

1. 일반정보

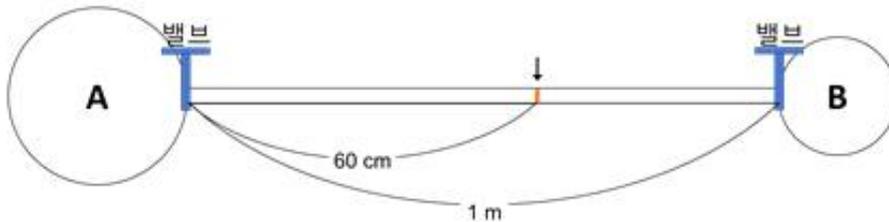
유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	화학 / 문제1	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학II
	핵심개념 및 용어	화학 반응의 양적관계, 확산 속도, 부분압력, 화학평형
예상 소요시간	5분	

2. 문항 및 제시문

기체 A와 기체 B는 화학반응을 통해 기체 C를 형성한다.



아래 그림과 같이 1 기압의 공기로 채워져 있는 1 m 길이의 유리관 양쪽에서 1 기압의 기체 A와 1 기압의 기체 B를 밸브를 동시에 열어 유입시키고 기체 C가 형성되는 위치를 측정하였더니 왼쪽에서 60 cm이었다. (총 3점)



- (1) 기체 A와 기체 B의 분자량의 비율이 어떻게 되는가? (각 기체의 용기 내에서의 이동 거리는 없고 가운데 유리관 내에서의 이동 거리만 가정한다.)
- (2) 밸브를 열기 전 기체 A가 포함된 용기의 부피는 2 L, 기체 B가 포함된 용기의 부피는 1 L, 두 기체 사이를 연결하는 유리관의 부피는 1 L 였다. 위 반응의 평형상수가 4 라고 할 때 평형을 이룬 후 유리관 내의 기압의 값을 구하여라. (단, $\sqrt{2} = 1.4$ 로 사용)

3. 출제 의도

분자량이 다른 두 기체의 확산 속도를 비교하여 분자량을 찾고, 기체 사이의 화학 반응에 대한 평형의 이해 정도를 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	[화학 I] - (1) 화학의 언어 ⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.
	[화학 II] - (1) 다양한 모습의 물질 ③ 온도에 따른 기체 분자 운동의 특성을 이해하고, 확산 속도와 분자량의 관계를 설명할 수 있다.
	[화학 II] - (3) 화학 평형 ② 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다. ③ 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.
성취 기준/영역별 내용	<p>화1105-1. 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 그 의미를 설명할 수 있다. 화1105-2. 원자량과 분자량 등을 이용하여 화학 반응식에서 반응물과 생성물의 양적 관계를 구할 수 있다.</p> <p>화2103-2. 기체의 확산 속도와 분자량의 관계를 설명할 수 있다.</p> <p>화2302. 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 설명하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.</p> <p>화2303. 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하여 이를 설명하고, 화학 평형의 이동을 평형 상수 식을 이용하여 정량적으로 예측할 수 있다.</p>

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	천재교육	2011년	41-49
	화학 II	노태희 외	천재교육	2011년	23-24, 30-35 133-137
	화학 II	류해일 외	비상교육	2011	18-34, 126-138

5. 문항 해설

화학 II에서 다루는 확산 속도와 분자량의 관계 및 화학 평형에 대한 이해를 평가하고자 출제된 문항이다. 주어진 그림에서 동일한 시간 동안 기체가 이동한 거리를 이용하여 두 기체의 확산 속도의 비를 알 수 있다. 이를 그레이엄의 법칙에 적용하면 두 기체의 분자량 비를 찾을 수 있다. 또는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$ 이므로 일정한 온도에서는 운동에너지가 같으므로 이를 이용하여 분자량과 속도와의 관계식으로부터 그레이엄의 법칙을 유도할 수도 있다. 식에서 주어진 화학 반응식과 평형 상수를 이용하여 평형 상태에 도달했을 때 각 물질의 부분압력을 알 수 있고, 여기에 반응에 참여하지 않는 공기의 부분압력을 더해주면 용기 내부에 존재하는 기체의 압력을 알 수 있다.

6. 채점 기준

아래 7.예시답안과 함께 채점기준을 작성함.

7. 예시답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 그레이엄의 법칙을 이용하여 두 기체의 분자량을 비교할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <p>그레이엄의 법칙에 의하면 기체의 확산 속도(v)는 기체 분자량(M)의 제곱근에 반비례한다.</p> $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$ <p>반응이 일어나기 위해 기체 A와 기체 B가 이동한 거리의 비율은 3:2 이다. 이를 그레이엄의 법칙에 적용하면</p> $\frac{v_A}{v_B} = \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}, \quad \frac{M_B}{M_A} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = 2.25$ <p>즉, 기체 B의 분자량이 기체 A보다 2.25배 크다. (또는 $M_A : M_B = 4 : 9$)</p> <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 그레이엄의 법칙을 제시한 경우 0.5점. · 두 기체의 분자량 비를 찾은 경우 0.5점. <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	1점
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 반응 후 평형 상태에서 기체의 부분압력을 찾을 수 있는가? · 용기 내부의 기체 압력을 계산할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <p>각 기체의 부분 압력을 이용하여 평형상수를 표현하면 다음과 같다.</p> $K = \frac{P_C}{P_A \times P_B} \quad (P_A, P_B, P_C \text{ 는 각 기체의 부분 압력})$ <p>밸브를 연 후, 반응이 일어나기 전 각 기체의 부분압력을 계산하면</p> $P_A = \frac{1\text{기압} \times 2L}{2L+1L+1L} = 0.5\text{기압}, \quad P_B = \frac{1\text{기압} \times 1L}{2L+1L+1L} = 0.25\text{기압}$ <p>전체 부피가 일정한 경우 부분압력은 몰수에 비례한다. 그리고 반응 계수 비가 1:1:1 이므로, 반응 후 P_C 의 부분압력을 x라고 하면 아래와 같은 식을 세울 수 있다.</p>	2점

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
	$K = \frac{P_C}{P_A \times P_B} = \frac{x}{(0.5-x)(0.25-x)} = 4$ <p>이를 2차 방정식으로 변환하면 $4x^2 - 4x + 0.5 = 0$이고 x는 0.85 또는 0.15가 된다. 이때 P_C는 0.25 이하여야 하므로 $x = 0.15$가 된다.</p> <p>평형 상태에서 각 기체의 부분압력은</p> $P_A = 0.35\text{기압}, P_B = 0.1\text{기압}, P_C = 0.15\text{기압}$ <p>이다. 평형 상태에서 용기 내에 존재하는 기체는 A, B, C, 공기로 4가지 기체가 존재한다. 공기는 다른 기체와 반응하지 않으며 부분 압력은</p> $P_{\text{공기}} = \frac{1\text{기압} \times 1L}{4L} = 0.25\text{기압}$ <p>이다. 따라서 용기 내부의 기체의 압력은</p> $P_A + P_B + P_C + P_{\text{공기}} = 0.35 + 0.1 + 0.15 + 0.25 = 0.85\text{기압이다.}$ <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 평형 상수를 이용하여 기체 A, B, C의 부분압력을 찾은 경우 1점. · 용기 내의 기체 압력을 찾은 경우 1점. <p>(단, 공기의 부분압력을 고려하지 않은 경우 0.5점만 부여)</p> <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	

8. 총 평

(고등학교 화학교사 A)

고등학교 교육과정을 이수한 학생이라면 누구나 쉽게 해결할 수 있는 문항이라고 생각한다. 그레이엄의 법칙의 적용, 평형 상수를 이용한 각 기체의 부분압력 계산은 고등학교 화학 II 교육과정 수준에서 적절하다고 생각한다. 부분압력이 몰수에 비례한다는 것을 생각하도록 한 점과 반응하지 않는 공기의 압력을 고려하도록 한 부분에서 변별력을 갖추었다고 생각한다.

(고등학교 화학교사 B)

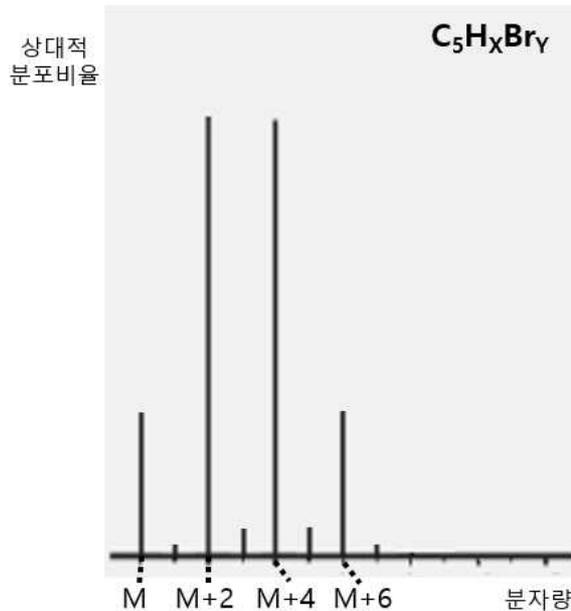
화학 II 다양한 모습의 물질 단원에서 분자량과 확산 속도와의 관계를 이해하고 있으며, 화학 평형에 대한 개념을 바르게 정립한 학생이라면 쉽게 접근할 수 있을 것이라 생각된다. 다만, 화학 문제에서 일반적으로 이차방정식을 풀어 답을 얻는 과정이 낯설고 산-염기 반응에서 흔히 근사를 하는 경우가 많고, 최종 압력을 구할 때 공기의 압력을 고려해야 하는 것은 자주 접하는 조건이 아니므로 이 과정에서 학생들이 오답을 작성하는 경우가 발생할 것으로 예상된다. 그러나 충분한 개념 학습이 이루어진 학생들은 어렵지 않게 풀 수 있어 교육과정에 충실하고 변별력이 있는 문항으로 생각된다.

1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	화학 / 문제2	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	동위원소, 평균 원자량
예상 소요시간	5분	

2. 문항 및 제시문

$C_5H_xBr_y$ 의 분자식을 갖는 분자 A는 자연상태에서 아래와 같은 분자량 분포를 보인다. 자연계에서 탄소(C), 수소(H), 그리고 브롬(Br)의 평균 원자량은 각각 12.011, 1.008, 79.9이다. 자연계에 탄소의 안정한 동위원소는 ^{12}C (원자량 12.000)와 ^{13}C (원자량 13.003), 수소의 안정한 동위원소는 1H (원자량 1.008)과 2D (원자량 2.014), 브롬(Br)의 안정한 동위원소는 ^{79}Br (원자량 78.9)와 ^{81}Br (원자량 80.9)이 존재한다. (3점)



- (1) 분자 A에 포함된 브롬 원자의 개수(Y)는 몇 개인가? 그 이유는 무엇인가?
- (2) 위 그래프와 같이 자연 상태에서 M, M+2, M+4, M+6 이외에 M+1, M+3, M+5, M+7 등의 분자량도 소량 존재하는 주된 이유는 무엇인가?

3. 출제 의도

자연에 존재하는 안정한 동위원소의 개념을 바르게 이해하는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	[화학 I] - (1) 화학의 언어 ② 인류 문명과 생명에 기여한 화학 반응에 관련된 산소, 수소, 물, 이산화탄소, 포도당 등 간단한 물질을 소재로 원소, 화합물, 원자, 분자의 개념을 이해한다. [화학 I] - (2) 개성 있는 원소 ② 원소의 기원, 핵 반응 및 방사성 동위원소의 특성을 이해한다.
성취 기준/영역별 내용	화1102-1. 화학 반응에 관련된 간단한 물질을 소재로 원소, 화합물, 원자, 분자의 개념을 설명할 수 있다. 화1202. 원소의 기원, 핵반응 및 방사성 동위원소의 특성을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	천재교육	2011년	25-29, 65-67

5. 문항 해설

평소 알고 있는 원자량이 동위원소의 비율에 의한 평균 원자량임을 이해하고 주어진 평균 원자량을 통해 동위원소의 존재 비율을 추론할 수 있다. 같은 분자식임에도 불구하고 다양한 분자량을 가질 수 있으며, 분자량 분포를 통해 존재 비율이 높은 원소의 종류와 개수를 파악할 수 있고, 상대적으로 낮은 분포 비율을 갖는 분자량 패턴이 다른 동위원소의 영향임을 파악한다면 분자 내에 1종류 이상의 동위원소가 포함되어 있음을 추론할 수 있다. 또한 주요 분자량의 차이가 +2 임을 인지하면 탄소나 수소가 아닌 브롬(Br)에 의한 결과임을 생각할 수 있다. 또한 4가지의 주요 분자량이 나타난 것을 바탕으로 분자 A에 포함된 브롬은 3개임을 추론할 수 있다. 마지막으로 문항 (2)에서 주요 분자량에서 +1이 나타나는 것은 ^1H 의 원자량이 평균 원자량과 같음을 인지한다면 수소가 아닌 탄소의 영향임을 생각할 수 있다.

6. 채점 기준

아래 7.예시답안과 함께 채점기준을 작성함.

7. 예시답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 평균 원자량을 이용하여 브롬의 동위원소 존재비를 찾을 수 있는가? · 분자에 포함된 브롬의 개수를 찾을 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <p>자연계에서 브롬(Br)의 안정한 동위원소는 ^{79}Br(원자량 78.9)과 ^{81}Br(원자량 80.9)이 존재하고, 브롬의 평균 원자량이 79.9인 점에 비추어 ^{79}Br와 ^{81}Br은 자연계에서 1:1 정도의 비율로 존재함을 알 수 있다.</p> <p>^{79}Br과 ^{81}Br의 동위원소가 1:1의 비율로 존재하므로, 특정 분자가 한 개의 Br 원자를 포함할 경우 ^{79}Br을 포함하는 분자군과 ^{81}Br을 포함하는 분자군이 1:1의 비율로 존재할 것이므로 M과 M+2의 2개 분자량이 관찰될 것이다. 만약 특정 분자가 2개의 Br 원자를 포함할 경우 두 개의 ^{79}Br을 포함하는 분자군, 한 개의 ^{79}Br과 한 개의 ^{81}Br을 포함하는 분자군, 그리고 두 개의 ^{81}Br을 포함하는 분자군이 1:2:1로 존재할 것이고 M, M+2, M+4 세 개의 주된 분자량이 관찰될 것이다. 이렇듯 분자 내 존재하는 Br 원자의 개수에 따른 자연계에 존재하는 분자군의 분포는 파스칼의 삼각형을 통해 유추할 수 있다. (아래 그림 참조)</p> <div style="text-align: center;"> <p>Br 0개 → 1</p> <p>Br 1개 → 1 1</p> <p>Br 2개 → 1 2 1</p> <p>Br 3개 → 1 3 3 1</p> <p>Br 4개 → 1 4 6 4 1</p> <p>Br 5개 → 1 5 10 10 5 1</p> </div> <p>그림과 같이 분자 A의 경우 M, M+2, M+4, M+6의 4개의 주된 분자군이 관찰되므로 3개의 브롬이 분자에 포함되어야 한다.</p> <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 브롬의 동위원소 존재비율을 찾은 경우 0.5점. · 분자에 포함된 브롬의 개수를 찾고 설명한 경우 1점. <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	1.5점
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 평균 원자량을 이용하여 탄소의 동위원소 존재 비를 찾을 수 있는가? · M+1, M+3, M+5, M+7의 분자량을 갖는 분자가 존재하는 이유를 설명할 수 있는가? 	1.5점

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
	<p>【예시 답안】 자연계에 존재하는 탄소에는 2개의 동위원소 ^{12}C(원자량 12.000)와 ^{13}C(13.003)가 있고, 평균 원자량이 12.011이므로 ^{12}C가 98.903%, ^{13}C가 1.097% 존재한다.</p> <p>분자량 분포를 보면 M+1, M+3, M+5, M+7군에서 M, M+2, M+4, M+6 군에서와 같은 분포 패턴을 보인다. 즉, M+1, M+3, M+5, M+7 군은 M, M+2, M+4, M+6 군보다 분자량이 1만큼 큰 것으로 생각할 수 있다. 이것은 분자 내에 ^{13}C이 1개 포함되어 있는 경우에 가능하다. 5개의 탄소 원자로 이루어진 A의 경우 분자 내에 ^{13}C가 1개 포함될 확률이 5.485%(1.097×5)이다. 상대적 존재비가 소량인 것도 ^{13}C이 포함될 확률이 낮기 때문이다. 그러므로 $\text{C}_5\text{H}_x\text{Br}_y$의 경우 자연에 분포하는 M+1, M+3, M+5, M+7에 해당하는 분자군은 ^{13}C가 포함된 분자이다.</p> <p>【채점 근거】 · 탄소의 동위원소 존재 비율을 찾은 경우 1점. · M+1, M+3, M+5, M+7의 분자량이 소량 존재하는 이유를 설명한 경우 0.5점</p> <p>【유의 사항】 · 채점 근거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. · 문제에서 수소의 평균 원자량은 1.008로 주어졌고, 수소의 안정한 동위원소는 ^1H(원자량 1.008)과 ^2D(원자량 2.014)인데 이 값해서 구해지는 ^1H의 분포 비율은 100.0%이다. 실제로 ^2D는 자연계에 0.02%만 존재한다. 따라서 그림에서 M+1, M+3, M+5, M+7에 해당하는 분자군이 ^2D 동위원소에 기인한다고 답하면 오답 처리한다.</p>	

8. 총 평

(고등학교 화학교사 A)

분자 내 동위원소가 여러 가지가 될 수 있는 상황에서 분자량 분포 패턴을 통해 어떤 원소가 몇 개 존재하는지 찾아내는 능력을 평가하고 있다. 또, 평균 원자량을 이용하여 동위원소의 존재비율을 계산하도록 하고 있다. 이처럼 평균 원자량과 동위원소의 특성만 이해하면 해결할 수 있는 문항으로 화학 I 교육과정 내용으로 적절한 문항이라고 생각한다.

(고등학교 화학교사 B)

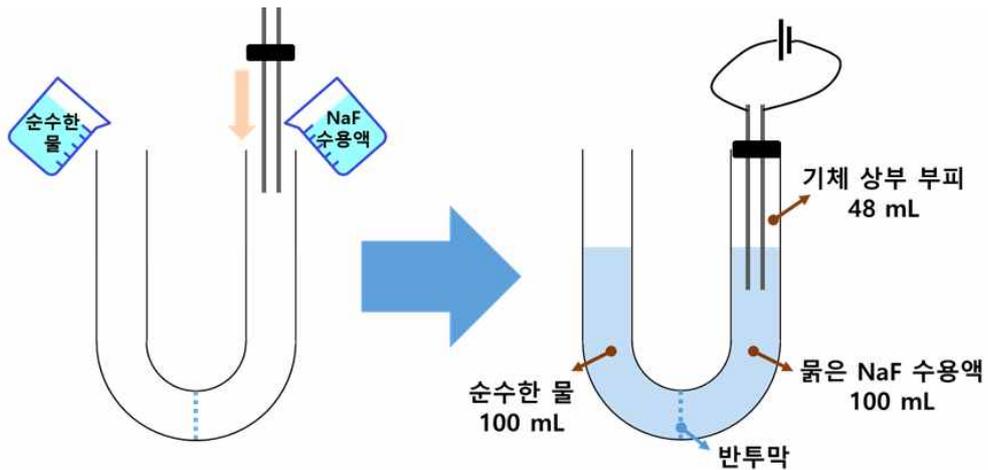
고등학교 화학 I 교육과정에서 제시하는 원자량, 분자량의 개념을 다루고 있는 문항으로 교육과정 범위 내에서 출제되었으며 그 수준 역시 교육과정에 부합한다. 본 문항은 화학의 기본 개념을 바탕으로 주어진 자료를 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가하고 있어 과학적, 논리적 사고력이 우수한 학생을 선발하는 데 적합하다고 판단된다.

1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	화학 / 문제3	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학II
	핵심개념 및 용어	이상기체 방정식, 삼투압, 물의 전기분해
예상 소요시간	5분	

2. 문항 및 제시문

1기압에서, 아래와 같이 가운데가 이온을 통과시킬 수 없고 물은 통과시킬 수 있는 반투막으로 분리되어 있는 U자형 유리관이 있다. 이 유리관 왼쪽에는 순수한 물 100 mL를, 오른쪽에는 묽은 NaF 수용액 100 mL를 채웠다. 양쪽을 채운 직후에 오른쪽 유리관을 전극이 연결된 고무마개로 기체가 새어나가지 못하도록 막았으며, 이 때 NaF 수용액 상부에 기체가 차지하고 있는 공간의 부피는 48 mL로 측정되었다(아래의 오른쪽 그림 참조). 모든 실험은 300 K에서 진행되었다. 모든 기체는 이상기체로 가정하며, 기체 상수는 $0.08 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 이다. (4점)



전압 2V로 3,860초 동안 0.1 A의 전류를 흘려 준 이후에 충분한 시간이 흘렀을 때 유리관의 왼쪽과 오른쪽에 채워진 액체의 높이가 정확히 같았다. 전기화학 반응에 따른 수용액의 부피 변화는 무시하며, NaF는 수용액에서 모두 이온화 된다고 가정하고, 처음 유리관의 오른쪽에 넣었던 NaF 수용액의 몰농도는 얼마였을지 구해보시오.

(참고 정보: 패러데이 상수: $96,500 \text{ C/mol}$)

3. 출제 의도

주어진 상황에서 전기 분해, 삼투압과 용액의 총괄성, 이상기체 상태 방정식의 이해 정도를 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	[화학 II] - (1) 다양한 모습의 물질 ② 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다. ⑧ 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해 설명할 수 있다.
	[화학 II] - (3) 화학 평형 ⑧ 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.
성취 기준/영역별 내용	화2102-4. 이상 기체 상태 방정식을 설명할 수 있다. 화2108. 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다. 화2308-2. 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	화학 II	노태희 외	천재교육	2011년	25-29, 66-67 184-188
	화학 II	류해일 외	비상교육	2011년	18-34, 59-66, 201-214

5. 문항 해설

문항 내용에서 초기 순수한 물과 묽은 NaF 수용액의 농도 차이로 인한 삼투압 차가 발생하여 순수한 물의 높이가 더 낮을 것을 예상할 수 있으며, 전기분해에 의해 발생한 기체로 내부 압력이 증가하여 높이가 같아졌다는 정보를 얻을 수 있다.

물은 전기분해되어 수소와 산소가 2:1의 몰수비로 생성된다. 흘려준 시간(t)과 전류(A), 패러데이 상수를 이용하면 이동한 전자의 수를 알 수 있다. 이를 통해 생성된 기체의 몰 수를 구할 수 있다. 막힌 오른쪽 관은 압력이 증가 부분을 막개로 막았으므로 발생한 기체에 의해 기체의 압력이 증가하며 이것으로 인해 양쪽 관의 높이가 같아질 수 있다. 이때, 발생한 기체에 의해 증가한 압력을 반트 호프 법칙에 적용하면 수용액의 농도를 계산할 수 있다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점 기준을 작성함.

7. 예시답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 물의 전기 분해 과정을 설명할 수 있는가? · 발생한 기체의 몰수를 계산할 수 있는가? · 전기 분해 전 후의 압력 변화를 설명할 수 있는가? · NaF의 몰농도를 찾을 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <p>Na⁺나 F⁻는 수용액에서 산화, 환원 되기 어렵다. 그렇기 때문에 H₂O의 전기 분해 반응 일어나며, 이 때 반쪽 반응식은 아래와 같다.</p> <p style="margin-left: 40px;">산화 전극: 2H₂O(l) → O₂(g) + 4H⁺(aq) + 4e⁻</p> <p style="margin-left: 40px;">환원 전극: 4H₂O(l) + 4e⁻ → 2H₂(g) + 4OH⁻(aq)</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="margin-left: 40px;">전체 반응: 2H₂O(l) → 2H₂(g) + O₂(g)</p> <p>3,860초 동안 0.2 A의 전류를 흘려준 경우 전체 흘려준 전하량은 3,860×0.2 = 772 C이며, 이는 772/96,500 = 1/125 = 0.008 F가 된다.</p> <p>위에서 구한 물 분해 반응식을 보면 전자 4몰 당, 물 분자 2몰이 소모되고, 수소 기체 2몰과 산소 기체 1몰이 생성되므로, 전기 분해 반응 이후에 물은 0.008/4×2 = 0.004 몰이 분해되었고, 수소 기체는 0.008/4×2 = 0.004 몰, 산소 기체는 0.008/4 = 0.002 몰이 생성되었다.</p> <p>이 때 오른쪽 수용액 상부 부분의 기체 압력 변화를 살펴보면 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전기분해 반응 전: P1 = 1 기압, V1 = 48 mL → n1 = P1V1/RT = (1×0.048)/(0.08×300) = 0.002 몰 · 전기분해 반응 후: 수소 0.004몰과 산소 0.002몰이 생성되므로 V2 ≈ V1 = 48 mL, n2 = n1 + 0.006 = 0.008 몰 → P2 = n2RT/V2 = (0.008×0.08×300)/(0.048) = 4 기압 <p>최종적으로 양 쪽 유리관의 높이가 같으므로 대기압에서 추가된 압력만큼이 삼투압과 같아야 한다 (즉, Π=4-1=3 기압). 반트 호프 법칙으로부터 최종 반응 후의 오른쪽 수용액의 용질 전체농도는 C=Π/RT = 3/(0.08×300) = 1/8 = 0.125 M 이다.</p> <p>삼투압은 용액의 총괄성을 가지므로, 용질의 개수에 의존한다. NaF가 모두 이온화되어 NaF 1몰당 용질 2몰을 생성한다고 가정하면,</p> <p style="margin-left: 40px;">NaF의 몰 농도 = 0.125/2 = 0.0625 (=1/16) M 이다.</p>	4점

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
	<p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 물 전기분해를 통한 수소/산소 발생이라는 것을 언급하고 몰수비가 2:1인 것을 언급하면 1점. (단, 물 분해를 통한 수소/산소 발생만 맞추었을 경우 0.5점, Na^+나 F^-가 환원/산화됨을 언급하면 0점을 부여한다.) · 전하량을 기반으로 생성된 수소/산소의 몰수를 정확히 계산하면 1점. · 생성된 수소/산소 기체로 인한 압력 변화를 정확히 계산하면 1점 · 삼투압을 이용하여 NaF 농도를 정확히 계산하면 1점. (단, NaF의 이온화를 고려하지 않아 2로 나누지 않으면 0.5점만 부여한다.) <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	

8. 총 평

(고등학교 화학교사 A)

전기분해, 이상기체 방정식, 삼투압 등 다양한 개념을 이용해야 해결할 수 있는 난이도가 높은 문항이라고 생각한다. 표준환원 전위값이 주어지지 않은 상황에서 물이 전기분해가 됨을 판단하는 것, 패러데이 법칙을 이용하여 발생한 기체의 몰수를 알아내는 과정은 전기화학에 대한 많은 학습이 있어야 해결 가능한 부분이다. 하지만 이상기체 방정식, 삼투압, 전기분해 등 고등학교 화학Ⅱ 교육과정 내에 포함되는 개념으로 교육과정을 충실히 학습했다면 충분히 해결할 수 있는 문항이다. 고등학교 화학Ⅱ 교육과정에 대한 전반적인 이해가 있는지 평가할 수 있는 변별도가 높은 문항이라고 생각한다.

(고등학교 화학교사 B)

고등학교 화학Ⅱ의 3개 단원의 개념을 복합적으로 적용하여 주어진 문제를 해결해야 하는 문항으로 문항의 난이도 및 변별도가 높을 것으로 생각된다. 물의 전기 분해에 관한 반응식 작성, 패러데이 법칙을 이용하여 발생하는 기체의 몰 수 구하기, 이상기체상태방정식을 이용하여 기체의 압력 구하기, 반트-호프식을 이용하여 삼투압 구하는 일련의 과정은 모두 고등학교의 화학Ⅱ 교육과정에 부합하는 내용이며 수준 역시 적절하다. 또한 각 단원의 개념을 명확히 학습하고 사고력이 우수한 학생을 선발하기 적합하다고 판단된다.

1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	학교장추천전형/고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	화학 / 문제1	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학II
	핵심개념 및 용어	엔탈피, 르샤틀리에의 원리, 활성화에너지
예상 소요시간	5분	

2. 문항 및 제시문

공기 중 질소 기체를 대량으로 암모니아로 바꾸는 방법이 개발됨으로 인해 질소 비료 생산이 가능해지고 농업의 효율을 높여 식량문제의 해결에 크게 기여하였다. 이 공정의 반응식은 아래와 같이 나타낼 수 있다. (3점)

$$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$$

참고로 주요 화학결합의 결합 엔탈피 값은 다음과 같다.

결합	D (kJ/mol)	결합	D (kJ/mol)	결합	D (kJ/mol)
N-N	163	N=N	418	N≡N	945
N-H	390	H-H	436		

이 반응은 1 기압, 상온에서는 거의 일어나지 않는다.

(1) 그 이유는 무엇인가?

(2) 이 공정에서 암모니아의 수득률을 높이기 위해서는 어떤 방법을 사용할 수 있는지 최대한 많은 방법과 그 이유를 설명하시오.

3. 출제 의도

결합 엔탈피와 반응 엔탈피의 개념을 이해하고, 평형의 이동에 르샤틀리에의 원리를 도입하며 온도와 기압이 반응의 속도와 평형에 끼치는 영향을 이해하는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	[화학II] - (2) 물질 변화와 에너지 ② 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.
	[화학II] - (3) 화학 평형 ③ 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.
	[화학II] - (4) 화학 반응 속도 ④ 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다. ⑤ 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다. ⑥ 촉매를 이용해서 에너지 장벽의 크기를 변화시켜 반응 속도를 변화시킬 수 있음을 이해하고, 촉매의 종류를 설명할 수 있다.
성취 기준/영역별 내용	화2202. 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다. 화2303. 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하여 이를 설명하고, 화학 평형의 이동을 평형 상수 식을 이용하여 정량적으로 예측할 수 있다. 화2404-2. 온도에 따른 반응 속도 변화 실험을 수행하여 온도와 반응 속도의 관계를 찾을 수 있다. 화2405. 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 설명할 수 있다. 화2406. 촉매를 이용해서 에너지 장벽의 크기를 변화시켜 반응 속도를 변화시키는 과정을 설명하고, 촉매의 종류를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	노태희 외	천재교육	2011년	93-94, 141-146, 212-230
	화학II	류해일	비상교육	2011년	83-89, 134-140, 225-234

5. 문항 해설

역사적으로도 유명한 Haber-Bosch 암모니아 합성 반응식을 이용하여 화학 반응에 대한 열역학적 평형, 반응속도론에 대한 이해 정도를 묻고 있다. 주어진 결합 엔탈피로부터 발열 반응임을 알 수 있으나 기체의 몰수가 감소하여 엔트로피가 감소하므로 반응의 진행 방향을 쉽게 짐작할 수 없다.

따라서 문항 (1)을 해결하기 위해서는 반응이 일어나기 위한 조건 중 하나인 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 반응물이 충분하지 않음을 떠올릴 수 있어야 한다.

또한 문항 (2)는 화학 평형의 이동을 유발할 수 있는 여러 요인을 떠올려야 해결할 수 있다. 활성화 에너지가 높은 반응이므로 정촉매가 필요할 것이며, 기체 반응이므로 압력 조절이 필요하며, 발열반응에 따른 온도 조절 등의 조건을 고려하여 문제에 접근해야 한다. 아울러 수득률이라는 조건을 반드시 인지하고 답안을 작성해야 한다.

6. 채점 기준

아래 7.예시답안과 함께 채점 기준을 작성함.

7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 반응속도론적인 이유로 반응의 진행 여부를 설명할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 반응 엔탈피가 음수(발열 반응)지만 활성화에너지가 너무 커서 상온에서 반응이 진행되지 않는다. <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 발열반응이지만 활성화 에너지가 너무 큼을 이용하여 낮은 반응성을 설명하면 0.5점 · 열역학적인 이유로 낮은 반응성을 설명하면 오답 처리 <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	0.5점
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 화학 평형의 이동을 위한 조건을 찾아 설명할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 촉매를 사용하여 활성화 에너지를 낮춘다. · 발열반응이지만 현재 조건에서 반응이 일어나지 않으므로 온도를 높여 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자를 확보한다. · 르 샤틀리에의 원리를 이용하여 압력을 증가시키면 기체의 몰 수가 감소하는 정반응쪽으로 반응이 진행된다. · 르 샤틀리에의 원리를 이용하여 생성물인 암모니아를 제거하면 반응이 정반응쪽으로 반응이 진행된다. · 고온 고압 조건에서 반응을 진행시킨 뒤, 생성된 암모니아를 응축시켜 제거하고 다시 고온 고압 조건으로 반응을 진행시키고 다시 응축시켜 암모니아를 얻는다. <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · (정)촉매를 사용하여 활성화 에너지를 낮춘다는 의미로 작성하면 0.5점 · 발열 반응이지만 상온에서 반응이 진행되지 않으므로 활성화 에너지보다 큰 에너지를 갖는 분자의 수를 확보하기 위하여 온도를 높인다는 의미로 작성하면 0.5점 · 르 샤틀리에의 원리를 적용하여 압력을 증가시키면 기체의 몰 수가 감소하는 방향으로 평형이 이동하므로 정반응 쪽으로 반응이 진행된다는 의미로 작성하면 0.5점 · 생성물인 암모니아를 반응기에서 제거하면 르 샤틀리에의 원리에 따라 정반응이 더 진행된다는 의미로 작성하면 0.5점 · 고온 고압 조건에서 반응을 시키고 온도를 낮추어 암모니아를 얻은 뒤 	2.5점

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
	<p>다시 고온 고압 조건으로 반응을 시키고 암모니아를 얻는 과정을 반복한다는 의미로 작성하면 0.5점</p> <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. · 처음 4가지 답안을 엮어 조건을 바꾸어가며 수득률을 높이는 조건을 제시하면 정답으로 인정한다. · 위에 제시되지 않은 방법이나 충분히 타당한 방법을 제시하면 정답으로 인정한다. 	

8. 총 평

(고등학교 화학교사 A)

주어진 결합 에너지를 이용해 반응 엔탈피를 계산할 수 있다. 반응이 발열 반응임에도 불구하고 반응이 잘 일어나지 않는 이유를 활성화 에너지 개념을 이용하여 설명하도록 하고 있다. 그리고 수득률을 높이는 과정에서 촉매, 르샤틀리에 원리의 개념을 알고 있는지 평가하고 있다. 이는 고등학교 화학II 교육과정을 충실히 이수했다면 쉽게 해결할 수 있는 문항이라고 생각한다.

(고등학교 화학교사 B)

고등학교 화학II 과정에서 화학 평형과 화학 반응 속도 단원에 걸친 문항으로 교육과정 에 부합한다.

문항(1)은 결합 엔탈피를 이용하여 반응 엔탈피를 구할 수 있도록 정보를 제공하고 있으나 이는 오히려 학생들에게 갈등을 일으키는 요인이 된다. 현재 조건에서 반응이 일어나지 않는 것은 활성화 에너지가 원인임을 설명할 수 있어야 하므로 명확하게 관련 개념을 지닌 학생을 선발하기에 적합하다고 생각한다.

문항 (2)는 화학 평형을 이동시킬 수 있는 조건을 이해하고 있어야 하며, 현재 조건에서 반응이 일어나지 않으므로 촉매를 이용하여 평형의 위치를 이동시킬 수 있음을 추론할 수 있어야 한다. 교육과정에서 온도, 농도 및 압력이 평형을 이동시킬 수 있음을 제시하고 있어 일부 답안은 평이하게 작성할 수 있으나, 조건을 조합하거나 반응속도론적인 요소를 이용하여 열역학적인 부분을 설명하는 것은 종합적 사고력을 요구하므로 다소 난이도가 높은 문항이라 생각한다.

1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	학교장추천전형/고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	화학 / 문제2	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학II
	핵심개념 및 용어	산-염기 평형, 끓는점 오름
예상 소요시간	5분	

2. 문항 및 제시문

각각 1 kg의 물이 담긴 두 개의 비커가 있다. 한 비커에는 염화나트륨을 넣어 완전히 녹이고 다른 한 쪽에는 염기의 이온화 상수가 0.01인 미지의 염기($\text{BOH} \rightleftharpoons \text{B}^+ + \text{OH}^-$)를 넣고 완전히 녹여 부피를 측정하니 각각 1 L 이었다. 두 수용액 모두 1 기압에서 끓는점이 100.00153°C 이었고 염기 수용액의 pH를 측정해 보니 12이었다. (3점)

(1) 처음 넣어준 염화나트륨의 몰수는 얼마인가?

(2) 미지의 산 ($\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$) 용액 0.5 L를 위 미지의 염기 용액에 넣으면 중화점에 이른다. 이 때 미지의 산이 100% 이온화한다고 하면 넣어준 미지의 산 용액의 끓는점은 얼마인가?

(문제에 나오는 모든 용액에서 몰농도와 몰랄농도는 동일하다고 가정)

3. 출제 의도

pH와 산-염기 평형을 이용하여 물질의 농도, 몰 수를 계산하고 이를 고려해서 용액의 총괄성으로 연결시킬 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	[화학II] - (1) 다양한 모습의 물질 ⑧ 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다.
	[화학II] - (3) 화학 평형 ⑥ 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다. ⑦ 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다.
성취 기준/영역별 내용	화2108. 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다. 화2306-1. 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. 화2306-2. 산-염기 중화 반응 실험을 수행하여 미지의 산 또는 염기의 농도를 구할 수 있다. 화2307. 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	노태희 외	천재교육	2011년	62-67, 158-171
	화학II	류해일	비상교육	2011년	59-66, 163-180

5. 문항 해설

제시문으로부터 몰농도와 몰랄농도가 같고, 두 용액의 끓는점 오름이 같아 염기성 용액의 몰 수를 구하면 염화나트륨의 몰 수를 구할 수 있음을 알 수 있다. pH를 통해 $[OH^-]$ 의 농도를 구할 수 있으며 염기 이온화 상수를 이용하여 염기성 용액의 농도와 용액 내 용질의 총 농도, 몰 수를 구할 수 있다. 이때 염화나트륨이 100% 이온화되는 것에 주의해야 하며, 앞서 구한 몰 수의 $\frac{1}{2}$ 이 염화나트륨의 몰 수가 된다.

중화반응에 의해서 산의 농도를 구할 수 있으며 산이 100% 이온화되는 것을 이용하면 산 용액에 포함된 용질의 총 농도를 구할 수 있다. 이때 염기의 끓는점 오름에서 끓는점 오름 상수 k_b 를 구하여 답을 얻을 수도 있고 농도의 비를 이용하여 끓는점 오름을 구할 수도 있다.

6. 채점 기준

아래 7.예시답안과 함께 채점 기준을 작성함.

7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · pH와 K_b를 이용하여 용액의 초기 농도를 구할 수 있는가? · 초기 농도와 이온화된 후 용액 내 총 농도의 관계를 설명할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 염기 수용액의 pH가 12이므로 $[H^+] = 10^{-12}M$이고 $[OH^-] = 10^{-2}M$이다. 염기의 초기 농도를 x라 할 때, 염기의 이온화상수가 0.01이므로 $K = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2}}{x - 10^{-2}} = 0.01$ <p>가 되므로 염기의 초기 농도 x는 0.02M이다. 따라서 평형 상태에서 염기 용액의 용질의 총 농도는 $[BOH] + [B^+] + [OH^-] = 0.01 + 0.01 + 0.01$이므로 0.03M이다. 또한 두 용액의 끓는점 오름이 같으므로 두 용액 내 총 용질의 농도가 같음을 알 수 있다. 염화나트륨은 물에 완전히 이온화되므로 용질의 총 농도가 0.03M이 되기 위해 물 1L 당 필요한 몰 수는 0.015mol이다.</p> <p>【채점 근거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 염기 수용액의 pH와 염기 이온화상수를 이용하여 초기 염기 농도를 구하는 과정을 바르게 설명하면 0.5점 · 염기 용액 내 총 용질의 농도를 바르게 구하면 0.5점 · 필요한 염화나트륨의 몰 수를 바르게 구하면 0.5점 <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 근거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	1.5점
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 산-염기 중화반응을 통해 물질의 농도를 바르게 구할 수 있는가? · 끓는점 오름이 몰랄농도에 비례함을 이해하고 있는가? <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 염기의 초기 농도가 0.02M이므로 해당 조건을 만족하는 산의 농도는 0.04M이다. 이때 산은 100% 이온화하므로 산 용액 내 용질의 총 농도는 0.08M이 된다. 문제의 조건에서 몰랄농도와 몰농도는 같고 끓는점 오름은 몰랄농도에 비례하므로 미지 산 용액의 끓는점 오름 ΔT_b는 $0.00153 \text{ } ^\circ\text{C} \times \frac{0.008}{0.003} = 0.000408 \text{ } ^\circ\text{C}$ <p>이 된다. 따라서 미지의 산 용액의 끓는점은 $100.000408 \text{ } ^\circ\text{C}$이다.</p> <p>【채점 근거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 미지 산의 초기 농도를 바르게 구하면 0.5점 	1.5점

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
	<ul style="list-style-type: none"> · 끓는점 오름과 몰랄 농도가 비례함을 표현하면 0.5점 · 미지의 산 용액의 끓는점을 바르게 구하면 0.5점 <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	

8. 총 평

(고등학교 화학교사 A)

산 염기 평형 반응, 중화 반응, 용액의 총괄성의 개념을 이용한 문항으로, 이들 개념은 고등학교 화학Ⅱ 교육과정에 포함되는 것으로 문항의 타당도는 적절하다고 생각한다. 다만, 각 개념의 단순한 적용이 아닌 서로 연결된 문제 구조 때문에 학생들에게는 어렵게 느껴졌을 것이라고 생각한다. 화학 평형에 대한 심도 있는 이해와 용액의 총괄성이 갖는 핵심 요소를 파악하고 있어야만 해결할 수 있는 문항이다.

(고등학교 화학교사 B)

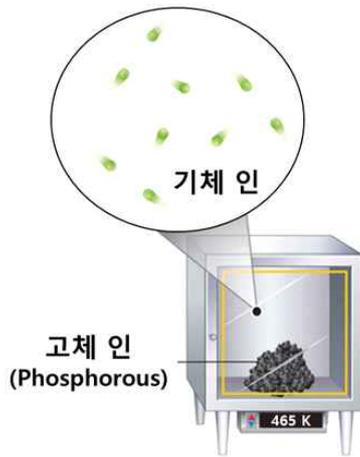
고등학교 화학Ⅱ에서는 다양한 모습의 물질 단원에서 용액의 총괄성을, 화학평형 단원에서 산-염기 중화반응을 다루고 있으므로 위 문항은 교육과정에 범위 내에서 출제되었다. 주어진 문제를 해결하기 위해 주어진 조건을 따라 실마리를 찾아 해결하다 보면 결론에 도달할 수 있는 문항으로 각 단원의 주요 개념을 파악하고 이를 연계할 수 있는 과학적, 논리적 사고력이 우수한 학생을 선발하기 적합하다고 생각한다. 본 문항과 유사한 문항을 해결할 수 있는 능력을 키우기 위해서는 교육과정의 각 단원에서 전달하고자 하는 주제들을 충분히 숙지하고 이들의 주요 개념을 연결하여 학습하는 습관이 중요하다고 생각한다.

1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	학교장추천전형/고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	화학 / 문제3	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학II
	핵심개념 및 용어	이상기체 상태 방정식, 공유결합, 전자쌍 반발 이론
예상 소요시간	5분	

2. 문항 및 제시문

인(Phosphorous)은 다양한 동소체를 갖는 물질로 질소족에 위치하여 원자가 전자가 5개이며, 원자량은 31 g/mol 이다. 고체 인을 아래 그림과 같이 용기에 담고 1기압, 465 K 조건에서 위쪽의 기체와 상평형에 도달하도록 충분한 시간을 주었다. 모든 기체는 이상기체로 가정하며, 기체 상수는 $0.08 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 이다. (4점)



(1) 기체 상태의 인의 증기압력은 0.1기압으로 측정되었으며, 이 때 인 증기의 밀도는 $1/3 \text{ kg/m}^3$ 이다. 한 가지 종류의 분자만이 인 증기를 구성하고 있다고 가정하자. 이 분자에 대해 다음을 답하시오.

(a) 분자식. (b) 삼차원 구조. (c) 단일결합, 이중결합, 삼중결합의 개수.

(2) 용기를 열고 온도를 올리면 (1)에서 언급한 인 분자는 동일한 두 개의 기체 분자로 분해된다. 이 때 생성되는 분자에 대해 다음을 답하시오.

(a) 분자식. (b) 삼차원 구조. (c) 단일결합, 이중결합, 삼중결합의 개수.

3. 출제 의도

- 이상 기체 방정식의 이해와 활용 능력을 평가한다.
- 공유결합의 기본적인 이해를 바탕으로 분자의 구조와 결합을 예측할 수 있는 능력을 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	[화학 I] - (3) 아름다운 분자 세계 ⑤ 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다. [화학 II] - (1) 다양한 모습의 물질 ② 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다.
성취 기준/영역별 내용	화1305-1. 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명할 수 있다. 화2102-1. 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	천재교육	2011	150-154
	화학 II	노태희 외	천재교육	2011	18-29
	화학 II	류해일	비상교육	2011년	18-34

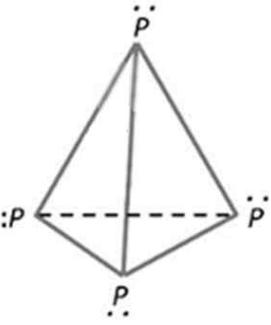
5. 문항 해설

고등학교 화학 I 에서 학습한 공유결합의 분자 구조, 화학 II 에서 학습한 기체에 관한 성질을 다루고 있다. 원자량, 압력, 온도, 기체 상수, 밀도 등 주어진 정보와 이상 기체 방정식을 활용하여 분자식을 찾는다. 인 화합물의 분자식과 원자가전자를 전자쌍 반발 이론에 적용하면 분자의 3차원 구조를 예측할 수 있으며 결합의 차수, 결합선 수를 찾을 수 있다. 분자식을 먼저 찾기 위하여 이상 기체 방정식을 이용해야 함을 떠올린다면 어렵지 않게 문제 해결에 도달할 수 있다. 다만, P_4 는 교과서에서는 흔히 볼 수 없는 중심 원자가 없는 분자이므로 전자쌍은 서로 반발하므로 가능한 한 멀리 떨어지려 하는 성질을 이용하면 정사면체의 분자 구조를 예측할 수 있다.

6. 채점 기준

아래 7.예시답안과 함께 채점 기준을 작성함.

7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 주어진 정보와 이상 기체 방정식을 이용하여 분자식을 구할 수 있는가? · 분자식 및 원자가전자, 전자쌍 반발 이론을 이용하여 분자의 3차원 구조를 설명할 수 있는가? · 분자의 3차원 구조를 통해 단일, 이중, 삼중 결합의 수를 설명할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 기체 상의 인을 이상 기체로 가정하면 $PV = nRT = \frac{w}{M_w} RT$ <p>이므로</p> $M_w = \frac{wRT}{PV} = d \frac{RT}{P} = \frac{1}{3} \text{Kg/m}^3 \times \frac{0.08 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K} \times 465 \text{ K}}{0.1 \text{ atm}}$ $= 124 \text{ g/mol}$ <p>이다. 이때 인의 원자량이 31 g/mol이므로 기체를 구성하고 있는 인 화합물의 분자식은 P_4이다.</p> <p>또한 인의 원자가전자가 5개이고 이것을 루이스 구조로 나타낼 때 비공유 전자쌍 1개, 홀전자(결합전자) 3개가 된다. 이를 전자쌍 반발 이론에 적용하면 인 원자가 서로 가장 멀리 떨어진 아래와 같은 정사면체 형태의 구조임을 예측할 수 있다.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>위 분자 구조를 살펴보면 다중 결합은 없으며 단일 결합 6개가 존재함을 알 수 있다.</p> <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 이상 기체 방정식을 이용하여 분자식을 바르게 구하면 1.0점 · 전자쌍 반발 이론을 이용하여 3차원 분자 구조를 바르게 설명하면 1.0점 · 단일, 이중, 삼중 결합의 수를 바르게 구하면 0.5점 <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	2.5점

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 생성된 기체의 분자식을 주어진 정보로부터 바르게 유추할 수 있는가? · 분자식 및 원자가전자, 전자쌍 반발 이론을 이용하여 분자의 3차원 구조를 설명할 수 있는가? · 분자의 3차원 구조를 통해 단일, 이중, 삼중 결합의 수를 바르게 설명할 수 있는가? <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> · P₄가 분해 반응을 통해 동일한 두 개의 기체 분자를 생성하므로 P₄는 아래와 같이 반응한다. $P_4(g) \rightarrow 2P_2(g)$ <p>따라서 생성된 기체의 분자식은 P₂이다. 이때 전자쌍 반발 원리를 적용하면 해당 분자는 두 개의 원자로 이루어졌으므로 선형 구조를 갖는다. 또한 인이 질소족(15족)임을 감안하면 P₂의 루이스 구조식은 N₂와 마찬가지로 삼중결합을 가진 다음의 구조를 갖는다.</p> $:P \equiv P:$ <p>따라서 P₂는 삼중 결합 1개만 있다.</p> <p>【채점 근거】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 분해되어 생성된 기체의 분자식을 바르게 설명하면 0.5점 · 3차원 구조를 바르게 설명하면 0.5점 · 분자의 단일, 이중, 삼중 결합의 수를 바르게 구하면 0.5점 <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> · 채점 근거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정한다. 	1.5점

8. 총 평

(고등학교 화학교사 A)

이상기체 방정식과 물의 개념, 전자쌍 반발의 원리와 같은 간단한 지식만으로 난이도가 높은 문항을 완성하였다고 생각한다. 이는 고등학교 화학 I, 화학 II 교육과정에 해당하는 내용으로 문항의 타당도가 높다고 생각한다. 주어진 조건의 활용 여부와 구조 예측, 단위 변환 과정의 계산을 할 수 있느냐로 변별력도 갖추고 있으며 학생들의 사고력 및 화학적 지식의 종합적 적용 여부를 평가하고 있다고 생각한다.

(고등학교 화학교사 B)

고등학교 화학 I 의 (3) 아름다운 분자 세계에서는 루이스 구조식과 전자쌍 반발 이론을 다루고 있으며 화학 II 의 (1) 다양한 모습의 물질에서는 기체의 온도, 압력, 부피의 관계 및 이상 기체 방정식을 다루고 있다. 따라서 본 문항은 교육과정 내에서 출제되었으며 수준 역시 타당하다고 생각된다. 이상 기체 방정식을 이용하여 기체의 밀도를 구하거나 분자량을 구하고 분자식을 찾는 것은 흔히 다루지만 중심 원자가 없는 분자의 3차원 구조를 예측하는 과정은 루이스 구조식과 전자쌍 반발 이론을 충분히 이해하고 있는 학생이 해결할 수 있을 것이라 예상되어 선발 문항으로 적합하다고 생각된다.