tip

이 내용은 정석적인 풀이가 아니라 시간이 부족할 경우 찍어서 풀 때 조금이나마 도움이 되길 바라는 마음에 작성하는 것이니 시간이 충분하시다면 반드시 논리적인 방법을 거쳐 풀이하시길 바랍니다.
주로 학생들이 찍어서 풀 때 많이 넣어보는 원소들이 C(12), N(14), O(16) 등을 많이 넣어보는데 최근에 은근히 F(19), S(32)가 출제되고 있다는 점 인지해주시면 좋을 것 같습니다.

(8) 어짜피 비율 – (임의의 실제값 대입)

이 단원에 해당하는 문제들의 경우 꽤나 계산량이 많다. 특히 제작년 수능인 2022학년도 수능부터 이러한 경향이 두드러졌다. 이러한 복잡한 계산을 하는데에 있어서 미지수가 많으면 많을수록 계산이 복잡해지기 마련이다. 그래서 문제 풀이의 진행과 계산에 있어서 이 많은 미지수들 대신 실제값을 사용하여 계산을 편리하게 하도록 하는 하나의 기술을 소개하고자 한다. 이 기술은 현재 서술하는 2단원에서 뿐만 아니라 4단원에서도 계산량을 줄이기 위해서 사용될 수 있기 때문에 이 기술을 잘만 활용한다면 시험장에서의 강력한 무기가 될 수 있을 것이다. 가장 먼저 이 기술을 사용할 수 있는 조건에 대해서 먼저 알아보겠다.

(8)-1. 문제에서 요구하는 값을 확인하자.

화학I은 비율의 과목이다. 문제 조건에서 빈번히 등장하는 상댓값과 분수 자료들이 이를 증명한다. 상댓값이나 분수 자료를 답에서 요구하는 경우, 미지수를 많이 잡더라도 결국에 마지막에 가서 답을 낼 때는 이 미지수들이 소거되기 마련이다. 우리는 이걸 역으로 이용해서 문제에서 요구하는 값이 상댓값이나 분수(비율)일 경우, 조건을 만족하는 미지수를 잡는 대신 이 조건을 만족하는 편리한 임의의 실제값을 넣어보자는 것이 기술의 취지이다. 그럼 예시를 들어가며 어떤 상황에서 이 기술을 사용할 수 있는지 알아보자.

<보 기>

ㄱ. (가)에서 $\dfrac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}} = \dfrac{1}{2}$이다.

ㄴ. $\dfrac{\text{(나)에 들어 있는 전체 분자 수}}{\text{(가)에 들어 있는 전체 분자 수}} = \dfrac{3}{7}$이다.

ㄷ. $\dfrac{\text{X의 원자량}}{\text{Y의 원자량} + \text{Z의 원자량}} = \dfrac{4}{17}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

이 선지의 경우 이전에 언급했던 2022학년도 대수능 18번 문항의 선지이다. 이 선지를 관찰해보면 선지 ㄱ,ㄴ,ㄷ 모두 문제에서 요구하는 값이 분수(비율)이라는 사실을 알 수 있다. 이러한 경우에 이 기술을 쓸 수 있다. 한가지 예시를 더 알아보자.

<보 기>

ㄱ. $\dfrac{\text{Y의 원자량}}{\text{X의 원자량}} = \dfrac{4}{3}$이다.

ㄴ. (나)의 분자식은 XY이다.

ㄷ. $\dfrac{\text{(다)의 분자량}}{\text{(가)의 분자량}} = \dfrac{38}{11}$이다.

이 선지의 경우 위에 등장했던 2022학년도 대수능과 같은 해 9월에 18번으로 출제되었던 문항의 선지이다. 이 선지를 관찰해보면 (가),(나),(다)의 대응을 물어보는 ㄴ선지를 제외하고는 모두 요구하는 값이 분수(비율)이라는 사실을 알 수 있다. 이러한 경우에도 이 기술을 쓸 수 있다.

(8)-2. 조건을 만족하는 임의의 실제값을 대입하자

임의의 실제값을 대입한다는 말이 무엇인지에 대하여 간단한 예시를 들며 설명해보겠다. 문제를 풀이하다 보면 미지수를 도입한뒤 자료 해석을 통해 미지수간의 관계를 알게되는 방식으로 풀이 과정을 전개해 나가는 경우가 매우 많다. 얘를 들어 도입한 미지수가 x,y,z이고 문제 조건 해석을 통해 알게 된 미지수들간의 관계가 $x=4y=2z$라고 해보자. 이러한 경우에 임의의 실제값을 대입한다는 말은 x 대신에 4, y 대신에 1, z 대신에 2를 대입하여 문제 조건을 통해 구한 미지수들 간의 관계, 즉 비율을 만족하고 동시에 더욱 편리한 실제값을 대입함으로서 계산의 간결성을 챙긴다는 말이다. 추가적으로 문제를 풀어보며 이해를 돕도록 하겠다.

자작문항 예제

표는 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다. (나)에서 $\dfrac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}}=\dfrac{9}{2}$이다.

용기	기체	$\dfrac{\text{Z 원자수}}{\text{전체 원자수}}$	질량	단위질량당 Z 원자수 (상댓값)
(가)	XY_2, YZ_2	$\dfrac{2}{5}$	$25w$	18
(나)	X_2Z_2, YZ_2	$\dfrac{8}{15}$	$24w$	25

$\dfrac{\text{X의 분자량}}{\text{Y의 분자량}+\text{Z의 분자량}}$은? (단, X~Z는 임의의 원소기호이고, 모든 기체는 반응하지 않는다.)

1) 문제에서 요구하는 값을 확인하자.

문제에서 요구하는 값은 분수값으로 분자량간의 비율이다. 이러한 경우에는 어짜피 비율이라는 기술을 사용할 수 있다.

2) 조건을 만족하는 임의의 실제값을 대입하자. (1)

문제에서 주어진 조건을 먼저 살펴보자. $\dfrac{\text{Z 원자수}}{\text{전체 원자수}}$ 값을 통해 용기 (가), (나) 각각에서 내부의 기체들 간의 비율을 알 수 있다. (가)의 XY_2, YZ_2의 비율이 2:3이고, (나)의 X_2Z_2, YZ_2의 비율은 3:1이다. 용기 (가)에는 미지수 a와 용기 (나)에는 미지수 b를 도입하여 용기 내부의 기체들의 양을 표현해보자.

용기	XY_2	X_2Z_2	YZ_2
(가)	2a	–	3a
(나)	–	3b	b

문제에서 질량과 단위 질량당 Z 원자수 자료가 같이 등장했고, 이 둘을 곱한 값은 전체 용기에 존재하는 Z 원자수와 같다. 따라서 용기 (가)와 (나)의 Z 원자수의 비는 $25w \times 18$: $24w \times 25$ = 3:4이다. 이를 이용해 미지수 a와 b간의 관계식을 알아보면 $2 \times 3a$: $2 \times 3b + 2 \times b$ = 3:4이다. 이를 통해 a=b라는 사실을 알 수 있다. 이러한 경우에 임의의 실제값을 대입한다는 말은 a 대신에 1, b 대신에 1을 대입한다는 이야기이다. 이를 바탕으로 각 용기에 존재하는 원자수들을 정리해보자.

용기	X	Y	Z
(가)	2	7	6
(나)	6	1	8

3) 조건을 만족하는 임의의 실제값을 대입하자. (2)

문제 조건에서 주어진 비율 조건인 (나)에서 $\dfrac{\text{X의 질량}}{\text{Y의 질량}} = \dfrac{9}{2}$를 이용해보자. (나)의 용기에 들어있는 X의 질량과 Y의 질량을 문제에서 주어진 조건에 따라 각각 $9k$, $2k$라고 하자. 이를 이용하면 X의 분자량은 $\dfrac{3}{2}k$, Y의 분자량은 $2k$라는 사실을 알 수 있다. 이때 다시 한번 이 기술을 사용할 수 있다. X의 분자량과 Y의 분자량의 비율은 3:4인데 이를 만족하는 편리한 임의의 실제값인 3과 4를 X의 분자량과 Y의 분자량으로 사용하고, 이때의 Z의 상대적인 분자량을 z라는 미지수를 사용해보자. 만약 이렇게 풀이를 진행하게 된다면 도입하는 미지수의 양을 줄임으로서 마무리 계산의 복잡성을 줄일 수 있다. 용기 (가)와 (나)의 질량이 $24w$와 $25w$라는 사실을 이용하여 마무리 계산을 해보자.

$$2\times3+7\times4+6\times z : 6\times3+1\times4+8\times z = 24w : 25w$$

$$34+6z : 22+8z = 24 : 25$$

$$z = \frac{19}{4},\ \frac{\text{X의 분자량}}{\text{Y의 분자량+ Z의 분자량}} = \frac{12}{35}$$

양론을 바라보는 태도

화학 양론을 결국 $n = \frac{w}{M}$을 통해 질량, 몰수, 부피 등의 양을 다루는 내용입니다. 그렇기에 풀이과정을 크게 부피를 기점으로 하는 풀이, 질량을 기점으로 하는 풀이 둘로 나눌 수 있습니다. 이는 문제마다 주어진 조건을 파악하여 유연하게 대처해야 합니다. 부피를 기점으로 하는 풀이는 부피비, 몰수비와 계수비의 관계를 주된 논리로 사용하며, 질량을 기점으로 하는 풀이는 질량보존법칙을 주된 논리로 전개하는 유형입니다. 둘 중에 무엇을 중점으로 사고해야 하는가 라는 질문에는 '주어진 문제에서 주어진 조건들을 보고 유연하게 사고한다.'가 제가 드릴 수 있는 대답입니다. 기출문제 분석을 하시다 보면 이러이러한 조건과 발문이 있을 때는 질량 혹은 부피를 기점으로 진행해야겠다는 것이 자연스레 체득되시게 될 것입니다.

양론을 시작하기에 앞서 수월한 설명을 위해 몇가지 표현들을 독자분들과 맞춘 후 진행해야 할 것 같습니다. 우선, 책의 내용을 전개함에 있어, "사이클을 돌다"라는 표현을 사용할 것입니다. 이해하기 쉽게 예를 들어보자. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$의 반응이 있다고 할 때 '사이클 한번 돌았다.'는 $N_2$1mol과 H_2 3mol이 반응하여 NH_3 2mol이 생성된 상황을 의미합니다. 즉, 사이클 한번은 반응 계수 만큼 반응물, 생성물이 변했다는 것이고, 사이클 두 번은 반응 계수의 두배씩 만큼 반응물은 감소, 생성물은 증가했다는 의미입니다.

화학 양론을 함에 있어서 처음, 반응, 나중 세 줄 풀이를 자주 보시게 될 것입니다. 처음 수능 화학의 양론을 접하시는 분들 중 다수의 수험생분들이 풀이를 할 때 처음부터 적어나가야 한다는 고정관념을 가지고 계시는데, 무작정 세 줄 풀이를 시작하는 것보다 문제에서 주어진 다른 조건들을 해석하는 것이 우선시 되어야 한다는 점을 인지하셔야 합니다. 이러한 조건 해석이 무엇인지 막연하게 수험생 여러분들에게 다가올 수도 있지만, 바로 뒤에 '양론에서 사용되는 논리들' 단원을 통해 천천히 구체화 시켜드리겠습니다. 이러한 조건 해석만으로 답이 도출 되는 경우도 있지만, 아닌 경우 그때가 돼서야 세 줄 풀이를 통해 문제의 답을 도출하면 되는 것입니다. 다시 한 번 강조하자면 세 줄 풀이는 양적관계 문제 풀이의 '시작점'이 아니라 모든 조건 해석을 한 이후에 하는 '마무리 단계'라는 사실을 잊지 않으셨으면 좋겠습니다.

양론에서 사용 되는 논리들

1. 질량 보존 법칙

화학 반응이 일어날 때 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로 반응 전후 질량의 총 합은 반드시 같다.
너무나도 당연한 법칙이지만 양론을 어느 정도 난이도 이상으로 출제한다면 절대 빠지지 않는 논리이다.
한번 안보이면 생각보다 말리는 경우가 많아서 문제의 조건이나 풀이과정에서 질량에 대한 정보가 나온다면, 대부분 질량보존법칙은 반드시 사용되므로 의식적으로 인지해 주길 바란다.

$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$의 반응식을 예로 들어보자.

반응 전	32g	64g	0	0
반응	−16g	−64g	+44g	+36g
반응 후	16g	0	44g	36g

우선, 질량보존은 크게 두가지 관점으로 바라보면 된다.

첫째, 반응전 전체 질량(32g+64g)와 반응후 전체 질량(16g+44g+36g)이 같다는 것이다.

둘째, 반응하는 과정에서의 감소하는 반응물의 질량(16g+64g)과 증가하는 생성물의 질량(44g+36g)이 같다는 것이다.

Tip

질량 보존을 바라보는 첫 번째 관점을 문제에서 자주 주어지는 밀도 자료와 엮어서 해석의 방향을 제시해 보겠습니다. 수험생 여러분들도 알다시피 밀도$=\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$에 해당합니다. 또한 질량 보존 법칙에 의하여 반응 전과 후의 질량은 동일합니다. 이를 통해 반응 전과 후의 밀도비와 반응 전과 후의 부피비는 반비례한다는 사실을 도출할 수 있습니다. 간단한 예시를 덧붙여 설명을 구체화하겠습니다. 예를 들어 반응 전의 밀도가 $3d$, 반응 후의 밀도 $4d$인 화학 반응 실험이 존재한다고 합시다. 위 실험에서 반응 전과 후의 밀도비는 3:4에 해당합니다. 저희가 앞에서 알게 된 새로운 사실을 적용하여 위 실험을 부피적으로 해석하여 보면, 반응 전과 후의 밀도비와 반응 전과 후의 부피비는 반비례하기 때문에 반응 전과 후의 부피비는 4:3임을 도출할 수 있습니다. 만약 문제에서 반응 전과 후의 밀도가 등장하면, 이를 반대로 뒤집어서 부피의 비율을 구할 수 있다는 사실도 기억하고 있으면 좋겠습니다.

2. 한계 반응물 해석

화학 반응에서 다른 반응물들보다 먼저 전부 소비되는 반응물을 한계 반응물이라고 부른다. 한계 반응물이 결국 생성물의 양을 결정하기 때문에 양론에서 해석해야 하는 중요한 자료이다. 한계 반응물을 찾는 팁으로

한계반응물은 $\dfrac{\text{몰 수}}{\text{화학 반응 계수}}$가 가장 작은 반응물이다.

예를 들어 보자. $2A+B \rightarrow 2C$라는 반응이 있다고 가정하고 기체 A는 10mol, 기체 B는 4mol 이 있다고 가정해 보자. 기체 A의 $\dfrac{\text{몰 수}}{\text{화학 반응 계수}}$는 $\dfrac{10}{2}=5$ 이고, 기체 B의 $\dfrac{\text{몰 수}}{\text{화학 반응 계수}}$는 $\dfrac{4}{1}=4$이므로 더 작은 B가 한계 반응물이 된다. B가 한계 반응물이기에 B가 4mol 반응할 때 A와 C는 8mol 이 각각 반응하고 생성됨을 통하여 양적관계식을 구할 수 있다.

또한 한계 반응물이 주된 논리로 사용되는 이유는 한계 반응물이 바뀔 때 1,2에서 계속해서 이야기했던 변화량의 비례가 깨지기 때문이다. 아래의 예시를 통해 확인해보겠다.

$N_2(g)+3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ 의 반응에서 N_2 5mol이 있고 H_2의 양을 조금씩 늘려준다고 가정해 보자.

N_2 초기 몰수	H_2 초기 몰수	생성되는 NH_3몰수	반응전 물질의 몰수 합	반응후 물질의 몰수 합	몰수 변화량
5	3	2	8	6	-2
5	6	4	11	7	-4
5	9	6	14	8	-6
5	12	8	17	9	-8
5	15	10	20	10	-10
5	18	10	23	13	-10
5	21	10	26	16	-10

N_2 5mol 은 H_2가 15mol 이 되기 전까지 H_2가 한계 반응물이므로 H_2의 양에 비례하여 NH_3의 생성량과 반응전,후의 몰수 변화량이 결정된다.

하지만 H_2가 15mol 이 넘어가서 H_2가 더 이상 한계 반응물이 아니고, N_2가 한계 반응물이 되게 된다면 위에서 말한 비례가 성립하지 않는다.

역으로, 비례관계가 성립하지 않는 지점을 찾아서 한계반응물을 역으로 추정할 수도 있다.

Tip

$\dfrac{\text{몰 수}}{\text{화학 반응 계수}}$의 비교를 통해 한계 반응물을 결정할 때, 반응 계수가 미지수라고 해서 비교 할 수 없는 것은 아니다. 반응 계수는 무조건 '자연수'이기 때문에 이를 이용하여 비교가 가능한 경우도 존재한다. 예를 들어 $aA(g)+B(g) \rightarrow 2C(g)$의 반응식이 존재하고, $A(g)$의 양과 $B(g)$의 양이 각각 1mol, 3mol 이라고 하자. 이때 $A(g)$와 $B(g)$의 $\dfrac{\text{몰 수}}{\text{화학 반응 계수}}$값을 비교해보면 $\dfrac{1}{a}<\dfrac{3}{1}$로 $A(g)$가 한계 반응물임을 알 수 있다.

3. 반응량에 대한 해석

화학 양론 문제를 풀어낼 때, 가장 중요한 자료 해석이라고 해도 과언이 아니다. 문제에서 두 가지 이상의 실험이 등장할 때, 앞으로 언급할 비례 관계를 이용하여 두 가지 이상의 실험들의 상호 간의 반응량의 비율을 구할 수 있다. 이 비율을 세 줄 풀이를 작성할 때 이용하게 되면 훨씬 더 빠르고 간결한 풀이가 가능해진다. 앞으로 두 가지의 비례 관계를 설명하고 이를 예제를 풀어봄으로써 사용 방법을 구체화 해볼 것이다.

첫째, 부피의 변화량은 반응량에 비례한다.

자작문항 예제

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.

$$2\mathrm{A}(g)+\mathrm{B}(g)\rightarrow 2\mathrm{C}(g)$$

표는 실린더에 A(g)와 B(g)의 몰수를 달리하여 넣고 반응을 완결시킨 실험 I, II에 대한 자료이다.

실험	넣어준 물질의 몰수(몰)		실린더 속 기체의 부피	
	A(g)	B(g)	반응 전	반응 후
I	4	x	5V	4V
II	y	4	10V	7V

$\frac{y}{x}$는? (단, 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

1) 위 반응에서 실험 I과 실험 II의 부피 변화량을 비교하여 보면 (5V−4V) : (10V−7V)로 부피 변화량은 실험 I과 실험 II이 1:3의 비율을 가지게 된다. 이를 통해 실험 I과 실험 II의 반응량의 비율 또한 1:3이라는 사실을 알 수 있다.

2) 한계 반응물을 찾아보자. 먼저 $\mathrm{A}(g)$가 한계 반응물이라고 가정해 보자.

〈실험I〉

$$\begin{array}{ccccc} 2\mathrm{A}(g) & + & \mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ 4 & & x & & 0 \\ -4 & & -2 & & +4 \\ \hline 0 & & x-2 & & 4 \end{array}$$

$\xrightarrow{3\text{배}}$

〈실험II〉

$$\begin{array}{ccccc} 2\mathrm{A}(g) & + & \mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ y & & 4 & & 0 \\ -12 & & -6 & & +12 \\ \hline 0 & & -2 & & 12 \\ & & \text{(모순)} & & \end{array}$$

반응량이 1:3이라는 사실을 이용하여 세 줄 식을 작성해보았을 때, 실험I에서 두 사이클을 돌았으므로 실험II에서는 여섯 사이클을 돌도록 세 줄 식을 작성해준다. 이와 같이 세 줄 식을 작성했을 경우 실험II에서 반응 후 $\mathrm{B}(g)$의 양이 음수가 나오는 모순이 발생한다. 따라서 한계 반응물은 $\mathrm{B}(g)$이고, 세 줄 식을 세우면 다음과 같다.

〈실험I〉

$$\begin{array}{ccccc} 2\mathrm{A}(g) & + & \mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ 4 & & x & & 0 \\ -2x & & -x & & +2x \\ \hline 4-2x & & 0 & & 2x \end{array}$$

실험 I에서 반응 전 후의 부피가 각각 5V와 4V로 5:4이므로 $(4+x)$: $(4-2x+2x)$ = 5:4이다. 따라서 $x=1$임을 구할 수 있다. 이를 통해 실험 I은 한 사이클을 돌았다는 사실을 알 수 있고, 실험 II은 이의 세배인 세 사이클을 돌아야 한다.

〈실험II〉

$$\begin{array}{ccccc} 2\mathrm{A}(g) & + & \mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ y & & 4 & & 0 \\ -6 & & -3 & & +6 \\ \hline y-6 & & 1 & & 6 \end{array}$$

실험 II에서 한계 반응물은 $\mathrm{A}(g)$이므로 $y-6=0$이어야 한다. 따라서 $y=6$임을 구할 수 있다.

3) $x=1$, $y=6$이므로 $\dfrac{y}{x}=6$이다.

둘째, 생성물의 양은 반응량에 비례한다. (단, 반응전에 이미 생성물이 존재하는 경우는 제외한다.)

자작문항 예제

다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.

$$\mathrm{A}(g) + b\mathrm{B}(g) \rightarrow 2\mathrm{C}(g) \ (b\text{는 반응계수})$$

표는 실린더에서 A(g)와 B(g)의 질량을 달리하여 반응을 완결시킨 실험 I, II에 대한 자료이다. 실험 II에서 B(g)는 모두 반응하였다.

실험	반응 전			반응 후	
	A의 질량(g)	B의 질량(g)	전체 기체의 부피(L)	C의 질량(g)	전체 기체의 부피(L)
I	42	y	xV	17	4V
II		6	10V	34	xV

$b \times \frac{y}{x}$는? (단, 기체의 온도와 압력은 일정하다.)

1) 위 반응에서 실험 Ⅰ과 실험 Ⅱ의 생성물의 양(C의 질량)을 비교하여 보면 실험 Ⅰ과 실험 Ⅱ의 반응량의 비율은 1:2라는 사실을 알 수 있다. 생성물의 양 뿐만 아니라 부피 변화량 또한 반응량과 비례하기 때문에 실험Ⅰ과 실험 Ⅱ의 반응량의 비율 또한 1:2라는 사실을 알 수 있다. 이를 이용하여 x값을 구해보면 $(x-4)$: $(10-x)$ = 1:2 이므로 x=6임을 구할 수 있다.

2) 실험 Ⅰ의 한계 반응물을 찾아보자. 우선 $\mathrm{A}(g)$가 한계 반응물이라고 가정해보자.

반응 전 $\mathrm{A}(g)$의 질량이 42g인데 생성된 $\mathrm{C}(g)$의 질량은 42g보다 작은 14g이므로 실험 Ⅰ에서는 $\mathrm{B}(g)$가 모두 반응하였다. 또한 문제에서 실험 Ⅱ의 한계 반응물이 $\mathrm{B}(g)$라고 하였고, 이를 질량 보존을 사용하며 세 줄 식을 작성하면 다음과 같다.

〈실험Ⅰ〉

$$\begin{array}{ccccc} \mathrm{A}(g) & + & b\,\mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ 42 & & \boxed{y} & & 0 \\ -14 & & \boxed{-3} & & +17 \\ \hline 28 & & \boxed{0} & & 17 \end{array}$$

$\xrightarrow{\frac{1}{2}\text{배}}$

〈실험Ⅱ〉

$$\begin{array}{ccccc} \mathrm{A}(g) & + & b\,\mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ & & 6 & & 0 \\ -28 & & -6 & & +34 \\ \hline & & 0 & & 34 \end{array}$$

(질량 보존)

실험 Ⅰ에서 $\mathrm{B}(g)$가 모두 반응하였으므로 y−3=0이다. 따라서 y=3임을 구할 수 있다.

주어진 부피를 이용하여 계수 b를 구해보자. 실험 Ⅰ에서 반응한 만큼을 한 사이클 돈 것으로 가정하고, 부피 세줄 식을 작성해보자.

〈실험Ⅰ〉

$$\begin{array}{ccccc} \mathrm{A}(g) & + & b\mathrm{B}(g) & \rightarrow & 2\mathrm{C}(g) \\ 3 & & b & & 0 \\ -1 & & -b & & +2 \\ \hline 2 & & 0 & & 2 \end{array}$$

실험 Ⅰ에서 반응 전과 반응 후의 부피가 6V와 4V로 비율은 3:2이다. 이를 이용하여 b값을 구해보면, (3+b) : (2+2) = 3:2 이므로 b의 값은 3이다.

3) $b=3$, $x=6$, $y=3$이므로 $b\times\frac{y}{x}=\frac{3}{2}$이다.

5. 반응 계수와 그래프 해석

■ **주입형** : 조금씩 계속해서 물질을 넣어주어 반응하는 경우

$aA(g)+bB(g) \rightarrow cC(g)$ 를 반응식으로 가지며, $A(g)$가 들어 있는 실린더에 $B(g)$를 넣는다고 가정하자. (반대의 상황의 경우 아래의 논리를 반대로 적용하면 된다.) (생성물이 두 개 이상인 경우에는 생성물들의 계수를 합친 값이 c에 해당한다고 생각하면 된다.)

(1) 반응 완결 이전의 상황

B가 한계 반응물인 지점까지는 B를 넣어주자마자 없어지므로 B는 기체의 양에 포함되지 않는다.
따라서 A와 C의 양으로만 기체의 양 변화를 생각해준다.

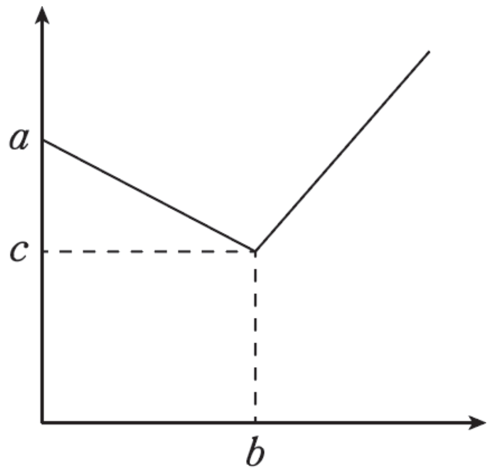
a＞c : 전체 기체의 양 & 기체의 부피가 감소한다.
a＝c : 전체 기체의 양 & 기체의 부피가 일정하다.
a＜c : 전체 기체의 양 & 기체의 부피가 증가한다.

* 간단하게 생각하면 $a > c$ 이면 많이 줄어들고 적게 생성되기 때문에 기체의 양이 감소한다고 생각하고 $a < c$이면 적게 줄어들고 많이 생성되므로 기체의 양이 증가된다고 생각하면 편하다.

(2) 반응 완결 이후의 상황

A가 한계 반응물이므로 B를 더 넣어줘도 반응은 더 이상 일어나지 않기 때문에 넣어주는 B는 그대로 남아서, 넣어준 B의 양만큼 기체의 양과 부피가 증가한다.

이를 통하여 〈주입형〉의 경우 그래프들의 기울기를 통하여 계수를 추론 가능하다.
아래의 그림을 참조하도록 하자.



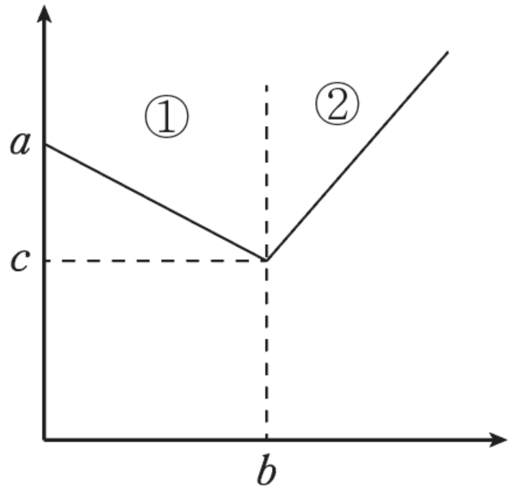
반응 완결전 그래프의 기울기 : $\frac{c-a}{b}$

반응 완결후 그래프의 기울기 : 1($\frac{b}{b}$) (반응하지 않으므로 넣어준 만큼 그대로 몰수가 증가한다.)

처음 부피 : 완결점의 부피 = $a : c$

Tip

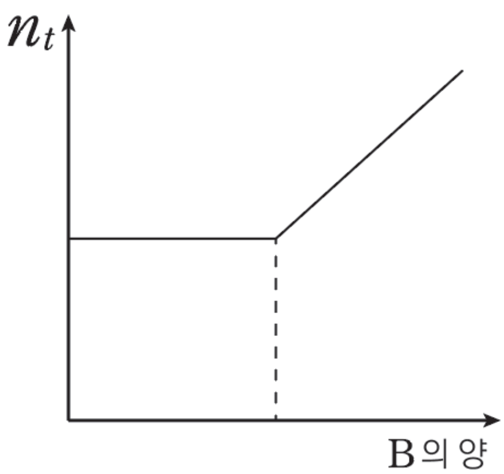
완결 이후의 기울기를 1이라고 가정하고, 둘 간의 상대적인 기울기를 비교하였을 때 완결 이후의 기울기를 $\frac{c-a}{b}$라고 잡은 후 반응계수를 구하는 방향으로 문제 푸는 것이 좋습니다. 또한 위의 그래프에서 표현한 바와 같이 처음 부피와 완결점의 부피가 a:c의 비율을 가진다는 사실 또한 문제에서 자주 사용되는 논리이니 꼭 적립하시고 가면 좋겠습니다.



반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기인 $c-a$ 가 음수이다. $c-a<0$이므로 $c<a$ 임을 알 수 있다.

반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기와 반응 완결후인 ② 지점에서의 기울기를 비교해 보자.

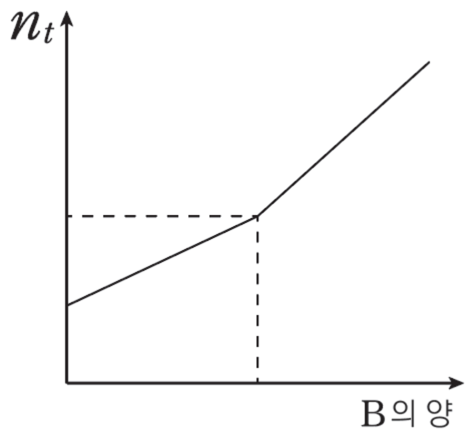
$c-a<b$ 이므로 $a+b>c$ 임을 알 수 있다.



반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기인 $c-a$ 가 0이다. $c-a=0$이므로 $a=c$ 임을 알 수 있다.

반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기와 반응 완결후인 ② 지점에서의 기울기를 비교해 보자.

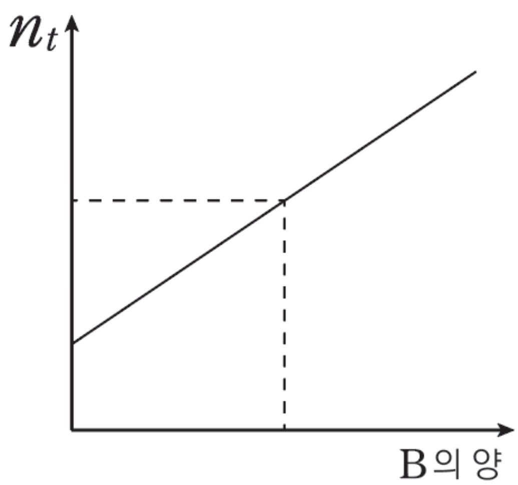
$0=c-a<b$ 이므로 $a+b>c$ 임을 알 수 있다.



반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기인 $c-a$ 가 양수이다. $c-a>0$이므로 $c>a$ 임을 알 수 있다.

반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기와 반응 완결후인 ② 지점에서의 기울기를 비교해 보자.

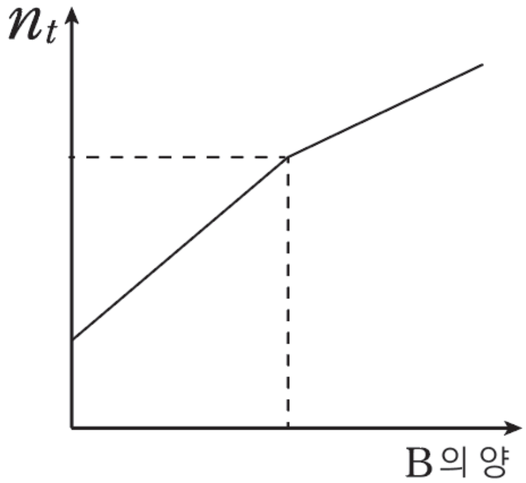
$c-a<b$ 이므로 $a+b>c$ 임을 알 수 있다.



반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기인 $c-a$ 가 양수이다. $c-a>0$이므로 $c>a$ 임을 알 수 있다.

반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기와 반응 완결후인 ② 지점에서의 기울기를 비교해 보자.

$c-a=b$ 이므로 $a+b=c$ 임을 알 수 있다.



반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기인 $c-a$ 가 양수이다. $c-a>0$이므로 $c>a$ 임을 알 수 있다.

반응 완결전인 ① 지점에서의 기울기와 반응 완결후인 ② 지점에서의 기울기를 비교해 보자.

$c-a>b$ 이므로 $a+b<c$ 임을 알 수 있다.

■ **혼합형** : 한꺼번에 부워서 반응하는 경우

$aA(g)+bB(g)\rightarrow cC(g)$

a+b〉c : 전체 기제의 양 & 기체의 부피가 감소한다.
a+b=c : 전체 기체의 양 & 기체의 부피가 일정하다.
a+b〈c : 전체 기체의 양 & 기체의 부피가 증가한다.

반응물과 생성물이 모두 기체일 경우 계수의 비교에 따라서 밀도의 변화를 알 수 있다. 예를 들어 a+b〈c 인 경우에 전체 기체의 양 & 기체의 부피가 증가하면 질량은 반응 중에 일정하기 때문에 밀도는 자연스레 감소한다는 논리로 연결 시킬 수 있다.

Tip

반응계수 논리에 대해 기출을 기준으로 이야기하자면 실제로 $aA+bB\rightarrow cC(c<3)$ 인 경우 반응계수는 자연수라는 조건에 의거하여 $c=1\,or\,c=2$ 이며, 둘을 실제 대입하여 해봄으로써 한 가지 경우에 모순이 나오는 논리로 계수를 결정하라는 문제가 출제된 적이 있다. 하지만 $c=1\,or\,c=2$과 같이 둘 중 하나를 고르는 문제가 아니라 그 이상의 경우의 수를 직접 해봐야하는 문제는 출제 되지 않았으므로 경우의 수가 3가지 이상 나오는 경우에는 내가 문제를 풀면서 놓친 조건이 있나를 다시 한번 돌아보시는걸 추천드립니다.

☞ 자주 출제 되는 표현들

※ 홀전자수

1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족	18족
1	0	1	2	3	2	1	0

※ 전자가 들어 있는 오비탈 수

	1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족	18족
2주기	2	2	3	4	5	5	5	5
3주기	6	6	7	8	9	9	9	9

※ $\dfrac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}$

	1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족	18족
2주기	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{4}$
3주기	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{11}{6}$	$\frac{12}{6}$

$\dfrac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}=1$: 산소(O), 마그네슘(Mg)

$\dfrac{p \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}{s \text{ 오비탈에 들어 있는 전자 수}}=1.5$: 네온(Ne), 인(P)

※ $\dfrac{\text{전자가 들어 있는 } p\text{오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s\text{오비탈 수}}$

	1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족	18족
2주기	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$
3주기	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{3}$

$\dfrac{\text{전자가 들어 있는 } p\text{오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s\text{오비탈 수}}=1$: C Na Mg

$\dfrac{\text{전자가 들어 있는 } p\text{오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s\text{오비탈 수}}=1.5$: N O F Ne K Ca

☞ 자주 출제 되는 표현들

※ 전자가 모두 채워진 오비탈수 (=전자쌍이 들어 있는 오비탈 수)

	1족	2족	13족	14족	15족	16족	17족	18족
2주기	1	2	2	2	2	3	4	5
3주기	5	6	6	6	6	7	8	9

Caution

위에서 보이듯이 오비탈수, 오비탈에 들어 있는 전자수, 오비탈에 들어있는 전자쌍 수 등 비슷해 보이는 표현들이지만 각각 의미하는 것이 다르므로 표현들을 유의하여 파악해야합니다.

※ 양자수 관련 표현

$n+l=2$: $2s$

$n+l=3$: $2p$, $3s$

$n+l=4$: $3p$, $4s$

Routine

최근에 출제되는 오비탈 관련 준킬러 유형에서는 몇가지 조건들을 통하여 오비탈의 양자수를 추론하는 형태의 문제가 자주 출제되는데, 저는 개인적으로 해당 유형의 문제풀이를 할 때 정보들을 구하며 오비탈 정보를 나열할 때 / 를 사용하는 편입니다. $\mathrm{n}/\mathrm{p}/m_l/m_s$ 순으로 네가지 항목들을 순서대로 배열하게 되면 문제에서 $n+l$, $n-l$등 양자수를 이용한 자료들을 출제할 때 가시적으로 대응할 수 있기 때문입니다. 이 부분은 여러분들만의 방법이 있으시다면 자유롭게 선택하시길 바랍니다. (제 경험상 $\mathrm{n}/\mathrm{p}/m_l$ 만을 요구하는 문제가 대다수였으므로 m_s가 문제풀이에 필요 없을 경우에는 $\mathrm{n}/\mathrm{p}/m_l$ 까지만 배열하기도 합니다.)

아래의 표들을 보며 눈에 익혀 두도록하면 문제풀이에서의 감각을 끌어올릴 수 있을 것이다.

2주기	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
원자번호	3	4	5	6	7	8	9	10
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
s오비탈 전자 수	3	4	4	4	4	4	4	4
p오비탈 전자 수	0	0	1	2	3	4	5	6
오비탈 수	2	2	3	4	5	5	5	5
s오비탈 수	2	2	2	2	2	2	2	2
p오비탈 수	0	0	1	2	3	3	3	3

3주기	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
원자번호	11	12	13	14	15	16	17	18
홀전자 수	1	0	1	2	3	2	1	0
s오비탈 전자 수	5	6	6	6	6	6	6	6
p오비탈 전자 수	6	6	7	8	9	10	11	12
오비탈 수	6	6	7	8	9	9	9	9
s오비탈 수	3	3	3	3	3	3	3	3
p오비탈 수	3	3	4	5	6	6	6	6

Caution

그리고 우려되는 점이 있어서 마지막으로 제안을 드립니다. 여러분들이 치게 되는 모의고사, 6,9월 평가원 및 수능에서 위에 소개했던 '자주 출제되는 표현들' 이 출제될 수도 있습니다만, 반대로 한번도 출제 되지 않는 '새로운 표현'들이 출제될 가능성도 충분히 높습니다. 그러니 '새로운 표현'들이 출제되었다면 당황하지 마시고 제발 **직접 써서** 문제에 제시된 자료들을 해석하시길 바랍니다. 유독 이 단원에서 몇몇 학생들이 오만하게 '나는 머리로 풀 수 있어' 하고 자료들을 머리 속으로만 떠올리는 학생들이 있는데, 물론 머리로만 풀수도 있겠지만, 위험요소들을 최대한 없애고 정확하게 풀기 위해서는 조금 시간이 걸리더라도 '시간을 버린다'고 생각하지 말고 '시간을 투자한다' 라고 생각하며 직접 써서 자료를 해석하시길 부탁드립니다. (물론, 자주 보셔서 익숙한 자료들은 머릿속으로만 푸시든, 써서 푸시든 취사선택 하시면 됩니다.)

12 20학년도 수능 14번

정답 : $\frac{14}{3}$

(가)와 (나)의 단위 부피당 전체 원자 수가 각각 x, y이므로 전체 원자 수는 각각 x, $1.4y$이다.

(가)에서 A_4B_8의 분자 수는 $\frac{x}{12}$이므로 (나)에서 혼합 기체의 분자 수를 z라고 할 때 일정한 온도와 압력에서 기체의 분자 수는 기체의 부피에 비례하므로 $1:1.4=\frac{x}{12}:z$ 이다. $z=\frac{7x}{60}$이다.

따라서 (나)에서 A_nB_{2n}의 분자수는 $\frac{2x}{60}$이다. A_4B_8의 분자량을 a, A_nB_{2n}의 분자량을 b라고 할 때, A_4B_8와 A_nB_{2n}은 실험식이 같으므로 분자량 비는 분자량 A 원자 수에 비례하므로 $4:n=4:5$ 이고, $n=5$이다. (나)에서 A_4B_8의 분자 수는 $\frac{x}{12}$, A_5B_{10}의 분자수는 $\frac{2x}{60}$이므로 전체 원자수는

$x+\frac{2x}{60}\times 15=\frac{3}{2}x=1.4y$이므로 $\frac{x}{y}=\frac{14}{15}$이다. 따라서 $n\times\frac{x}{y}=5\times\frac{14}{15}=\frac{14}{3}$이다.

☞ 최적화 풀이

이 단원 문제를 풀다보면 위의 문제와 같이 실험식이 동일한 경우가 종종 등장한다. 실험식이 동일한 경우에는 서로 다른 물질이 섞여 있다고 해도 전체 원자수와 질량이 비례한다. 이를 이용한다면 위 문제의 계산이 기하급수적으로 간단해진다. 분자량 비교를 통해 n의 값이 5라는 사실을 구하는 방법까지는 동일하다.

(가)와 (나)의 질량은 각각 $2w$와 $3w$로 비율은 2:3이다. (가)와 (나)에 존재하는 물질은 모두 실험식이 동일하므로 (가)와 (나)의 전체 원자수 비율 또한 2:3이 된다. 이를 (가)와 (나)의 부피인 1L와 1.4L로 나눠주게 되면 단위 부피당 전체 원자수 값이 x와 y의 비율을 알 수 있다.

이를 이용하여 답을 구하면 $\dfrac{\frac{2}{1}}{\frac{3}{1.4}}\times 5=\frac{14}{3}$이다.

이 문제를 통해 실험식이 동일한 경우 전체 원자수는 질량에 비례한다는 사실을 적립했으면 좋겠다.

06 21학년도 4월 20번

정답 : 4

㉠이 C라고 가정해보자, 완결점에서 C가 k mol 만큼 생성되었다면,

$\frac{\text{㉠의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{k}{k+kd} = \frac{2}{3}$ 가 되고 k를 나누어 계산해보면 $d = \frac{1}{2}$이 나오므로 모순이 발생한다.

따라서 ㉠은 D이다. $\frac{\text{㉠의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{dk}{k+dk} = \frac{2}{3}$ 를 구하면 $d=2$ 임을 구할 수 있다.

B를 $4w$ 넣었을 때 C가 n 생성된다 가정하면 반응에 대한 해석은 다음과 같다.
〈$4w$ 첨가 상황 – 완결전〉

$A(g) + bB(g) \rightarrow C(g) + 2D(g)$

$3n$	bn	0	0
$-n$	$-bn$	$+n$	$+2n$
$2n$	0	n	$2n$

위에서 A $3w$ 는 $3n$mol 이며, B $4w$는 bnmol 임을 알 수 있다.

〈$24w$ 첨가 상황 – 완결후〉

$A(g) + bB(g) \rightarrow C(g) + 2D(g)$

$3n$	$6bn$	0	0
$-3n$	$-3bn$	$+3n$	$+6n$
0	$6n$	$3n$	$6n$

따라서 $3bn = 6n$이므로 $b=2$ 이다.

$b \times \frac{\text{B 분자량}}{\text{A 분자량}} = 2 \times \frac{2}{1} = 4$ 이다.

* 마지막에 분자량을 분모, 분자에 배치하여 답을 계산하게 하는 경우에는 출제자가 정확한 분자량은 구할 수 없고 분자량들 간의 '비율'을 구하여 상수 값이 나오도록 설정한다.

☞ 최적화 풀이

㉠은 D라는 사실과 $d=2$라는 사실을 구하는 과정까지는 동일하게 풀이한다.

현재 문제에서 정보가 주어진 두 지점은 넣어준 B의 질량이 $4w$일때와 $24w$일 때이다.
우리가 문제를 통해 구해야 할 것은 A의 분자량과 B의 분자량의 실제값이 아닌 두 값간의 상댓값, 즉 비율이다. 따라서 우리가 한 지점을 임의의 실제값으로 잡게 되더라도 문제의 해답을 구하는데 전혀 지장이 없다.

두 지점 모두 $\dfrac{\text{㉠의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$의 값이 $\dfrac{2}{5}$이기 때문에 (A또는 B의양) : (C의 양) : (D의 양)의 비율이 2:1:2로 존재한다. 두 지점 중 넣어준 B의 양이 24w 인 지점에서의 물질의 양들을 위 비율을 만족하는 가장 간단한 임의의 실제값인 2mol, 1mol, 2mol로 설정한다.
이후에 넣어준 B의 양이 4w인 지점의 물질의 양을 2$k$mol, $k$mol, 2$k$mol로 설정함으로서
이 두 지점 간의 상대적인 비율인 k값을 구하는 것이 문제 해결의 keypoint이다.

<실험 II>

$\mathrm{A}(g)$ +	$b\mathrm{B}(g)$ →	$\mathrm{C}(g)$ +	$2\mathrm{D}(g)$	
$3k$		0	0	
$-k$		$+k$	$+2k$	(계수비 1:1:2)
$2k$		k	$2k$	

세줄 식 작성을 통해 처음 들어있던 A의 양이 3$k$mol이라는 사실을 알 수 있다. 이를 통해 넣어준 B의 양이 4w인 지점은 완결 지점까지의 전체 반응 중 $\dfrac{1}{3}$이 반응 한 지점이라는 사실을 알 수 있다.

따라서 완결 지점에서 넣어준 B의 양은 12w이고, k값은 $\dfrac{1}{3}$이라는 사실을 알 수 있다.

넣어준 B의 양이 24w인 지점에서 남아있는 B의 양은 12w인데 이 12w에 해당하는 몰수가 2mol이다. (문제 시작할 때 2mol로 설정) 또한 k가 $\dfrac{1}{3}$임을 통해 처음 들어있던 A의 양이 1mol이라는 사실도 알 수 있다. 넣어준 B의 양이 24w인 지점에서 남아있는 B의 양 뿐만 아니라,
완결 지점까지 넣어준 B의 양도 12w로 2mol이다. 반응하는 A와 B의 몰수비가 1:2이므로
b는 2라는 사실을 알 수 있다. 또한 A와 B의 분자량의 비율을 구하면 $\dfrac{3w}{1}:\dfrac{12w}{2}=1:2$이다.

따라서 답은 $2\times\dfrac{2}{1}=4$이다.

〈실험 Ⅰ〉 (질량)

$$2A(g)+B(g)\rightarrow cC(g)$$

$4w$	$6w$	0
$-4w$	$-w$	$5w$
0	$5w$	$5w$

wnM 표를 작성하면

w 4 : 1 : 5

n 2 : 1 : c

M 2 : 1 : $\frac{5}{c}$ 인데 A,C의 분자량 비가 $4:5$라고 하였으므로 $c=2$이다.

$\frac{V_2}{V_1}=\frac{\frac{1}{4}+2}{\frac{5}{2}+1}$ = $\frac{9}{14}$ 이다. 따라서 $c\times\frac{V_2}{V_1}=\frac{9}{7}$이다.

* 문제에서 구해야하는 값이 $\frac{V_2}{V_1}$, 즉 어짜피 부피의 비율이므로 이와 비례하는 몰수 또한 가장 편리한 임의의 실제값으로 설정해도 전혀 지장이 없다. 따라서 실험 II에 $\frac{\text{C의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}}$을 만족하는 값을 A nmol, B 8nmol이 아닌 A 1mol, B 8mol로 설정해도 전혀 지장이 없고 오히려 계산이 편리함을 알 수 있다.

11 20학년도 7월 20번

정답 : $\frac{1}{2}$

반응 후 전체 기체의 부피(상댓값) 자료를 살펴보면 자료의 변화값들이 $B\ wg$ 당 -6, -2, $+2$으로 각자 다른 3가지 값이 나오므로 반응종결 지점은 w와 $2w$ 사이의 지점임을 알 수 있다.

반응 종결 지점 이후에는 넣어준 B의 양만큼 전체 물질의 양이 증가한다. 따라서 $B\ wg$을 넣어줄 때 해당하는 2(상댓값) 만큼 자료가 증가함을 알 수 있다.

(나) 과정에서 반응물 B를 wg 넣은 상황을 생각해보자. 전체 기체 21 에다가 B 2를 추가해서 총 23 이 있는데 반응을 통해 15 가 되었으므로 8만큼이 감소 하였음을 알 수 있다.
그럼 결론적으로 B 2 반응할 때 전체 부피가 8감소한다고 생각할 수 있으며, 후에 반응식의 계수를 살펴 보면 B는 1 과 A a가 반응해서 C 2가 생기므로 $a+1-2=4$ 임을 알 수 있고,
따라서 $a=5$ 이다.
(B 2만큼 반응 기준으로 -8이므로 B 1만큼 반응 할때는 비례해서 -4 변화한다.)
이제 반응식들을 살펴 보자.

〈실험 (가)〉

$$\begin{array}{ccc} 5A(g) & + B(g) \rightarrow & 2C(g) \\ m & n & 0 \\ -5n & -n & +2n \\ \hline m-5n & 0 & 2n \end{array}$$

〈실험 (나) wg〉

$$\begin{array}{ccc} 5A(g) & + \quad B(g) \quad \rightarrow & 2C(g) \\ m-5n & 2 & 2n \\ -10 & -2 & +4 \\ \hline m-5n-10 & 0 & 2n+4 \end{array}$$

* (나)의 반응식을 적을 때 (가)에서 생성된 C의 양을 고려하지 않는 실수를 자주 하는 경우가 많으므로 유의하도록 하자!! 이어지는 화학반응에서는 앞의 반응의 남은 물질들을 반드시 염두해두어라!!

〈실험 (나) $2w$g〉

$$\begin{array}{ccc} 5A(g) & + \quad B(g) \quad \rightarrow & 2C(g) \\ m-5n & 4 & 2n \\ -(m-5n) & -\dfrac{(m-5n)}{5} & +\dfrac{2(m-5n)}{5} \\ \hline 0 & 4-\dfrac{(m-5n)}{5} & 2n+\dfrac{2(m-5n)}{5} \end{array}$$

반응 후 남은 기체의 부피비를 계산하면 $m-3n=21$, $m+5n=45$ 두식이 나오고 이를 연립하면 $n=3$, $m=30$ 임을 구할 수 있다.

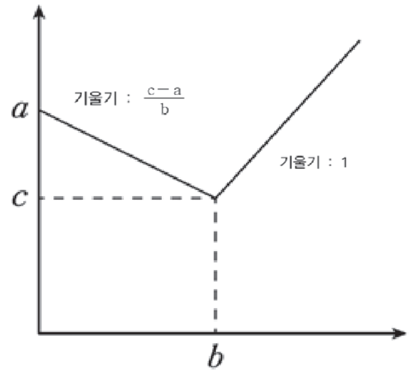
$a\times\dfrac{n}{m}=5\times\dfrac{3}{30}=\dfrac{1}{2}$ 이다.

☞ 최적화 풀이

주입형 문제에서 자료가 표로 등장하고 있어도 이를 우리에게 더욱 익숙한 주입형 그래프에 대응시켜 생각하는 것이 편할 때가 많다. 주입형 그래프 유형에서 문제 풀이 시작의 순서를 대략적으로 짚어보면, 다음과 같다.

반응식이 $aA(g)+bB(g)\rightarrow cC(g)$일 때,

1) 완결점의 위치를 생각해보자
2) 완결 이후의 기울기를 1이라고 가정하자
3) 이때 완결 이전의 기울기가 $\dfrac{c-a}{b}$임을 이용해 반응 계수를 구한다.
4) 처음 부피와 완결점의 부피비가 $a:c$임을 이용해 마무리하자.



이를 이용해 문제 풀이를 진행해보겠다.
먼저 그래프를 그려 관찰해보면, 완결점은 넣어준 B의 질량이 w일 때와 $2w$일 때 사이에 존재하는 것을 알 수 있다. 따라서 넣어준 B의 질량이 $2w$일 때와 $3w$일 때 사이는 완결 이후라는 사실을 알 수 있다. 완결 이후에는 넣어준 B의 질량 w당 부피의 상댓값은 2만큼 증가한다. 이를 기울기 1이라고 가정하면 완결 이전에는 넣어준 B의 질량 w당 부피의 상댓값은 6만큼 감소하기 때문에 이때의 기울기는 −3이라는 사실을 알 수 있다. 이를 기울기 공식에 대입하여 반응계수를 구하면, $\frac{2-a}{1}$=−3이므로 a의 값은 5임을 빠르게 알 수 있다. 또한 기울기가 −3인 완결 이전 직선과 기울기가 1인 완결 이후 직선의 교점이 완결점이 될 것이기 때문에 그래프를 그려보면, 넣어준 B의 질량이 $\frac{3}{2}w$인 지점이 완결점이 되고 이때의 부피의 상댓값은 12라는 사실을 알 수 있다.

반응 계수를 구한 이후에는 처음 부피와 완결점의 부피의 비율이 5:2라는 사실을 이용해야한다. 다만 여기서 중요한 것은 문제에서 등장한 표는 전체 반응이 아니라 B nmol 먼저 넣은 후에 진행한 반응들의 부피를 표현한 사실이라는 것이다. 따라서 (B nmol을 넣기 전의 전체의 부피):(완결점의 부피) = 5:2라는 점을 주의하며 문제를 풀어야 한다. 위 비례식을 풀게 되면 완결점의 부피의 상댓값은 12이므로 B nmol을 넣기 전의 전체의 부피의 상댓값은 30이라는 사실을 알 수 있다. 또한 B nmol을 넣은 후의 부피의 상댓값은 21이므로 이때는 전체 반응의 $\frac{1}{2}$지점이라는 사실을 알 수 있다.

문제에서 구해야하는 값은 $\frac{n}{m}$, 즉 어짜피 몰수의 비율이므로 문제 상황에 맞는 임의의 실제값을 설정해도 전혀 지장이 없다. 반응식을 관찰해보면 A가 5mol 반응에 참여할 때, B는 1mol 반응에 참여하게 된다. 이때 처음 A의 몰수인 mmol을 문제 상황에 맞는 임의의 실제값인 5mol이라고 가정해보자, B를 nmol 넣은 지점은 전체 반응의 $\frac{1}{2}$지점이므로 nmol은 $\frac{1}{2}$mol이라고 설정할 수 있다.

$$a\times\frac{n}{m}=5\times\frac{\frac{1}{2}}{5}=\frac{1}{2}$$

12 21학년도 6월 19번

정답 : $\frac{5}{2}$

화학 반응식에서 A와 C의 반응 계수가 같으므로 반응한 A의 양만큼 C가 생성된다. 따라서 A VL가 들어 있는 실린더에 B를 넣어 반응시킬 때 반응이 완결되는 지점까지 전체 기체의 부피는 VL로 일정하다. A가 모두 반응할 때까지 전체 기체의 부피는 일정하지만 전체 기체의 질량은 증가하므로 전체 기체의 밀도는 증가하며 A가 모두 반응한 후 전체 기체의 밀도는 감소하므로 전체 기체의 밀도가 x일 때 A는 모두 반응하였음을 알 수 있다.

반응 초기 A VL 의 질량을 yg 이라고 할 대 $\frac{y}{\mathrm{V}}:\frac{w+y}{2.5\mathrm{V}}=1:0.8$이므로 $y=w$이다.

분자량은 A가 B의 2배이므로 A의 분자량을 $2M$, B의 분자량을 M이라고 할 때 A wg과 B wg 의 양은 각각 $\frac{w}{2M}$mol, $\frac{w}{M}$mol이다. A(g) $\frac{w}{2M}$ mol을 n mol 이라고 가정하면 B(g) $\frac{w}{M}$ mol 은 $2n$ mol이므로, B(g) wg을 넣었을 때까지의 반응을 양적 관계로 나타내면 다음과 같다.

(몰수)

$$\mathrm{aA(g)+B(g)\rightarrow cC(g)}$$

aA(g)	B(g)	cC(g)
n	$2n$	0
$-n$	$-\frac{n}{a}$	$+n$
0	$2n-\frac{n}{a}$	$+n$

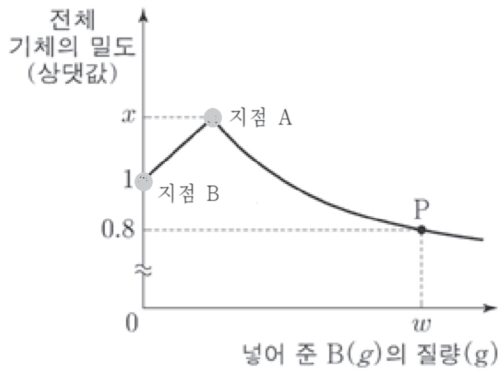
기체의 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양에 비례하므로 B(g)의 질량이 0일 때와 wg 일 때의 몰비는 $n:2n-\frac{n}{a}+n=V:2.5V$ 임을 통하여 $a=2$임을 알 수 있다.

또한 전체 기체의 밀도(상댓값)가 x일 때(그림에서 반응이 완결된 지점) 반응한 B(g)의 양은 $\frac{n}{2}$mol이므로 반응한 A와 B의 질량은 각각 wg , $\frac{w}{4}$g 이고 생성된 C의 질량은 $\frac{5w}{4}$g 이다.

따라서 반응이 완결된 때까지 기체의 부피는 일정하므로 밀도 비는 전체 기체의 질량비와 같고 $w:\frac{5w}{4}=1:x$이므로 $x=\frac{5}{4}$이다. 따라서 $a=2$, $x=\frac{5}{4}$이므로 $a\times x=\frac{5}{2}$ 이다.

☞ **최적화 풀이**

앞의 개념에서 언급한 평균 화학식량이 평균 밀도와 비례한다는 사실을 이용하여 내분으로 이 문제를 해결해 보도록 하겠다. 가장 먼저 문제에서 등장한 그래프를 관찰해보자.



위의 그래프에서 지점 A는 오직 C(g)만이 존재하고, 지점 B는 오직 A(g)만이 존재한다는 사실을 알 수 있다. 앞서 개념에서 밀도와 화학식량이 비례한다는 사실을 언급한 바 있다. 따라서 지점 A의 와 지점 B의 밀도값인 x와 1을 각각 C(g)과 A(g)의 화학식량으로 표현할 수 있다. 그리고 문제 조건에서 분자량이 A(g)가 B(g)의 2배라고 했기 때문에, B(g)의 화학식량을 0.5로 표현할 수 있다.

이제 반응식을 관찰해보자. 반응식을 보면 A(g)와 C(g)의 반응계수가 동일하기 때문에 반응 시작점부터 완결점까지 부피가 VL로 일정하다. 따라서 지점 A에 존재하는 C(g)의 부피는 VL라는 사실을 알 수 있다. 또한 지점 P의 부피가 2.5VL라고 하였으므로 지점 P에는 C(g)가 VL, B(g)가 1.5VL 존재한다는 사실을 알 수 있다. 이 정보를 바탕으로 내분을 이용하여 C(g)의 화학식량인 x값을 구해보도록 하자. 앞의 개념 tip에서 설명한대로 B(g)와 C(g)의 존재비율이 3:2이므로 이를 기준으로 내분하면 된다. 이를 이용해 내분 식을 작성하면 $\frac{0.5\times3+x\times2}{3+2}=0.8$가 된다.

이를 통해 x값은 1.25라는 사실을 알 수 있다. 이를 통해 구한 A(g), B(g), C(g)의 화학식량의 값을 반응식에 대입하여 질량보존을 사용하게 되면, $a\times1+0.5=a\times1.25$이므로
a값이 2라는 사실을 알 수 있다.

$a\times x=2\times1.25=2.5$