문항카드 11. 논술전형 자연계열 화학 제시문, 1번

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 제시문, 1번	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 화학Ⅰ, 화학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	화학 평형, 르샤틀리에 원리, 이온화 상수, 반응 속도, 활성화 에너지, 반응 속도에 영향을 미치는 요인, 화학 전지, 촉매, 평균 반응 속도
예상 소요 시간	15분 / 전체 60분	

2. 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

[문제 1] 제시문 **[가]**와 **[나]** 및 **[표 1]**을 참고하여 묽은 염산과 금속 마그네슘이 반응할 때, 시간에 따른 수소 기체 발생량을 그래프로 표현하고, 이를 바탕으로 0~15 초, 15~30 초, 30~45 초, 45~60 초 구간의 평균 반응 속도를 구하시오. 시간에 따른 평균 반응 속도의 변화와 그 이유에 대해서 논하고, 제시한 이유로 설명할 수 있는 우리 주변의 예를 서술하시오. (단, 발생한 수소 기체의 온도와 압력은 일정하다.) **[10점]**

3. 출제 의도

[전체 문항] 고등학교 교육과정에서 다루고 있는 화학의 학문적 중요성을 인식하고 화학 평형, 반응 속도, 산의 성질, 전기 화학 등의 관련된 다양한 화학 현상들에 대해서 기본적인 개념과 원리를 활용하여 화학과 관련된 일상생활의 중요한 문제를 통합적으로 해결할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다. 단순한 지식 평가를 지양하고 관련 제시문으로부터 「통합과학」, 「화학Ⅰ」, 「화학Ⅱ」 교과목 교육과정에 제시된 성취기준에 근거하여 고등학교 교육과정의 교과서를 충실히 공부한 학생들이 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 출제되었다.

[문제 1] 제시된 화학 반응 속도의 정의로부터 화학 반응 속도를 계산하고 농도에 따라서 반응 속도가 달라지는 이유를 제시하고 관련된 일상생활의 예를 찾을 수 있는지 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

		영역별 내용
제시문	[가]	**화학Ⅰ** [12화학Ⅰ04-01] 가역 반응에서 동적 평형 상태를 설명할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ02-03] 가역 반응에서 동적 평형을 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다. [12화학Ⅱ03-04] 화학 반응에서 활성화 에너지의 의미를 설명할 수 있다.

	[나]	**통합과학** [10통과06-03] 생활 주변의 물질들을 산과 염기로 구분할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ03-01] 화학 반응의 속도가 다양하다는 것을 알고, 화학 반응 속도를 계산할 수 있다.
	[다]	**화학Ⅰ** [12화학Ⅰ04-01] 가역 반응에서 동적 평형 상태를 설명할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ02-03] 가역 반응에서 동적 평형을 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다. [12화학Ⅱ02-06] 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 세기를 이해하고, 염의 가수 분해를 설명할 수 있다.
	[라]	**통합과학** [10통과06-02] 생명 현상 및 일상생활에서 일어나고 있는 다양한 변화의 이유를 산화와 환원에서 나타나는 규칙성과 특성 측면에서 파악하여 분석할 수 있다. **화학Ⅰ** [12화학Ⅰ04-05] 산화·환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ04-01] 화학 전지의 작동 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 있다.
	[마]	**화학Ⅱ** [12화학Ⅱ03-08] 촉매가 생명 현상이나 산업 현장에서 중요한 역할을 하는 예를 찾을 수 있다.
하위 문항	[문제 1]	**통합과학** [10통과06-03] 생활 주변의 물질들을 산과 염기로 구분할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ03-01] 화학 반응의 속도가 다양하다는 것을 알고, 화학 반응 속도를 계산할 수 있다. [12화학Ⅱ03-05] 농도에 따라 반응 속도가 달라짐을 설명할 수 있다.

나) 자료출처

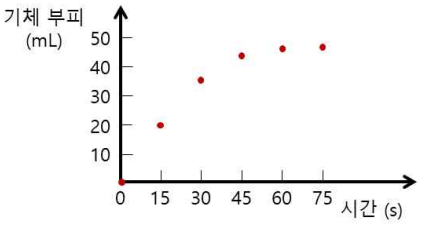
참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	정대홍 외	금성	2018	184-200, 217
	통합과학	송진웅 외	동아	2018	174-184, 196
	통합과학	김성진 외	미래엔	2018	182-189, 203
	통합과학	심규철 외	비상	2018	178-187, 198
	통합과학	신영준 외	천재	2018	184-200
	화학Ⅰ	홍훈기 외	교학사	2018	147-149, 152-153, 175-181, 195
	화학Ⅰ	하윤경 외	금성	2018	146-147, 170-173
	화학Ⅰ	황성용 외	동아	2018	169-171, 189-196
	화학Ⅰ	최미화 외	미래엔	2018	157-158, 176-185
	화학Ⅰ	박종석 외	비상	2018	143-144, 166-171
	화학Ⅰ	장낙한 외	상상	2018	161-162, 183-189
	화학Ⅰ	강대훈 외	와이비엠	2018	169-171, 193-199
	화학Ⅰ	이상권 외	지학사	2018	157, 175-180, 184
	화학Ⅰ	노태희 외	천재	2018	159-160, 185-192, 202

	화학Ⅱ	홍훈기 외	교학사	2018	93-96, 109-114, 131-135, 142-143, 147-149, 162-167, 179-181
	화학Ⅱ	최미화 외	미래엔	2018	90-96, 112-120, 136-142, 148-153, 162-165, 180-185
	화학Ⅱ	박종석 외	비상	2018	77-81, 100-103, 119-123, 127-128, 135-137, 149-152, 165-168
	화학Ⅱ	장낙한 외	상상	2018	97-102, 121-126, 144-148, 157-159, 162-167, 179-183, 195-199
	화학Ⅱ	이상권 외	지학사	2018	91-97, 115-121, 139-149, 161, 166-169, 185-192
	화학Ⅱ	노태희 외	천재	2018	89-94, 111-117, 137-140, 148-150, 155-159, 173-175, 187-194

5. 문항 해설

화학 반응의 빠르기는 화학 반응의 다양한 조건에 따라서 변화한다. 화학 반응 속도의 의미를 이해하고 실제 화학 반응 데이터에서 반응 속도를 계산할 수 있는지 평가한다. 계산된 반응 속도가 시간에 따라서 변화하는 이유를 설명하고 관련된 일상생활의 예를 찾아서 기술할 수 있는지 평가한다.

금속 마그네슘을 충분한 양의 묽은 염산에 넣으면 산의 특징에 의해서 다음과 같이 수소 기체가 발생한다.
$Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$
[표 1]을 참고하여 시간에 따른 수소 기체 발생량은 다음과 같은 그래프로 나타낼 수 있다.



각 구간의 평균 반응 속도는 $\frac{\text{구간에서 발생한 수소 기체 부피}}{\text{구간 시간}}$ 이므로 0-15초, 15-30초, 30-45초, 45-60초 구간의 평균 반응 속도는 각각 $\frac{20}{15}$, $\frac{16}{15}$, $\frac{7}{15}$, $\frac{3}{15}$ $(mL \cdot s^{-1})$이다.

각 구간의 평균 반응 속도는 시간이 증가함에 따라서 감소하는 경향을 보이는데, 이는 반응물 중의 하나인 마그네슘의 농도가 반응이 진행됨에 따라서 감소하기 때문이다. 화학 반응이 일어나려면 반응하는 입자가 서로 충돌해야 하는데 마그네슘의 농도가 낮아지면 단위 부피 속의 입자 수가 감소하므로 용액 중 마그네슘과 수소 이온의 충돌 수가 감소하며 반응 속도가 감소한다.
농도에 따라서 반응 속도가 달라지는 일상 생활의 예는 “고압 산소 치료기를 활용한 저산소증 치료”, “숯을 태울 때 산소를 주입하면 더 빠르게 연소하는 경우” 등을 들 수 있다.

문항카드 12. 논술전형 자연계열 화학 2번

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 2번	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 화학Ⅰ, 화학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	산의 이온화 상수(K_a), 금속과 산의 반응, 농도와 반응 속도, 화학 평형 이동
예상 소요 시간	15분 / 전체 60분	

2. 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

[문제 2] 묽은 염산(0.10 M, 100 mL)과 아세트산 수용액(0.10 M, 100 mL)이 각각 들어 있는 비커에 2.40 g의 금속 마그네슘을 각각 넣었다. 각 비커에서 반응이 완결될 때까지 발생한 수소 기체의 질량을 구하고, 두 경우의 차이점에 대해 제시문 **[가]**와 **[다]**를 참고하여 논하시오. **[10점]**

3. 출제 의도

수용액에서 산·염기의 이온화 평형을 이해하고, 르샤틀리에 원리를 적용하여 평형 이동의 방향을 예측할 수 있는지 평가하고자 하였다. 반응물의 양(몰)에 따른 생성물의 양을 화학 반응의 양적 관계를 이용하여 정량적으로 계산할 수 있는지 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

	영역별 내용
하위 문항 [문제 2]	**통합과학** [10통과06-03] 생활 주변의 물질들을 산과 염기로 구분할 수 있다. **화학Ⅰ** [12화학Ⅰ01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학Ⅰ04-01] 가역 반응에서 동적 평형 상태를 설명할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다. [12화학Ⅱ02-06] 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 세기를 이해하고, 염의 가수 분해를 설명할 수 있다. [12화학Ⅱ03-05] 농도에 따라 반응 속도가 달라짐을 설명할 수 있다.

나) 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	정대홍 외	금성	2018	192-200
	통합과학	송진웅 외	동아	2018	180-184, 196
	통합과학	김성진 외	미래엔	2018	186-189, 203
	통합과학	심규철 외	비상	2018	184-187, 198
	통합과학	신영준 외	천재	2018	194-200
	화학 I	홍훈기 외	교학사	2018	40-42, 147-149, 152-153, 175, 195
	화학 I	하윤경 외	금성	2018	36-38, 146-147
	화학 I	황성용 외	동아	2018	42-43, 169-171
	화학 I	최미화 외	미래엔	2018	40-41, 157-158
	화학 I	박종석 외	비상	2018	37-39, 143-144
	화학 I	장낙한 외	상상	2018	43-45, 161-162
	화학 I	강대훈 외	와이비엠	2018	50-53, 169-171, 194
	화학 I	이상권 외	지학사	2018	36-39, 157, 184
	화학 I	노태희 외	천재	2018	34-38, 159-160, 202
	화학 II	홍훈기 외	교학사	2018	97-98, 109-114, 147-149
	화학 II	최미화 외	미래엔	2018	98-106, 112-120, 150-153
	화학 II	박종석 외	비상	2018	82-85, 100-103, 135-137
	화학 II	장낙한 외	상상	2018	104-106, 121-126, 162-167
	화학 II	이상권 외	지학사	2018	98-100, 115-121, 147-149
	화학 II	노태희 외	천재	2018	96-102, 111-117, 155-159

5. 문항 해설

수용액 속 산·염기의 이온화 평형, 르샤틀리에 원리의 개념을 통합적으로 이해하고 화학 반응의 양적 관계를 적용하여 생성물의 양을 계산할 수 있는지 평가한다.

금속 마그네슘과 산의 반응은 아래의 반응식으로 나타낼 수 있다.

$Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$

마그네슘의 원자량이 24이므로, 주어진 2.40 g의 마그네슘을 몰 수로 환산하면 0.1 몰이다. 주어진 두 종의 산은 0.10 M, 100 mL이므로, 완전 이온화할 시 생성되는 수소 이온의 총량은 0.01 몰임을 알 수 있다. 위 반응식에 따라 금속 마그네슘과 수소 이온은 1:2의 몰 비로 반응하므로, 주어진 조건에서 수소 이온이 모두 반응하고, 마그네슘은 0.005 몰만 반응한다. 수소 이온이 모두 반응해 수소 기체가 발생하면서 시간이 충분히 흐른다면 이온화 상수와 관계없이 산은 모두 이온화하여 수소 이온을 내놓는다. 따라서 염산과 아세트산 두 경우 모두 같은 0.01 몰의 수소 이온이 반응에 참여한다. 수소 이온 0.01 몰이 반응하여 수소 기체를 발생시킬 때, 위 식의 양적 관계에 따라서 0.005 몰의 수소 기체가 발생하게 되고, H_2의 분자량 2를 적용하면 0.01 g의 수소가 생성됨을 알 수 있다.

이때, 염산과 아세트산을 활용한 두 반응의 차이점은 이온화 상수의 차이에서 발생하는 수소 이온의 농도 차이다. 제시문 **[다]**를 참고하면, 염산이 아세트산에 비해 이온화 상수가 크므로, 염산 용액의 수소 이온 농도가 아세트산 수용액의 수소 이온 농도보다 크다. 제시문 **[가]**를 참고하면 충분한 에너지를 가진 반응물들의 충돌이 반응 속도를 결정함을 알 수 있고, 반응물의 농도가 높으면 반응 속도가 더 빠름을 유추할 수 있다. 따라서 염산과 금속 마그네슘의 반응이 아세트산 수용액과 금속 마그네슘의 반응보다 더 빠르게 완결된다.

문항카드 13. 논술전형 자연계열 화학 3번

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 3번	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 화학Ⅰ, 화학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	산화, 환원, 화학 전지, 산화·환원 반응의 양적 관계
예상 소요 시간	15분 / 전체 60분	

2. 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

[문제 3] 질산 은($AgNO_3$) 수용액(0.10 M, 100 mL)에 충분한 양의 구리 리본을 넣었더니 표면에 은이 석출되었다. 반응이 완결된 후, 용액만 분리하여 **[용액 1]**을 만들었다. 아연 전극 1.30 g을 질산 아연($Zn(NO_3)_2$) 수용액(0.10 M, 100 mL)에, 구리 전극 1.28 g을 **[용액 1]**에 각각 넣어 제시문 **[라]**의 화학 전지를 구성하였다. 화학 전지에서 반응이 완결되어 더 이상 전류가 흐르지 않을 때, 남아 있는 아연 전극의 질량을 구하고 과정을 제시하시오. (단, 모든 수용액에서 음이온은 반응하지 않는다.) **[10점]**

3. 출제 의도

금속의 이온화 경향 차이에 의한 자발적인 산화·환원 반응을 이해하고 이를 응용하여 다니엘 전지를 구성할 수 있는지 평가하고자 하였다. 또한 화학 반응의 양적 관계를 화학 전지에 응용할 수 있는지 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

	영역별 내용
하위 문항 [문제 3]	**통합과학** [10통과06-02] 생명 현상 및 일상생활에서 일어나고 있는 다양한 변화의 이유를 산화와 환원에서 나타나는 규칙성과 특성 측면에서 파악하여 분석할 수 있다. **화학Ⅰ** [12화학Ⅰ01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학Ⅰ04-05] 산화·환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ04-01] 화학 전지의 작동 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 있다.

나) 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	정대홍 외	금성	2018	184-191, 217
	통합과학	송진웅 외	동아	2018	174-179, 196
	통합과학	김성진 외	미래엔	2018	182-185
	통합과학	심규철 외	비상	2018	178-183
	통합과학	신영준 외	천재	2018	184-193
	화학 I	홍훈기 외	교학사	2018	40-42, 175-181
	화학 I	하윤경 외	금성	2018	36-38, 170-173
	화학 I	황성용 외	동아	2018	42-43, 189-197
	화학 I	최미화 외	미래엔	2018	40-41, 176-185
	화학 I	박종석 외	비상	2018	37-39, 166-171
	화학 I	장낙한 외	상상	2018	43-45, 183-189
	화학 I	강대훈 외	와이비엠	2018	50-53, 193-199
	화학 I	이상권 외	지학사	2018	36-39, 175-180, 185
	화학 I	노태희 외	천재	2018	34-38, 185-192
	화학 II	홍훈기 외	교학사	2018	179-181
	화학 II	최미화 외	미래엔	2018	180-185
	화학 II	박종석 외	비상	2018	165-168
	화학 II	장낙한 외	상상	2018	195-199
	화학 II	이상권 외	지학사	2018	185-192
	화학 II	노태희 외	천재	2018	187-194

5. 문항 해설

금속의 이온화 경향 차이에 의한 자발적인 산화·환원 반응을 이해하고 설명할 수 있는지 평가한다. 다니엘 전지의 원리를 금속의 반응성 차이로 이해하고 화학 반응의 양적 관계를 적용할 수 있는지 평가한다.

질산 은 수용액과 구리 리본의 산화·환원 반응은 아래 식으로 나타낼 수 있다.

$Cu(s) + 2Ag^{+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

질산 은 수용액(0.10 M, 100 mL) 안에 존재하는 은 이온은 0.01 몰이고, 은 이온이 구리 금속과 2:1의 몰 비로 반응하므로, 반응이 완결된 **[용액 1]** 속 구리 이온의 양은 0.005 몰이다.

아연 전극의 아연 몰수는 $\frac{1.30}{65}$몰이다. 제시문 **[라]**의 반응식에서 반응물은 아연 전극과 수용액 속 구리 이온이고, 구리 이온이 모두 소진되면 반응이 완결되어 전류가 흐르지 않는다. 수용액 속 구리 이온과 금속 아연은 제시문 **[라]**에 따라 1:1의 몰 비로 반응하므로, 반응이 완료된 후 남은 아연은 0.015 몰이다. 원자량을 활용해 질량으로 변환하면 남은 아연 전극의 질량은 0.975 g이다.

문항카드 14. 논술전형 자연계열 화학 4번

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 4번	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 화학Ⅰ, 화학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	촉매, 반응 속도, 활성화 에너지(E_a), 반응 속도에 영향을 미치는 요인, 기체 반응, 화학 평형 이동
예상 소요 시간	15분 / 전체 60분	

2. 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

[문제 4] 제시문 **[가]**와 **[마]**를 참고하여 자동차 엔진과 배기구에서 발생하는 산화 질소의 양을 화학 평형의 관점에서 비교하여 서술하시오. 제시문 **[마]**의 장치가 필요한 이유와 이 장치가 가져야 할 특성에 대해서 반응 속도의 관점에서 논하시오. (단, 배기구의 온도는 1000 K이며, $N_2(g)$ + $O_2(g)$ ⇄ $2NO(g)$ 반응의 1000 K와 2400 K에서의 평형 상수는 각각 5.25 x 10^{-5}, 3.10 x 10^{-3}이다.) **[10점]**

3. 출제 의도

제시문 [가]에 나타난 것과 같이 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 상대적인 양을 화학 평형과 함께 반응 속도를 고려하여 예측할 수 있는지 평가하고자 하였다. 구체적으로 온도에 따른 화학 평형 상수, 반응 속도 및 촉매의 역할을 종합적으로 이해하는지 평가하는 데 주안점을 두었다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

	영역별 내용
하위 문항 [문제 4]	**통합과학** [10통과05-02] 생명 시스템 유지에 필요한 화학 반응에서 생체 촉매의 역할을 이해하고, 일상생활에서 생체 촉매를 이용하는 사례를 조사하여 발표할 수 있다. **화학Ⅰ** [12화학Ⅰ04-01] 가역 반응에서 동적 평형 상태를 설명할 수 있다. **화학Ⅱ** [12화학Ⅱ02-03] 가역 반응에서 동적 평형을 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다. [12화학Ⅱ02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다. [12화학Ⅱ03-06] 온도에 따라 반응 속도가 달라짐을 설명할 수 있다. [12화학Ⅱ03-07] 촉매가 반응 속도를 변화시킬 수 있음을 설명할 수 있다. [12화학Ⅱ03-08] 촉매가 생명 현상이나 산업 현장에서 중요한 역할을 하는 예를 찾을 수 있다.

나) 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	정대홍 외	금성	2018	156
	통합과학	송진웅 외	동아	2018	146
	통합과학	김성진 외	미래엔	2018	153
	통합과학	심규철 외	비상	2018	149, 200
	통합과학	신영준 외	천재	2018	157
	화학 I	홍훈기 외	교학사	2018	147-149, 152-153
	화학 I	하윤경 외	금성	2018	146-147
	화학 I	황성용 외	동아	2018	169-171
	화학 I	최미화 외	미래엔	2018	157-158
	화학 I	박종석 외	비상	2018	143-144
	화학 I	장낙한 외	상상	2018	161-162
	화학 I	강대훈 외	와이비엠	2018	169-171
	화학 I	이상권 외	지학사	2018	157
	화학 I	노태희 외	천재	2018	159-160
	화학 II	홍훈기 외	교학사	2018	93-102, 142-143, 152-154, 159-167
	화학 II	최미화 외	미래엔	2018	90-106, 154-165
	화학 II	박종석 외	비상	2018	77-90, 127-128, 138-139, 147-152
	화학 II	장낙한 외	상상	2018	97-111, 156-159, 168-170, 175-183
	화학 II	이상권 외	지학사	2018	91-105, 144-145, 154-155, 163-168
	화학 II	노태희 외	천재	2018	89-102, 148-149, 160-175

5. 문항 해설

기체 반응을 화학 평형과 반응 속도 관점에서 고찰할 수 있는지 평가한다. 각 관점에서 고찰된 내용을 바탕으로 자동차 배기구에 산화 질소 저감 장치가 필요한 이유를 설명하고 장치가 가져야 할 특성을 기술할 수 있는지 평가한다.

2400 K에서 작동하는 자동차 엔진에서는 연료의 연소 반응 외에 다음과 같은 반응으로 산화 질소가 생성될 수 있다.

$N_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2NO(g)$ (반응 1)

제시문 [가]에 제시된 것과 같이 (반응 1)의 생성물인 산화 질소의 상대적인 양을 비교하기 위해서는 화학 평형과 반응 속도를 동시에 고려해야 한다.

문제에 주어진 온도에 따른 평형 상수의 값으로부터 (반응 1)은 흡열 반응임을 알 수 있다.

자동차 엔진과 같이 배기구보다 온도가 많이 높은 2400 K에서는 (반응 1)은 정반응 쪽으로 이동하여 산화 질소가 많이 생성된다. 반면, 산화 질소가 1000 K 온도의 배기구를 지날 때 온도가 급격히 떨어져서 (반응 1)의 평형은 역반응 쪽으로 이동하여 산화 질소의 양이 엔진에 비해서 줄어들 것으로 예측된다.

화학 평형의 관점에서는 엔진에서 생겨난 산화 질소가 배기구에서는 많이 없을 것으로 예측되지만, 배기구에서는 엔진에 비해 온도가 많이 낮아져서 반응이 느려지고 산화 질소가 산소 및 질소 기체로 변환되는데 시간이 많이 걸릴 것이다. 따라서 배기구에서는 산화 질소 저감 장치가 필요하다.

(반응 1)에 대해서 화학 평형 및 반응 속도 측면에서 고찰할 때 배기구에서 사용할 수 있는 산화 질소 저감 장치는 촉매 역할을 할 수 있어야 한다. 촉매 물질을 저감 장치에 사용하면 반응물을 이루는 원자들 사이의 화학 결합이 약해져 활성화 에너지가 낮아지므로, 낮은 온도에서도 (반응 1)의 역반응이 빠르게 일어날 수

있을 것으로 생각된다. 이러한 조건을 만족하는 대표적인 촉매는 산업 현장에서 많이 사용하는 금속 고체를 활용하는 표면 촉매를 예로 들 수 있다.