 방식을 하나의 개념으로 통합해서 이해합시다.

이제 문제를 마저 풀어봅시다. 원래 (나)에서 A는 T 기준 $PV=\frac{2}{3}$가 남았었는데, 이의 $\frac{1}{5}$이 감소한 셈입니다. 따라서 이 때 $PV=\frac{8}{15}$이고, (가)에서 $PV=1$이었습니다.

(가), (다)에서 몰 농도를 물어보고 있으므로, (가)에서는 $PV=1$에 $V=3\text{L}$였으니 몰 농도 $\frac{1}{3}$, (다)에서는 (가)와 동일하게 T 기준 $PV=\frac{8}{15}$, $V=2$였으므로 몰 농도 $\frac{4}{15}$로 답은 1번입니다.

여담으로, 여기서는 Chapter 1에서 배운 [2018.10.18.]처럼 실린더가 말려들어가는 상황은 아니지만, (나)에서 콕을 열고 문제를 출제하였다면 실린더가 말려들어가서 더 복잡한 문제가 되었을 수도 있습니다. 이를 막기 위해 강철 용기 – 실린더가 연결된 경우에 무언가 조건이 보이지 않는다면 혹시 기체의 압력이 대기압보다 작아 말려들어가는 상황은 아닌지 체크해 보시길 바랍니다.

이 문제의 풀이는 여기까지고, 이 문제를 소재로 뒤에서 더 자세히 다룰 내용이 있으니 다 학습한 후 참고해주시길 바랍니다.

---

11) B를 무시한 A만의 몰수임을 주목해야 합니다.

[2020.07.18.]

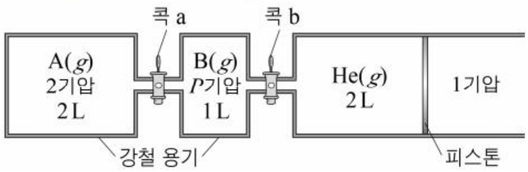
18. 다음은 기체의 성질을 알아보기 위한 실험이다.

○ 화학 반응식

$x\mathrm{A}(g) + \mathrm{B}(g) \rightarrow 2\mathrm{C}(g)$ (x는 반응 계수)

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 A(g), B(g)와 He(g)을 콕으로 연결된 2개의 강철 용기와 실린더에 각각 넣는다.



(나) 콕 a를 열고 반응이 완결된 후 강철 용기에서 B의 몰 분율을 구한다.

(다) 콕 b를 열고 충분한 시간 동안 놓아둔 후 혼합 기체에서 $\dfrac{\text{B}(g)\text{의 부분 압력}}{\text{He}(g)\text{의 부분 압력}}$을 구한다.

[실험 결과]

○ (나)에서 B의 몰 분율은 0.2이다.

○ (다)에서 $\dfrac{\text{B}(g)\text{의 부분 압력}}{\text{He}(g)\text{의 부분 압력}}$은 0.25이다.

$\dfrac{x}{P}$는? (단, 온도와 외부 압력은 일정하고, 연결관의 부피 및 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

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

① 전부 기체 반응입니다.

② (가)는 그림 상황을 설명하고 있습니다.

(나)에서 ③ A의 $PV=4$와 B의 $PV=P$를 반응시키고 있습니다. 콕 a를 열고 계속 유지합니다.

(나)에서 B의 몰분율이 나오므로 A가 한계반응물입니다.

(다)에서 콕 b를 엽니다. 따라서 콕 a, b가 다 열린 상태이고 피스톤과 맞닿아서 외부압력이 아마 1기압일 것입니다.[12)]

④ (다)에서 B, He의 부분 압력 비는 몰수 비를 말합니다. He의 $PV=2$이므로 (다)에서 B의 $PV=0.5$입니다. ⑤ 따라서 (나)에서 B는 $P-0.5$만큼 반응하였고 C는 $2P-1$만큼 생성된

12) 아직 확실하지는 않습니다. Chapter 1-8) 이상 기체 방정식의 특수한 경우에서 학습하였듯이 실린더가 다 말려들어간 상황일 수도 있기 때문에 '아마' 그럴 것이라고 생각하고 뒤에서 확인해야 합니다. 이 지점 이후 V를 구하지 않았기 때문에 의미는 없었지만 (다)에서 He의 $PV=2$, B의 $PV=0.5$, C의 $PV=2$에서 총 $PV=4.5$로 3보다 커서 실린더 부피가 존재하고, 외부압력은 1기압이 맞았습니다.

④ (나)에서는 A, C만 존재하는데 A의 몰분율이 제시되었으므로 C의 $PV=3$입니다. (나)에서 전체 $PV=5$이므로 $V=5$인데, 실린더의 부피가 3L이므로 실린더에는 전체의 $\frac{3}{5}$만 들어가므로 A는 $PV=\frac{6}{5}$, C는 $PV=\frac{9}{5}$만 존재합니다. 여기에 (다)에서 똑같이 10n몰을 넣으므로 B의 $PV=2$입니다.

⑤ 방정식으로 생각해 봅시다. A의 몰분율이 0.05이므로, C의 몰분율이 0.95인 점을 이용하거나 전체 몰수를 이용해서 방정식을 세울 수 있습니다. 여기서는 전체 몰수와 비교하겠습니다. ④에서 PV가 분수 꼴이 되었으므로 몰수로 비교해도 편할 것입니다. (다)에서 A는 6n몰, C는 9n몰이 됩니다. 여기서는 몰수로 계산한 뒤 다시 PV로 바꾸겠습니다.

미정계수이므로 한계반응물 B는 무시하고, A에서 xn이 반응하고[13], 전체로는 xn이 추가로 생성된 것으로 생각할 수 있습니다. 따라서 전체 몰수는 (15+x)n이고, A의 몰수는 $(6-x)$n입니다. 따라서 $20(6-x)=15+x$이고, $x=5$입니다. 따라서 반응 후 A의 몰수는 1n몰, 전체 몰수는 20n몰이 됩니다. 이를 다시 PV로 변형하면 (다)에서 전체 $PV=4$입니다.

(나)에서 콕을 닫기 전 PV합은 5였고, (다)에서 PV합은 4입니다. 따라서 (나)의 부피는 3L, (다)의 부피는 2L입니다. B가 10몰 반응할 때 A가 5몰 반응했으므로 b=2입니다.

[2021.06.20.]

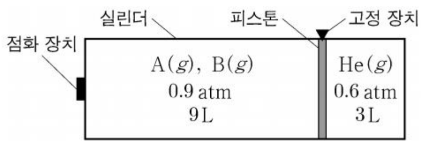
20. 다음은 기체의 반응 실험이다.

[화학 반응식]

○ $A(g)+xB(g) \rightarrow 4C(g)+5D(g)$ (x는 반응 계수)

[실험 과정]

(가) TK에서 그림과 같이 $A(g)$, $B(g)$와 $He(g)$을 넣는다.



(나) 점화 장치를 이용하여 A와 B 중 하나가 모두 소모될 때까지 반응시킨다.

(다) 고정 장치를 풀고 온도를 $\frac{5}{3}T$K로 유지시킨다.

[실험 결과]

○ (나) 과정 후 혼합 기체에서 $D(g)$의 몰 분율: 0.5

○ (다) 과정 후 $C(g)$의 부분 압력: 0.6 atm

x는? (단, 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

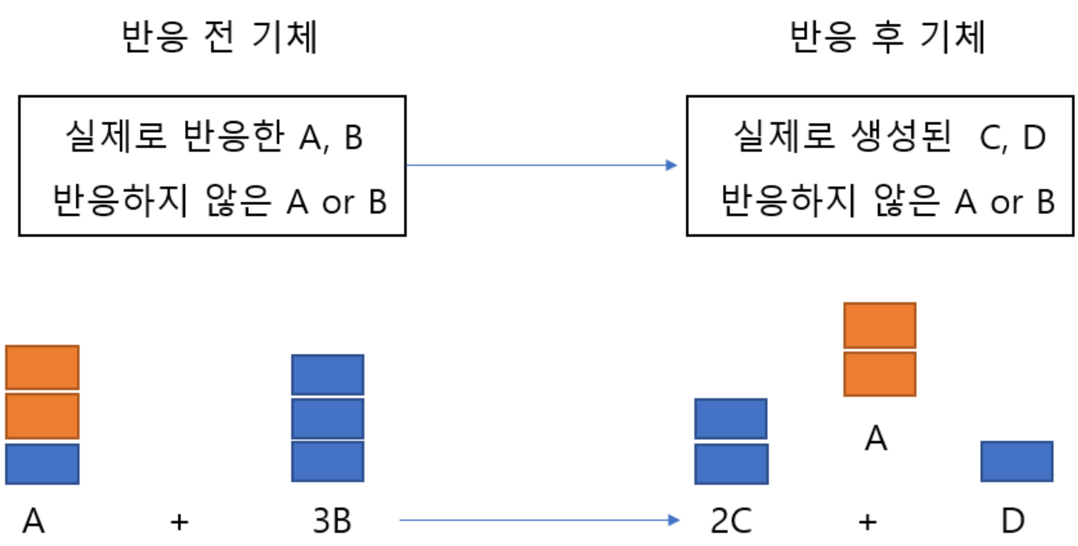
① 4 ② 5 ③ 6 ④ 7 ⑤ 8

---

13) xn은 몰수입니다.

① 모든 물질이 기체입니다.
② (가)는 그림 상황을 제시하고 있고, (나)는 고정 장치를 유지한 채로 A와 B를 반응시키며, (다)에서는 고정 장치를 풀고 온도를 변화시킨 상태로 양쪽의 압력을 동일하게 만들어줍니다.
④ (나)에서 D의 몰분율이 0.5이기 때문에 C의 몰분율은 0.4이고, 나머지인 A 혹은 B의 몰분율이 0.1입니다.
(다)에서 부분 압력을 제시하니 몰분율과 관련 있는 전체 압력과 비교해야 합니다. C의 몰분율이 0.4이기 때문에 전체 압력은 1.5기압입니다. 이를 오른쪽 He와 비교합시다.
He의 T기준 $PV=1.8$이었으므로. $\frac{5}{3}T$ 기준에서는 $PV=3$입니다. 이 때 $P=1.5$여야 하므로 $V=2$입니다. 따라서 (다)에서 $\frac{5}{3}T$ 기준 피스톤 왼쪽의 전체 $PV=15$이고, (가)와 비교하면 T 기준 $PV=9$입니다. (가)에서는 $PV=8.1$이었습니다. 즉 몰수 (가) : (다) = 9:10입니다.
⑤ 이제 방정식으로 풀어봅시다. (다)에서 C, D를 다시 A, B로 바꾸어서 비교하면 됩니다. 현재 (다)의 몰분율 합이 1로 되어 있으므로 A 또는 B 0.1, C 0.4, D 0.5를 그대로 A, B로 바꾸면 A 0.1, B $\frac{1}{10}x$, 그리고 A or B 0.1이 있을 것이므로 $0.2+\frac{1}{10}x=0.9$여야 합니다. 따라서 $x=7$입니다.

여기까지 위 문제의 해설이었는데, 이 문제는 여러 가지 생각해볼 점이 있는 만큼 짚고 넘어갑시다.
위 풀이는 가장 일반적인 풀이이고, 개념 3)에서 배운 반응식의 계수를 이용해서도 풀어봅시다. 반응하지 않고 남아있는 물질은 반응식에서 필요가 없으므로, 반응 후 남은 A or B를 배제하고 생각을 할 수 있습니다. 즉 몰수 (가) : (다) = 9:10이라고 하였는데, (다)에서 A or B의 몰분율이 0.1이었으므로 (다)에서 1몰이 A or B이고, 이는 반응 전 (가)에서 1몰만큼 존재했을 것입니다. 따라서 실제로 반응식에서 반응한 물질은 8몰, 생성물은 9몰이라고 생각할 수 있습니다. 이를 도식으로 나타내면 다음과 같습니다.



<임의의 반응식 $A+3B \rightarrow 2C+D$일 때,
파란색은 실제로 반응 / 생성되는 것을, 주황색은 반응하지 않는 잉여물질을 나타낸 것>

즉 전체 몰수 9:10에서, 반응 전이든 후든 동일하게 존재하는 1몰을 빼서 8:9로 생각하고, 이러면 반응식에서 (반응물의 전체 계수) : (생성물의 전체 계수) = 8:9가 되어야 하므로 $x=7$이어야 합니다.

반응식이 있을 때 이렇게 실제로 반응 / 생성되는 물질과, 반응하지 않고 남는 물질을 분리해서 생각할 수 있어야합니다. 그리고 곰곰이 생각해 본다면 이것이 한계반응물을 무시하고 푸는 풀이와 본질적으로 같음을 이해할 수 있습니다. 한계반응물을 무시하는 경우는 위의 도식에서 실제로 반응한 A, B를 무시하고 반응하지 않은 A or B를 구하는 풀이였기 때문입니다. 지금까지는 반응 후 남은 물질의 양을 제시한 것이 아니라서 이렇게 분리하여 사고하지 않았지만, 이 역시 한계반응물 풀이의 연장선임을 통합적으로 이해하고 상황에 따라 위 도식처럼 두 가지로 나누어서 생각할 수 있어야 합니다. 중요합니다. 또한 여기서는 A or B만 예시로 들었지만, 반응속도 같은 경우에는 생성물 C, D 역시 그 대상이 될 수 있겠습니다.

이를 좀 더 일반적으로 적용해 보겠습니다. 만약에 몰수 비를 처음에 9:10이라고 생각하지 않고 바로 (가)의 $PV=8.1$와 (다)의 $PV=9.0$에서 비교했다고 해 봅시다. 이 경우에도 똑같이 풀이할 수 있을까요?

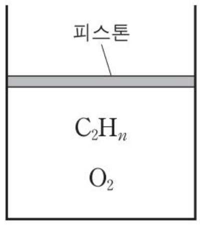
아까는 우연히도 9:10에서 1씩 빼면 8:9로, 생성물의 계수 합 9에 맞는 깔끔한 숫자가 나왔지만 여기서는 그렇지 않습니다. (다)에서 몰분율 0.1에 맞게 0.9씩을 빼주면 (가)에서 $PV=7.2$와 $PV=8.1$이고, 이를 능동적으로 생성물의 계수 합 9에 맞게 8.1을 바꾸어 줄 생각을 해야 합니다. 따라서 이 경우에 8:9가 되고, 마찬가지로 계수 7을 구할 수 있습니다.

이렇듯 어느 경우에도 계수를 맞춰 줄 생각을 할 수 있어야 합니다. 그리고 이 생각이 드는 것은 지금까지의 과정을 얼마나 잘 이해했는지, [2021.06.20.]을 우연히 1을 빼서 맞춘 것은 아닌지에 따라 결정됩니다. 이는 화학 II 전반에 걸쳐서도 적용되는 이야기인데, 어느 문제이든 우연히 숫자놀이를 하다가 답을 낼 수 있었다면 꼭 그 재능을 일반적인 경우에 활용해서 수능날도 그 재능을 활용하길 바랍니다.

한편 여기서 Chapter 1, 2에서 배운 부분 압력과 피스톤의 개념을 합쳐서 생각해볼 점이 있습니다. 위 풀이에서는 피스톤의 위치 변화에 따라 왼쪽과 오른쪽의 부피를 구하였는데, 부피를 구하지 않고 푸는 방법입니다.
피스톤은 좌우의 압력만 동일하게 하고, 콕을 열고 혼합시키는 것은 양쪽의 조성을 동일하게 하는 것이라고 하였습니다. 여기에 혼합 기체에서 개별 기체를 따로 생각할 수 있다는 부분 압력 법칙까지 생각해 봅시다. 이를 피스톤의 상황과, 피스톤을 없애고 양쪽을 완전히 혼합한 상황을 도식으로 나타내면 다음 그림과 같습니다.

[2015.09.18.]

18. 그림은 110℃, 1 기압에서 탄화수소(C_2H_n) 기체와 산소(O_2)가 실린더에 들어 있는 모습을, 표는 C_2H_n을 완전 연소시켰을 때 반응 전후의 C_2H_n과 이산화 탄소(CO_2)의 부분 압력을 나타낸 것이다. 반응 전후 온도는 같다.



물질	부분 압력(기압)	
	반응 전	반응 후
C_2H_n	$\frac{1}{5}$	0
CO_2	0	$\frac{4}{9}$

반응 후 $H_2O(g)$의 부분 압력(기압)은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

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

① 110℃, 1기압으로 아슬아슬하게 전부 기체입니다.

④, ⑤ 탄화수소의 개념을 모른다면 분수를 해석하는 데에 어려움을 겪었을지도 모릅니다. C_2H_n, CO_2가 주어진 점에서 계수 1:2가 이제 바로 떠올라야 합니다. 이러면 부분 압력은 $\frac{2}{4.5}$로 해석해야 더욱 편한 풀이가 될 것이고, C_2H_n이 1몰 반응할 때 CO_2가 2몰 생성된 것으로 생각할 수 있습니다. C_2H_n이 1몰 반응할 때 전체 0.5몰 감소했으므로, $n=2$여야 합니다. 이 때 H_2O의 몰수는 1몰이고 $\frac{1}{4.5}=\frac{2}{9}$입니다.

한편 탄화수소 문제가 아니더라도 몰분율을 우리가 원하는 분수로 바꾸어서 생각하는 것은 중요한 사고방식입니다. 이는 Chapter 0에서 간단히 언급한 바 있고, 뒤의 용액의 총괄성 - 몰분율과 증기 압력에서 자세히 다룹니다. 몰분율이 $\frac{4}{9}$로 제시되었다고 해서 반드시 $\frac{4}{9}$로 생각해서는 안 되고, 1몰 반응했을 때 2몰이 생성되는 경우라면 능동적으로 2에 숫자를 맞추어 $\frac{2}{4.5}$와 같이 해석할 수 있어야 합니다.

지금까지 탄화수소가 직접 출제되는 경우에 대해 공부해 보았습니다. 그런데 화학 II에서는 존재하는 화학 반응식을 사용해서 문제를 내기 때문에 탄화수소 문제가 직접 출제되지 않더라도 탄화수소를 이용한 찍기를 할 수도 있습니다. 기체 A, B가 반응하여, 생성물 C, D를 생성하는 경우에 '탄화수소 반응이 아닐까?'라는 의문을 가져볼 수 있는 것입니다. 이는 찍기의 영역이라 항상 맞는 추론은 아니지만 만약 시간이 없는 상황이라면 탄화수소에 대한 이해를 바탕으로 추론해볼 수도 있을 것입니다. 예를 들어 [2021.06.20.], [2019.06.18.], [2019.11.18.]의 반응식만을 두고 생각해 보겠습니다.

[2019.06.18.]

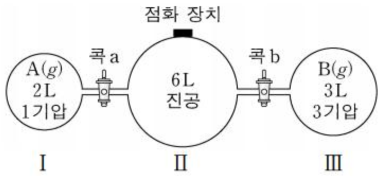
18. 다음은 기체 A와 B가 반응하여 기체 C와 D를 생성하는 반응에 대한 실험이다.

○ 화학 반응식

$$2A(g) + xB(g) \rightarrow 4C(g) + 6D(g) \quad (x\text{는 반응 계수})$$

〔실험 과정〕

(가) 300 K에서 그림과 같이 콕으로 연결된 강철 용기에 기체 A와 B를 넣는다.



(나) 콕 a를 열어 충분한 시간이 흐른 후 콕 a를 닫는다.

(다) 콕 b를 열어 충분한 시간이 흐른 후 콕 b를 닫는다.

(라) 용기 II의 점화 장치를 이용하여 A와 B를 반응시킨다.

〔실험 결과〕

○ (라) 과정 후 용기 II에 들어 있는 기체 : B, C, D

○ (라) 과정 후 용기 II에 들어 있는 혼합 기체의 온도와 압력 : 400 K, $\frac{5}{3}$ 기압

x는? (단, (다) 과정에서 A와 B는 반응하지 않는다.) [3점]

① 1 ② 3 ③ 5 ④ 7 ⑤ 9

1. $x=12$일 때 전부 한계반응물이 되고, 이 때 C, D의 $PV=5$입니다.
2. A의 $PV=1$입니다.
3. B의 PV합을 더하면 11입니다.

7.5는 11과 5의 7:5 내분점입니다. 따라서 $12\times\frac{7}{12}=7$입니다.

이제 가능한 그래프의 개형들을 포함한 다음의 예시문항들을 4가지[25] 풀어보면서 미정계수를 확정지어 보겠습니다. 그래프는 개형만 소개하니 직접 옆에 혹은 연습장에 숫자와 함께 그래프를 그리면서 확인해보세요. 각 문제에서 직접 대입한 값에 따라 기울기가 달라지기 때문에 그림의 기울기는 의미가 없고, 그래프 개형에서 $b=k, b=1$의 위치관계를 봐주시면 됩니다.

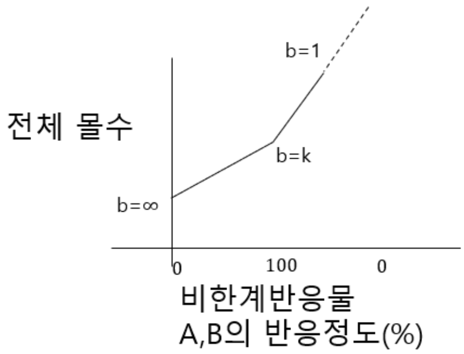
Q1. $3A+bB \rightarrow 5C$이고, A 3몰, B 2몰을 반응시킨다. 반응 후 전체 몰수는 6몰이다. b의 값은?

위의 문제와 비슷하지만 일부러 A의 계수를 1이 아닌 다른 수로 설정했습니다. 이런 경우에도 동일하게 풀면 됨을 말하고자 Q1을 수록했습니다.

25) 4가지 외에도 다룰 그래프가 있기는 한데, 이는 뒤에서 다른 문제로 자세히 다룹니다.

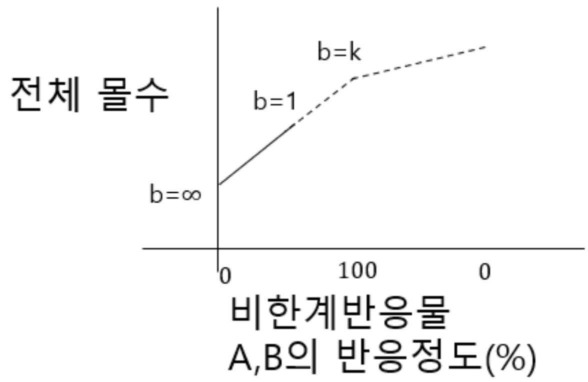
1. $b=2$일 때 A 3몰, B 2몰이 반응하므로 $k=2$입니다. 이 때 C는 5몰입니다.
2. A는 3몰입니다.
3. B는 2몰입니다. C와 합하면 7몰입니다.

5몰과 7몰의 중간지점이므로 $b=k$기준 오른쪽의 50% 반응지점이고, $b=2\div 2=1$입니다.



Q2. $A+bB \rightarrow 3C$이고, A 3몰, B 1.5몰을 반응시킨다. 반응 후 전체 몰수는 4.5몰이다. b의 값은?

1. $k=0.5$이고, 이 때 C는 9몰입니다.
2. A는 3몰입니다.
3. B는 1.5몰이고, 총 10.5몰입니다.



4.5몰은 3몰과 9몰의 1:3 내분점입니다. 따라서 왼쪽에서 25% 반응했고, $b=0.5\times 4=2$입니다.

그래프를 보면 실선 구간과 점선 구간이 눈에 띌 것입니다. 여기에서처럼 $k<1$이 되는 경우 계수는 1보다 크거나 같아야 하기 때문에 한계반응물을 B로 확정지을 수 있습니다. Q1의 그래프는 오른쪽 그래프에도 실선이 있어서 둘을 고려하지만, 여기서는 왼쪽만 고려해도 된다는 점이 차이점입니다.

Q3. $2A+bB \rightarrow C$이고, A는 6몰, B는 2몰을 반응시킨다. 반응 후 C의 몰수는 1몰이다. 이 때 b의 값은?

Chapter 4. 분자 간 인력 문제

이번 챕터에서 다루고자 하는 내용은 다음과 같습니다.

[12화학Ⅱ01-04] 분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계를 설명할 수 있다.

분자 간 인력 문제는 거의 매년, 매 시험지에 출제되는 문항이고, 유형 또한 정형화되어 있습니다. 그런 만큼 난이도가 어렵지 않지만, 더 빠르고 실수 없이 풀어내기 위해 이렇게 다루게 되었습니다.

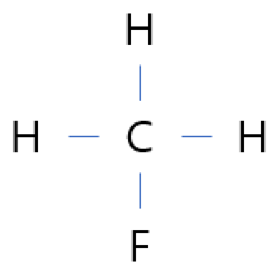
먼저 분자 간 인력으로 다루는 것은 기본적으로 3가지입니다. 분산력, 쌍극자-쌍극자 힘, 수소결합. 그리고 분자 간 인력 문제를 내면 거의 대부분 이 세 가지를 출제하므로, 이 세 가지를 물어볼 것을 예상하고 주어진 분자들을 분석해야 합니다. 즉 분자들을 볼 때 가장 중요한 것은 ① 수소결합인가? ② 쌍극자 - 쌍극자 결합이 있는가?(=극성인가?) 를 체크해야 합니다. 분산력은 모든 분자에서 다 존재하므로 판단이 필요하지 않습니다.

① 수소결합의 판단

수소 결합의 판단은 간단합니다.

1) N, O, F 이 셋 중 하나와 H가 포함되어 있는가?
2) 이 N, O, F와 H가 단일결합을 이루는가?

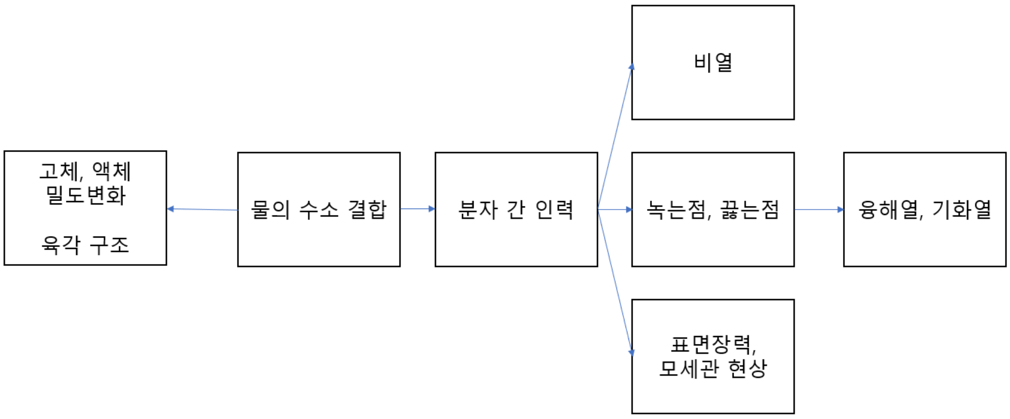
가령 1)에서 HCl 같은 경우는 Cl과 H 사이의 전기음성도 차이가 큼에도 불구하고 N, O, F가 아니기 때문에 수소결합이 아니며, 2)에서 CH_3F 같은 경우에는 H, F가 다 포함되어 있지만 H와 F가 단일결합으로 이루어져있지 않기 때문에 수소결합이 아닙니다.



이처럼 H, F 사이 단일결합이 없기 때문에 수소결합이 아닙니다.

수소결합의 판단에는 이보다 더 자세한 것들도 있지만(ex. 다른 두 물질을 섞었을 때 수소결합이 발생하는지, 어느 수소결합이 더 강력한지) 화학2 문제에서 나온 적이 없기 때문에 이 정도의 판단이면 충분합니다.

② 쌍극자 - 쌍극자 결합의 판단

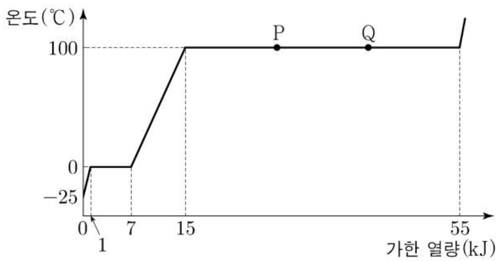


물의 수소 결합으로 인한 특성들을 연결 지어 정리한 것입니다. 고체에서 액체로의 밀도 변화는 수소결합의 특성이기는 하지만, 분자 간 인력 덕분보다는 물에서 O원자 하나 당 2개의 수소 결합을 이루어 육각 구조를 형성할 수 있는 것이 큽니다. 따라서 따로 분류하였고, 오른쪽은 수소결합으로 인한 강한 분자 간 인력으로 발생하는 일들입니다. 표면장력과 모세관 현상은 하나로 묶어서 생각할 수 있습니다.

개념은 이 정도로 생각할 수 있는데 여기서 계산이 들어가는 것은 밀도와 비열이므로 이에 대해서만 문제와 함께 다루겠습니다.

[2020.09.09.]

9. 그림은 1기압에서 H_2O 1몰의 가열 곡선을 나타낸 것이다.



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

<보 기>

ㄱ. $\dfrac{H_2O(s)\text{의 비열}}{H_2O(l)\text{의 비열}} = \dfrac{2}{3}$이다.

ㄴ. $\dfrac{H_2O\text{의 기화열}}{H_2O\text{의 융해열}} = \dfrac{20}{3}$이다.

ㄷ. H_2O 1몰의 엔트로피는 P에서가 Q에서보다 작다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄷ은 개정화학II에서는 빠진 엔트로피 내용이지만, ㄱ, ㄴ에서 비열, 엔탈피를 계산할 수 있으므로 수록했습니다.

ㄱ. x축이 열량, y축이 온도이기 때문에 항상 그래프를 반대로 생각합니다. 단순 대소비교

2) 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조의 특성

다시 2015 개정 화학2 고시를 봅시다.

[12화학Ⅱ01-07] 해설 고체를 이온 결정, 분자 결정, 공유 결정, 금속 결정으로 구분하되 결정 구조는 면심 입방 구조와 체심 입방 구조를 소개하는 수준으로 다룬다.

종종 개념서에서 단순, 면심, 체심 입방 구조 이상[1)]을 소개하는 경우도 있는데, 여기서 알 수 있다시피 이 이상을 물어볼 일은 없다고 생각됩니다. 따라서 심화 개념보다는 이 세 가지를 제대로 기억하고 얼마나 빨리 적용할 수 있느냐가 제일 중요하겠습니다. 이를 위해서 다음 표를 꼭 외워주도록 합시다.

	단순 입방 구조	체심 입방 구조	면심 입방 구조
단위세포 당 입자 수	1	2(=1+1)	4=(1+3)
배위수	6	8	12

배위수는 한 원자에서 가장 인접한 원자의 수를 말합니다. 단순, 체심, 면심의 특징을 물어보았을 때 바로바로 답이 나와야 합니다. 개념을 한 번 보았다면 표의 내용이 어렵지 않을겁니다. 현장에서 이 구조들을 보고 다시 입자수나 배위수를 세는 것은 꼼꼼한 풀이라기보다는 시험 전에 준비를 안 해서 생기는 시간낭비입니다. 따라서 기본적으로 이 표를 암기해줍시다. 그러나 이온결정 같은 경우에는 양이온과 음이온 각각이 다른 결정 구조를 가지는 경우가 생기기 때문에, 이 경우를 위해 세는 기준을 생각해 봅시다.

원자의 위치가 단위세포의 1. 꼭짓점인지, 2. 모서리인지, 3. 면인지, 혹은 4. 중심인지에 따라 $\frac{1}{8}$입자, $\frac{1}{4}$입자 등으로 세는 것은 다들 잘 알고 있을 겁니다. 하지만 결정 구조는 거의 대부분의 경우에 대칭성이 보장되기 때문에, 실전에서 이를 꼭짓점을 다 찾아다니면서 8개를 확인하기 보다는, (어느 곳이든 최소 한 곳에) 1. 꼭짓점에 있는가? 2. 모서리에 있는가? 3. 면에 있는가? 4. 중심에 있는가?의 4가지 질문으로 답을 낼 수 있어야 합니다. 예를 들어 1번, 3번에 해당한다면 $\frac{1}{8}\times 8 = 1$같은 과정이 아닌, 1+3=4[2)]와 같이 답하는 것입니다. 위 표에서 1+1, 1+3과 같이 적은 것은 그런 이유입니다. 대칭이지 않은 구조는 지금까지 딱 한 번 출제되었고, 대칭적이지 않음은 한눈에 보일 것입니다.

하나라도 꼭짓점에 보이면 1개, 모서리는 3개, 면은 3개, 중심은 1개가 됩니다. 보이는 대로 다 더하면 그것이 단위세포 당 입자 수가 되겠지요. 혹시라도 표를 까먹어서 이렇게 세는 것까지는 괜찮지만, 꼭짓점별로 8개가 다 있는지 확인하며 푸는 일은 없어야 하겠습니다.

여기에 조금만 더 심화로 생각해보면, 숫자가 1개, 3개로 같은 꼭짓점과 중심 / 모서리와 면은 단위세포를 어떻게 잘랐느냐에 따라 위치만 변하는 것이니, 꼭짓점과 중심, 그리고 모서리와 면은 곧 같은 구조를 나타내는 것이라고(그래서 개수가 같다고) 생각할 수 있겠습니다. 이를 다음의 이온 구조와 함께 공부해 보겠습니다.

---

1) 대표적으로 육방 밀집 구조라고 있긴 합니다.
2) 1번 질문에서 1, 3번 질문에서 3

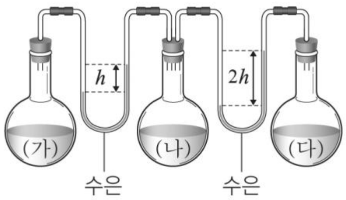
에서는 10:2일 것이고, $\frac{10}{12}\times 11=\frac{55}{6}$가 나옵니다.

세 번째 풀이가 쓰이는 상황으로, $x>9$와 같이 제시되었을 때를 생각해볼 수 있습니다. (0,11), (가), (나)를 연속적으로 잇는 그래프의 개형은 아래로 볼록일까요, 위로 볼록일까요? 아직 잘 모르겠다면, 다음 문항인 [2021.07.03.]을 보고 다시 돌아와서 생각해 봅시다.

(돌아와서) 단순히 극한으로만 생각해도, 위로 볼록의 그래프는 말이 안 됨을 쉽게 생각할 수 있습니다. 초반에 몰분율이 급격히 변하고 $x\to\infty$일 때 완만히 변하는 $\frac{x}{1+x}$ 그래프를 생각해보면 아래로 볼록이어야 합니다. 따라서, 아래로 볼록이어야 하고, 이 경우 $0\to25$일 때 1 감소하였으므로, 25->50일 때는 1보다 적게 감소합니다. 따라서 $x>9$입니다.
세 번째 풀이와 같은 생각은 여기서는 굉장히 과해서 굳이 할 필요는 없겠지만, 첫 번째, 두 번째의 차이를 알고 상황에 따라 답 내기에 더 편할 수 있음을 아셨으면 합니다.

[2021.07.03.]

3. 그림은 같은 질량의 물(H_2O)이 담긴 진공 상태의 세 용기에 각각의 용질을 녹인 후 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이고, 표는 각 용액에 녹아 있는 용질에 대한 자료이다.



용액		(가)	(나)	(다)
용질	종류	X	X	Y
	질량(g)	w	$2w$	w
	몰 분율	a	b	c

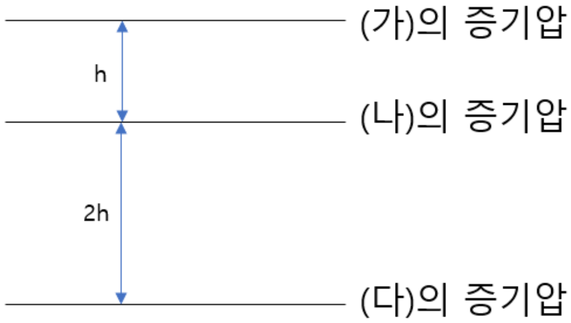
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하고, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이며, 용액은 라울 법칙을 따른다.) [3점]

<보 기>

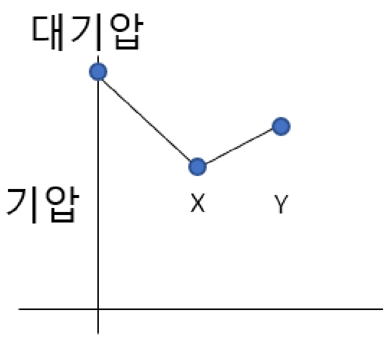
ㄱ. (가)~(다) 중 기준 끓는점은 (다)가 가장 높다.
ㄴ. 화학식량은 X가 Y보다 작다.
ㄷ. $a+c=2b$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

자주 등장하는 증기압 비교 그림 문제입니다. 어느 쪽이 증기압이 적은 쪽인지 헷갈리지 않도록 주의해줍시다. 그런데 (가), (나), (다)의 차이값만 제시되어 있어 그 의미가 잘 와닿지 않을 수 있습니다. 이 경우에는 마음 속에 다음과 같은 도식을 생각하면 좋습니다.



여기서는 운이 좋게 (가)>(나)>(다)로 헷갈리지 않게 제시되었으나, 이렇지 않은 경우에는 도식을 머릿속에 떠올리고 생각하는 것이 도움이 됩니다. 혹은 아래 그림처럼 증기 압력 Chapter의 [2017.06.13.]에서 사용한 꺾은선 그래프를 생각해도 좋습니다. 아래 그래프는 [2017.06.13.]의 증기 압력 그래프 참고입니다.



ㄱ. 끓는점 높다 -> 증기압 낮다가 바로 떠올라야 합니다. (다)입니다.

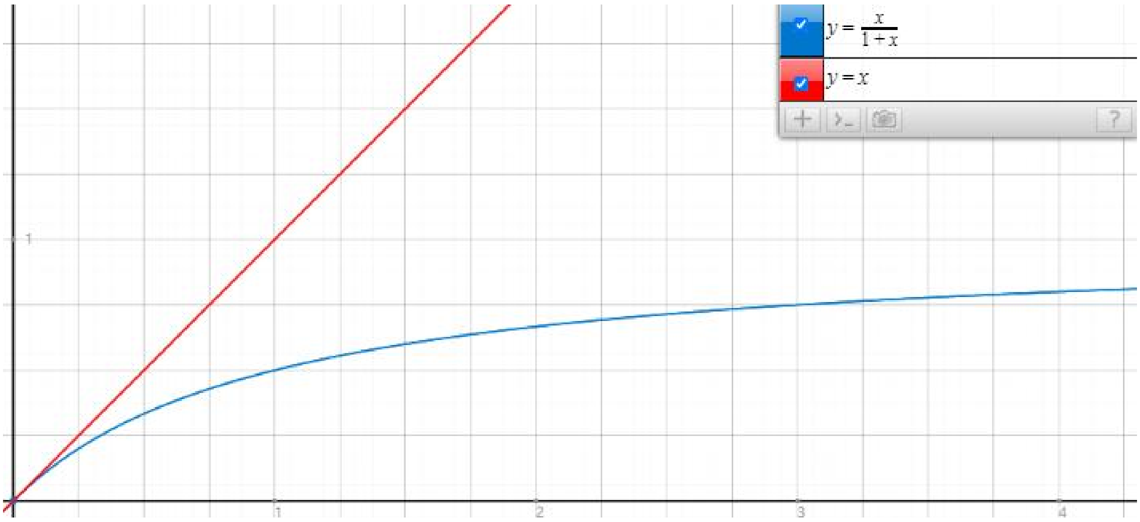
ㄴ. 같은 질량인 (가)와 (다)를 비교하면, (다)가 증기 압력 내림이 많으니 용질의 몰수가 많고, 분자량은 Y가 작습니다. 이 과정을 증기 압력 내림이 많다 -> 분자량 Y가 작다까지 줄일 수 있으면 좋습니다.

여기서도 좀 더 어렵게 해서 Y의 범위를 더 자세히 알아봅시다. 먼저 (나)의 증기 압력이 (다)보다 큼을 이용합시다. X 2w보다 Y w의 몰수가 더 많아야 하므로, X>2Y가 되겠습니다. 여기까지는 할 만한데, 한 단계 더 생각해 봅시다. (가)와 (나)의 증기 압력 내림 차이는 h인데, (가)의 증기 압력 내림은 그럼 h보다 클까요, 작을까요? 답을 제시하기 전에 스스로 생각해보고 다음 문단을 읽어보시길 바랍니다.

어떤가요, 빠르게 답을 내셨나요? 아마 대부분은 분모를 고민해서 답을 내시기는 하셨겠지만, 시간이 걸리고 중간에 헷갈리는 과정도 있었을 것입니다. 예를 들어, 용매가 10몰이고 A w가 1몰이었다고 하면, 몰분율 $\frac{1}{11}, \frac{2}{12}$를 비교해서 (가)의 증기 압력 내림이 h보다 커야함을 결론내릴 수 있었을 것입니다. 이를 좀 더 일반화해서 생각해 봅시다.

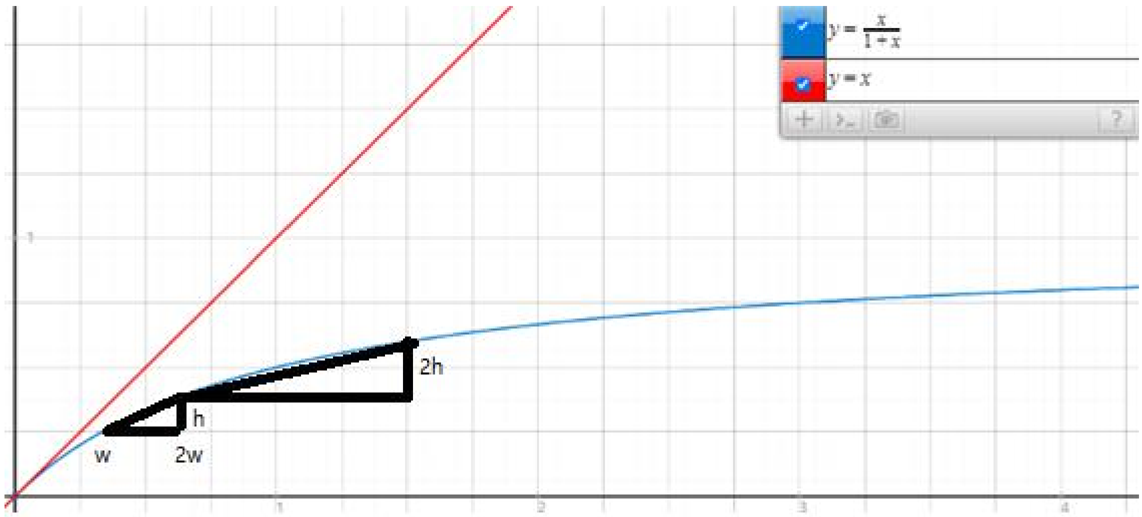
$\text{용질의 몰분율} = \dfrac{(\text{용질의 몰수})}{(\text{용매의 몰수})+(\text{용질의 몰수})}$로 표현되는 것은 잘 알고 있을 것입니다. 여기서, 용매의 몰수 : 용질의 몰수, 즉 비율 값만 중요하니, 용매의 몰수를 1이라고 생각하고

용질의 몰수 x를 변화시켜 일반적으로 $용질의몰분율 = \frac{x}{1+x}$와 같은 식으로 표현해도 문제가 되지 않습니다. 1이 아니라 다른 수여도 문제가 없음을 생각할 수 있을 것입니다. 이럴 때 $y=\frac{x}{1+x}$ 그래프와, $y=x$그래프를 그려서 생각해 봅시다.



이 그래프에서 $x=0$에 가까운 지점과, $x\to\infty$인 지점을 생각해 봅시다. 먼저 $x\to\infty$인 지점에서는 용질이 많아져 용질의 몰분율이 1에 수렴하는 상황이 되고, 사실 이런 경우는 거의 없어 큰 의미를 가지진 않습니다. $x=0$에 가까운 지점이 중요한데, 여기서는 $1+x \fallingdotseq 1$이니 $y=x$ 그래프와 거의 같아 보이지만, 무조건 $y=x$ 그래프의 아래쪽에 $x\to\infty$의 극한을 생각하면 위로 볼록하게 위치할 수밖에 없습니다. 그리고 대부분의 용액은 용매에 비해 용질의 수가 매우 적으므로, 대부분의 용액은 이 구간에 위치하게 됩니다.

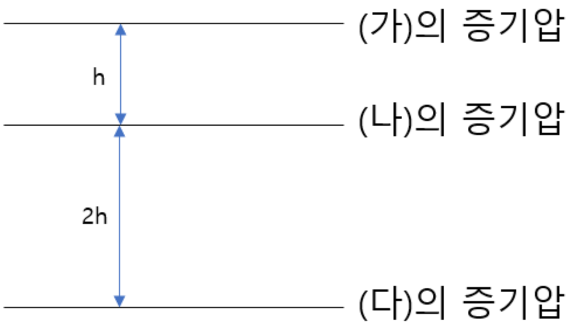
여기서 용매의 몰수는 고정이기 1몰로 고정이기 때문에, x가 두 배라는 것은 곧 용질 몰수가 두 배라는 뜻입니다. 그렇다면 $y=x$보다 아래에 있다는 것은 무슨 의미가 되는 것일까요? $y=x$그래프에서는 x축이 2배가 되면, y축도 2배가 됩니다. 그런데 여기서 x축, y축은 용질의 몰수와 몰분율이었죠? $y=\frac{x}{1+x}$는 $y=x$보다 항상 아래에 위로 볼록하게 있기 때문에, 용질의 몰수가 n배가 되었을 때 몰분율은 반드시 n배보다 작을 수밖에 없습니다. $y=x$보다 아래에 있다는 것은 그런 의미가 됩니다. 이런 그래프의 성질을 활용하면, $0\to2w$로 일 때의 증기 압력 내림은 $0\to w$일 때 증기 압력 내림의 2배보다 작으므로, $0\to w$일 때 증기 압력 내림은 h보다 커야만 하겠습니다.



이걸 그래프를 보면서 좀 더 활용해 보겠습니다. 그럼 이제 (다)의 분자량을 좀 더 구체화할 수 있을까요? (가)->(나)일 때는 증기 압력 내림이 h, (나)->(다)일 때 증기 압력 내림이 2h였음을 생각해 봅시다. 아까의 결론을 다시 생각하면 몰수가 '2배 이상' 증가해야, 증기 압력 내림이 2배가 될 것입니다. 이러한 사실을 생각하면, (가)가 1몰, (나)가 2몰이라고 생각한다면, (다)는 최소 4몰 이상이어야 2h라는 증기 압력 내림을 설명할 수 있습니다. 따라서, (다)의 분자량은 X>2Y 정도가 아니라, X>4Y까지 결론내릴 수 있습니다.

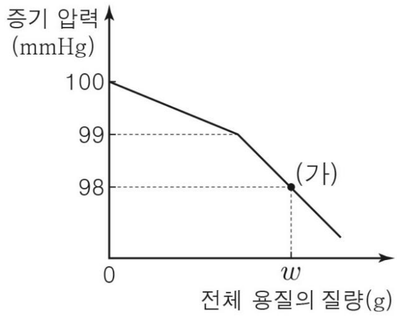
당연히 수학적인 과정이 중요한 게 아니고, 중요한 것은 이런 꼴의 분수식에서는 언제나 이런 결론을 사용할 수 있다는 것입니다. 여기서는 몰분율에서 몰수가 2배가 되면 몰분율은 2배보다 적게 증가한다. 정도의 결론이겠지만, 다른 분수식에서도 활용할 것이 많기 때문에 다른 문제에서 더 살펴보도록 하겠습니다.

ㄷ. 질량 $w, w, 2w$를 통해 평균인 것처럼 하는 오답선지입니다. 도식을 보면서 다시 생각해보면, 증기압은 몰분율에 비례하므로, (가)로부터 h, (다)로부터 $2h$이니 2:1 가중치를 고려하여 내분점을 생각하면 $\frac{2a+c}{3}=b$가 될 것입니다.



[2019.04.19.]

19. 그림은 t℃에서 물 99몰에 A를 넣어 모두 녹인 후, 추가로 B를 넣어 녹였을 때, 수용액의 증기 압력을 전체 용질의 질량에 따라 나타낸 것이다. (가)는 전체 용질의 질량이 w g일 때의 수용액이다.



(가)에서 $\frac{\text{A의 몰수}}{\text{B의 몰수}}$는? (단, A와 B는 비휘발성, 비전해질이고 서로 반응하지 않으며, 수용액은 라울 법칙을 따르고 온도는 일정하다.)

① $\frac{49}{50}$ ② $\frac{98}{99}$ ③ 1 ④ $\frac{99}{98}$ ⑤ $\frac{50}{49}$

몰분율 - 증기 압력 내림이 4페이지에 등장할 때 나오는, 숫자를 어렵게 한 단골유형입니다. 일반적인 용질 : 용매 쪼개기로 접근해 보겠습니다. 증기 압력이 99일 때는 99:1로 쉽게 쪼갤 수 있을 것입니다. 이 다음 98:2인데, 용매의 몰수는 항상 동일하므로, 98을 99로 바꿔 주어야[6] 정확한 용질의 몰수를 구할 수 있습니다. 따라서 $98\times\frac{99}{98}:2\times\frac{99}{98}=99:\frac{99}{49}$로, (가)에서는 $\frac{99}{49}$몰 녹아 있고, A가 1몰, B가 $\frac{50}{49}$몰로 1번이 됩니다. 이 풀이는 언제나 쓸 수 있고 수식적으로 계산이 어렵지는 않지만, 뭔가 깔끔하지 않고 계산을 조금 해야 합니다.

그렇다면 다소 계산을 쉽게 해 봅시다. 방금 전의 계산이 왜 복잡했을까요? 이는 99, 98의 용매 숫자를 기준으로 했기 때문에 두 숫자를 통일하기가 어려웠기 때문입니다. 그렇다면 [2020.09.12.] 마지막에서 소개한 방법처럼, 반대로 용질의 몰수를 고정하고, 용매의 몰수를 계산하는 방법이 있겠습니다. 역시, 용질의 몰수를 1몰로 고정합시다.

이러면 증기 압력이 99일 때는 용질 : 용매 몰수가 1:99입니다. 98일 때는 어떨까요? 용질을 1몰로 고정하였기 때문에 1:49여야 합니다. 1:99일 때와 1:49일 때 용매 몰수가 똑같으니, 용질의 몰수는 이의 역수로 비율을 표현한 $\frac{1}{99}$:1과 $\frac{1}{49}$:1이 되겠고, 이를 다시 자연수로 바꾸면 역수 계산에서 49와 99몰입니다. 따라서 A는 49몰, B는 50몰로 1번이 됩니다.

여기서 계산이 편했던 이유는, 99와 98이라는 숫자가 아니라, 1과 2라는 숫자를 이용해서 고정하기 때문입니다.[7] 처음에는 고정된 용매를 변화시키고, 변하는 용질을 고정시킨다는 사고가 익숙하지 않을 것입니다. 하지만 이런 사고에 익숙해지면 위 과정처럼 복잡한 계산 없이도 바로 암산이 가능하기에 다음 문제도 적용시켜 보겠습니다.

---

6) 이 과정이 어렵다면 [2021.04.15.]에서 94를 47로 바꾸었던 것을 생각해 봅시다. [2021.04.15.]에서는 쉽게 47로 바꾸었지만 여기서는 98을 99로 바꿀 생각을 못했다면, [2021.04.15.]를 능동적으로 해석한 게 아니라 그저 숫자가 잘 나와서 우연히 맞춘 것에 불과하니 이 문제로 사고과정을 익혀주세요.

7) 이 역시 [2021.04.15.]처럼 편한 숫자이기 때문이라는 것을 알 수 있습니다.

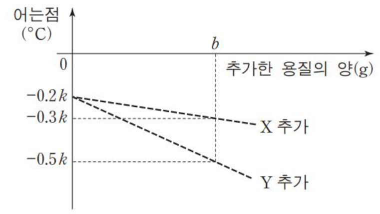
1m은 $\frac{\text{용질}\,1\text{몰}}{\text{용매}\,1kg}$입니다. 그렇다면, $\frac{b}{a}m$은 $\frac{\text{용질}\,b\text{몰}}{\text{용매}\,akg}$이라고 할 수 있지 않을까요? 이렇게 생각하면, $\frac{150}{18}$이라는 숫자를 보고 드는 생각은 아 용매 질량 1000에 맞춰야 하는데... 가 아니라, 용매 $18kg$에 용질 150몰이구나, 라는 생각을 자연스럽게 할 수 있을 것입니다.

여기서 용매를 왜 18로 약분 안하고 냅두었는지를 알 수 있습니다. 이제 용매의 몰수를 구해야 하거든요. kg은 10^3g이니까, 용매 1000몰에 용질 150몰이 됩니다. 따라서 답도 똑같이 나옵니다. 따라서 180이라는 숫자는 용매의 질량이 180이라서가 아니라, 용매의 분자량이 18이니까, 그에 맞게 계산하기 편하도록 맞춰야 하고, 이 과정은 문제에서 주어지기 때문이 아니라, 스스로 판단해서 설정해야 한다는 것입니다.

당장 물 180g인 상황에서는 겉으로 보기에 두 풀이가 큰 차이가 없어보입니다. 하지만 만약 용매가 200이었다면, 수동적으로 용매에 맞추려던 생각과, 능동적으로 용매 : 용질을 설정하려던 풀이가 얼마나 근본적으로 큰 차이가 있는지 알게 될 것입니다.

[2017.06.16.]

16. 그림은 1기압에서 물 1kg에 ㉠X와 Y의 혼합물 ag을 녹여 만든 수용액 A에 X 또는 Y를 추가할 때, 추가한 용질의 양에 따른 용액의 어는점을 나타낸 것이다. 물의 몰랄 내림 상수(K_f)는 k℃/m이다.



㉠에 들어 있는 $\frac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}}$은? (단, X와 Y는 비휘발성, 비전해질이고 서로 반응하지 않는다.) [3점]

① $\frac{b-3a}{2b-2a}$ ② $\frac{3a-2b}{2b-a}$ ③ $\frac{2b-a}{3a-2b}$

④ $\frac{3a-b}{2b-3a}$ ⑤ $\frac{3a-2b}{b-3a}$

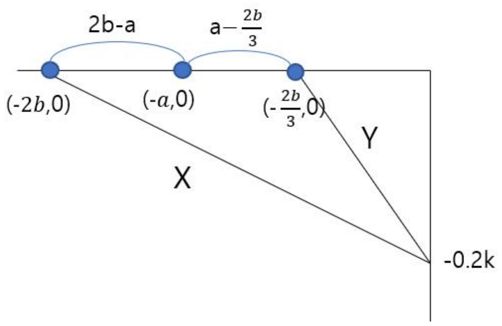
동일하게 ②,④ 용질의 종류와 질량이 변하는 상황입니다. 거의 대부분의 값이 문자로 제시되어서, 이제 정의에 입각하여 문제를 풀어야 하는 상황이 오게 되었습니다. 먼저 정석적인 방법으로 풀어봅시다. 먼저, 무엇을 가지고 문제를 풀어야 하는지 생각해 봅시다. 구해야 하는 것은 X와 Y의 질량이고, 이에 대해서 X, Y의 질량 합과, X, Y를 bg 추가했을 때 어는점 내림의 정도를 제시했습니다. 주어진 조건이 두 개이고 미지수가 두 개이니 연립방정식으로 푼다는 생각을 할 수 있습니다. X, Y의 질량을 미지수로 잡아봅시다.

X와 Y의 질량합은 ag입니다. 그리고 용질 bg을 추가했을 때 X는 $0.1k$, Y는 $0.3k$가 내려갔고, X, Y에 의해서 내려간 어는점은 $0.2k$여야 합니다. 전자의 식 $X+Y=a$를 세우는 것은 쉽지만, 후자의 식을 세우는 것이 어려운 경우는 $X=b$ or $Y=b$일 때 말이 되도록 식을 세워봅시다. $0.1k\times\frac{X}{b}+0.3k\times\frac{Y}{b}=0.2k$[9]와 같이 세우면, 즉 $X=b$일 때를 제시했으므로 $\frac{X}{b}$와 같이 분수가 1이 되도록 하면 식을 세우기 편해집니다. 이 두 식을 정리하면 다음과 같습니다.

$X+Y=a$
$X+3Y=2b$

여기서 연립방정식을 풀면 $X=\dfrac{3a-2b}{2}, Y=\dfrac{2b-a}{2}$가 되어 답은 2번임을 구할 수 있습니다. 활용도가 높기 때문에 이렇게 연립방정식으로 수학적으로 풀라고 요구하는 경우에도 이처럼 풀 수 있어야 합니다. 개념으로 풀라는 말에 집중해서 풀어내는 것도 중요하지만, 실제 시험에서 그것이 안 될 때에는 언제든지 다른 풀이를 쓸 준비가 되어 있어야합니다.

그렇다면 여기서 다른 풀이도 알아보겠습니다. 이는 앞에서 소개하고 넘어간 그래프를 연장시키는 풀이입니다. X, Y 그래프를 $x<0$까지 확장시켜 생각해 봅시다. 이러면 다음 그림과 같이 그래프가 그려질 것입니다.



이 그래프가 의미하는 바를 생각해 봅시다. 먼저, X와 Y를 연장시켜 x축에 도달하는 점에 대해서는 기울기를 생각하면 이해가 갈 것입니다. 이 두 점이 의미하는 바는 무엇일까요?

X, Y를 혼합한 게 아니라 X만, 혹은 Y만으로 $0.2k$의 어는점 내림을 만들었다면, 그 때 필요한 Y의 질량, X의 질량이 될 것입니다. 즉, 처음에 X, Y 합 ag이 아니라, $X\,2b$g이었다면, $Y\dfrac{2}{3}b$g 이었다면 $0.2k$의 어는점 내림이 발생했을 것이라는 뜻입니다.

그렇다면 X, Y의 합 ag은 이 두 점 사이에 존재하는 내분점일 수밖에 없을 것입니다. X만으로, Y만으로 구성한 것 외에 X와 Y를 섞은 ag은 이 사이에만 존재하고, 그렇다면 이 세 점 (-2b,0), (-a,0), ($-\dfrac{2}{3}b$,0) 간의 거리를 측정해 봅시다. 이것이 $2b-a, a-\dfrac{2}{3}b$가 됩니다.

그렇다면 이 거리들의 의미는 무엇일까요? 내분점을 생각하면 $(-a,0)$은 거리비 $2b-a : a-\dfrac{2}{3}b$로 내분하는 점이 될 것이고, 몰랄농도는 몰수에 비례하기 때문에 이 비율은 곧 Y : X의 몰수 비여야[10] 할 것입니다. 따라서 X는 $a-\dfrac{2}{3}b$몰, Y는 $2b-a$몰일 때 주어진 조건을 전부 만족하며, X의 분자량이 Y의 3배이므로, 질량 $\dfrac{X}{Y}=\dfrac{3a-2b}{2b-a}$가 됩니다.

설명이 길었지만 다시 복습해 보면서, 이 과정을 이해하고 적용했다면 실제 과정은 매우 짧았음을 알 수 있을 것입니다. 그렇다면 왜 갑자기 애먼 그래프를 연장시키나? 수식 풀이에서는 이런 생각을 할 수 없나? 라는 생각이 들 것입니다. 이를 다음 문항을 먼저 보고 정리해보도록 하겠습니다.

---

9) $X=b$일 때 $0.1k$가 내려가거나, $Y=b$일 때 $0.3k$가 내려가는 것이 잘 반영되도록 $\dfrac{X}{b}$라는 표현을 쓰는 것입니다.
10) 내분점에서 가중치를 쓰던 것을 생각해보면, Y:X로 X와 Y의 위치가 반대여야 할 것입니다.

이고, 분자량만 주어진다면 결국 몰분율은 퍼센트농도의 다른 표현일 뿐이라는 점을 이해해주세요.

몰랄 농도

몰랄 농도는 용질의 몰수와 용매의 질량을 사용합니다. 분모와 분자가 몰수와 질량이라는 다른 단위로 되어있어 의식하기 어려울 수 있지만, 결국 이 역시 분자량만 주어진다면 용질과 용매의 질량비 or 몰수 비를 의미한다는 점을 기억해야 합니다.

이쯤에서 천천히 생각을 해 봅시다. 퍼센트 농도는 결국 용질, 용매의 질량비, 몰분율은 용질, 용매의 몰수 비, 그리고 몰랄 농도는 용질, 용매의 질량/몰수 비. 표현 방식은 다르지만, 결국 이 세 농도가 근본적으로 알려주는 것은 용질, 용매의 질량 or 몰수 비를 알려준다는 점입니다. 농도가 1m이니 15%이니도 수식적으로 의미를 갖지만, 농도를 받았으면 그래서 용매 : 용질이 얼마인데? 라고 물으면 바로 답할 수 있는 개념적인 능력이 특히 중요하다는 것입니다.

2) 용액 농도의 수식적 활용 연습

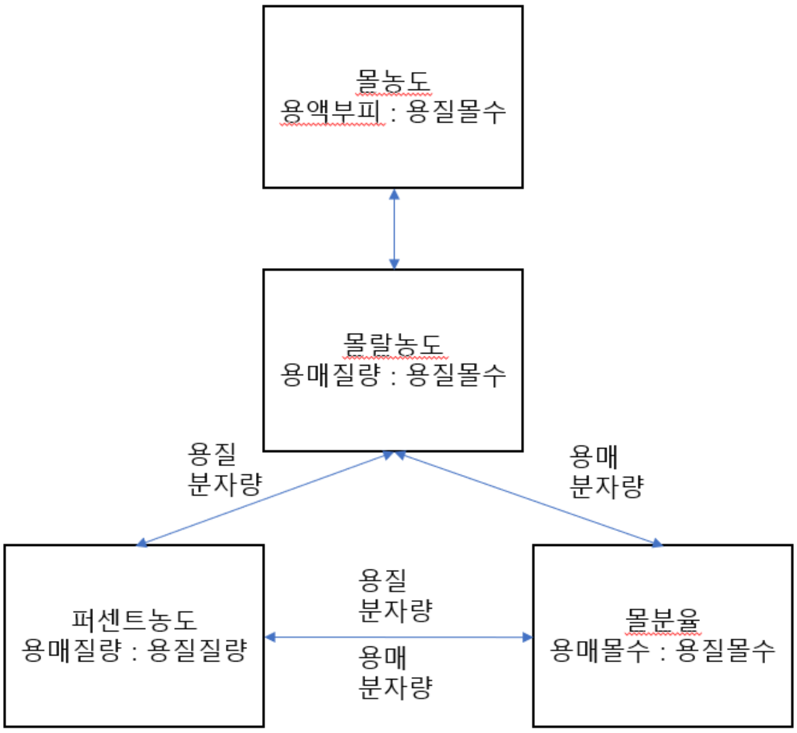
몰 농도로 넘어가기 이전에, 용액 농도의 정의를 활용하는 법에 대해서 조금 더 고민해 봅시다. 다음 용액들의 농도를 최대한 빠르게, '유리수'로 표현해 주세요. 유리수이기 때문에 약분 없이 분수로든, 소수로든 표현하기만 하면 되고 숫자가 굳이 깔끔할 필요는 없습니다.

① 용매 773g에 용질 2몰 - 몰랄농도
② 용액 87g에 용질 7g - 퍼센트 농도
③ 용액 5142ml에 용질 3몰 - 몰 농도
④ 용액 2×10^7g에 용질 5g - ppm

어떠셨나요? 유리수가 조건이었기 때문에 농도의 정의를 이용하는데 얼마나 막힘이 없는지를 체크하는 간단한 문항들이었습니다. 만약 ①,②,③,④ 과정 중에서 어느 것에서라도, 약분이 아니라 유리수로 표현해내는 것 자체에 고민이 있었다면 아직 농도의 정의를 정확히 알고 자유자재로 활용하지 못하고 있는 것입니다. 하나하나 살펴봅시다.

①에서 만약 $\frac{2}{773}=\frac{x}{1000}$와 같은 방정식을 사용하고 있었다면, 혹은 방정식이 아니더라도 773을 무조건 용매 1000g에 바꾸어 생각하려고 했다면, 아직 농도의 정의에 대해서 잘 모르는 것입니다. $1m=\frac{\text{용질}\,1\text{몰}}{\text{용매}\,1kg}$로 정의하고 있습니다. 그렇다면 일반적인 용액 $\frac{\text{용질}\,b\text{몰}}{\text{용매}\,akg}$이라고 하면, 이 때의 몰랄농도는 몇인가요? 식을 정리하면 $\frac{b}{a}\times\frac{\text{용질}1\text{몰}}{\text{용매}1kg}$이 될 것이고, $\frac{b}{a}m$이라고 바로 결론내릴 수 있습니다.

습니다. 결국 용매 : 용질이 중요하다는 것이 핵심입니다. 몰 농도의 3번 유형으로 넘어가기 전에 농도를 전환할 때 질량 - 몰수의 전환과, 몰 농도의 부피 전환에 집중하며 도식으로 과정을 복습해 봅시다.



3. 용질 자체의 부피, 용매 자체의 부피를, 몰 농도(용액)와 몰랄농도(용매)의 차이를 고려하여 정성적으로 푸는 부등식 문제.

3번 유형은 잘 나오지는 않습니다. 작년 한 해는 출제되지 않았고, 출제된 경우도 보통 조건을 모호하게 준 사설이나 교육청이 많았고, 평가원에서는 15년 이전 기출까지 가야 접하기 쉽습니다. 그럼에도 하는 것은 실전에서 이 문제를 마주쳤을 때 헤매지 않고 단번에 풀기 위함입니다. 가장 최근의 교육청 문제를 보겠습니다.

[2020.04.16.]

나오게 될 것입니다. 따라서 일반적인 용액에 대해서는 용질을 추가했는데 부피가 줄어드는 이상한 경우가 아니라면, 몰랄농도 1m은 몰 농도로 환산하면 1M보다 작고, 다시 말하면 몰 농도 1M과 몰랄농도 1m을 비교하면 몰 농도 1M이 무조건 진할 수밖에 없습니다.[7]

여기에 밀도를 얹어서 생각해 봅시다. 방금 상황에서 밀도는 일반적으로는 1.00xxx와 같은 숫자가 될 것입니다. 이 밀도의 범위에 대해서 생각해 봅시다. 먼저 1M 수용액의 밀도가 1이라고 가정해 봅시다. 이는 용매에 용질을 가했을 때

(용매 자체의 부피) + (용질 자체의 부피) = (용액의 부피)가 되는 상황일 것입니다.

하지만 실제로 대부분의 용액은

(용매 자체의 부피) + (용질 자체의 부피) > (용액의 부피)이기 때문에

1M 용액의 실제 밀도 d는 1보다 클 것입니다.

이번에는 용질을 추가하였을 때 $a \times 1000 = 1000 + 용질의질량$을 만족하는 숫자를 a라고 합시다. 만약 몰 농도 용액의 밀도가 a라면, 용질을 추가했는데도 부피가 전혀 증가하지 않은 상황일 것입니다. 하지만 이 역시 대부분의 용액은 용질을 추가하면 조금이라도 부피가 증가하므로, 실제 밀도 d는 a보다 작을 것입니다.

따라서 위의 두 가지를 종합하면 실제 밀도는 $1 \le d \le a$ 범위에 존재합니다.

위에서 일반적인 몰 농도 1M과 몰랄농도 1m을 비교하면 몰 농도 1M이 더 진한 용액이라고 했고, 이는 실제 밀도 d일 때의 상황입니다. 예시로 실제 0.9M이 1m과 똑같다고 가정해 보고, 그렇다면 밀도 조건이 1로 주어졌을 때와 a로 주어졌을 때를 생각해 봅시다.

1로 주어진 경우는 (용매 자체의 부피) + (용질 자체의 부피) = (용액의 부피)로,

용액의 양이 실제보다 더 많은 상황을 가정하였으니, 가령 0.8M이 1m과 똑같은 경우가 될 것이고,

a로 주어지는 경우에는 용질을 추가했는데도 부피가 전혀 증가하지 않은 상황으로,

혼합 시 실제 부피보다 작은 경우를 가정하므로 몰랄농도와 똑같아지는, 1M이 1m이 되는 상황이 될 것입니다.

이야기가 길었는데, 이 과정은 시험장에서 할 것이 아니라 지금 하고서 얻은 결론을 사용하

6) 0.9라는 것은 제가 만들어낸 숫자이고, 실제로 0.9라는 관계가 성립하는 게 아니라 1보다 작음을 나타내고자 사용한 숫자입니다.
7) 말 뜻이 헷갈릴 수 있는데 결국 0.9M=1m과 같은 관계가 성립한다는 것입니다. 따라서 숫자가 똑같이 1M과 1m이면 1M이 더 진하다는 이야기입니다.

여기에 방금 언급한 헤스법칙을 생각하면서 생성열을 구하면, 이번에는 반대 부호이니 화살표가 반대로 그려질 것이고, $-\frac{1}{2}\Delta H_2$가 될 것입니다. 화살표를 전환하는 것에 익숙해집시다.

ㄴ. ㄱ.과 마찬가지의 과정을 거칩니다. 똑같이 엔탈피를 찾고 계수를 고려해 봅시다. 여기서는 계수를 고려하여 $\frac{1}{2}\Delta H_3$로 잘 표현되었고, 여기서는 분해열이 $-\frac{1}{2}\Delta H_3$입니다.

ㄷ. 다소 복잡한 반응이 주어졌는데 이 역시 도식을 활용하여 해결해 봅시다. ㄱ.ㄴ.에서 생성엔탈피들을 물어보았기에 이로 생각할 수도 있겠지만, 우선 지금 목표는 헤스법칙인 만큼 이를 연습해 봅시다. 앞서 생성엔탈피를 물어보았을 때 필요한 물질 위주로 찾았던 것처럼 여기서도 필요한 물질 위주로 찾습니다. 우선 NO_2에서 NO를 생성하는 반응, N_2O에서 NO를 생성하는 반응이 필요합니다. 전자에 해당하는 것은 ΔH_1이고, 여기서는 계수와 방향을 고려하면 $-\frac{1}{2}\Delta H_1$입니다. 후자에 해당하는 것은 $2N_2O(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)+N_2(g)+O_2(g)$입니다. 여기서도 계수를 고려하고, 화살표 방향에 맞게 따라가 주면, $\frac{1}{2}(\Delta H_2+\Delta H_3)$가 됩니다.

그런데 두 반응식을 더해도 NO의 계수는 2에 불과합니다. 따라서 NO를 하나 더 만들어 줘야 하고, 이는 $\frac{1}{2}\Delta H_3$입니다. 따라서 이를 모두 더하면 ㄷ. 선지와 같게 됩니다.

우선 풀이는 이렇게 하였으나, 다소 의아한 부분이 있을 것입니다. NO_2, N_2O, NO에 집중해서 실제 반응식에 존재하는 N_2, O_2와 같은 것에 신경을 안 쓰고 계산했는데 괜찮은 것일까요? N_2, O_2에 대해서도 계수 비교를 해서 실제로 반응식에서 없어지는 항인지 확인해 봐야 하는 것 아닌가요? 라는 생각이 들 수 있고, 평소에 의문 없이 풀다가도 수능장에 가서는 의문이 들어 헷갈릴 수 있습니다.

이 의심을 제거하기 위해 우리가 '주목했던 반응물, 생성물만'으로 '불완전한' 반응식을 써보도록 합시다. 이러면 다음과 같습니다.

$NO_2(g)\rightarrow NO(g)$
$N_2O(g)\rightarrow NO(g)$
$??\rightarrow NO(g)$

마지막의 ??은 마지막에 생성물 NO를 하나 더 만들 때, 반응물에는 집중하지 않았기 때문에 ??로 표시하였습니다. 보면 N, O의 몰수가 맞지 않는 불완전한 반응식이지만, 3개를 다 더하면 $NO_2(g)+N_2O(g)\rightarrow 3NO(g)$로 계수가 들어맞는 완전한 반응식이 나옵니다. 이것이 시사하는 바는 무엇일까요?

불완전 반응식에선 식에 표현되지 않은 물질들이 분명 존재할 것이고 도식에는 그 물질들이 잘 표현되어 있습니다. 이 불완전 반응식에 표현되지 않은 물질들을 대충 첫 번째, 두 번째, 세 번째 반응식의 덩어리 $ㅁ_1, ㅁ_2, ㅁ_3$이라고 표현합시다. 하지만 세 불완전 반응식을 모두 더하면 완전한 반응식이 되니, $ㅁ_1, ㅁ_2, ㅁ_3$을 다 더한 결과는 각 물질들의 종류는 다를지언정,