

2024학년도 수시 면접·구술고사

## 화학 기출

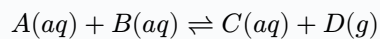
문항 · 채점 기준 · 예시 답안

한국과학기술원 (KAIST)

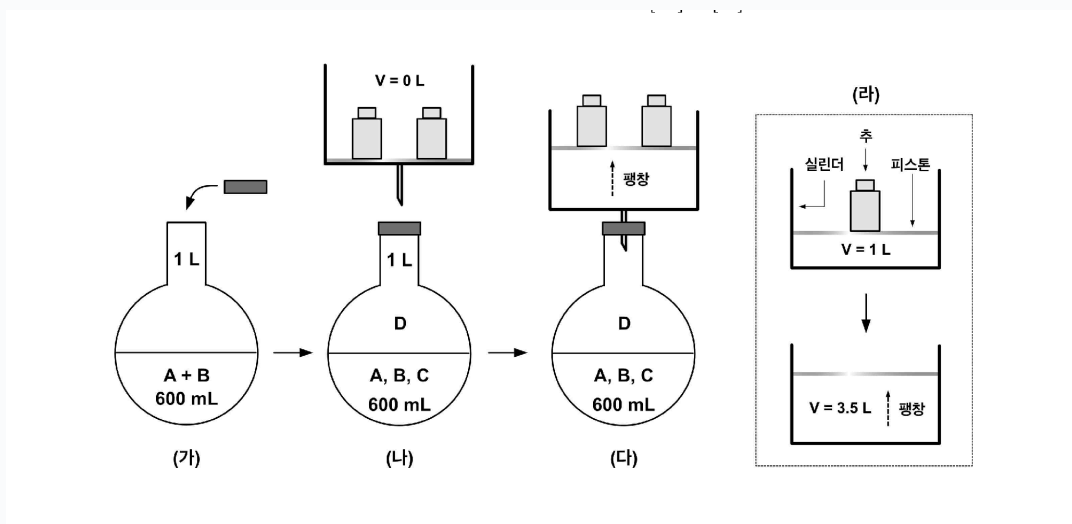
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 4] 문제 1. 화학 평형과 기체

문항 및 제시문

넓죽이는 1 기압, 300 K 대기 하에서 1 L의 용기에 반응물 A와 B가 포함된 용액을 넣고 밀폐시킨 뒤 충분한 시간 동안 격렬하게 섞어 아래 그림과 같은 화학 반응을 일으켰다. 이때 생성물로 용액에 녹는 C와 용액에 거의 녹지 않는 기체 D가 발생하였다. 기체 D의 용액에 대한 용해도는 무시할 만큼 낮지만, 용액의 표면에서 반응이 충분히 진행되어 빠르게 평형에 도달하였다. 해당 밀폐된 용기 내에서의 평형 상수는 아래와 같이 얻어졌고, 주어진 반응 이외의 다른 반응은 일어나지 않았다. 반응 전후의 용매의 부피 및 온도는 변함이 없었으며, 용매 및 A, B, C의 증발량은 무시할 수 있었다. 모든 기체는 이상 기체 방정식을 만족한다 가정하고, 기체 상수는 0.08 atm·L/(mol·K)로 근사한다.



$$K = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} = \frac{3}{2} \quad (300 \text{ K})$$



(1) 그림 (가)처럼,  $[A] = 1 \text{ M}$ ,  $[B] = 2 \text{ M}$ 이 포함된 600 mL의 용액을 채운 뒤 입구를 닫고 평형에 도달할 때까지 반응을 보내 그림 (나)에 도달했다. 이때 용기 내 기체의 총 압력을 구하시오. (3점)

(2) 그림 (나)의 평형에 도달한 반응 용기에 오른쪽 그림 (라)에 사용된 실린더와 추를 그림 (다)와 같이 연결하였다. 연결 전 실린더와 피스톤 사이의 초기 부피는 0 L였고, 이를 반응 용기에 연결하니 용기 내 기체가 피스톤을 그림과 같이 밀어냈다. 이때 반응의 평형이 어디로 이동할지 예측하고, 새로운 평형에 도달했을 때 실린더 내부 총 기체의 몰 농도를 구하시오. (연결관의 부피, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다) (2점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	농도로 정의된 평형 상수를 이용하여 평형에서 D의 압력을 찾고, 공기의 압력을 함께 고려하여 기체의 총 압력을 올바르게 계산하면 3점. 두 과정 중 하나를 빠뜨리거나 오류가 있는 경우 부분 점수 제공.	3점
(2)	정반응 쪽으로 평형이 이동함을 설명하고, 새로운 평형 상태에서 기체의 몰 농도를 올바르게 계산한 경우 2점. 평형 이동을 올바르게 설명하였으나 농도의 계산에 오류가 있는 경우 부분 점수 제공.	2점

## 예시 답안

### (1) (예시 답안 1)

반응식에서 생성물 C와 D는 같은 몰수가 생성된다. 하지만 존재하는 공간의 부피가 다르다. 기체가 존재할 수 있는 공간의 부피는 용액 부피의  $\frac{2}{3}$  배이다. 그래서 평형에 도달했을 때  $[C] = x$  M 라고 하면  $[D] = x$  M가 된다. 이를 주어진 평형 상수에 대입하면:

$$K = \frac{x \times x}{(1-x) \times (2-x)} = \frac{3}{2}, \quad x = 1 \text{ M}$$

이때  $[D] = 1$  M이며, 이상 기체 방정식에 대입하면:

$$P_D = [D] \times RT = 1 \times 0.08 \times 300 = 24 \text{ atm}$$

반응 용기를 밀폐시키는 시점에서 내부에 갇힌 공기의 압력  $P_{\text{공기}}$ 이 1 atm이므로, 총 압력은:

$$P_D + P_{\text{공기}} = 24 + 1 = 25 \text{ atm}$$

### (1) (예시 답안 2)

용액에서  $[A] = 1$  M,  $[B] = 2$  M이고 용액의 부피가 0.6 L이므로 A는 0.6 mol, B는 1.2 mol이 존재한다. 이들이 반응하여 평형 상태가 된다.

	A(aq)	+B(aq)	$\rightleftharpoons$ C(aq)	+D(g)
반응 전 (mol)	0.6	1.2	0	0
반응 (mol)	-x	-x	+x	+x
평형 (mol)	0.6 - x	1.2 - x	x	x

$$K = \frac{\frac{x}{0.6} \times \frac{x}{0.4}}{\frac{0.6-x}{0.6} \times \frac{1.2-x}{0.6}} = \frac{3}{2}, \quad x = 0.6 \text{ mol}$$

기체가 존재하는 공간의 부피는 0.4 L이므로 D의 압력은:

$$P_D = \frac{nRT}{V} = \frac{0.6 \times 0.08 \times 300}{0.4} = 36 \text{ atm}$$

그리고 뚜껑을 닫을 때 갇힌 공기도 해당 부피에서 1 atm만큼 존재한다. 따라서 총 압력은:

$$P_{\text{공기}} + P_D = 1 + 36 = 37 \text{ atm}$$

참고: 기체 공간 부피 계산에 따라 답이 달라질 수 있음. 예시 답안 1은 기체 공간 = 전체 부피 - 용액 부피 = 1 - 0.6 = 0.4 L로 동일하나 표기 방식이 다름.

### (2)

그림 (다)와 같이 연결하면 기체가 실린더로 확산하며 전체 부피가 증가한다. 이때 생성물 D의 몰 농도가 감소하므로, 정반응 쪽으로 평형 이동이 일어난다.

추 1개가 피스톤에 가하는 압력을  $X$  atm이라 할 때:

$$1 \times 3.5 = (1 + X) \times 1, \quad X = 2.5 \text{ atm}$$

따라서 반응 용기와 연결된 실린더에 가해지는 총 압력은:

$$P_{\text{대기}} + P_{\text{추}} = 1 + 2.5 \times 1 = 3.5 \text{ atm}$$

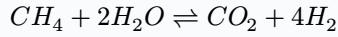
새로운 평형에서 압력이 3.5 atm이므로 이상 기체 방정식을 이용하면, 내부 기체의 몰 농도는:

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT} = \frac{3.5}{0.08 \times 300} = \frac{3.5}{24} \approx 0.146 \text{ M}$$

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 5] 문제 2. 수소 생성 반응과 에너지

문항 및 제시문

수소 기체는 현대 산업 전반에 걸쳐 차세대 에너지원으로써 각광받고 있다. 대량 생산되는 수소는 다음과 같은 수소 생성 반응을 통해 합성할 수 있다.



참고 자료 1. 결합 에너지 (단위: kJ/mol)

C-H	O-H	H-H	C=O	O=O
410	460	436	799	498

- (1) 산화되는 반응물과 환원되는 반응물을 각각 무엇인가? (1점)
- (2) 위에 주어진 결합 에너지를 활용해 위 반응식의 반응 엔탈피를 구하라. 수소 생산의 수득률을 높이려면 반응의 온도를 어떻게 변화시켜야 하는지 논하라. 단, 모든 온도에서 빠르게 평형에 도달한다고 가정한다. (1점)
- (3) 화합물에 저장된 결합 에너지는 화학반응을 통해 다른 형태의 에너지로 방출될 수 있다. 메테인을 반응물로 하여 수소 기체를 생산하고 생산된 수소 전부를 수소 연료 전지 반응에 투입해 에너지를 얻는 과정을 방법 A라고 하자. 메테인을 완전 연소시켜 에너지를 얻는 과정을 방법 B라고 하자. 총 에너지( $\Delta H$ )를 더 많이 발생시키는 방법은 무엇인가? 1 mol의 메테인을 반응물로 사용할 때, 어떤 방법이 몇 kJ의 에너지를 더 생성하는지 답하라. 단, 각 화학반응에서 열 손실은 없다고 가정한다. 반응물로 쓰이는 산소는 충분히 공급된다. (1점)
- (4) 위에 제시된 메테인을 활용한 수소 생산 반응의 문제점을 환경친화적 관점에서 논하라. 이를 극복할 수 있는 새로운 수소 생산법과 그 화학 반응식을 제시하라. (2점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	산화되는 반응물 $CH_4$ , 환원되는 반응물 $H_2O$ 를 모두 올바르게 제시한 경우 점수 부여.	1점
(2)	반응 엔탈피와 온도 변화를 모두 올바르게 제시한 경우에 점수 부여.	1점
(3)	방법 A와 B 모두 방출되는 에너지는 같아서 차이가 0 kJ/mol이라고 답한 경우 점수 부여.	1점
(4)	$CO_2$ 와 같은 온실가스가 생성되는 단점을 언급하고, 친환경적인 수소 생산 과정을 화학 반응식으로 바르게 표현한 경우 2점. 둘 중 하나만 올바르게 답변한 경우 부분 점수 부여.	2점

## 예시 답안

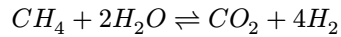
(1)

산화, 환원의 정의를 이용해 주어진 반응식에서 산화수의 변화를 확인한다.

- 산화되는 반응물:  $CH_4$  (탄소의 산화수:  $-4 \rightarrow +4$ , 증가)
- 환원되는 반응물:  $H_2O$  (수소의 산화수:  $+1 \rightarrow 0$ , 감소)

(2)

$$\Delta H = (\text{반응물의 결합 에너지 총합}) - (\text{생성물의 결합 에너지 총합})$$



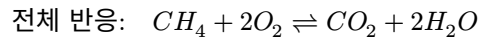
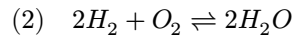
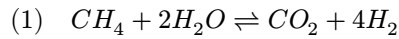
$$\Delta H = (410 \times 4 + 2 \times 460 \times 2) - (799 \times 2 + 4 \times 436) = 138 \text{ kJ/mol}$$

흡열 반응( $\Delta H > 0$ )이므로, 르 샤틀리에의 원리에 의해 수득률을 높이기 위해서는 온도를 높여야 한다.

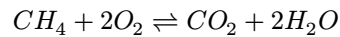
(3)

방법 A와 방법 B의 알짜 화학 반응식은 다음과 같이 동일하다.

방법 A:



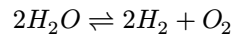
방법 B:



따라서, 헤스의 법칙에 의해 방출되는 엔탈피의 양은 방법 A와 방법 B가 같다. 방출되는 에너지의 차이는 없다 (0 kJ/mol).

(4)

메테인을 연료로 사용하면  $CO_2$ 의 형태로 탄소 부산물이 방출된다. 즉, 현 수소 생산법은 온실 가스 방출을 수반한다. 이를 극복하기 위해서는 탄소가 발생되지 않는 반응 물질을 활용할 수 있다. 대표적인 예는 물의 전기분해가 있다.



(다른 예시 답안)

