

2025학년도 수시 면접·구술고사

## 화학 기출

문항·채점 기준·예시 답안

한국과학기술원 (KAIST)

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 5] 문제 1. 반응속도와 촉매, 반감기

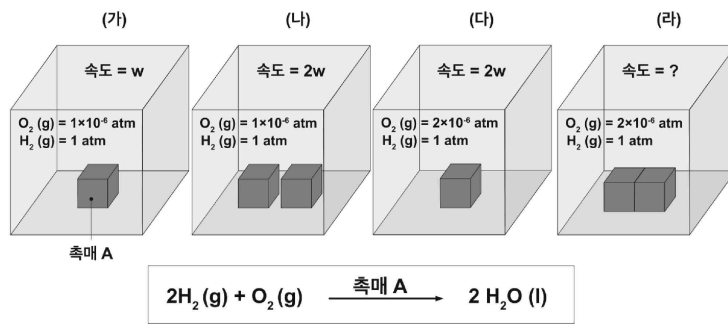
문항 및 제시문

그림 (가): 수소와 산소 기체를 반응시켜 물을 생성하는 고체 촉매 A가 있다. 온도와 부피가 일정하게 유지되는 상자 안에 정육면체의 촉매 A 한 개를 바닥에 두고 1 atm의 수소와  $1 \times 10^{-6}$  atm의 산소를 채운 뒤 초기 반응 속도를 측정하니  $w$ 였다.

그림 (나): 동일한 촉매 2개를 서로 닿지 않도록 상자 바닥에 두고 실험을 진행했을 때 초기 속도가  $2w$ 로 측정되었다.

그림 (다): 촉매 1개와 산소의 부분압력이  $2 \times 10^{-6}$  atm일 때 초기 속도가  $2w$ 로 측정되었다.

촉매 추가 과정에서 수소와 산소 기체의 압력 변화는 무시한다. 수소의 압력은 산소보다 훨씬 높아 반응 과정 중에 수소의 부분압력은 거의 변화하지 않는다. 반응이 진행되는 동안 온도 변화는 없다고 가정한다. 고체 표면이 서로 맞닿은 면에는 기체의 출입이 불가능하다고 가정한다. 촉매가 없을 때의 반응 속도는 무시할 만큼 작다.



(1) 그림 (라)처럼 촉매 2개의 옆면이 완전히 밀착되도록 나란히 두고  $2 \times 10^{-6}$  atm의 산소와 1 atm의 수소를 채웠을 때 초기 속도를 예측하시오. (2점)

(2) 실제 실험 과정에서 산소 농도의 반감기가 시간이 지남에 따라 길어지는 것이 관측되었다면, 해당 반응의 속도 및 촉매의 효율을 증가시킬 방법을 제시하시오. 수단과 방법을 가리지 마시오. (3점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	주어진 자료를 해석하여 초기 조건에 따른 반응 속도를 구할 수 있는가?	2점
(2)	1차 반응에서 반감기가 증가하는 실험 상황의 문제를 발견하고, 이를 해결할 창의적인 방안을 제안할 수 있는가? (현실성보다는 학생이 발견한 문제를 해결하는 방안을 논리적으로 설명하는 과정을 평가)	3점

## 예시 답안

(1) 주어진 자료 (가), (다)에서 수소 기체의 압력이 일정하여 반응 속도는 산소 기체의 압력에 대해서 1차 반응임을 알 수 있다. 또한 (가), (나)에서 반응물과 맞닿은 촉매의 표면적이 5면에서 10면으로 2배 증가하면 반응 속도도 2배 증가함을 알 수 있다. 따라서 (라)의 초기 조건을 (가)보다 기체의 압력을 2배, 표면적을 1.6배 증가시켰으므로 반응 속도는 3.2배 증가한다.

- 촉매 2개가 옆면이 완전히 밀착된 경우, 맞닿은 2면은 기체와 접촉 불가능하므로 노출 면수 =  $5 \times 2 - 2 = 8$ 면  
→ 표면적 비 =  $8/5 = 1.6$ 배
- 산소 압력이  $1 \times 10^{-6}$  atm에서  $2 \times 10^{-6}$  atm으로 2배 증가
- 초기 속도 =  $w \times 1.6 \times 2 = 3.2w$

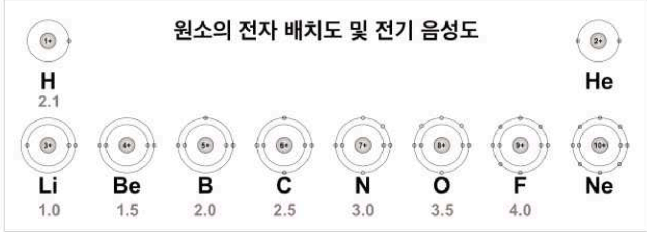
(2) 주어진 실험에서는 1차 반응의 반감기가 이론과 다르게 증가하므로, 실험이 진행되면서 초기 조건과 달라지는 이유를 찾고 해결방안을 제안해야 한다. 예를 들어, 생성된 물이 고체 촉매 표면 위에 쌓여 기체 반응물의 접근이 저해되고 반응 속도가 초기보다 느려질 수 있다. 따라서 고체 촉매의 표면적이 초기 조건으로 되돌릴 수 있도록 물을 촉매 표면에서 제거하는 전략이 필요하다.

1. 촉매 모양이 빨대나 원뿔과 같이 물이 흘러내릴 수 있게 만들거나 촉매 표면을 소수성 처리한다.
2. 촉매를 반응 중 회전시켜 물이 고이지 않게 한다.
3. 반응 상자 안에 건조제를 함께 두어 생성된 물을 흡수·제거한다.
4. 반응 온도를  $100^\circ\text{C}$  이상으로 높여 생성된 물이 기체 상태로 유지되게 한다.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 6] 문제 2. 탄소 화합물, 물, 전기음성도, 결합 에너지

문항 및 제시문

인간의 몸을 구성하고 있는 원소의 조성 비율은 개수 기준 대략 H:O:C:N = 66:25:10:1이다. 이 중 대부분의 수소와 산소는 체중의 60%를 차지하는 물 분자를 형성하고 있다. 원자량은 H = 1, O = 16, C = 12, N = 14이다. 아래에는 원소의 전자 배치도와 전기음성도, 원자간 평균 결합 에너지가 제시되어 있다.



표준 상태에서 원자 사이의 평균 결합 에너지 (kJ/mol)

H-H	436	C-C	348	F-H	565
F-F	159	C=C	611	C-H	412
O-O	146	C≡C	835	N-H	391
O=O	498	N-C	305	O-H	463

(1) 인간의 몸에서 물 분자를 제외한 나머지 구성 물질의 원자 개수 비를 구하시오.  $H_{66}O_{25}C_{10}N_1$ 의 화학식량은 600이고,  $H_2O$ 의 분자량은 18이다. (2점)

(2) 아래 주어진 원소의 전자 배치도, 전기음성도, 원자간 평균 결합 에너지 등을 고려하여 C, H, O, N이 생명체를 구성하고 생명 현상 유지에 유용하게 사용되는 이유를 세 가지 이상 논하시오. (3점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	주어진 자료로부터 각 원자의 비를 바르게 구하는가?	2점
(2)	주어진 전자배치도, 전기음성도, 결합에너지로 원소가 생체 분자 구성이나 분자간 상호 작용에서 유용함을 논리적으로 설명하는가?	3점

## 예시 답안

(1) 주어진 원자 개수비에 해당하는 화학식량  $H_{66}O_{25}C_{10}N_1$ 은 600이다. 계산의 편의를 위해 인간의 몸무게를 60 kg로 가정하면,

$$H_{66}O_{25}C_{10}N_1 \text{ 60 kg의 몰 수} = (60000 \text{ g}) / (600 \text{ g/mol}) = 100 \text{ mol}$$

인간 몸에 100 mol의  $H_{66}O_{25}C_{10}N_1$ 가 있다. 즉, H 원자 6600 mol, O 원자 2500 mol, C 원자 1000 mol, N 원자 100 mol이 존재한다.

몸무게의 60%가 물( $H_2O$ )이므로:  $60 \text{ kg} \times 60\% = 36 \text{ kg}$

$$(36000 \text{ g}) / (18 \text{ g/mol}) = 2000 \text{ mol } H_2O$$

즉, 4000 mol의 H 원자와 2000 mol의 O 원자는 물의 형태로 존재한다. 이들을 빼면 H 원자 2600 mol, O 원자 500 mol, C 원자 1000 mol, N 원자 100 mol이 존재하므로, 인간의 몸을 구성하고 있는 원자 수 비율은 H:O:C:N = 26:5:10:1이다.

(2) 생체 내에서 유용하게 사용되기 위해서는 분자 구조의 '다양성'과 '안정성'이 중요하고, 분자 간의 상호작용이 다채로워야 함을 설명한 경우 정답으로 인정한다.

예시 1) 전자 배치도를 고려하여 공유 결합의 개수 및 종류(단일 결합, 다중 결합)의 다양성을 이야기한 경우

- C는 4개의 원자가 전자를 가져 단일·이중·삼중 결합이 모두 가능하여 매우 다양한 분자 골격을 형성할 수 있다.
- N는 3개, O는 2개의 공유 결합을 형성하여 아미노기( $-NH_2$ )나 하이드록시기( $-OH$ ) 등 다양한 작용기를 만들 수 있다.

예시 2) 전기음성도 차이를 고려하여 수소 결합, 결합의 극성/무극성, 친수성/소수성, 산화/환원 반응 등 원소의 중요성을 이야기한 경우

- O, N의 높은 전기음성도(각 3.5, 3.0)와 H(2.1)의 차이로 수소 결합 형성이 가능하여 물의 응집력, DNA 이중 나선 유지, 단백질 접힘 구조 등 생명 현상에 필수적인 특성을 제공한다.
- 전기음성도 차이에 따른 결합 극성으로 분자의 친수성/소수성 구분, 이온-쌍극자 상호작용 등이 가능하다.

예시 3) 결합 에너지를 고려하여 분자의 안정성과 상호 전환 가능성을 이야기한 경우

- C-C 결합 에너지(348 kJ/mol)는 O-O 결합(146 kJ/mol)보다 훨씬 커서 탄소로는 긴 사슬 분자를 안정하게 만들 수 있지만 산소로는 긴 분자를 만들기 어렵다.
- C=O, C-H 등의 결합 에너지는 생체 화학 반응(대사, 산화/환원)에서 에너지를 적절히 저장하고 방출하기에 알맞은 범위이다.