

## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 9]

### 1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	상평형 그림, 삼중점
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

2035년 영희와 철수는 행성-X로 여행을 떠났다. 7개월의 긴 여정 끝에 도달한 행성-X는 일반적인 지구의 환경과는 달라 춥고(섭씨 영하 63도, 절대온도 213 K) 기압이 매우 낮았다 (0.006 atm). (총 3점)

- (1) 상평형 그림을 고려했을 때, 지구에서의  $H_2O$ 의 3중점은 0.006 atm, 273.2 K 이다. 행성-X에서는  $H_2O$ 의 3중점이 지구에서와 비교하면 어떻게 달라지는가?  
(1점)
- (2) 행성-X의 지표면에서  $H_2O$ 를 발견하였다. 행성-X에는  $H_2O$ 가 어떤 상태로 존재하겠는가? 이를 액체상태의 물로 마시려면 어떤 방법을 써야하는가?  
3가지 방법을 서술하시오(2점).

### 3. 출제 의도

- 상평형 그림의 이해를 바탕으로 변인(온도, 압력)에 따라 물질의 상의 변화를 설명하고 예측할 수 있는지를 평가하고자 한다.

#### 4. 출제 근거

##### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] 과학과 교육과정
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학 II] (2) 반응엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-05] 상평형 그림을 이용하여 물질의 상태 변화를 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학 II] (2) 반응엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-05] 상평형 그림을 이용하여 물질의 상태 변화를 설명할 수 있다.

##### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	104-107
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	114-117
	화학 II	박종석 외	비상교육	2019	97-98
기타	수능특강 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	102
	수능완성 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	73

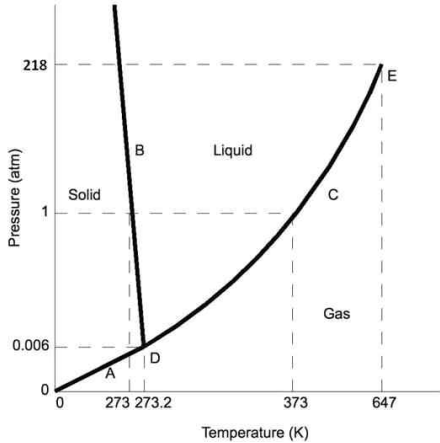
#### 5. 문항 해설

- 상평형 그림을 이해하고 주어진 환경에서 물질의 상태를 찾고, 조건이 바뀌었을 때 상태변화를 설명할 수 있으며 온도와 압력이 달라지더라도 3중점은 변하지 않는 물질의 고유한 성질임을 이해하고 있는지를 묻는 문항이다.

#### 6. 채점 기준

아래 7. 예시 답안과 함께 채점 기준을 작성함

## 7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 3중점이 물질의 고유한 성질임을 인식하고 있는가?</li> </ul> <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 3중점은 물질의 고유한 성질이므로 온도와 압력이 달라지더라도 변하지 않는다.</li> </ul> <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 3중점이 변하지 않음을 설명하면 1점</li> </ul> <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</li> </ul>	1
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 주어진 온도에서 물질의 상태를 판단할 수 있는가?</li> <li>· 온도와 압력이 달라질 때 물질의 상변화를 설명할 수 있는가?</li> </ul> <p>【예시 답안】</p>  <p>행성-X의 지표면에서(절대온도 213 K, 0.006 기압) H<sub>2</sub>O는 고체인 얼음으로 존재한다. 이를 물로 만들려면</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 온도와 압력을 동시에 올린다.</li> <li>2. 압력을 매우 높여준다.</li> <li>3. H<sub>2</sub>O 3중점은 일정한 값을 가지므로 온도를 올려 삼중점에 도달했을 때 액체(물)로 존재하는 부분을 추출한다.</li> </ol>	2

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
	<p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>주어진 환경에서 H<sub>2</sub>O의 상태를 찾고 세 가지 방법을 제시하면 2점</li> <li>주어진 환경에서 H<sub>2</sub>O의 상태를 찾고 두 가지 방법을 제시하면 1점</li> </ul> <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>위의 3가지 외에 이에 상응하는 논리적인 답을 3개 이상 제시한 경우 2점 부여</li> <li>주어진 환경에서 H<sub>2</sub>O의 상태를 찾지 못하거나, 상태를 찾고 한 가지 방법만 제시하면 점수를 부여하지 않음</li> <li>단순히 온도만 올린다고 답변하면 점수를 부여하지 않음</li> </ul>	

## 8. 총 평

### [고등학교 화학교사 A]

이 문항은 화학Ⅱ (2) 반응엔탈피와 화학 평형 단원을 근거로 출제된 문항으로 교육과정에 잘 부합한다고 볼 수 있다. 문제에서는 삼중점, 상평형 그림의 특징 및 상평형 그림을 이용하여 물질의 상 변화에 대해 묻고 있고, 이는 교육과정을 충실히 이수한 학생이라면 쉽게 해결할 수 있는 문제라고 생각한다. 다만 (2) 문항에서 액체상태의 물을 얻기 위한 방법을 세 가지 모두 답하기 위해서는 평소 단순한 암기 위주의 공부보다는 화학적 지식의 의미를 고민하며 능동적으로 학습하는 과정이 요구된다.

### [고등학교 화학교사 B]

제시된 문항은 수능 문제 및 교과서에서도 볼 수 있는 물의 상변화를 묻고 있으며, 2015 개정 교육과정에서 제시하는 성취기준에 부합한다. 주변의 온도와 압력이 변함에 따라 물질의 상이 결정되지만, 물질 고유의 특성인 삼중점은 변하지 않음을 이해하고, 물(H<sub>2</sub>O)의 상평형 그림을 그려 생각한다면 충분히 해결할 수 있는 수준의 문항이다. 또한 상평형 그림의 두 변인인 온도와 압력의 변화로 물의 상변화를 추측하는 문항은 학생의 종합적 사고능력을 평가하는 데 적합하다고 생각한다.

### < 유사 기출 문제 >

유사문제	2021학년도 수능 연계 교재 EBS 수능특강 화학Ⅱ 108쪽 18번, 20번
근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>상평형 그림을 이용하여 주어진 조건에서 상태를 찾고 변화를 주었을 때의 상변화를 설명할 수 있는지 묻고 있어 유사한 구조의 문항으로 볼 수 있다.</li> </ul>

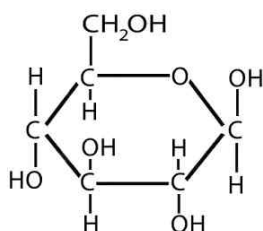
## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 10]

### 1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학II
	핵심개념 및 용어	화학 반응식, 산화 환원, 산화수, 결합 에너지
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

식물은 햇빛 에너지를 사용하여 물과 이산화탄소를 포도당과 산소로 만든다. 이때 포도당의 구조식은 다음과 같다. (총 3점)



- (1) 생성물과 반응물의 총 원자 수가 맞도록 반응식을 적어 보아라(1점).
- (2) 이 반응은 산화-환원반응이다. 포도당 한 분자를 만들기 위해서 이동하는 전자는 모두 몇 개인가? (1점)
- (3) 아래 표와 같은 결합 엔탈피가 주어졌을 때 위 반응의 결합 엔탈피 변화는 얼마인가? 발열반응인가 흡열반응인가? (1점)

결합	결합 엔탈피 (kJ/mol)	결합	결합 엔탈피 (kJ/mol)	결합	결합 엔탈피 (kJ/mol)
C-H	413	O-H	463	C-O	358
C=O	799	C-C	348	O=O	495

### 3. 출제 의도

- 산화 환원 반응을 이해하고 있으며 화학 반응식을 완성하고 결합 에너지를 이용하여 반응열을 계산할 수 있는지를 평가하고자 한다.

#### 4. 출제 근거

##### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학 I] (1) 화학의 첫걸음
	성취기준· 성취수준	[12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학 I] (4) 역동적인 화학 반응 [화학 II] (4) 전기 화학과 이용
	성취기준· 성취수준	[12화학 I 04-05] 산화·환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다. [12화학 II 04-02] 전기 분해의 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 있다. [12화학 II 04-03] 수소 연료 전지가 활용되는 예를 조사하여 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	[화학 II] (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-02] 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 이해하고, 헤스 법칙을 설명할 수 있다.

##### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	(주)천재교육	2019	30-33 186-192
	화학 I	장낙한 외	상상아카데미	2019	40-42 182-189
	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	195-201
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	88-91 202-210
기타	수능특강 화학 I	고삼곤 외	EBS	2020	35-36 184-192
	수능완성 화학 I	김준겸 외	EBS	2020	16, 113-114
	수능특강 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	77-79 181-187
	수능완성 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	48, 113, 122

#### 5. 문항 해설

- 기본적인 개념에 대한 이해도를 확인하는 문항으로, 화학의 기본적인 내용인 화학 반응식을 완성하고 산화수를 이용하여 전자의 흐름을 파악하며 주어진 데이터를 이용하여 반응 엔탈피를 계산할 수 있는지 묻는 문항이다.

#### 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
(1)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 반응물과 생성물을 이용하여 화학 반응식을 완성할 수 있는가?</li> </ul> <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2</math></li> </ul> <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 계수를 표기하지 않고 반응물과 생성물만 표기하면 0.5점</li> </ul> <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</li> </ul>	1
(2)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 산화수가 변화가 있는 원자와 없는 원자를 판단할 수 있는가?</li> <li>· 화학 반응식을 이용하여 전자의 이동을 판단할 수 있는가?</li> </ul> <p>【예시 답안】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 반응물과 생성물에서 산화수의 변화가 있었던 원자는 탄소와 산소이다. 이때 탄소는 산화수 +4에서 0으로, 산소는 산화수 -2에서 0으로 변화하였다. 양변에서 탄소 원자의 수는 6개, 산화수가 변화한 산소 원자의 수는 12개이므로 (6개의 산소 원자는 산화수가 변하지 않았음), 전체 반응에서 이동한 전자의 수는 24개이다. 곧, 24개의 전자가 산소에서 탄소로 이동하였다.</li> </ul> <p>【채점 준거】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부분 점수 없음.</li> </ul> <p>【유의 사항】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</li> </ul>	1
(3)	<p>【채점 요소】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 주어진 결합 에너지 데이터와 화학 반응식을 이용하여 반응 엔탈피 (<math>\Delta H</math>)를 계산할 수 있는가?</li> <li>· 계산 결과를 이용하여 주어진 과정이 발열 반응인지 흡열 반응인지 판단할 수 있는가?</li> </ul>	1

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
	<p><b>【예시 답안】</b></p> <p>· 반응물의 모든 분해되고 생성물의 모든 결합이 생성된다는 가정으로 결합에너지를 계산하면,</p> $\Delta H = (\text{반응물의 결합에너지 합}) - (\text{생성물의 결합에너지 합})$ $= (6 \times 2H_{O-H} + 6 \times 2H_{C=O})$ $- (5H_{C-C} + 7H_{C-O} + 7H_{C-H} + 5H_{O-H} + 6H_{O=O})$ $= (6 \times 2 \times 463 + 6 \times 2 \times 799)$ $- (5 \times 348 + 7 \times 358 + 7 \times 413 + 5 \times 463 + 6 \times 495)$ $= +2722 \text{ kJ/mol}$ <p>그러므로 흡열 반응이다.</p> <p><b>【채점 준거】</b></p> <p>· 반응 엔탈피 (<math>\Delta H</math>)를 구하면 0.5점</p> <p>· 흡열반응인지 판단하면 0.5점</p> <p><b>【유의 사항】</b></p> <p>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</p> <p>· 결합에너지와 결합엔탈피의 개념을 동등하게 생각하여 채점함</p>	



## 8. 총 평

[고등학교 화학교사 A]

이 문항은 화학 I 과 화학 II의 여러 단원 속에 포함된 기본 개념을 전반적으로 묻는 문항으로 교육과정에 잘 부합된다. 이 문항을 해결하기 위해서는 화학 반응식, 산화-환원 반응 속 전자의 이동, 결합 에너지를 바탕으로 반응 엔탈피 구하기 등의 학습 요소가 필요하고, 이는 교육과정을 이수한 학생들에게는 큰 어려움 없이 해결 가능하다고 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

화학 반응식 작성 및 산화-환원 반응식 쓰기, 결합 에너지를 이용한 반응 엔탈피를 구하는 과정은 2015 개정 교육과정의 화학 I, II에 걸쳐서 화학 반응을 이해하고 물질의 변화 과정을 설명하는 데 기본이 되므로 교육과정 및 성취기준에 매우 잘 부합한다. 또한 수학능력시험에서도 자주 등장하는 문항으로 타당도가 높다고 할 수 있다. 학교 교육과정을 성실히 이수한 학생의 기본 학습 능력을 평가하는 데 적합하다고 판단된다.

### < 유사 기출 문제 >

**유사문제** 2021학년도 수능 연계 교재 EBS 수능특강 화학 II 89쪽 7번

**근거**

- 주어진 분자 구조를 이용하여 완성된 화학반응식을 토대로 결합에너지를 이용하도록 하고 있어 유사한 구조의 문항으로 볼 수 있다.

## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 11]

## 1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	산-염기 평형, 완충 용액
예상 소요 시간	10분	

## 2. 문항 및 제시문

아래 그림과 같이 같은 부피의 두 개의 수용액이 분리막에 의해 좌-우로 나뉘어져 있다. 왼쪽에는 순수한 물에 약한 산성 물질인 HA를 초기 농도 1M로 녹였으며, 오른쪽은 HA는 전혀 포함되어 있지 않지만 pH 8로 맞추어진 완충 용액을 채워 넣었다. 이온 형태의 산성 물질 ( $A^-$ )과 물 분자 및 그 외 모든 화학종은 분리막을 통과하지 못하고, 오직 중성 형태의 산성 물질인 HA만 이 분리막을 통과할 수 있다. (총 4점)

(산성 물질 HA의 이온화 상수  $K_a$ 는  $10^{-4}$ 이다).

(1) 평형 상태를 이루었을 때 왼쪽 수용액과 오른쪽 수용액에 녹아있는 화학종 중 농도가 같은 화학종은 무엇인가? (1점)

(2) 평형 상태에서 (1)에서 답한 화학종의 농도는 몇 M인가? (2점)

(3) 왼쪽 수용액의 pH는 얼마인가? (1점)



## 3. 출제 의도

- 평형에 대한 이해, 완충 용액에 대한 개념 이해, 산-염기 이온화 상수에 대한 이해 정도를 평가하고자 한다.

## 4. 출제 근거

## 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학II] (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학II02-06] 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 세기를 이해하고, 염의 가수 분해를 설명할 수 있다. [12화학II02-07] 완충 용액이 생체 내 화학 반응에서 중요함을 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학II] (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학II02-06] 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 세기를 이해하고, 염의 가수 분해를 설명할 수 있다. [12화학II02-07] 완충 용액이 생체 내 화학 반응에서 중요함을 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	[화학II] (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학II02-06] 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 세기를 이해하고, 염의 가수 분해를 설명할 수 있다. [12화학II02-07] 완충 용액이 생체 내 화학 반응에서 중요함을 설명할 수 있다.

## 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	111-124
	화학 II	박종석 외	비상교육	2019	100-106
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	120-132
기타	수능특강 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	119-128
	수능완성 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	78-79

## 5. 문항 해설

- 선택적 투과성을 가진 막과 완충 용액이 일부 포함된 계에서 산-염기 평형을 정확히 이해하고, 특정 화학종의 농도 및 pH를 계산할 수 있는지를 묻는 문항이다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)															
(1)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>선택적 투과성 막의 성질을 이해하고 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>오직 HA만 투과 가능한 막이므로, 평형 상태에서 양쪽의 농도가 같은 화학종은 HA이다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>HA가 양쪽에서 같은 농도로 존재하는 이유를 바르게 설명하면 1점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> </ul>	1															
(2)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>선택적 투과성 막과 완충 용액의 성질을 고려하여 산-염기 평형 속 특정 화학종의 농도를 구할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>본 문제는 완충 용액은 pH가 변화하지 않는 용액이라는 정성적 이해와 화학 평형의 초기 조건을 다르게 잡아도 평형 농도에는 영향을 주지 않는다는 사실을 결합하여 사용하여 풀면 매우 쉽게 풀 수 있는 문제이다.</li> <li>HA는 약산이지만 오른쪽 완충 용액은 염기 조건으로 맞추어져 있기 때문에 대부분의 HA가 오른쪽으로 이동한 후 높은 pH로 인하여 대부분 A<sup>-</sup>로 이온화될 것이라는 화학적 직관력을 이용할 수 있다.</li> <li>초기 조건을 모든 HA가 오른쪽으로 넘어간 후 100% 이온화 되어 A<sup>-</sup>의 형태로 존재하는 조건으로 바꾸어 생각해보자. 즉 <math>[A^-]_R^0 = 1M</math> 을 초기조건으로 생각하고 오른쪽 수용액의 산-염기 평형을 고려하면,</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td><td style="text-align: center;"><math>HA \rightleftharpoons H^+ + A^-</math></td><td></td></tr> <tr> <td style="text-align: right;">초기:</td><td style="text-align: center;">0      <math>10^{-8}</math>      1</td><td></td></tr> <tr> <td style="text-align: right;">변화량:</td><td style="text-align: center;">+x                      -x</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px dashed black;"></td></tr> <tr> <td style="text-align: right;">최종:</td><td style="text-align: center;">x      <math>10^{-8}</math>      1-x</td><td></td></tr> </table> </div>		$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$		초기:	0 $10^{-8}$ 1		변화량:	+x                      -x					최종:	x $10^{-8}$ 1-x		2
	$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$																
초기:	0 $10^{-8}$ 1																
변화량:	+x                      -x																
최종:	x $10^{-8}$ 1-x																

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)																														
	$K_a = \frac{10^{-8}(1-x)}{x} = 10^{-4}$ <p>이때 <math>x</math>가 충분히 작아 <math>1-x \approx 1</math>이면, 오른쪽 HA의 농도는 <math>[HA]_R = x = 10^{-4}</math> M이 되며, 왼쪽과 오른쪽의 HA의 농도는 같기 때문에, 왼쪽의 HA의 농도 역시 <math>[HA]_R = x = 10^{-4}</math> M이 된다.</p> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· HA의 농도와 계산과정을 바르게 설명하면 2점</li></ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li></ul>																															
(3)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 산-염기 평형을 이해하고, 수용액 속 pH를 구할 수 있는가?</li></ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 평형 상태에서 왼쪽 수용액에서의 HA의 농도는 <math>[HA]_L = 10^{-4}</math> M 이므로, 왼쪽에서의 산-염기 평형은 아래와 같이 쓰여진다.</li></ul> <table><tr><td></td><td>HA</td><td><math>\rightleftharpoons</math></td><td>H<sup>+</sup></td><td>+</td><td>A<sup>-</sup></td></tr><tr><td>초기:</td><td>y<sub>0</sub></td><td></td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>변화량:</td><td>-y</td><td></td><td>y</td><td></td><td>y</td></tr><tr><td colspan="6">-----</td></tr><tr><td>최종:</td><td>10<sup>-4</sup></td><td></td><td>y</td><td></td><td>y</td></tr></table> $K_a = \frac{y^2}{10^{-4}} = 10^{-4}$ $[H^+]_L = [A^-]_L = y = 10^{-4}$ <p>그러므로 왼쪽 수용액의 pH는 <math>-\log_{10}[H^+]_L = -\log_{10}10^{-4} = 4</math>이다.</p> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 왼쪽 용액의 pH값과 계산과정을 바르게 설명하면 1점</li></ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li></ul>		HA	$\rightleftharpoons$	H <sup>+</sup>	+	A <sup>-</sup>	초기:	y <sub>0</sub>		0		0	변화량:	-y		y		y	-----						최종:	10 <sup>-4</sup>		y		y	1
	HA	$\rightleftharpoons$	H <sup>+</sup>	+	A <sup>-</sup>																											
초기:	y <sub>0</sub>		0		0																											
변화량:	-y		y		y																											
-----																																
최종:	10 <sup>-4</sup>		y		y																											

## 8. 총 평

[고등학교 화학교사 A]

이 문항은 산-염기 평형을 이해하고 완충용액에 산이나 염기가 첨가되었을 때의 변화를 설명할 수 있는지 평가하는 문항으로 2015교육과정에 적합한 문제라고 생각한다. 그리고 특정 물질만 반투막을 통과한다는 조건을 제시하여 주어진 조건 내에서 산-염기 평형 계산을 할 수 있는 능력을 함께 물음으로써 기계적인 학습을 한 학생들을 변별하는 요소도 두고 있다. 이처럼 교육과정 범주의 지식을 이용하여 학생들의 창의적 능력을 평가하는 적절한 문항이라고 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

제시된 문항은 용액의 성질, 이온화 상수를 이용한 산과 염기의 세기에 대한 이해, 완충용액의 특성을 묻고 있으며, 이는 2015 개정 교육과정 화학II에서 제시하는 성취기준에 부합한다. 평소 쉽게 접할 수 있는 반투막을 이용한 삼투압 계산이 아닌, 선택적 투과가 가능한 반투막을 조건으로 제시하여 용액에 대한 특성을 이해하고 산-염기 평형에 대한 정량적 계산을 묻고 있어 신선한 문항으로 생각한다. 따라서 새로운 상황에 대한 이해와 학습 역량을 평가하고 우수한 사고력을 지닌 학생을 선발하기에 적합한 문항으로 생각한다.

### < 유사 기출 문제 >

**유사문제** 2021학년도 수능 연계 교재 EBS 수능특강 화학II 137쪽

**근거**

- 완충 용액의 개념을 이해하고 완충 용액에 산이나 염기가 첨가되었을 때의 변화 산 염기 평형의 원리를 이용하여 해결해야 하므로 유사한 구조의 문항으로 볼 수 있다.

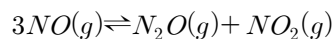
## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 12]

### 1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	화학 평형, 르샤틀리에 원리
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

다음의 발열반응이 있다.



반응이 아래의 각각의 경우에 왼쪽 혹은 오른쪽으로 갈지 답하고 설명하시오. (총 3점)

- (1) 온도 변화 없이 부피가 감소하면 반응이 어느 쪽으로 가겠는가? 그 이유는 무엇인가? (0.5점)
- (2) 반응 온도를 낮추면 반응이 어느 쪽으로 가겠는가? 그 이유는 무엇인가? (0.5점)
- (3) 압력이나 온도의 변화 없이 비활성 기체가 더해지면 반응이 어느 쪽으로 가겠는가? 그 이유는 무엇인가? (1점)
- (4) 부피의 변화 없이 비활성 기체를 넣으면 반응이 어느 쪽으로 가겠는가? 그 이유는 무엇인가? (1점)

### 3. 출제 의도

- 화학반응에 있어 화학평형과 평형 이동에 대한 이해정도를 평가하고자 한다.

## 4. 출제 근거

## 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학 II] (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학 II] (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	[화학 II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액 (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다.
		[12화학 II 01-03] 혼합 기체에서 물 분율을 이용하여 분압의 의미를 설명할 수 있다.
(4)	교육과정	[화학 II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액 (2) 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준· 성취수준	[12화학 II 02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다.
		[12화학 II 01-03] 혼합 기체에서 물 분율을 이용하여 분압의 의미를 설명할 수 있다.

## 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	95-102
	화학 II	박종석 외	비상교육	2019	82-90
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	104-111
기타	수능특강 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	92-101
	수능완성 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	57, 63

## 5. 문항 해설

- 화학 평형을 이루고 있는 계의 조건이 변하였을 때, 상황에 맞게 르샤틀리에 원리를 적용하여 반응의 이동을 설명할 수 있는지를 묻는 문항이다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함



## 7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
(1)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기체의 부피(압력) 변화에 따른 평형의 이동 방향을 설명할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부피가 감소하면 모든 기체의 부분 압력이 상승하는데, 르샤틀리에의 법칙에 따라 몰 수(분자 수)를 줄이는 방향으로 평형이 이동한다. 반응물이 3몰, 생성쪽이 2몰이므로 오른(정반응, 생성물)쪽으로 가게 된다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 평형의 이동방향과 이유를 바르게 설명하면 0.5점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> </ul>	0.5
(2)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 온도 변화에 따른 평형의 이동 방향을 설명할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 문제에 제시된 반응은 발열반응이므로 혼합물의 온도를 낮추면 생성물을 만드는 것을 더 선호하므로 오른(정반응, 생성물)쪽으로 가게 된다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 평형의 이동방향과 이유를 바르게 설명하면 0.5점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> </ul>	0.5
(3)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 압력과 온도가 일정한 상황에서 비활성 기체가 추가될 때 계에서 일어나는 변화를 설명할 수 있는가?</li> <li>· 기체의 부피(압력) 변화에 따른 평형의 이동 방향을 설명할 수 있는가?</li> </ul>	1

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
	<p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 비활성 기체가 더해지게 되면 주어진 압력 및 온도를 유지하기 위해서 부피는 반드시 증가해야 하고 부피가 증가하면 각 기체의 부분 압력이 낮아지는 효과가 있으므로 르샤틀리에의 원리에 따라 몰 수가 증가하는 왼(역반응, 반응물)쪽으로 평형이 이동한다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 평형의 이동방향과 이유를 바르게 설명하면 1점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> </ul>	
(4)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부피가 일정한 상황에서 비활성 기체가 추가될 때 계에서 일어나는 변화를 설명할 수 있는가?</li> <li>· 평형에 영향을 주지 않는 물질이 추가될 때 평형의 이동 방향을 설명할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부피의 변화 없이 부분 압력이 변하지 않고, 또한 반응의 평형이 전체 압력에 독립적이기 때문에 평형에는 변화가 없다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 평형이 이동하지 않는다는 것과 그 이유를 바르게 설명하면 1점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> </ul>	1

## 8. 총 평

[고등학교 화학교사 A]

이 문항은 화학 평형과 르샤틀리에 원리에 대한 기본적인 이해도를 묻고 있는 문항이다. 복잡한 계산 없이 2015 교육과정에서 정하는 화학Ⅱ내용에 대한 이해가 있다면 어렵지 않게 답할 수 있는 문항으로 학생의 기초 지식을 파악하는 문항이라고 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

평형에 도달한 열화학 반응식을 이용하여 화학 반응에 대한 기본인 화학 평형과 르샤틀리에 원리를 묻는 문항으로 화학Ⅱ 교과와 2015 개정교육과정의 화학 평형의 이동에 잘 부합한다. 기체의 평형에서 부피, 온도, 압력에 따른 평형 이동에 대한 이해는 기본적인 화학 교과와 학습 역량을 평가하는 데 적합하다고 생각한다.

### < 유사 기출 문제 >

유사문제	<b>EBS 개념완성 화학Ⅱ 106쪽 OX문제 1번</b> <b>2021학년도 수능 연계 교재 EBS 수능특강 화학Ⅱ 107쪽 13번</b>
근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부의 변화가 생겼을 때 평형 이동의 방향을 예측하는 것으로 르샤틀리에 원리를 활용해야 하는 과정에서 유사한 구조의 문항으로 볼 수 있다.</li> </ul>

## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 13]

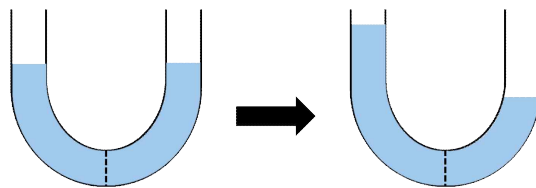
### 1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	이온 결합, 묶은 용액의 총괄성
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

물농도는 몰랄농도와 동일하다고 가정하라. (총 3점)

- (1) 0.002 M 설탕 수용액 (설탕 분자량: 342 g/mol)과 0.0015 M 소금 수용액 (소금 분자량: 60 g/mol) 중 끓는점이 더 높은 수용액은 무엇이고 그 이유는? (0.5점)
- (2) 아래 그림의 U자관 중앙에는 설탕은 통과할 수 없고 물과 이온은 통과할 수 있는 반투막이 있다. 이 U자관 한 쪽에는 0.002 M 설탕 수용액 1 L를, 다른 한 쪽에는 0.0015 M 소금 수용액 1 L를 부었다. 충분한 시간이 흐른 후 양 쪽 물기둥 사이의 높이 차이가 생겼다. 이때 수면이 더 높은 쪽은 어느 수용액을 부은 쪽인가? 그 이유가 무엇인가? (온도는 300 K로 유지되었다.) (1점)



- (3) 위 U자관의 어느 한 쪽에 분자량을 모르는 단백질 10 g을 넣어 녹여 주었더니 충분한 시간이 흐른 후 양쪽 물기둥의 높이가 동일해졌다. 단백질은 어느 수용액을 넣었던 쪽에 넣어 주어야 하는가? 이 단백질의 분자량은 얼마인가? (1.5점)

### 3. 출제 의도

- 끓는점 오름과 삼투압, 반트호프의 법칙에 대한 이해 정도를 평가하고자 한다.

#### 4. 출제 근거

##### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] 과학과 교육과정
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학I] (3) 화학 결합과 분자의 세계 [화학II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준· 성취수준	[12화학 I 03-02] 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 찾을 수 있다. [12화학 II 01-09] 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림을 이해하고, 일상생활의 예를 들 수 있다.
(2)	교육과정	[화학I] (3) 화학 결합과 분자의 세계 [화학II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준· 성취수준	[12화학 I 03-02] 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 찾을 수 있다. [12화학 II 01-10] 삼투 현상을 관찰하고, 삼투압을 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학I] (3) 화학 결합과 분자의 세계 [화학II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준· 성취수준	[12화학 I 03-02] 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 찾을 수 있다. [12화학 II 01-10] 삼투 현상을 관찰하고, 삼투압을 설명할 수 있다.

##### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	53-62
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	54-73
	화학 II	박종석 외	비상교육	2019	42-48
기타	수능특강 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	49-53
	수능완성 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	33-34

#### 5. 문항 해설

- 화학종에는 무관하고 용질과 용매의 상대적 양에만 의존하는 성질인 끓는점 오름과 삼투압에 관한 것으로 총괄성의 기본 개념을 이해하고 활용할 수 있는지를 묻는 문항이다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
(1)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 소금의 주 성분은 이온결합물인 염화나트륨이며 이온결합물이 물에 녹으면 양이온과 음이온으로 나누어지는 것을 이해하고 있는가?</li> <li>· 끓는점 오름이 입자의 수와 관계가 있음을 이해하고 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 끓는점 오름은 입자의 수에 비례하고 몰농도와 몰랄농도가 같다고 가정했으므로             <ul style="list-style-type: none"> <li>– 끓는점 오름 <math>\Delta T_b = K_b \times m</math></li> <li>– 설탕 수용액의 몰랄농도=0.002 m</li> <li>– 소금 수용액의 몰랄농도=0.0015×2=0.003 m (완전히 이온화 했을 경우)</li> </ul> </li> <li>· 이므로 소금 수용액의 끓는점이 더 높다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 소금 수용액의 끓는점이 더 높은 이유를 바르게 설명하면 0.5점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 완전히 이온화되는 0.003 m의 농도를 계산하지 않더라도 소금이 수용액 상에서 이온화되어 그 용질입자의 농도가 설탕 수용액의 농도인 0.002 m 보다 커지는 경우 소금 수용액의 끓는점이 더 높아진다고 대답하면 정답으로 인정</li> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> </ul>	0.5
(2)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 반투막을 통과할 수 있는 용질은 용액 전체에 균일하게 분포하고 있으며, 삼투압을 유발하는 입자를 설명할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 설탕은 반투막을 통과할 수 없고 소금 수용액의 이온은 반투막을 통과할 수 있어 U자 관 내 용액에 골고루 분포하게 되므로</li> </ul>	1

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
	<p>삼투압은 설탕에 의해 유발된다. 따라서 소금 수용액에서 설탕-소금 수용액(또는 설탕 수용액)쪽으로 물이 반투막을 통과하여 이동하게 되므로 설탕 수용액을 넣은 쪽의 수면이 더 높다.</p> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 설탕에 의해 삼투압이 유발되어 물 분자가 설탕이 있는 쪽으로 이동함을 설명하면 0.5점</li> <li>· 설탕 수용액을 넣은 쪽의 수면이 더 높음을 설명하면 0.5점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</li> </ul>	
(3)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 삼투압을 이용하여 분자량을 계산할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 물기둥의 높이를 동일하게 만들기 위해서는 설탕 수용액을 넣은 반대쪽에 단백질을 녹여야 한다.</li> <li>· 이때 삼투압이 같아져야 하므로 단백질 0.002 몰을 넣어야 한다. 따라서 단백질의 분자량(MW)은 <math display="block">MW = 10 \text{ g} / 0.002 \text{ mol} = 5,000 \text{ g/mol}</math> 이 된다.</li> </ul> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 물기둥의 높이를 동일하게 하기 위해 설탕 수용액을 넣은 반대쪽에 단백질을 넣어야 함을 설명하면 0.5점</li> <li>· 단백질의 분자량 5,000 g/mol을 바르게 구하면 1점</li> <li>· 단백질의 분자량에서 단위를 작성하지 않거나 Da로 표현해도 정답으로 인정</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</li> </ul>	1.5

## 8. 총 평

[고등학교 화학교사 A]

평소 교육 현장의 경험으로 보았을 때 학생들이 다소 어려워하는 묶은 용액의 총괄성에 관한 문항으로 이것이 용질의 입자수에만 의존하는 특성이 있음을 이해하고 이를 활용하여 현상을 예측하고 판단할 수 있는지를 묻고 있다. 특히 물에서 대부분 이온화되는 전해질(천재교육 화학II 62쪽(2019))의 거동을 생각하며 삼투압을 비교하도록 하고 있어 총괄성과 용질의 특성에 대한 전반적인 이해도를 평가하기 위한 의도가 있다고 생각한다. 또한 반투막이 특정 용질은 통과하지 못한다는 조건과 (3)문항에서 분자량 계산 요소는 학생들에게 쉽지 않은 조건으로 작용했을 것이며, 전반적으로 난이도가 높은 문항으로 사고력이 우수한 학생을 변별하는 목적으로 출제된 것으로 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

이 문항은 화학II 물질의 세 가지 상태와 용액 단원을 바탕으로 출제된 문항으로 교육과정에 잘 부합한다고 볼 수 있다. 이 문항을 해결하기 위해서 물질의 총괄성의 전반적인 특징과 끓는점 오름, 삼투 현상에 이해할 수 있어야 하고, 반투막을 고려하여 계의 화학적 조성에 대해 사고할 수 있어야 한다. 또한 (1)문항에서 전해질이 물에 용해될 때 입자수가 증가한다는 내용과 (3)문항에서 반트호프 법칙을 이용한 정량적인 계산이 필요한 부분은 우수 학생을 변별하기 위한 평가 요소라고 생각한다.

### < 유사 기출 문제 >

**유사문제** (주)천재교육 화학II 교과서 60쪽 예제

**근거**

- 해당 예제는 주어진 조건에서 인슐린의 삼투압을 이용하여 분자량을 구하는 문제로 하 위문항(3)과 관련하여 유사한 구조의 문항으로 볼 수 있다. 총괄성을 이용하여 분자량을 구하는 문제는 예제로 매우 많이 사용된다.



## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 14]

### 1. 일반정보

유형	<input type="checkbox"/> 논술고사 <input checked="" type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	연료전지, 헤스의 법칙, 이상기체방정식
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

최근 에너지, 환경 문제가 대두되면서 친환경 자동차에 대한 관심이 높아지고 있다. 그중 수소 연료 전지 자동차는 수소 기체를 연료로 하여 공기 중의 산소와 반응시켜 전기를 생산하고, 생산된 전기로 모터를 돌려 동력을 얻는 자동차이다. 특히 전기화학 반응 후에 최종적으로 물을 생성하기 때문에 이산화탄소를 내뿜지 않는 친환경 자동차로 각광 받고 있다.

수소 자동차가 120 L 부피의 탱크에 상온 300 K의 수소 기체를 700 기압으로 저장하고 있다고 하자. 이러한 수소 탱크에 저장된 수소 기체를 이용하여, 상온 1 기압에서 공기 중의 산소와 반응시켜서 전기를 생성할 경우, 아래의 참고 정보 중 필요한 정보를 활용하여

(1) 생산할 수 있는 최대 전기에너지의 양을 구하시오. (3점)

(2) 생산할 수 있는 최대 전압을 구하시오. (기체상수:  $0.08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) (1점)  
(총 4점)

－ 참고 정보 1: 표준 상태에서 원자 사이의 평균 결합 에너지

결합	D (kJ/mol)	결합	D (kJ/mol)	결합	D (kJ/mol)
H-H	436	O-O	146	C-O	350
O-H	460	O=O	500	C=O	732

– 참고 정보 2: 물의 상태 변화에 따른 엔탈피 변화



- 참고 정보 3: 1 V의 전압이 걸려있는 화학전지 내에서 1 몰의 전자가 회로를 따라 이동할 경우, 화학전지가 생산할 수 있는 총 전기에너지는 100 kJ/mol이라 가정하자.

### 3. 출제 의도

- 결합 에너지와 반응 엔탈피에 대한 이해, 헤스 법칙 및 물질의 상태 변화 이해, 수소 연료 전지 기본 반응식 이해 정도를 평가하고자 한다.

### 4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액 (2) 반응 엔탈피와 화학 평형 (4) 전기 화학과 이용
	성취기준· 성취수준	[12화학II01-01] 기체의 온도, 압력, 부피, 몰수 사이의 관계를 설명할 수 있다. [12화학II02-01] 열화학 반응식을 엔탈피를 이용하여 표현할 수 있다. [12화학II02-02] 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 이해하고, 헤스 법칙을 설명할 수 있다. [12화학II04-03] 수소 연료 전지가 활용되는 예를 조사하여 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학II] (4) 전기 화학과 이용
	성취기준· 성취수준	[12화학II04-01] 화학 전지의 작동 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 있다.

## 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	11-20 75-85 198-199
	화학 II	박종석 외	비상교육	2019	11-17 61-69 174-176
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	14-24 82-94 208-210
기타	수능특강 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	6-10 77-82 185-187
	수능완성 화학 II	권기섭 외	EBS	2020	5 48-49 122

## 5. 문항 해설

- 결합 에너지와 반응 엔탈피의 관계, 헤스의 법칙, 이상기체방정식 등에 대한 개념의 이해를 바탕으로 주어진 참고 정보를 해석하여 최대 전기에너지 및 최대 전압을 구할 수 있는지를 묻는 문항이다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
(1)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>주어진 결합에너지를 이용하여 반응엔탈피를 구할 수 있는가?</li> <li>물의 상태 변화에 따른 엔탈피 변화와 헤스의 법칙을 이용하여 주어진 반응에 대한 열화학 반응식을 완성할 수 있는가?</li> <li>이상기체방정식을 이용하여 기체의 몰수를 구하고 주어진 정보를 활용하여 최대 전기에너지를 구할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <p>수소와 산소를 반응시켜 물을 생성하는 연료전지 반응의 반응식은 아래와 같이 쓸 수 있다.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <math display="block">2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-</math> <math display="block">\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})</math> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">전체: <math>2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})</math></p> </div> <p>즉, 전체 반응의 반응 엔탈피를 구하고 수소의 몰수를 구해야 한다.</p> <p>참고 정보 1과 2, 헤스의 법칙을 이용하면 다음과 같이 생각할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1</math></li> <li><math>2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_2</math></li> </ol> <p>전체: <math>2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2</math></p> <p>이므로,</p> <p><math>\Delta H_1 = \text{반응물의 결합에너지 합} - \text{생성물의 결합에너지의 합}</math>  <math>= (2 \times 436 + 1 \times 500) - (2 \times 2 \times 460)</math>  <math>= -468 \text{ kJ}</math> -----1점</p> <p><math>\Delta H_2 = -(44 \times 2)</math>  <math>= -88 \text{ kJ}</math></p> <p>이다. 따라서</p> <p><math>\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -556 \text{ kJ}</math> -----1점</p> <p>이며, 수소 2몰을 전기화학 반응을 통해 얻을 수 있는 최대 화학 에너지는 556 kJ이다.</p> <p>이때, 300K, 120L의 탱크 안에는 수소가 700기압으로 존재하고 있기 때문에, 이상기체 상태방정식을 활용하면,</p> <p><math>n = (PV)/(RT) = (700 \times 120)/(0.08 \times 300) = 3,500 \text{ 몰}</math>          으로 수소의 몰수를 구할 수 있다.</p>	3

하위 문항	채점 기준 및 예시답안	배점 (점)
	<p>그러므로 수소 전체의 화학 에너지는 <math>556/2 \times 3500 = 973,000</math> kJ이고, 이 화학 에너지를 모두 전기에너지로 전환하면 최대 973,000 kJ의 전기에너지를 생산할 수 있다. -----1점</p> <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})</math>의 반응 엔탈피 <math>\Delta H_1 = -468</math> kJ/mol을 바르게 구하면 1점</li> <li>· 헤스의 법칙을 고려하여 <math>2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})</math>의 반응 엔탈피 <math>\Delta H = -556</math> kJ를 바르게 구하면 1점</li> <li>· 최대 전기에너지를 973,000 kJ(<math>\Delta H</math>을 구한 경우) 또는 819,000 kJ(<math>\Delta H_1</math> 만 구한 경우)로 구하면 1점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현은 정답으로 인정</li> <li>· 헤스의 법칙을 적용하지 않은 답안에 대해 중복 감점이 되지 않도록 유의</li> </ul>	
(2)	<p><b>【채점 요소】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수소 이온으로 수소 기체 1몰을 만들기 위해 필요한 전자의 수를 찾아 문제의 조건에 부합하는 전자의 수를 구하고, 주어진 정보를 이용하여 최대 전압을 구할 수 있는가?</li> </ul> <p><b>【예시 답안】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수소 기체 1몰 반응 시 전자 2몰이 이동하게 되므로 3,500몰의 수소가 반응하는 동안 7,000몰의 전자가 이동하게 되므로</li> </ul> $\text{최대 전압} = \frac{973,000 \text{ kJ}}{7,000 \text{ mol} \times 100 \text{ kJ/mol} \cdot V} = 1.39 \text{ V}$ <p>또는</p> $\text{최대 전압} = \frac{819,000 \text{ kJ}}{7,000 \text{ mol} \times 100 \text{ kJ/mol} \cdot V} = 1.17 \text{ V}$ <p><b>【채점 준거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 최대 전압 1.39 V 또는 1.17 V를 바르게 구하면 1점</li> </ul> <p><b>【유의 사항】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채점 준거에 부합하는 유사한 표현도 정답으로 인정</li> <li>· 헤스의 법칙을 적용하지 않은 답안에 대해 중복 감점이 되지 않도록 유의</li> </ul>	1

## 8. 총 평

[고등학교 화학교사 A]

우리 생활 가까이 다가온 수소 자동차를 이용하여 이상기체 방정식, 헤스의 법칙, 연료전지 개념을 통해 주어진 조건을 활용하여 계산을 해야 하는 구조로 이루어진 문항이다. 발문의 생소함을 통해 학생들은 다소 어려움을 느꼈을 것으로 생각되나 2015 교육과정 화학II 내용을 숙지했다면 충분히 해결할 수 있는 문항이라고 생각한다. 서로 다른 단원에서 배운 내용을 하나의 문항으로 엮음으로써 화학II의 전반적인 이해도를 평가하는 것을 목적으로 한다고 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

이 문항은 화학II에 포함된 여러 지식과 주어진 참고 정보를 종합적으로 활용하여 일련의 문제를 해결하도록 구성되어 있다. 이 문제를 해결하기 위해서는 이상 기체 방정식, 평균 결합 에너지와 반응 엔탈피의 관계, 연료 전지, 전기에너지 등의 지식을 빠짐 없이 이해하여야 하고, 원하는 정보를 얻기 위해 통합적이고 수준 높은 사고가 필요하다. 전체적인 문항의 난이도는 높으나 교육과정을 충실히 학습한 학생은 접근 가능한 문항이다.

### < 유사 기출 문제 >

유사문제	2021학년도 대학수학능력시험 과학탐구영역(화학II) 2번 문항 2017학년도 대학수학능력시험 과학탐구영역(화학II) 12번 문항
근거	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>H_2O(l)</math>과 <math>H_2O(g)</math>의 열화학 반응식 관련 문항이며,</li> <li>결합에너지, 기화엔탈피를 이용한 열화학 반응식 문항으로 문항의 구조와 의도가 비슷하다 볼 수 있다.</li> </ul>