

2026학년도 대학 신입학생 수시모집 일반전형 면접 및 구술고사

[화학]

※ 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

문제 1.

독일의 화학자 하버 (Haber, F.)와 보슈 (Bosch, C.)는 질소와 수소를 반응시켜 암모니아를 만드는 공정을 개발하였다. 그 후 하버-보슈 공정은 질소 비료의 원료를 생산하는 주된 방식으로 현재까지 산업 분야에서 널리 활용되고 있다.

공장 A와 B는 하버-보슈 공정을 바탕으로 암모니아를 합성하며, 각 공장에는 질소 50 mol 과 수소 150 mol 이 제공된다. 반응기의 조건은 아래와 같다.

온도 (°C): T_1

부피 (L): 100

Fe 기반 촉매

〈공장 A 반응기 조건〉

온도 (°C): T_2

부피 (L): 100

Fe 기반 촉매

〈공장 B 반응기 조건〉

위의 공정을 이용해 암모니아를 생성하는 반응의 농도로 정의되는 평형 상수 (K)는 온도 T_1 과 T_2 에서 각각 아래 두 가지 값 중 하나를 가진다.

$$\frac{1600}{2187} \text{ 또는 } \frac{100}{1728}$$

공장 A와 B는 동일한 촉매를 사용하며, 반응기의 온도와 부피는 항상 일정하게 유지된다. (단, 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.)

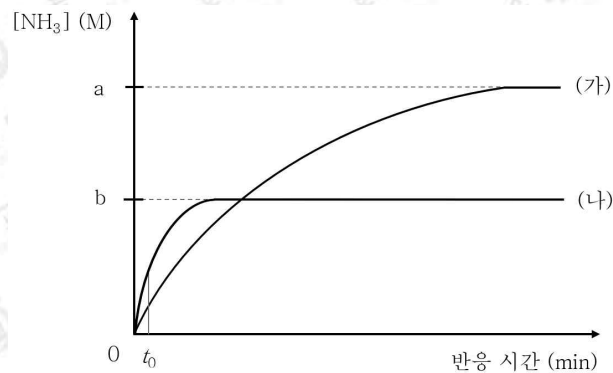
1-1. 공장 A와 B의 하버-보슈 공정에 관하여 아래 물음에 답하시오.

- (1) 암모니아 합성 반응의 화학 반응식을 나타내고, [표 1]의 평균 결합 에너지를 바탕으로 암모니아 기체 1 mol이 생성되는 화학 반응의 반응 엔탈피 (ΔH)를 구하시오.

[표 1] 평균 결합 에너지

결합	결합 에너지 (kJ/mol)	결합	결합 에너지 (kJ/mol)
N-N	163	N-H	391
N=N	418	H-H	436
N≡N	941		

- (2) 아래 [그림 1-1]은 공장 A와 B에 제공된 반응물을 모두 반응기에 넣은 후 반응이 진행될 때, 반응 시간에 따른 $[\text{NH}_3]$ 를 나타낸 것이다. 공장 A와 B가 (가)와 (나) 중 어디에 해당하는지 답하고, 반응 시간이 t_0 min일 때 (가)와 (나)에서 기울기가 차이는 이유를 제시하시오. 이를 바탕으로 [그림 1-1]의 a와 b에 해당하는 암모니아의 농도를 각각 구하시오. (단, 전체 과정에서 물질을 추가하거나 제거하지 않으며, 반응 시 질소는 0.1M 단위로 반응한다고 가정한다.)



[그림 1-1]

1-2. 새로 지어진 공장 C에서는 반응기의 온도를 [문제 1]에서 주어진 T_1 또는 T_2 로만 설정할 수 있고, 온도를 제외한 모든 조건은 공장 A, B와 동일하다. 화학 평형과 반응 속도를 고려하여 공장 C가 공장 운영 효율을 높이기 위해 취할 수 있는 전략을 제시하시오. 이를 토대로 [그림 1-1]에 공장 C의 반응기 속 암모니아의 농도가 시간에 따라 어떻게 변할지 나타내고, 공장 A, B와 비교하여 개선된 부분을 설명하시오. (단, 그래프의 시간 간격 및 개형을 정확하게 설명할 필요는 없으며, 공장 C의 반응기 온도를 바꾸는데 소요되는 시간과 기체의 압력 변화는 무시한다. 온도 변화 횟수는 최소한으로 한다.)

1-3. 공장 B는 자원을 효율적으로 사용하기 위하여 재순환 시스템을 도입하기로 하였다. 새로 도입할 시스템은 반응기를 가동하여 얻은 혼합 기체로부터 생성물인 암모니아만을 분리하고, 남은 물질은 반응기에서 재반응시키는 방식으로 운영하고자 한다. 아래 물음에 답하시오.

- (1) 공장 B가 혼합 기체로부터 암모니아만을 분리하기 위해 도입할 수 있는 방법을 질소, 수소, 암모니아의 분자 구조에 의한 물질의 성질을 바탕으로 설명하시오.
- (2) 재순환 시스템을 도입하여 공장 B를 가동한다고 할 때, 동일한 조건에서 50 mol의 질소와 150 mol의 수소로부터 얻을 수 있는 암모니아의 최대 질량을 계산하시오. (단, 해당 과정에서 반응물의 손실이나 추가는 없으며, 생성된 암모니아는 손실 없이 모두 포집이 가능하다.)

1-4. 새로 지어질 공장 D에서는 바닷물을 전기 분해하는 장치를 이용해 하버-보슈 공정에 필요한 반응물 중 하나를 수급하려 한다. 바닷물은 0.5m NaCl(aq)으로만 구성되어 있으며, 전기 분해에 사용되는 전극은 반응에 참여하지 않는다고 가정한다. 아래 물음에 답하시오.

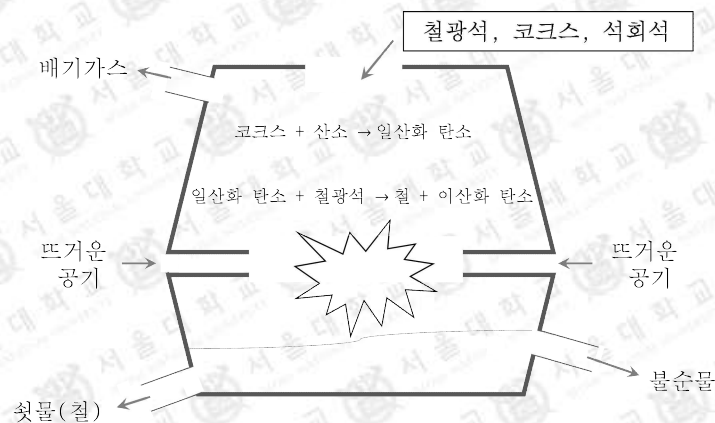
- (1) 공장 D에서 사용할 전기 분해 장치의 (+)극과 (-)극에서 일어나는 반쪽 반응에 대하여 각각 설명하고, 해당 반응이 일어나는 이유를 설명하시오.
- (2) 150 mol의 수소를 얻기 위해 전기 분해 장치에 공급되어야 할 바닷물의 최소 질량을 구하시오. (단, 전기 분해를 통해 얻은 기체의 손실은 없으며 증발량은 무시한다. NaCl의 화학식량은 58이다.)

1-5. 산업 분야에서는 수소를 기반으로 친환경 에너지를 생산하려는 노력을 지속하고 있다. 공장 A는 기존 반응기만을 가지고 암모니아로부터 수소를 대량으로 생산할 수 있을지 판단하기 위해 시험 가동하였다. 아래 물음에 답하시오.

- 시험 가동은 [문제 1]에서 제시한 공장 A의 반응기 조건에서 총 세 번 진행되었다.
- 시험 가동 ①: 공장 A의 반응기에 암모니아 100 mol을 투입한 후 1시간 동안 수소가 거의 생성되지 않았다.
- 시험 가동 ②: 공장 A의 반응기에 소량의 수소를 넣은 후 암모니아 100 mol을 투입하였다. 그 후, 1시간 동안 생성된 수소의 양은 시험 가동 ①에서보다 더 많았다.
- 시험 가동 ③: 공장 A의 반응기에 일산화 탄소를 넣은 후 암모니아 100 mol을 투입하였다. 그 후, 1시간 동안 생성된 수소의 양은 시험 가동 ①에서보다 더 많았다.

(1) 공장의 연구원들은 시험 가동 ①과 ②를 바탕으로 수소가 촉매 표면의 Fe_2O_3 를 활성화하는데 중요한 역할을 할 것이라고 추정하였다. 시험 가동 ①~③을 종합하여 연구원들의 추정이 타당한지 판단하고, 실제 촉매로 기능하는 물질은 무엇인지 추론하시오. 그렇게 생각한 이유를 시험 가동 ②와 ③의 촉매 활성화 반응의 화학 반응식을 바탕으로 설명하시오.

(2) 아래 [그림 1-2]는 철의 제련 과정을 나타낸 모식도이다. 철의 제련 과정에서 발생하는 환경적 문제를 개선할 수 있는 방안을 (1)에서 유추한 화학 반응식을 바탕으로 설명하시오.



[그림 1-2] 철의 제련 과정 단순 모식도

문제 1

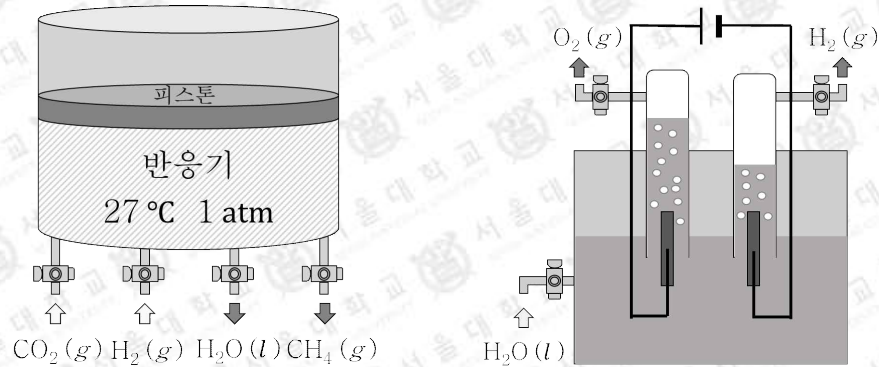
활용 모집단위	자연과학대학(화학부, 지구환경과학부) 농업생명과학대학(식품·동물생명공학부, 응용생물화학부) 사범대학(화학교육과) 생활과학대학(식품영양학과, 의류학과)
문항해설	[1-1] 주어진 상황에 대응되는 화학 반응식을 세울 수 있는지와 평균 결합 에너지로부터 반응 엔탈피를 구할 수 있는지를 평가한다. 르샤틀리에의 원리에 기반하여 반응 엔탈피와 화학 평형 사이의 관계를 설명할 수 있는지 평가한다. 화학 평형과 반응 속도에 대한 종합적인 이해 정도를 평가한다. [1-2] 화학 반응에서 온도가 미치는 영향을 반응 속도와 평형의 관점에서 설명할 수 있는지 평가한다. [1-3] 분자 구조와 물질의 특성 사이의 관계를 이해하고 있는지를 평가한다. 물질의 특성을 바탕으로 혼합물을 분리 방법을 고안할 수 있는지 평가한다. [1-4] 전기 분해 시 (+)극과 (-)극에서 일어나는 반응에 대한 종합적인 이해도를 평가한다. [1-5] 주어진 상황을 해석하여 화학 반응에서 각 물질의 역할을 유추할 수 있는지 평가한다.
출제의도	[1-1] 반응 엔탈피와 화학평형, 화학 양론과 반응 속도를 이해하고 있는지 평가한다. [1-2] 반응 온도가 화학평형과 반응 속도에 미치는 영향을 바탕으로 생성물 농도를 극대화하는 방법을 도출할 수 있는지 평가한다. [1-3] 수소, 질소, 암모니아의 쌍극자 모멘트와 수소 결합 여부를 바탕으로 분자의 끓는점을 비교할 수 있는지, 화학평형과 르샤틀리에의 원리에 대하여 이해하고 있는지 평가한다. [1-4] 산화 환원 반응과 전기 분해, 이온화 경향성과 용액의 농도에 대한 이해 정도를 평가한다. [1-5] 산화 환원 반응과 촉매 반응에 대하여 이해하고 있는지 평가한다.

교육과정 출제근거	[개념] 화학 반응에서의 양적 관계, 전기 분해, 열화학 반응식, 반응 엔탈피, 반응 속도, 화학 평형, 끓는점 [출처] 교육부 고시 2015-74호 [별책9] “과학과 교육과정” 《화학Ⅰ》 - (1) 화학의 첫걸음, (3) 화학 결합과 분자의 세계, (4) 역동적인 화학 반응 《화학Ⅱ》 - (1) 물질의 세 가지 상태와 용액, (2) 반응 엔탈피와 화학평형, (3) 반응 속도와 촉매
자료출처	김성진 외, 《통합과학》, 미래엔, 2020, 176-200쪽 송진웅 외, 《통합과학》, 동아출판, 2020, 169-193쪽 신영준 외, 《통합과학》, 천재교육, 2020, 182-213쪽 심규철 외, 《통합과학》, 비상교육, 2020, 173-196쪽 정대홍 외, 《통합과학》, 금성출판사, 2020, 176-215쪽 강대훈 외, 《화학Ⅰ》, 와이비엠, 2020, 35-44, 47-58, 137-142, 155-160, 169-173, 193-200, 203-206쪽 노태희 외, 《화학Ⅰ》, 천재교육, 2020, 22-45, 126-149, 158-162, 184-201쪽 박종석 외, 《화학Ⅰ》, 비상교육, 2020, 27-42, 112-114, 123-130, 143-147, 166-175쪽 이상권 외, 《화학Ⅰ》, 지학사, 2020, 26-42, 123-126, 132-142, 156-160, 175-180, 186-189쪽 장낙한 외, 《화학Ⅰ》, 상상아카데미, 2020, 48-52, 124-127, 138-142, 146-151, 160-163, 182-189, 192-194쪽 최미화 외, 《화학Ⅰ》, 미래엔, 2020, 28-48, 126-129, 134-146, 156-159, 176-186, 188-189쪽 하윤경 외, 《화학Ⅰ》, 금성출판사, 2020, 29-45, 109-111, 115-117, 121-124, 125-129, 145-148, 168-173, 174-175쪽 홍훈기 외, 《화학Ⅰ》, 교학사, 2020, 27-33, 39-40, 114-117, 128-135, 146-152, 174-181, 184-189쪽 황성용 외, 《화학Ⅰ》, 동아출판, 2020, 28-45, 136-157, 168-171, 188-203쪽 노태희 외, 《화학Ⅱ》, 천재교육, 2020, 24-37, 49-52, 75-94, 137-177, 195-197쪽 박종석 외, 《화학Ⅱ》, 비상교육, 2020, 11-31, 39-41, 61-63, 77-90, 119-128, 135-139, 147-152, 172-173쪽 이상권 외, 《화학Ⅱ》, 지학사, 2020, 26-30, 48-52, 75-79, 80-84, 91-97, 98-105, 138-169, 194-197쪽 장낙한 외, 《화학Ⅱ》, 상상아카데미, 2020, 32-47, 54-61, 82-87, 88-93, 96-103, 104-111, 144-185, 202-207쪽 최미화 외, 《화학Ⅱ》, 미래엔, 2020, 30-35, 52-55, 78-107, 134-167, 188-191쪽 홍훈기 외, 《화학Ⅱ》, 교학사, 2020, 30-39, 52-58, 80-105, 130-167, 184-187쪽

※ 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

문제 2.

아래 [그림 2-1]은 우주 실험 동물인 생명체 X의 호흡으로 발생한 이산화 탄소(CO_2)를 산소(O_2)로 재생하기 위해 개발한 두 가지 장치를 나타낸다.



[그림 2-1] 장치 A(왼쪽)와 장치 B(오른쪽)의 모식도

장치 A: 이산화 탄소(CO_2)와 수소(H_2)를 물(H_2O)과 메테인(CH_4)으로 변환하는 장치이다. 장치에는 닫힌 반응기가 있으며, 반응기의 부피는 내부 기체의 부피와 동일하다. 또한 내부 온도와 압력은 27°C 와 1 atm 으로 유지되며, 피스톤의 질량과 마찰력은 무시한다.

장치 B: 물(H_2O)을 수소(H_2)와 산소(O_2)로 변환하는 전기 분해 장치이다.

2-1. 두 장치와 관련하여 아래 물음에 답하시오.

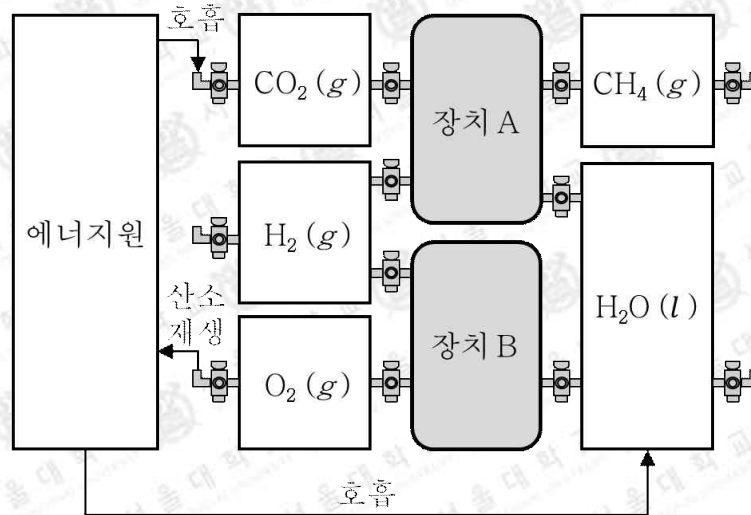
- (1) 장치 A 반응기의 초기 부피는 2.4 L 이고, 이산화 탄소(CO_2)와 수소(H_2)만 있다. 반응이 종료된 시점에 초기 CO_2 와 H_2 가 모두 소진된다. 반응 종료 후 반응기의 최종 부피와 생성된 물(H_2O)의 몰 수를 각각 구하시오. (단, 모든 기체는 이상 기체로 가정하며, 기체 상수(R)는 $0.08\text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$ 이다.)
- (2) 장치 B에 H_2O 를 넣고 가동하였더니 작동하지 않았다. 그 이유를 설명하고 해결책을 제안하시오.

2-2. 생명체 X는 호흡을 통해 생명 활동에 필요한 열량을 보충한다. 생명체 X의 호흡은 설탕 ($C_{12}H_{22}O_{11}(s)$)과 산소 ($O_2(g)$)를 이산화 탄소 ($CO_2(g)$)와 물 ($H_2O(l)$)로 변환하는 과정이며, 생성물은 손실 없이 생명체 X의 몸 밖으로 배출된다. 이와 관련된 몇 가지 물질들의 표준 생성 엔탈피 (ΔH_f°)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ(C_{12}H_{22}O_{11}(s)) &= -2220 \text{ kJ/mol} \\ \Delta H_f^\circ(CO_2(g)) &= -390 \text{ kJ/mol} \\ \Delta H_f^\circ(H_2O(l)) &= -290 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

생명체 X가 하루에 필요로 하는 최소 열량이 14125 kJ일 때, 400일간 소비하는 $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$ 과 $O_2(g)$ 의 최소 질량을 각각 구하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다. 생명체 X의 호흡은 표준상태 ($25^\circ C$, 1 atm)에서 진행된다. 호흡으로 발생하는 열량은 손실 없이 생명체 X의 생명 활동에 사용한다.)

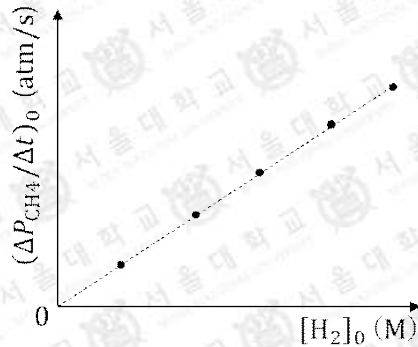
2-3. 우주정거장에 머무는 우주인은 생명체 X가 400 일간 호흡으로 사용하는 모든 물질을 보내 달라고 지구에 있는 연구원에게 요청하였다. 생명체 X의 호흡에 필요한 양의 설탕과 산소를 모두 보내줄 수도 있으나, 연구원은 장치 A와 B를 활용하여 지구에서 보내야 할 물질의 질량을 최소화할 수 있는 전략을 마련하고자 한다. 아래 물음에 답하시오.



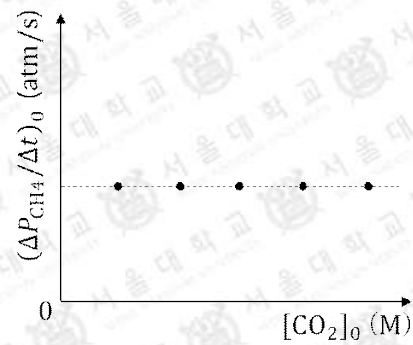
[그림 2-2] 산소 재생 시스템의 모식도

- (1) 지구에 있는 연구원은 장치 A와 B를 활용하면 [그림 2-2]와 같이 호흡의 생성물로부터 산소 (O_2)를 재생하는 산소 재생 시스템을 만들 수 있을 것으로 생각했다. 이를 바탕으로 400 일간 호흡에 필요한 설탕 ($C_{12}H_{22}O_{11}$) n mol과 수소 기체 (H_2) $2n$ mol을 보내는 것이 최적화된 전략이라고 생각했다. 이 전략이 타당한 이유를 구체적으로 설명하시오. (단, 산소 재생 시스템에서 호흡을 제외한 나머지 과정은 매우 빠르다고 가정하며, 분리와 이동 과정에서 손실되는 물질이 없는 이상적인 상황을 가정한다.)
- (2) 생명체 X는 설탕 대신 포도당 ($C_6H_{12}O_6$)을 산화하여 이산화 탄소 (CO_2)와 물 (H_2O)로 변환하는 과정으로 호흡이 가능하다고 하자. 만약 연구원이 포도당을 우주정거장으로 보내기로 계획했다면, 설탕을 사용했을 때의 전략과 어떻게 달라질지 설명하시오.

2-4. 일정한 온도에서 장치 A의 반응기에 수소 기체 (H_2)의 초기 농도 ($[\text{H}_2]_0$)나 이산화 탄소 (CO_2)의 초기 농도 ($[\text{CO}_2]_0$)를 달리하여 넣고, 반응 초기 메테인 (CH_4)의 부분 압력 변화량 ($(\Delta P_{\text{CH}_4}/\Delta t)_0$)을 측정하는 실험을 여러 번 진행했다. 아래 [그림 2-3]은 $[\text{CO}_2]_0$ 는 일정한 상태에서 $[\text{H}_2]_0$ 를 증가시키며 얻은 다섯 번의 실험 결과를, [그림 2-4]는 $[\text{H}_2]_0$ 는 일정한 상태에서 $[\text{CO}_2]_0$ 를 증가시키며 얻은 다섯 번의 실험 결과를 나타낸 것이다. 아래 물음에 답하시오.



[그림 2-3]



[그림 2-4]

- (1) 장치 A에서 일어나는 화학 반응의 반응 속도식을 구하시오.
- (2) 장치 A의 반응기는 최대 5 L의 기체를 담을 수 있다. 수소 기체 8 L와 이산화 탄소 기체 2 L의 반응을 가장 빠르게 완료하기 위한 전략을 (1)에서 얻은 반응 속도식을 바탕으로 제안하시오. (단, 언제든지 원하는 반응물을 반응기에 넣을 수 있고, 원하는 생성물을 반응기에서 빼낼 수 있다. 반응기에 기체를 넣고 빼는데 지연 시간은 없으며, 모든 과정에서 반응기 내부는 항상 1 atm이다.)

문제 2

활용 모집단위	자연과학대학(화학부, 지구환경과학부) 농업생명과학대학(응용생물화학부) 사범대학(화학교육과)
문항해설	[2-1] 화학 반응식, 부분 압력, 이상 기체 방정식, 물의 상평형, 그리고 양적 관계를 이해하고, 복합적으로 활용할 수 있는지 평가한다. 전기 분해 과정에서 전해질의 역할과 중요성을 이해하고 있는지 평가한다. [2-2] 주어진 정보로부터 반응 엔탈피를 계산하고 활용할 수 있는지 평가한다. [2-3] 화학 반응식으로부터 문제 상황을 평가할 수 있는지 평가한다. 상황 변화에 따라 화학 반응식을 목적에 맞는 형태로 자유롭게 변형할 수 있는지 평가한다. [2-4] 이상 기체 방정식을 이용하여 초기 농도 변화에 따른 초기 속도 변화 정보를 얻고, 반응 속도 차수를 얻어 낼 수 있는지 평가한다. 1차 반응의 특성을 이해하고, 이를 활용하여 반응 전략을 세울 수 있는지 평가한다.
출제의도	[2-1] 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하고 이상 기체 방정식을 이해하고 활용할 수 있는지 평가한다. 또, 물의 전기 분해에 대해 이해하고 있는지 평가한다. [2-2] 반응 엔탈피를 계산하고 활용할 수 있는지 평가한다. [2-3] 화학 반응식으로부터 화학 문제 상황을 해석할 수 있는지 평가한다. [2-4] 반응물의 농도와 반응 속도의 관계를 이해하고 있는지 평가한다.
교육과정 출제근거	[개념] 화학 반응식, 화학 반응에서의 양적 관계, 부분 압력, 이상 기체 방정식, 전기 분해, 열화학 반응식, 반응 엔탈피, 반응 속도, 반응 속도식, 1차 반응 [출처] 교육부 고시 2015-74호 [별책9] “과학과 교육과정” 《통합과학》 - (3) 변화와 다양성 《화학Ⅰ》 - (1) 화학의 첫걸음, (3) 화학 결합과 분자 세계 《화학Ⅱ》 - (1) 물질의 세 가지 상태와 용액, (2) 반응 엔탈피와 화학평형, (3) 반응 속도와 촉매

자료출처

김성진 외, 《통합과학》, 미래엔, 2020, 176-200쪽
 송진웅 외, 《통합과학》, 동아출판, 2020, 169-193쪽
 신영준 외, 《통합과학》, 천재교육, 2020, 182-213쪽
 심규철 외, 《통합과학》, 비상교육, 2020, 173-196쪽
 정대홍 외, 《통합과학》, 금성출판사, 2020, 176-215쪽
 강대훈 외, 《화학Ⅰ》, 와이비엠, 2020, 35-58쪽
 노태희 외, 《화학Ⅰ》, 천재교육, 2020, 23-45쪽
 박종석 외, 《화학Ⅰ》, 비상교육, 2020, 27-42쪽
 이상권 외, 《화학Ⅰ》, 지학사, 2020, 27-42쪽
 장낙한 외, 《화학Ⅰ》, 상상아카데미, 2020, 30-52쪽
 최미화 외, 《화학Ⅰ》, 미래엔, 2020, 28-48쪽
 하윤경 외, 《화학Ⅰ》, 금성출판사, 2020, 29-45쪽
 홍훈기 외, 《화학Ⅰ》, 교학사, 2020, 38-45쪽
 황성용 외, 《화학Ⅰ》, 동아출판, 2020, 29-45
 노태희 외, 《화학Ⅱ》, 천재교육, 2020, 11-23, 74-87, 136-147, 155-159, 187-203쪽
 박종석 외, 《화학Ⅱ》, 비상교육, 2020, 11-19, 61-69, 119-126, 135-137, 165-173쪽
 이상권 외, 《화학Ⅱ》, 지학사, 2020, 12-25, 74-84, 139-142, 146-149, 185-197쪽
 장낙한 외, 《화학Ⅱ》, 상상아카데미, 2020, 14-31, 82-95, 144-155, 162-167, 192-207쪽
 최미화 외, 《화학Ⅱ》, 미래엔, 2020, 14-29, 78-89, 136-147, 150-153, 180-191쪽
 홍훈기 외, 《화학Ⅱ》, 교학사, 2020, 19-28, 80-89, 131-141, 146-151, 178-187쪽