

문항카드 8


1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 [(수학)/ 문제 1	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	확률과 통계	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	확률과 통계
	핵심개념 및 용어	경우의 수, 확률의 덧셈정리, 확률의 곱셈정리
예상 소요 시간	20분	


2. 문항 및 제시문

[문제 1] 다음과 같은 방식으로 주사위 두 개를 붙여서 새로운 주사위를 만든다.

- 일반적인 정육면체 모양의 주사위는 서로 마주보고 있는 면의 눈의 수의 합이 항상 7이고 다음 그림과 같이 면이 구성되어 있다.



- 위와 같은 모양의 주사위 두 개를 눈의 수가 6인 면끼리 붙여서 직육면체 모양의 주사위 하나를 만든다. 다음은 새롭게 만들 수 있는 주사위 중 한 가지 예시를 보여준다.



예시

- 새로운 주사위 한 면의 눈의 수는 그 면에 있는 모든 눈의 수의 합과 같고, 각 면이 나올 확률은 면적에 비례한다고 가정한다.

위의 방식에 따라 새롭게 만들 수 있는 모든 종류의 주사위 중 하나를 임의로 선택하여 한 번 던져서 나오는 눈의 수가, 일반적인 정육면체 모양의 주사위를 한 번 던져서 나오는 눈의 수보다 작거나 같을 확률을 구하시오. [20점]

3. 출제 의도

다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률의 개념은 논리적 사고 및 의사결정에서 중요한 부분이다. 본 문제는 임의로 설정된 상황에서 얻을 수 있는 경우의 수와 그에 따른 확률 구조에 대한 이해도를 평가하고, 각 상황에서의 확률에 대한 비교가 정확하게 이루어

지는지를 평가한다. 본 문제는 확률에 대한 기본 개념의 이해도를 평가하며 난이도는 중하 정도로 볼 수 있다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 8] 수학과 교육과정
성취기준 / 영역별 내용	3. 확률과 통계 가. 순열과 조합 1) 경우의 수 (1) 합의 법칙과 곱의 법칙을 이해하고, 이를 이용하여 경우의 수를 구할 수 있다.
	나. 확률 1) 확률의 뜻과 활용 (2) 확률의 기본 성질을 이해한다. (3) 확률의 덧셈정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다. 2) 조건부 확률 (3) 확률의 곱셈정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	확률과 통계	정상권 외 7인	(주)금성출판사	2016	12-17, 76-88, 102-104
	확률과 통계	이준열 외 9인	천재교육	2016	12-17, 92-98, 106-115
	확률과 통계	신항균 외 11인	(주)지학사	2016	13-17, 63-76, 81-85
	확률과 통계	김창동 외 14인	(주)교학사	2016	13-17, 77-88, 93-97
기타					

5. 문항 해설

주사위 두 개를 붙여서 만들 수 있는 직육면체 모양의 새로운 주사위의 종류를 찾아내고, 각 주사위의 눈이 나오는 경우와 그에 해당하는 확률을 찾아낸다. 새로운 주사위를 한 번 던졌을 때 나오는 눈의 수와 일반적인 정육면체 모양의 주사위를 한 번 던졌을 때 나오는 눈의 수를 비교하여 문제에 해당하는 경우를 찾아낸다. 그 경우에 대한 확률을 확률의 곱셈정리와 덧셈정리를 사용하여 계산한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
	[채점요소] 다양한 상황에서 발생하는 확률적 사건과 이와 관련된 확률의 개념을 이해하고, 확률의 곱셈정리와 덧셈정리를 사용하여 확률을 계산할 수 있는가?	20

[예시답안] 7번 참조

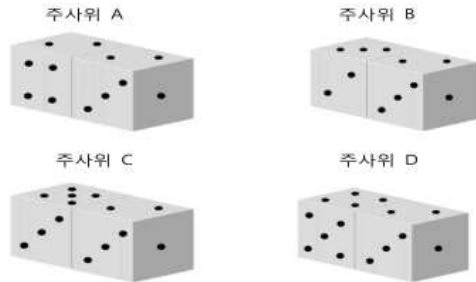
[채점준거]

- 네 가지 종류의 주사위를 올바르게 찾아내는 경우: +6점
- 각 주사위의 눈이 나오는 경우의 수와 그에 해당하는 확률을 올바르게 계산한 경우: +6점
- 새로운 주사위에서 나오는 눈의 수가 기존의 일반적인 주사위에서 나오는 눈의 수보다 작거나 같은 경우를 올바르게 찾아내는 경우: +4점
- 확률의 곱셈정리와 덧셈정리를 사용하여 올바르게 확률을 계산한 경우: +4점

※ 계산 실수로 틀렸어도 논리 전개 과정이 맞으면 해당 부분에 1~2점의 부분 점수를 부여함.
 ※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±1점 추가 점수 부여 가능함.

7. 예시 답안

▶ 새롭게 만들 수 있는 직육면체 모양의 주사위는 다음과 같이 4가지 형태 중 하나를 가지게 된다.



▶ 새로운 주사위에서 눈이 나오는 경우와 확률은 다음과 같다. (단, 표에서 (a,b)는 일반적인 주사위 두 개에서 나오는 각각의 눈의 수를 의미한다.)

주사위 A			주사위 B		
(a,b)	새로운 눈의 수	확률	(a,b)	새로운 눈의 수	확률
(2,2)	4	1/5	(3,2)	5	1/5
(4,3)	7	1/5	(2,3)	5	1/5
(5,5)	10	1/5	(4,5)	9	1/5
(3,4)	7	1/5	(5,4)	9	1/5
1	1	1/10	1	1	1/10
1	1	1/10	1	1	1/10

주사위 C			주사위 D		
(a,b)	새로운 눈의 수	확률	(a,b)	새로운 눈의 수	확률
(5,2)	7	1/5	(4,2)	6	1/5
(3,3)	6	1/5	(5,3)	8	1/5
(2,5)	7	1/5	(3,5)	8	1/5
(4,4)	8	1/5	(2,4)	6	1/5
1	1	1/10	1	1	1/10
1	1	1/10	1	1	1/10

▶ 새로운 주사위 중 하나를 한 번 던져서 나오는 눈의 수가 정육면체 모양의 일반적인 주사위를 한 번 던져서 나오는 눈의 수보다 작거나 같은 경우는 다음과 같다.

주사위 A	일반 주사위	확률	주사위 B	일반 주사위	확률
4	(4,5,6)	$\frac{1}{5} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{10}$	5	(5,6)	$\frac{2}{5} \times \frac{1}{3} = \frac{2}{15}$
1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$	1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$

주사위 C	일반 주사위	확률	주사위 D	일반 주사위	확률
6	6	$\frac{1}{5} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{30}$	6	6	$\frac{2}{5} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{15}$
1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$	1	모든 눈	$\frac{1}{5} \times 1 = \frac{1}{5}$

▶ 위의 표를 바탕으로 주어진 확률을 계산하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{4} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{2}{15} + \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{5} \right) = \frac{1}{4} \left(\frac{3}{10} + \frac{1}{3} + \frac{7}{30} + \frac{4}{15} \right) = \frac{17}{60}$$

또는 0.2833(소수점 아래 둘째 자리에서 반올림 가능)

문항카드 9

1. 일반정보		
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항 번호	자연계열 [수학] 문제 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	문제 2-1: 미적분 I, 미적분 II 문제 2-2: 미적분 I, 기하와 벡터
	핵심 개념 및 용어	문제 2-1: 치환적분, 함수의 극값 문제 2-2: 함수의 극한, 함수의 극값
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- $g(x) = t$ 로 놓을 때, $g(x)$ 가 미분 가능하면 $\int f(g(x))g'(x)dx = \int f(t)dt$ 이다.
- 두 함수 $f(x), g(x)$ 에 대하여 $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L, \lim_{x \rightarrow a} g(x) = M$ (L, M 은 상수)일 때, 다음이 성립한다.

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)} = \frac{L}{M} \quad (M \neq 0)$$

[문제 2-1] $g(t) = e^{t^2} \left(t^2 + 3t + \frac{5}{2} \right)$ 에 대하여 함수 $f(x) = e^{-\int_1^x \frac{g'(t)}{g(t)} dt}$ 를 정의하자. 이때 함수 $h(x) = \int_1^x f(t)f'(t)\sqrt{f^2(t)+1} dt$ 의 최댓값을 구하시오. [10점]

[문제 2-2] $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^3 + x^2 - a}{(a-x)(x+1-a)} = b$ 를 만족하는 실수 a, b 에 대하여, $a + b^2$ 의 최댓값, 최솟값을 구하시오. (단, $\frac{3}{2} \leq a \leq 3$ 이다.) [15점]

3. 출제 의도

문제 2-1
로그적분을 포함한 치환 적분을 이해하고 있는지 평가한다. 적분을 통해 나온 함수의 최댓값을 미분을 이용하여 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.
문제 2-2
함수의 극한을 이해하고 있는지 평가한다. 이를 통해 나온 이차 곡선의 최댓값, 최솟값을 미분

을 이용하여 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
성취기준 · 성취수준	(라) 적분법 ① 여러 가지 적분법 ① 치환적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. ③ 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.
	(다) 미분법 ② 도함수의 활용 ② 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다. ③ 방정식과 부등식에 활용할 수 있다.
	(나) 함수의 극한과 연속 ① 함수의 극한 ② 함수의 극한에 대한 성질을 이해하고, 여러 가지 함수의 극한값을 구할 수 있다.
	(가) 평면곡선 ② 평면곡선의 접선 ① 음함수를 미분하여 곡선 위의 한 점에서의 접선의 방정식을 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	미적분 II, IV-1-2, 치환적분과 부분적분법	정상권 외 7인	금성출판사	2016	171
	미적분 II, I-2, 지수함수와 로그함수의 미분	김창동 외 14인	교학사	2016	31
	미적분 I, II-1-2, 함수의 극한값의 계산	김원경 외 11인	비상교육	2016	53
	미적분 I, II-1-2, 극한값의 계산	정상권 외 7인	금성출판사	2016	58
	기하와 벡터 I-2 평면곡선의 접선	김원경 외 11인	비상교육	2016	37
기타					

5. 문항 해설

[문제 2-1]
로그적분을 포함한 치환 적분은 미적분학에서 다루어지는 내용으로, 고등학교 수학 과정 전반

에서 핵심적으로 다루어지는 개념 중 하나이다. 본 문항에서는 수미적분학 II에서 나오는 지수, 로그함수의 미적분과 주어진 함수의 최대, 최소를 이해하고 있는지 평가한다. 적분을 통해 나온 함수의 최댓값을 미분을 이용하여 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.

[문제 2-2]

함수의 극한은 연속, 미분가능을 이해하기 위하여 중요하게 다루어지는 교육과정이다. 극한으로 정의된 함수가 불연속임을 이해하고 있는지 평가한다. 이를 통해 나온 곡선에서의 최댓값, 최솟값을 구하는 과정을 이해하고 있는지 평가한다.

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
2-1	$f(x) = \frac{g(1)}{g(x)} : 3점$ $h(x) = \frac{1}{3}(f^2(x)+1)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{3}(f^2(1)+1)^{\frac{3}{2}} : 3점$ $f(x)$ 의 최댓값 $\frac{g(1)}{g(-1)} = 13$, h 의 최댓값은 $h(-1) = \frac{170^{\frac{3}{2}} - 2^{\frac{3}{2}}}{3} : 4점$	10
2-2	$a \neq 2$ 이면 $\frac{2-a}{(a-1)(2-a)} = \frac{1}{a-1} = b : 3점$ 최솟값은 $1+2^{\frac{1}{3}}+2^{-\frac{2}{3}} : 7점$ $a=2$ 이면 $(a,b)=(2,5) : 3점$ 최댓값은 $27 : 2점$	15

7. 예시 답안

[문제 2-1]

$$-\int_1^x \frac{g'(t)}{g(t)} dt = -\int_1^x (\ln g(t))' dt = \ln \frac{g(1)}{g(x)}$$
 이므로 $f(x) = \frac{g(1)}{g(x)}$ 이다.
 그리고 $h(x) = \int_1^x f(t)f'(t)\sqrt{f^2(t)+1} dt = \int_1^x \left(\frac{1}{3}(f^2(t)+1)^{\frac{3}{2}}\right)' dt$ 이므로
 $h(x) = \frac{1}{3}(f^2(x)+1)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{3}(f^2(1)+1)^{\frac{3}{2}}$ 이고 h 의 최댓값은 f 의 최댓값에서 나온다. 그러
 고 $f(x)$ 의 최댓값은 $g(x)$ 의 최솟값에서 얻어진다. 미분하여 정리하면
 $g'(x) = e^x(2x^3+6x^2+7x+3) = e^{x^2}(x+1)(2x^2+4x+3)$
 이므로 $g(-1)$ 에서 최솟값을 갖는다. 따라서 $f(x)$ 의 최댓값은 $\frac{g(1)}{g(-1)} = 13$ 이다.
 h 의 최댓값은 $h(-1) = \frac{1}{3}(f^2(-1)+1)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{3}(f^2(1)+1)^{\frac{3}{2}} = \frac{170^{\frac{3}{2}} - 2^{\frac{3}{2}}}{3}$ 이다.

[문제 2-2]

$a \neq 2$ 이면 $x=1$ 에서 분모가 영이 안되므로 $\frac{2-a}{(a-1)(2-a)} = \frac{1}{a-1} = b$ 이다.
 $a=2$ 이면 $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{(x-1)(x^2+2x+2)}{(2-x)(x-1)} = 5$ 이고 $(a,b) = (2,5)$ 이다.
 $a+b^2=k$ 로 놓고 $b = \frac{1}{a-1}$ ($\frac{3}{2} \leq a < 2, 2 < a \leq 3$ 에서 정의된다)와 접점을 구해 보자. 접
 점에서 만나고 미분계수가 같다는 것을 이용하면 $-\frac{1}{2b} = -b^2$ 이므로 $b = 2^{-\frac{1}{3}}$ 이다.
 $\frac{1}{2} \leq b < 1, 1 < b \leq 2$ 이므로 $b = 2^{-\frac{1}{3}}$ 는 주어진 곡선의 접점이다. 이때 $a = 1 + 2^{\frac{1}{3}}$ 이므로
 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이다. 곡선의 양 끝점 $(\frac{3}{2}, 2), (3, \frac{1}{2})$ 에서 각각 $a+b^2 = \frac{11}{2}, \frac{13}{4}$ 이다.
 $(a,b) = (2,5)$ 에서 27이다. 따라서 최솟값은 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이고 최댓값은 27이다.

[문제 2-2 별해]

$a \neq 2$ 이면 $x=1$ 에서 분모가 0이 아니므로 $\frac{2-a}{(a-1)(2-a)} = \frac{1}{a-1} = b$ 이다.
 $a=2$ 이면 $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{(x-1)(x^2+2x+2)}{(2-x)(x-1)} = 5$ 이고 $(a,b) = (2,5)$ 이다.
 $\frac{1}{2} \leq b < 1, 1 < b \leq 2$ 에서 $a = \frac{1}{b} + 1$ 이므로 $f(b) = b^2 + \frac{1}{b} + 1$ 을 고려하자.
 $f'(b) = 2b - \frac{1}{b^2}$ 이고 $b = 2^{-\frac{1}{3}}$ 에서 극점을 갖고 $1 + 2^{\frac{1}{3}} + 2^{-\frac{2}{3}}$ 이다. 곡선의 양 끝점 $2, \frac{1}{2}$
 에서 각각 $\frac{11}{2}, \frac{13}{4}$ 이다. $(a,b) = (2,5)$ 에서 27이다.

문항카드 10

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항 번호	자연계열 I(수학)/ 문제 3	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	문제 3-1: 미적분 II 문제 3-2: 수학 I, 미적분 I, 기하와 벡터
	핵심 개념 및 용어	문제 3-1: 도함수의 활용, 정적분의 활용 문제 3-2: 인수분해, 다항함수의 미분법, 공간 벡터
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 구간 $[a, b]$ 에서 $f(x) \geq g(x)$ 일 때, 두 곡선 $y=f(x)$ 와 $y=g(x)$ 및 두 직선 $x=a$, $x=b$ 로 둘러싸인 도형의 넓이는 다음과 같다.

$$\int_a^b \{f(x) - g(x)\} dx$$
- 좌표공간에서 x, y, z 에 대한 방정식 $ax+by+cz+d=0$ 은 벡터 $\vec{n}=(a, b, c)$ 에 수직인 평면을 나타낸다.

[문제 3-1] 어떤 양의 실수 a 에 대하여, $x \geq 0$ 에서 정의된 두 곡선 $y = e^x$ 과 $y = a \sin x$ 가 오직 한 점에서 만난다. 이때 두 곡선 $y = e^x$ 과 $y = a \sin x$ 및 y 축으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오. [10점]

[문제 3-2] 좌표공간에 구 $S: (x-1)^2 + (y-1)^2 + (z-1)^2 = 1$ 이 있다. x 축 위의 점 $P(a, 0, 0)$, y 축 위의 점 $Q(0, 2a, 0)$, z 축 위의 점 $R(0, 0, b)$ 가 있다. 삼각형 PQR가 구 S 와 접할 때, 좌표공간의 원점과 P, Q, R를 꼭짓점으로 하는 삼각형의 부피가 최소가 되는 a 의 값을 구하시오. (단, $a > 3$ 이고 $b > 0$ 이다.) [15점]

3. 출제 의도

문제 3-1
좌표평면에서 두 곡선의 위치관계를 식으로 표현하고 도함수의 개념을 활용하여 주어진 조건을 만족하게 하는 값을 구할 수 있는지와, 두 곡선 사이의 넓이를 적분법을 활용하여 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

문제 3-2
좌표공간에서 식으로 주어진 정보들을 이용해 구체적인 좌표와 입체의 부피를 계산할 수 있는

지를 평가하고, 입체의 부피가 최소가 되는 점을 도함수를 활용해 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 그 과정에서 다항식의 인수분해 능력도 같이 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준

성취기준	(다) 미분법 ② 도함수의 활용 ② 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다. ③ 방정식과 부등식에 활용할 수 있다.
	(라) 적분법 ② 정적분의 활용 ① 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.
	(가) 다항식 ③ 인수분해 ① 다항식의 인수분해를 할 수 있다.
	(라) 다항함수의 미분법 ② 도함수의 활용 ③ 함수의 증가와 감소, 극대와 극소를 판정하고 설명할 수 있다.
	(다) 공간도형과 공간벡터 ② 공간좌표 ① 좌표공간에서 점의 좌표를 구할 수 있다. ③ 공간벡터 ⑤ 좌표공간에서 벡터를 이용하여 평면과 구의 방정식을 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	미적분 II, IV-2-1, 정적분의 활용	김원경 외 11인	비상교육	2016	155
	미적분 II, IV-2-1, 정적분의 활용	김창동 외 14인	㈜교학사	2016	183
	미적분 II, IV-2-1, 정적분의 활용	정상권 외 7인	㈜금성출판사	2016	191
	기하와 벡터, III-3-4, 평면과 구의 방정식	신향균 외 11인	㈜지학사	2016	184
	기하와 벡터, III-3-4, 평면과 구의 방정식	우정호 외 24인	동아출판	2016	220
	기하와 벡터, III-3-4, 평면과 구의 방정식	이준열 외 9인	천재교육	2016	206
기타					

5. 문항 해설

[문제 3-1]

함수의 그래프를 그리고 그 성질을 이해하는 것은 중요한 개념이다. 이 문제에서는 함수의 그래프를 통해 개형을 파악한 후, 좌표평면에서 두 곡선의 위치관계를 식으로 표현하고 도함수의 개념을 활용하여 주어진 조건을 만족하게 하는 값을 구할 수 있는지와, 두 곡선 사이의 넓이를 적분법을 활용하여 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[문제 3-2]

공간에서 가장 기본이 되는 평면을 좌표공간에 나타내는 것은 좌표공간에서 기초가 되는 개념이다. 이 문제에서는 좌표공간에서 주어진 정보들을 이용해 식으로 나타내고, 이를 이용해 구체적인 좌표와 입체의 부피를 계산할 수 있는지, 이어서 입체의 부피가 최소가 되는 점을 도함수를 활용해 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 그 과정에서 다항식의 인수분해 능력도 같이 평가한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 3-1	<ul style="list-style-type: none"> ● 두 곡선이 만나는 점의 x좌표 α에 대해 $\cos \alpha = \sin \alpha$이 됨을 이용해, α의 범위로부터 $\alpha = \frac{\pi}{4}$를 얻고, 이를 대입하여 $a = \sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}}$를 얻으면 +6점 ● 주어진 영역의 넓이 $\int_0^{\frac{\pi}{4}} (e^x - \sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}} \sin x) dx$를 계산하여 $(2 - \sqrt{2})e^{\frac{\pi}{4}} - 1$을 얻으면 +4점 	10
문제 3-2	<ul style="list-style-type: none"> ● 평면의 방정식 $\frac{x}{a} + \frac{y}{2a} + \frac{a^2 - 3a + 1}{a(2a - 3)}z = 1$을 얻으면 +5점 ● 좌표공간의 원점과 P, Q, R를 꼭짓점으로 하는 삼각뿔의 부피 $V(a) = \frac{a^3(2a - 3)}{3(a^2 - 3a + 1)}$을 얻으면 +5점 ● $V'(a) = 0$과 $a > 3$에서부터 $a = \frac{17}{8} + \frac{\sqrt{145}}{8}$를 얻으면 +5점 	15

7. 예시 답안

[문제 3-1]

함수 $y = e^x$ 의 그래프와 $y = a \sin x$ 의 그래프를 통해 보면, 함수 $y = e^x$ 의 그래프가 $y = a \sin x$ 의 그래프보다 항상 위에 있어야 하고 $y = e^x$ 가 증가함수이므로 두 곡선이 만나는 점의 x 좌표 α 가 $\frac{\pi}{2}$ 이하여야 함을 알 수 있다.

두 곡선이 한 점에서만 만나므로 그 점에서 함수 $f(x) = e^x - a \sin x$ 가 $f(\alpha) = e^\alpha - a \sin \alpha = 0, f'(\alpha) = e^\alpha - a \cos \alpha = 0$ 을 동시에 만족해야 한다. 따라서, 그 점에서 $\cos \alpha = \sin \alpha$ 이어야 하므로, α 의 범위로부터 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ 를 얻고, 이를 대입하여 $a = \sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}}$ 를 얻는다. 이때 주어진 영역의 넓이는 $\int_0^{\frac{\pi}{4}} (e^x - \sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}} \sin x) dx$ 이고, 이를 계산하면 $(2 - \sqrt{2})e^{\frac{\pi}{4}} - 1$ 을 얻는다.

[문제 3-2]

삼각형 PQR를 포함하는 평면의 방정식을 $\alpha x + \beta y + \gamma z = 1$ 이라고 하면 구 S의 중심과의 거리가 1이므로 $\frac{|\alpha + \beta + \gamma - 1|}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}} = 1$ 이고, 한편 점 $(a, 0, 0), (0, 2a, 0), (0, 0, b)$ 를 지나므로, $\alpha = \frac{1}{a}, \beta = \frac{1}{2a}, \gamma = \frac{1}{b}$ 이다. 따라서 $\frac{|\frac{3}{2a} + \gamma - 1|}{\sqrt{\frac{5}{4a^2} + \gamma^2}} = 1$ 을 얻고, 제곱하여 정리하면 $\gamma = \frac{a^2 - 3a + 1}{a(2a - 3)}$ 임을 알 수 있다. 따라서 평면의 방정식은 $\frac{x}{a} + \frac{y}{2a} + \frac{a^2 - 3a + 1}{a(2a - 3)}z = 1$ 이다. 한편, 좌표공간의 원점과 P, Q, R를 꼭짓점으로 하는 삼각뿔의 부피 $V(a)$ 는 $\frac{1}{3} \left(\frac{a \times 2a}{2} \right) \times \frac{a(2a - 3)}{a^2 - 3a + 1} = \frac{a^3(2a - 3)}{3(a^2 - 3a + 1)}$ 이다. a 에 대해 미분하면 $V'(a) = \frac{a^2(a - 1)(4a^2 - 17a + 9)}{3(a^2 - 3a + 1)^2}$ 이 되고, $V'(a) = 0$ 과 $a > 3$ 에서부터 $a = \frac{17}{8} + \frac{\sqrt{145}}{8}$ 에서 $V(a)$ 가 최소이다.

문항카드 14

1. 일반정보		
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 I(생명과학)/ 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	과학, 생명과학 I, 생명과학 II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	과학, 생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	생태계의 구성과 기능, 생명활동과 에너지, 세포와 에너지, 항상성 유지, 호르몬, 삼투압 조절
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

2020학년도 중앙대학교 수시모집 논술전형 문제지 (자연계열 I)



[생명과학]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 생물의 항상성이란 외부 환경이 변하더라도 생물이 내부 환경 조건을 일정 범위 내에서 유지할 수 있는 능력을 말한다. 체온 유지, 심장 박동 조절, 혈압 유지, 혈액 중 산소와 이산화탄소의 농도 조절, 무기 염류 농도 유지 등이 그 예이다. 항상성 유지를 위해서 신체의 각 기관들은 서로 신호를 주고받으며, 이 과정에서 내분비계와 신경계가 상호 작용을 한다. 간뇌를 구성하는 시상 하부는 자율 신경으로부터 체내의 상태와 외부 환경에 대한 정보를 받아들이고, 내분비선에 적절한 신호를 보내 호르몬을 분비하게 한다.

(나) 항상성 유지를 조절하는 음성 피드백 작용은 신체의 생리 기능이나 체액의 성분이 일정한 범위 내에서 유지되도록 하며 갑작스러운 변화를 막는데 목적이 있다. 사람은 보통 음식물과 식수를 통해 수분을 섭취하고, 오줌과 배설물, 땀 등을 통해 배출하여, 약 0.9%의 체내

무기 염류 농도를 유지한다. 수박처럼 수분이 많은 과일을 먹거나, 물을 많이 마시면 오줌의 양이 늘어난다. 콩팥은 오줌을 통해 노폐물을 몸 밖으로 배설할 뿐만 아니라, 오줌의 농도와 양을 조절하여 삼투압을 일정하게 유지하는 기능을 한다. 우리 몸을 구성하는 세포 속의 무기 염류 농도와 세포를 둘러싼 체액의 무기 염류 농도는 평형 상태를 유지하고 있으므로, 체액의 무기 염류 농도가 세포 속보다 높으면 세포 속의 물이 빠져나가 세포가 수축하고, 반대로 체액의 무기 염류 농도가 낮으면 세포 속으로 물이 들어와 세포가 부풀어 오른다.

(다) 모든 생물은 생명을 유지하기 위해 에너지가 필요하며, 탄수화물, 지방, 단백질과 같은 유기물을 분해하여 에너지를 얻는다. 유기물의 화학 결합 속에는 에너지가 화학 에너지의 형태로 저장되어 있다. ATP는 근육의 수축, 물질의 이동, 물질의 합성 등에 직접 사용되는 에너지원으로, 세포는 ATP를 합성하여 각종 생명 활동에 이용한다. 포도당과 같은 유기물에 저장되어 있던 화학 결합 에너지는 이들 물질이 산화될 때 방출되고, 방출된 에너지의 일부는 ATP의 화학 결합 에너지의 형태로 저장되어 생명 활동에 쓰이게 된다. ATP는 고에너지 인산 결합을 가지고 있는데, 이 결합이 끊어지면 ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되면서 에너지가 방출되고, 이 에너지는 다양한 생명 활동에 이용된다. ADP는 다시 유기물이 산화될 때 방출된 에너지를 이용하여 ATP로 재생된다.

(라) 세포 호흡은 세포에서 유기물을 산화시켜 에너지를 얻는 반응이다. 대부분의 생물은 산소를 사용하여 유기물을 분해하는 세포 호흡을 하는데, 이를 산소 호흡이라고 한다. 한편, 일부 미생물은 산소가 없는 상태에서 유기물을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는데, 이를 무산소 호흡이라고 한다. 사람이 격렬한 운동을 할 경우, 혈액으로부터 근육 세포로 공급되는 산소의 양이 부족할 때 ATP 공급을 위해 무산소 호흡을 한다.

(마) 하나의 개체는 독립적으로 살아가지 않고 무리를 이루어 살아가는 동물이다. 일정한 지역에 사는 같은 종의 개체는 무리를 이루어 개체군을 형성하고, 한 지역에서 서로 관계를 맺고 생활하는 여러 개체군이 모여 군집을 형성한다. 군집은 특성이 서로 다른 개체군이 함께 서식하고 있어 여러 가지 상호 작용을 통하여 일정한 질서와 규칙을 유지해 나간다.



[문제 4-1] 뇌하수체 중앙 치료용 약물을 개발하기 위해 다음과 같은 실험을 하고 그 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

- I. 뇌하수체에 중앙이 생긴 생쥐들을 두 개의 그룹으로 나누어 그 중 한 그룹에게 중앙 치료 효과가 있을 것으로 예상되는 약물 P를 투여하였다.
- II. 그룹 A (정상 생쥐), 그룹 B (중앙 생쥐)와 그룹 C (약물 P를 투여한 중앙 생쥐)의 오줌 생성량 및 체중을 측정하고, 시간당 콩팥에서 재흡수되는 물의 총량을 분석하여 아래와 같이 그래프로 나타내었다. (단, 물 섭취량은 동일하다.)

[실험 결과]

The bar chart shows urine volume (ml/24h) for three groups: Group A (approx. 10), Group B (approx. 25), and Group C (approx. 15). The line graph shows water reabsorption (ml/24h) over time for the same groups. Group A (solid line) shows the highest reabsorption, Group C (dashed line) shows intermediate, and Group B (dotted line) shows the lowest.

뇌하수체에 중앙이 생긴 생쥐에서 제액의 삼투압 및 콩팥에서의 물 재흡수가 중앙 치료용 약물 P 투여 전과 후에 어떻게 변하였는지 설명하고, 뇌하수체에 생긴 중앙이 오줌 생성량에 어떻게 영향을 끼쳤을지 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하십시오. [10점]



[문제 4-2] 사람과 미생물의 에너지 생산방식을 탐구하기 위하여 사람의 운동과 미생물에 의해 만들어지는 식품을 조사하고 아래와 같이 연구 결과를 정리하였다.

[선행 조사]

- I. 마라톤 선수들은 42.195 km의 거리를 휴식 없이 2시간 이상 달려 경주할 수 있다.
- II. 김치는 배추, 무, 오이 등과 같은 채소를 소금에 절이고 여러 가지 양념을 버무려 저온에서 오랜 기간 숙성시킨 식품으로 젖산균 증식에 의해 시큼한 맛과 독특한 향을 갖는다.
- III. 포도주는 당분을 함유하는 포도에서 일어난 증류를 후모가 포함된 환경에서 숙성하여 담근 술이다.

[연구 결과]

- I. <그림 1>은 저장된 에너지가 운동 과정 중 소모되는 것과, 운동 과정에서 근육 세포의 무산소 호흡과 산소 호흡에 의해 생성되는 총 에너지의 변화를 나타낸 것이다.
- II. <그림 2>는 포도주 숙성 과정에서 효모에 의한 이산화탄소 농도 변화를 나타낸 것이다.
- III. <그림 3>은 김치 숙성 과정에서 젖산균에 의한 pH 변화를 나타낸 것이다.
- IV. <그림 4>는 김치 숙성 과정에서 시간 T₁ (김치통을 열어 놓은 시점) 전과 후에 전체 미생물과 젖산균 총 수의 변화를 나타낸 것이다.

The graphs show: 1) Stored energy (decreasing) and total energy (increasing) over time. 2) CO2 concentration (increasing) over time. 3) pH (decreasing) over time. 4) Total microorganisms (increasing) and lactic acid bacteria (increasing then slightly decreasing) over time, with T1 marked on the x-axis.

마라톤 선수들이 오랜 시간 경주하고 미생물이 김치와 포도증류를 숙성시키는 과정에서 일어나는 세포 호흡 방식과 세포 호흡 과정의 ATP 형성에 대해 위 그림과 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 설명하십시오. 또한, <그림 4>의 시간 T₁ 이후에서 예측할 수 있는 젖산균의 생태 환경에 대해 위 그림과 제시문 (마)에 근거하여 논리적으로 설명하십시오. [20점]

- 끝 -

3. 출제 의도

[문제 4-1]

체내의 상태를 항상 일정하게 유지하려는 항상성에 대해 이해하고 호르몬의 특성과 분비량 조절 과정을 이해하고 있는 지를 평가하는 문제이다. 문제에 제시된 그래프를 통해 뇌하수체에

중양을 유도한 생쥐에서 과도하게 오줌이 생성되고 있고, 콩팥에서 수분 재흡수가 일어나고 있지 않음을 인지할 수 있으며, 이러한 변화를 뇌하수체에서 분비되는 호르몬인 항이뇨호르몬 분비의 문제와 연관 지을 수 있는지를 평가한다. 또한 이러한 상황에서 인해 체내 수분이 과도하게 빠져나가 체액의 삼투압이 높아졌을 것임을 예측할 수 있다.

중양치료약물을 투여하여 항이뇨호르몬의 분비가 다시 이루어지는 경우, 높아진 체액의 삼투압을 시상하부가 인식하여 뇌하수체가 항이뇨호르몬의 분비를 촉진할 수 있는 피드백으로 작용할 수 있는 것을 연관 지어 설명할 수 있는 지를 평가한다.

[문제 4-2]

지구상의 생명체가 생명 활동을 위해 필요한 에너지를 얻는 과정을 세포 호흡이라고 한다. 대부분의 진핵생물에서 세포 호흡은 유기물을 산화시켜 에너지를 방출하는 과정으로 세포질과 미토콘드리아에서 일어난다. 세포 호흡의 재료가 되는 유기물을 호흡 기질이라고 하며, 탄수화물, 단백질, 지방이 호흡 기질로 이용된다. 특히 포도당이 호흡 기질로 가장 많이 이용된다. 대부분의 생물들은 산소가 있는 조건에서 유기물을 완전히 분해하여 에너지를 얻는 산소 호흡을 한다. 세포 호흡 단계에서 가장 많은 에너지를 생성하는 단계는 전자 전달계로 산소를 필요로 한다. 일부 미생물은 산소가 없는 환경에서 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 무산호 호흡을 한다. 이러한 특성에 대해 제시문을 읽고 문제에 주어진 자료들을 종합적으로 분석하여 세포의 에너지 생산방식을 이해하는 것이 본 문제의 핵심이다. 연구 결과인 그림을 분석하여 운동 중인 사람의 세포 호흡 방식과 미생물의 세포 호흡 방식의 특성을 도출해 낸다. 마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 지속적으로 생산해 내기 때문이다. 산소 호흡을 하는 생명체의 경우 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로, 산화적 인산화 과정을 거쳐 이산화탄소와 물로 완전히 분해되면 총 38ATP가 생산된다. 김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP와 2분자의 젖산을 생성한다. 따라서 젖산 형성으로 인해 pH가 시간에 따라 낮아지게 된다. 포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP와 2분자의 이산화탄소, 2분자의 알코올을 생성한다. 따라서 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도는 시간에 따라 증가하게 되는 것을 설명할 수 있는지 확인한다. 더불어 무산소 환경에서 젖산균은 젖산 발효를 통해 낮은 pH 환경을 조성하며 같은 환경에서 경쟁하고 있는 다른 개체군의 증식은 감소된다. 만약 김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균 증식은 억제되고, T1 시기 이후에 산소 호흡을 이용하는 다른 미생물 개체들이 성장하는 결과를 얻게 되었다는 것을 종합적으로 이해하고 설명할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출처 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용	
제시문	(가) 생명과학 I (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 물의 조절 (4) 신경과 호르몬에 의한 체온 조절과 혈당량 조절 원리를 설명할 수 있다.
	(나) 생명과학 I (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 물의 조절 (5) 신장에서 삼투압 조절 과정을 안다.
	(다) 생명과학 I

(라)	(3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (가) 생명활동과 에너지 ① 세포의 생명활동을 안다.
	생명과학 II (1) 세포와 물질 대사: 세포의 물질대사가 효소를 이용한 화학반응에 의해 이루어지며, 이에 필요한 에너지 공급이 생체막을 통한 에너지 전환과 관련됨을 이해한다. (나) 세포와 에너지 ② 세포 호흡의 해당 과정, TCA 회로, 광합성의 암반응이 효소에 의한 화학반응임을 이해한다. ③ 세포 호흡의 전자전달계와 광합성의 명반응이 생체막을 통한 에너지 전환 과정임을 이해한다. ④ 발효를 실생활과 관련지어 이해한다.
(마)	생명과학 I (4) 자연 속의 인간: 자연 속의 한 생물로서 인간이 갖는 환경과의 상호 관계를 생태계 차원에서 이해하고, 생태계 보전의 필요성을 안다. (가) 생태계의 구성과 기능 ② 개체군과 군집의 특성을 이해한다.
	문제 4-1 생명과학 I (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 물의 조절 ④ 신경과 호르몬에 의한 체온 조절과 혈당량 조절 원리를 설명할 수 있다. ⑤ 신장에서 삼투압 조절 과정을 안다.
하위문항	문제 4-2 생명과학 I (4) 자연 속의 인간: 자연 속의 한 생물로서 인간이 갖는 환경과의 상호 관계를 생태계 차원에서 이해하고, 생태계 보전의 필요성을 안다. (가) 생태계의 구성과 기능 ② 개체군과 군집의 특성을 이해한다.
	생명과학 II (1) 세포와 물질 대사: 세포의 물질대사가 효소를 이용한 화학반응에 의해 이루어지며, 이에 필요한 에너지 공급이 생체막을 통한 에너지 전환과 관련됨을 이해한다. (나) 세포와 에너지 ② 세포 호흡의 해당 과정, TCA 회로, 광합성의 암반응이 효소에 의한 화학반응임을 이해한다. ③ 세포 호흡의 전자전달계와 광합성의 명반응이 생체막을 통한 에너지 전환 과정임을 이해한다. ④ 발효를 실생활과 관련지어 이해한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	이준규 외	천재교육	2011	199 - 200 101 - 103 144-150
	생명과학 I	박희송 외	교학사	2011	218, 224 133 - 136
	생명과학 I	권혁빈 외	교학사	2011	152-157

생명과학 I	이길재 외	상상아카데미	2012	200, 209 113 - 115 152-157
생명과학 I	심규철 외	비상교육	2012	230, 234 119 - 122 164-165, 170-171
생명과학 II	이준규 외	천재교육	2011	57 - 70
생명과학 II	박희송 외	교학사	2011	94 - 113
생명과학 II	이길재 외	상상아카데미	2012	76 - 89
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2012	75 - 99

5. 문항 해설

[문제 4-1]

- 항이노호르몬은 뇌하수체에서 분비되는 호르몬으로 수분의 섭취와 배설 균형을 조절하는 역할을 한다. (상상, 생명과학I 이길재 157쪽)
- 실험 결과를 통해 뇌종양이 생긴 생쥐의 경우 체중 당 생성되는 오줌의 양이 정상 생쥐에 비해 3배 가량 증가한 것을 알 수 있고, 수분 섭취량은 제공되어 있지 않으나 수분 섭취량을 측정할 후 얻어진 재흡수 되는 수분의 양 그래프를 통해서 볼 때, 뇌종양 생쥐의 경우 수분의 재흡수가 일어나고 있지 않음을 알 수 있다. 이는 뇌하수체에 생긴 뇌종양으로 인해 뇌하수체에서 분비되는 항이노호르몬이 분비되지 않고 있음을 추측할 수 있고, 이로 인해 수분의 과도한 방출이 일어나고 있어 뇌종양 생쥐의 체액의 양은 감소하고, 삼투압은 높아질 것을 예측할 수 있다.
- 종양 치료 약물 P의 주입으로 뇌하수체 종양이 제거되면, 항이노호르몬의 분비가 다시 이루어져 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하고, 수분의 손실을 줄임으로서 체액의 삼투압이 정상 수준으로 회복되는 것을 알 수 있다.

[문제 4-2]

- 마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 지속적으로 생산해 내기 때문이다. 산소 호흡을 하는 생명체의 경우 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로를 거치면 4ATP, 10NADH, 2FADH₂가 생성된다. 1분자의 NADH와 FADH₂가 산화적 인산화를 거치면 각각 3ATP와 2ATP가 생산되므로, 포도당 1분자로부터 생산된 10NADH, 2FADH₂는 34ATP로 전환된다. 따라서 포도당 1분자가 이산화탄소와 물로 완전히 분해되면 총 38ATP가 생산된다. 김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP를 생성하고 2분자의 피루브산으로 분해되며, NADH로부터 수소를 받아 2분자의 젖산이 생성된다. 따라서 젖산 형성으로 인해 pH가 시간에 따라 낮아지게 된다. 포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 발효에서 1분자의 포도당은 해당 작용을 통해 2분자의 ATP를 생성하고 2분자의 피루브산으로 분해되며, 생성된 피루브산이 2분자의 이산화탄소를 잃고 2분자의 아세트알데하이드가 되며, NADH로부터 수소를 받아 2분자의 알코올이 생성된다. 따라서 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도는 시간에 따라 증

가하게 된다.

- 무산소 환경에서 젖산균은 젖산을 생성하며 증식한다. 하지만, 젖산균과의 경쟁에 의해 상대적으로 다른 개체군의 증식은 억제된다. T₁ 시기 이후에 김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균의 증식은 억제되고, 산소 호흡을 이용하는 다른 미생물 개체군들이 성장하여 젖산균 수가 낮아지는 결과를 얻게 되었다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-1	그래프를 보고 뇌하수체종양이 생긴 생쥐의 오줌 생성량이 증가하고 콩팥에서의 수분 흡수가 감소되었음을 설명하면	2점
	뇌하수체 종양으로 항이노호르몬의 분비에 이상이 생겼을 것을 예측하고 설명하면	3점
	오줌 생성량 증가와 수분 재흡수 감소가 체액 양의 감소로 인한 체액의 삼투압 증가를 유도하는 것을 설명하면	3점
문제 4-2	종양 치료에 의해 항이노호르몬 재분비가 가능하게 되어 체액의 양 증가와 삼투압 감소를 설명하면	2점
	마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 생산해 내는 것을 설명하면	2점
	산소 호흡을 통해 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로, 산화적 인산화를 거치면 38ATP가 생산되는 것을 설명하면	3점
	김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 형성에 따라 pH가 낮아지는 것을 설명하면	2점
	젖산 발효 과정을 설명하여 포도당은 ATP와 젖산이 생성되는 것을 설명하면	3점
	포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도가 증가하게 되는 것을 설명하면	2점
	알코올 발효 과정을 설명하여 포도당은 ATP와 이산화탄소, 알코올이 생성되는 것을 설명하면	3점
	젖산균과 다른 미생물 개체군 사이의 경쟁을 설명하면	2점
	김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균 증식은 억제되고, 산소 호흡을 이용하는 다른 개체군들이 성장하는 것을 설명하면	3점

7. 예시 답안

[문제 4-1]

- 실험 결과를 통해 뇌종양이 생긴 생쥐의 경우 체중 당 생성되는 오줌의 양이 정상 생쥐에 비해 3배 가량 증가한 것을 알 수 있고, 흡수되는 수분의 총량을 볼 때, 뇌종양 생쥐의 경우 수분의 흡수가 일어나고 있지 않음을 알 수 있다. 이는 뇌하수체에 생긴 종양으로 인해 뇌

하수체에서 분비되는 항이노호르몬 분비에 이상이 생겼음을 추측할 수 있고, 이로 인해 수분의 과도한 방출이 일어나고 있어 뇌하수체종양 생쥐의 체액의 양이 감소하여, 삼투압은 높아졌을 것이다.

- 종양 치료 약물 P의 주입으로 뇌하수체 종양이 제거되면, 항이노호르몬의 분비가 다시 이루어져 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하고, 수분의 손실을 줄임으로서 체액의 삼투압이 정상 수준으로 회복되는 것을 알 수 있다.

[문제 4-2]

- 마라톤 선수가 오랜 시간 경기할 수 있는 이유는 산소 호흡을 통해 ATP를 지속적으로 생산해 내기 때문이다. 산소 호흡을 하는 생명체의 경우 1분자의 포도당이 해당 작용과 TCA 회로, 산화적 인산화를 거치면 이산화탄소와 물로 완전히 분해되면 38ATP가 생산된다. 김치는 젖산 발효를 통해 만들어지며 젖산 발효에서 포도당은 해당 작용을 통해 ATP를 생성하고 피루브산으로 분해되며, NADH로부터 수소를 받아 젖산이 생성된다. 따라서 젖산 형성으로 인해 pH가 시간에 따라 낮아지게 된다. 포도주는 알코올 발효를 통해 만들어지며 알코올 발효에서 포도당은 해당 작용을 통해 ATP를 생성하고 피루브산으로 분해되며, 생성된 피루브산이 이산화탄소를 잃고 아세트알데하이드가 되며, NADH로부터 수소를 받아 알코올이 생성된다. 따라서 알코올 생성과 함께 이산화탄소 농도는 시간에 따라 증가하게 된다.
- 무산소 호흡을 하는 젖산균은 증식하고 경쟁을 통해 상대적으로 다른 개체군의 증식은 억제된다. T₁ 시기 이후에 김치통을 열어 산소가 유입이 될 경우 젖산균의 증식은 억제되고, 산소 호흡을 이용하는 다른 미생물 개체군들이 성장하여 젖산균 수가 낮아지는 결과를 얻게 되었다.

문항카드 15

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 II(생명 과학)/ 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	과학, 생명 과학 I, 생명 과학 II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	과학, 생명 과학 I, 생명 과학 II
	핵심개념 및 용어	세포와 세포분열, 유전자와 형질 발현, 생명 공학, 항상성 유지, 신경계, 시냅스
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

2020학년도 중앙대학교 수시모집 논술전형 문제지 (자연계열II)



[생명과학]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하십시오.

(가) 사람의 몸을 구성하는 세포의 종류는 다양하며 하나의 수정란에서 세포 분화 과정을 통해 구조와 기능이 특수화된 서로 다른 종류의 세포가 만들어지게 된다. 줄기 세포는 어떤 세포나 조직으로든 분화할 수 있는 능력을 가진 세포로서, 크게 배아로부터 얻는 배아 줄기 세포와 태줄 혈액이나 골수 등에서 얻는 성체 줄기 세포로 구분된다. 이러한 줄기 세포는 단지 세포의 수만 늘어나는 것이 아니라 적절한 조건에서 간 세포나 신경 세포, 이자 세포, 근육 세포 등 우리 몸을 구성하는 세포나 조직으로 분화할 수 있다.

(나) 진핵 세포의 DNA는 핵 안에 존재하지만 단백질 합성은 세포질에서 일어난다는 사실이 밝혀지면서 DNA가 직접 단백질을 합성하지 않는다는 것이 알려졌다. 1958년 크릭은 DNA에 있는 유전 정보가 핵 안에서 mRNA로 전달되고 이 mRNA가 세포질로 나와 단백질 합성에 관여한다는 유전 정보의 중심 원리를 발표하였다. 핵 속에서 DNA의 염기 서열이 mRNA의 염기 서열로 전환되는데, 이 과정을 전사라고 한다. 또한, 핵공을 통해 세포질로 나온 mRNA의 염기 서열이 단백질로 합성되는 것을 번역이라고 한다. 진핵 세포에서 일어나는 유전자 발현 조절은 전사 단계, 전사 후 RNA 가공 단계, 번역 단계 및 번역 후 단백질의 활성 단계 등에서 일어난다.

(다) 신경계를 구성하는 기본 단위로 신경 세포를 뉴런이라고 하며, 뉴런은 신경 세포체, 가지돌기, 축삭돌기로 이루어져 있다. 신경 세포체는 핵과 세포 소기관들이 모여 있는 곳으로, 주로 나뭇가지 모양의 가지돌기가 발달해 있다. 가지돌기는 다른 신경 세포로부터 신호를 받아들이는 역할을 하는 부분이며, 신경 세포체로부터 길게 뻗어 나온 돌기인 축삭돌기는 다른 신경 세포나 반응기(작용기) 세포로 신호를 전달하는 역할을 한다. 뉴런은 말아집 유무에 따라 말아집 신경과 민말아집 신경으로 나뉘어진다. 말아집 신경은 축삭돌기가 말아집으로 싸여 있고, 민말아집 신경은 축삭돌기가 말아집으로 싸여 있지 않다.

(라) 한 뉴런의 축삭돌기 말단은 다음 뉴런과 약 20 nm의 좁은 간격을 두고 접해 있다. 이 접촉 부위를 시냅스라 하고, 떨어진 사이를 시냅스 틈이라고 한다. 뉴런의 말단까지는 활동 전위가 전기적인 형태의 신호로 전도되지만, 시냅스에서는 다른 방식으로 다음 뉴런에 신호를 전달한다. 뉴런의 축삭돌기 말단에는 아세틸콜린과 같은 신경 전달 물질을 저장한 시냅스 소포가 많이 분포한다. 활동 전위가 축삭돌기의 말단에 도달하면 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 시냅스 틈으로 방출한다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 시냅스 후 뉴런의 세포막에서 Na⁺의 유입을 촉진하여 시냅스 후 뉴런에서 활동 전위를 생성한다. 이와 같이 시냅스에서 일어나는 신경 전달 물질에 의한 흥분의 이동 과정을 흥분의 전달이라고 한다.

(마) 가지돌기나 신경 세포체에서는 신경 전달 물질이 분비되지 않기 때문에 흥분의 전달은 시냅스 후 뉴런의 가지돌기에서 시냅스 전 뉴런의 축삭돌기 쪽으로는 일어나지 않는다. 따라서 시냅스를 통한 흥분의 전달은 한쪽 방향으로만 이루어진다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질이 확산되어 다음 뉴런의 세포막에 있는 이온 통로를 열리게 만들고, 충분한 양의 이온 통로가 열리면 다음 뉴런의 세포막에서 탈분극이 일어나 흥분이 전달된다. 이때 발생한 활동 전위는 축삭돌기의 끝부분까지 전도된다.



[문제 4-1] 줄기 세포로부터 분화된 세포의 특징을 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 하고 그 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

- I. 줄기 세포에 분화 유도 인자를 처리하여 간 세포, 신경 세포, 이차 세포, 근육 세포로 분화시킨 후 배양하였다.
- II. 줄기 세포와 분화된 세포로부터 각각의 DNA와 mRNA를 추출하였다.
- III. 추출한 유전자 ㉔, 유전자 ㉕, 유전자 ㉖, 유전자 ㉗의 mRNA 양을 아래 표에 나타내었다. 그러나 DNA 시료의 오염으로 인하여 각 유전자의 DNA 염기 서열 분석 결과는 얻지 못하였다.

[실험 결과]

<표> 세포 유전자의 DNA 염기 서열과 mRNA 양 분석

세포 종류	줄기 세포에 대한 DNA 염기 서열 유사성(%)				mRNA 양(상댓값)			
	유전자 ㉔	유전자 ㉕	유전자 ㉖	유전자 ㉗	유전자 ㉔	유전자 ㉕	유전자 ㉖	유전자 ㉗
간 세포	-	-	-	-	0.01	3.02	2.02	10.00
신경 세포	-	-	-	-	10.00	0.23	0.51	0.02
이차 세포	-	-	-	-	0.05	10.00	1.03	0.21
근육 세포	-	-	-	-	2.32	0.02	10.00	3.00

제시문 (가)와 (나)를 바탕으로 줄기 세포와 분화된 세포의 DNA 염기 서열 유사성을 예측하여 설명하고, 위 실험 결과에서 세포 종류에 따라 각 유전자의 mRNA 양이 다른 이유에 대해 논리적으로 설명하십시오. [10점]

2020학년도 중앙대학교 수시모집 논술전형 문제지 (자연계열부)



[문제 4-2] 다음의 사례와 실험 결과를 토대로 신경계 이상 질환의 원인을 밝히고자 한다.

[사례]
 신경계 이상 증세를 호소하는 환자 A와 B가 자료를 받기 위해 병원을 찾아왔다. 이 환자들의 신경 전달 물질 Q의 농도를 측정하여 아래와 같이 기록하였고, 실험을 통해 신경계 이상 증세가 나타난 원인을 밝히고자 하였다.

<표> 신경 전달 물질 Q의 수치(mmol/L)

	정상인	환자 A	환자 B
신경 전달 물질 Q의 농도	34.5	14.2	33.7

[실험 과정]
 I. 연구원 정통이는 환자 A와 B로부터 얻은 조직에서 신경 세포를 분리하였다.
 II. <그림 1>과 같이 분리한 신경 세포에 전기 자극을 주고, 시냅스 틈에서 분비되는 신경 전달 물질 Q의 농도와 시간을 측정하여, <그림 2>와 같이 정상인, 환자 A, 환자 B를 비교한 결과를 정리하였다.
 III. <그림 1>과 같이 분리한 신경 세포에 전기 자극을 주고, 측정 지점 1과 2에서 신경의 활동 전위가 나타나는 데까지 걸린 시간을 측정하여 <그림 3>에 나타내었다.

[실험 결과]

<그림 1>

<그림 2>

<그림 3>

위의 실험 결과를 종합적으로 해석하여 환자 A와 환자 B에게서 신경계 이상 증세가 나타난 원인이 각각 무엇인지 제시문 (다), (라), (마)에 근거하여 논리적으로 추론하시오. 또한, 측정 지점 2에서 환자 A의 신경 활동 전위가 나타나는 데까지 걸린 시간이 측정되지 않은 이유를 논리적으로 설명하시오. (단, 정상인, 환자 A와 환자 B의 신경 세포 수는 동일하다고 가정한다.) [20점]

- 끝 -

3. 출제 의도

[문제 4-1]

인체는 많은 종류의 다양한 세포가 모여 다양한 조직과 기관을 이루고 있으며 각각의 세포는 생명 활동을 위한 역할을 담당하고 있다. 이들은 모두 하나의 수정란에서 만들어졌지만, 세포의 모양이나 기능은 서로 다르다. 이렇게 한 개체의 발생이나 유지 과정 동안 그 구조와 기능이 특수화된 서로 다른 종류의 세포가 만들어지는 과정을 세포 분화라고 한다. 분화된 세포는 각각 고유한 형태와 기능을 나타내며, 세포 안에서도 서로 다른 종류의 단백질이 만들어진다. 제시문과 문제에서 주어진 결과에 의하면, 분화된 세포의 특성은 유전자에 의해 결정되는데, 세포 안의 유전자 구성과 유전자 발현 조절의 특징에 대해 논리적으로 이해하는 것이 본 문제의 의도이다. 같은 세포에서 분화된 세포의 형태나 기능의 차이는 유전 물질의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난다. 따라서 분화되기 전 세포와 분화된 세포의 각 유전자는 동일하다는 것이 정설이다. 주어진 표를 통해 각 세포의 mRNA 양을 분석할 수 있고, 분화된 세포들은 세포 특이적인 유전자 발현에 따라 세포 특이적인 단백질을 생성한다는 것을 예측할 수 있는지 평가한다. 분화 과정에서는 특정 조절 유전자가 여러 유전자의 발현을 촉진함으로써 세포 특유의 단백질이 선택적으로 생산되어 세포가 독특한 형태와 기능을 갖게 된다. 한편, 분화된 세포의 조절 유전자가 발현되어 조절 단백질이 합성되면, 이 조절 단백질이 여러 가지 다른 종류의 특정 조절 유전자를 발현시키는 과정이 연속적으로 일어난다. 따라서 세포에서는 모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 많은 유전자를 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현된다는 것을 설명할 수 있는지 종합적으로 평가한다.

[문제 4-2]

뉴런을 통한 자극의 전달은 뉴런 내에서 일어나는 자극의 이동과 뉴런과 뉴런 사이 시냅스에서의 자극의 이동으로 구분할 수 있는데, 본 문제에서는 이러한 자극의 이동 과정에 대해 통합적으로 이해를 하고 있는지를 평가한다.

자극이 뉴런을 따라 이동할 때, 축삭돌기의 말미집 유무에 따라 뉴런의 자극 이동 속도가 달라진다. 말미집이 있는 축삭돌기에서는 도약 전도가 일어나 빠른 흥분의 전도 속도를 보이는 반면, 말미집이 없는 민말미집 신경 세포에서는 느린 전도 속도를 보인다. 문제에 주어진 상황을 보고 이러한 차이점을 구별할 수 있는지 평가한다. 또한, 뉴런 내에서 이동해 온 전기 자극은 시냅스에서는 다른 방식으로 다음 뉴런에 신호를 전달하게 되는데 축삭을 따라 이동한 자극은 뉴런의 축삭돌기 말단에서 시냅스 틈으로 분비되는 신경 전달 물질에 의해 다음 뉴런으로 전달된다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 다음 뉴런의 이온 통로를 열어 자극이 지속되도록 하는데, 충분한 양이 존재하여야 다음 뉴런으로 자극을 전달할 수 있고, 충분한 양의 신경 전달 물질이 분비되지 않는다면, 다양한 신경계 이상 질환이 나타나게 된다. 이러한 신경 전달 물질의 이동과 작용에 대해 통합적으로 이해를 하고 있는지 평가하고, 주어진 현상을 해석하여 서로 다른 신경계 질환의 원인을 논리적으로 추론할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 근거

		영역별 내용
제시문	(가)	생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학: 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.

	(가) 유전자와 형질 발현 ④ 세포 분화와 기관 형성을 유전자의 발현과 관련지어 이해한다. (나) 생명 공학 ① 재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
(나)	생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학: 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다. (가) 유전자와 형질 발현 ② 유전자로부터 단백질이 합성되는 과정을 이해한다. ③ 원핵세포와 진핵세포에서 나타나는 유전자 발현의 조절 과정을 이해한다.
(다)	[생명과학 I] (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 몸의 조절 ① 신경계의 기능을 몸의 조절 작용과 관련하여 설명할 수 있다.
(라)	[생명과학 II] (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 몸의 조절 ② 흥분의 전도와 전달을 이해한다.
(마)	[생명과학 I] (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 몸의 조절 ② 흥분의 전도와 전달을 이해한다.
문제 4-1	생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학: 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다. (가) 유전자와 형질 발현 ② 유전자로부터 단백질이 합성되는 과정을 이해한다. ③ 원핵세포와 진핵세포에서 나타나는 유전자 발현의 조절 과정을 이해한다. ④ 세포 분화와 기관 형성을 유전자의 발현과 관련지어 이해한다. (나) 생명 공학 ① 재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
하위문항	[생명과학 I] (3) 항상성과 건강: 세포가 생명활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 이해한다. (나) 항상성과 몸의 조절 ① 신경계의 기능을 몸의 조절 작용과 관련하여 설명할 수 있다. ② 흥분의 전도와 전달을 이해한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	권혁빈 외	교학사	2011	136-137 140
	생명과학 I	이준규 외	천재교육	2011	125-130
	생명과학 I	이길재 외	상상아카데미	2012	133-137.

					142-147
생명과학 I	심규철 외	비상교육	2012	142-143, 147	
생명과학 II	이준규 외	천재교육	2011	122 - 132 146 - 150	
생명과학 II	박희송 외	교학사	2011	150 - 159 172 - 174	
생명과학 II	이길재 외	상상아카데미	2012	128 - 135 149 - 152	
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2012	150 - 165 185 - 189	

5. 문항 해설

[문제 4-1]

- 같은 세포에서 분화된 세포의 형태나 기능의 차이는 유전자 구성과 염기 서열의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난다. 따라서 간 세포, 신경 세포, 이차 세포, 근육 세포의 각 유전자는 분화 이전의 세포와 동일하다.
- 분화된 세포들은 세포 특이적인 유전자 발현에 따라 단백질을 생성한다. 조절 유전자가 발현되어 조절 단백질이 합성되면, 이 조절 단백질이 여러 가지 다른 종류의 특정 조절 유전자를 발현시키는 과정이 연속적으로 일어난다. 따라서 세포에서는 모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 많은 유전자를 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현된다. 진핵생물의 RNA 중합 효소는 전사 인자라고 하는 단백질의 도움을 받아 DNA의 프로모터에 결합하며, 여러 전사 인자들이 추가로 결합하여 전사가 시작되도록 돕는다.

[문제 4-2]

- 신경계 이상 증세를 보이는 환자 A와 B의 질환 원인을 찾고자 한다. 환자 A의 경우 주어진 표에 의하면 신경 전달 물질 Q의 농도는 14.2 nmol/L로 33.7 nmol/L인 정상인과 비교하였을 때, 절반 이하의 신경 전달 물질 Q의 농도를 보이고 있다.
- 연구원 청룡이는 신경 전달 물질 분비 유무를 확인하여 <그림 2>에 나타내었는데, 환자 A의 경우 자극 이후 분비되는 신경 전달 물질의 양이 정상인에 비해 현저하게 낮고 빠르게 농도가 낮아지고 있는 것을 알 수 있다. 제시문 (다), (라), (마)에 근거하여 신경 세포의 시냅스에서 분비되는 신경 전달 물질이 충분히 존재하고 있어야 다음 뉴런의 이온 통로를 열어 흥분의 전달이 지속될 수 있음을 알 수 있다. 따라서 환자 A의 신경계 이상 증세의 원인은 시냅스 틈으로 분비되는 낮은 농도의 신경 전달 물질로 인해 흥분의 전달이 제대로 일어나지 않기 때문으로 유추할 수 있다.
- 환자 B의 경우 표에서 볼 수 있듯이, 신경 전달 물질 Q의 농도는 정상인과 유사한 것을 알 수 있고, 연구원 청룡이의 실험 결과인 <그림 2>에서도 자극 이후 증가하는 신경 전달 물질이 충분히 증가하여 정상인과 유사한 것을 알 수 있다. 따라서 환자 B의 원인은 신경 전달 물질은 아닌 것으로 추측할 수 있다. 또 다른 실험 결과인 <그림 3>에서 전기 자극에 의한 뉴런 내 흥분의 전도와 시냅스 후 뉴런으로 자극이 전달되는 흥분의 전달을 확인할 수 있는데, 환자 B의 경우 자극에 반응하는 시간이 측정 지점 1에서와 2에서 모두 정상인의 2배 가량 늦어지는 것을 알 수 있다. 이는 제시문 (다)에 근거하여 축삭돌기가 존재하는 말미집과 민말미집으로 설명할 수 있는데, 정상인의 축삭돌기가 말미집을 가지고 있어 도약 전도가 가능한 반면, 환자 B의 축삭돌기는 말미집이 없는 민말미집 신경세포로 되어 있어 흥분의 전도가 느리게 일어나는 것을 알 수 있다. 따라서 환자 B의 질환 원인은 신경 세포에 말미

집이 없어서 흥분의 전도가 느리게 일어나는 것으로 유추할 수 있다.

- 또한 측정 지점 2에서 환자 A의 활동 전위가 측정되지 않은 이유는 제시문 (다)와 (라)에 근거하여, 시냅스 전 뉴런에서 전달되던 활동 전위가 축삭돌기의 말단에 도달하면 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 시냅스 틈으로 방출한다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 시냅스 후 뉴런의 세포막에서 Na⁺의 유입을 촉진하여 시냅스 후 뉴런에서 활동 전위를 생성하여 자극을 이어가는데, 이때 충분한 양의 신경 전달 물질이 시냅스 후 뉴런의 이온 통로를 열어야 탈분극이 시작되므로 환자 A의 경우 낮은 농도의 신경 전달 물질이 분비되어 시냅스 후 뉴런이 활동 전위를 일으키는 역치에 이르지 못하였기 때문이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-1	분화된 세포의 각 유전자 서열은 분화 이전의 세포와 동일한 것을 설명하면	2점
	세포의 형태나 기능의 차이는 유전자 구성이나 열기서열의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난 것을 설명하면	2점
	모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현되는 것을 설명하면	4점
	진핵생물의 RNA 중합 효소, 프로모터, 전사인자에 대한 추가 설명하면	2점
문제 4-2	표에서 정상인 및 환자 B와 비교하여 환자 A의 신경 전달 물질 감소를 인식하고 설명하였으면	2점
	그림 2에서 환자 A의 신경 전달 물질 감소를 인식하고 환자 A의 질환 원인으로 예측하였으면	2점
	표와 그림 2, 3을 참고로 환자 A의 증상 원인이 낮은 신경 전달 물질과 연관 지어 설명하였으면	4점
	그림 3에서 환자 B의 자극 이동 속도가 느린 것을 제시문 (다)에 근거하여 말이집과 민말이집 신경 세포의 가능성을 설명하였으면	4점
	표와 그림 2, 3을 참고로 환자 B의 증상 원인이 낮은 신경 전달 물질과 연관 지어 설명하였으면	4점
	측정 지점 2에서 활동 전위 도달 시간이 측정되지 않은 이유를 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 활동 전위 역치와 연관 지어 설명하였으면	4점

7. 예시 답안

[문제 4-1]

- 같은 세포에서 분화된 세포의 형태나 기능의 차이는 유전자 구성과 열기 서열의 차이가 아니라 유전자 발현 조절의 차이에 의해 나타난다. 따라서 간 세포, 신경 세포, 이장 세포, 근육 세포의 각 유전자는 분화이전의 세포와 동일하다.
- 분화된 세포들은 세포 특이적인 유전자 발현에 따라 단백질을 생성한다. 조절 유전자가 발

현되어 조절 단백질이 합성되면, 이 조절 단백질이 여러 가지 다른 종류의 특정 조절 유전자를 발현시키는 과정이 연속적으로 일어난다. 따라서 세포에서는 모든 유전자가 발현되는 것이 아니라 여러 개의 전사 조절 인자를 사용함으로써 많은 유전자를 세포의 종류 및 시기에 따라 필요한 유전자만 선택적으로 발현된다. 진핵생물의 RNA 중합 효소는 전사 인자라고 하는 특정 단백질의 도움을 받아 DNA의 프로모터에 결합하며, 여러 전사 인자들이 추가로 결합하여 전사가 시작되도록 돕는다.

[문제 4-2]

- 환자 A의 경우 주어진 표와 그림 2에 의하면 신경 전달 물질 Q의 농도는 정상인 및 환자 B와 비교하여 절반 이하를 보인다. 또한 그림 2에서 자극에 의한 신경 전달 물질 Q의 분비가 정상인 및 환자 B의 절반 수준으로 증가하며, 자극이전으로 돌아오는 시간도 빠르다. 제시문 (다), (라), (마)에 근거하면, 환자 A의 신경계 이상 증세의 원인은 시냅스 틈으로 분비되는 낮은 농도의 신경 전달 물질로 인해 흥분의 전달이 제대로 일어나지 않기 때문으로 유추할 수 있다.
- 환자 B의 경우 주어진 표와 그림 2의 결과를 통해 신경 전달 물질 Q의 분비가 정상적으로 이루어지는 것을 알 수 있다. 따라서 환자 B의 원인은 신경 전달 물질은 아닌 것으로 추측할 수 있다. 하지만 그림 3의 결과에서 환자 B의 경우 축삭에서 측정된 자극의 반응 시간은 측정 지점 1에서와 2에서 모두 정상인의 2배 가량 늦은데, 이는 제시문 (다)에 근거하여 축삭돌기에 존재하는 말이집과 민말이집으로 설명할 수 있다. 따라서 정상인과 달리 환자 B의 질환 원인은 신경 세포에 말이집이 없어서 흥분의 전도가 느리게 일어나는 것으로 유추할 수 있다.
- 또한 측정 지점 2에서 환자 A의 활동 전위가 측정되지 않은 이유는 제시문 (다)와 (라)에 근거하여, 신경 전달 물질이 시냅스 후 뉴런의 세포막에서 Na⁺의 유입을 촉진하고 활동 전위를 생성하여 자극을 이어갈 때, 충분한 양의 신경 전달 물질이 시냅스 후 뉴런의 이온 통로를 열어야 탈분극이 시작되므로 환자 A의 경우 낮은 농도의 신경 전달 물질이 분비되어 시냅스 후 뉴런이 활동 전위를 일으키는 역치에 이르지 못하였기 때문이다.

문항카드 16

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 I (물리)/ 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	고등학교 과학, 물리 I, 물리 II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	고등학교 물리 I 단위 IV 에너지 고등학교 물리 II 단위 I 운동과 에너지
	핵심개념 및 용어	이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[물리]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 바람이 든 풍선을 뜨거운 물에 담으면 풍선 내부의 온도가 상승하면서 부피가 커진다. 온도가 높아지면 내부 에너지가 증가하고, 부피가 팽창하면서 외부에 일을 한다. 따라서 풍선에 가해 준 열에너지는 내부 에너지의 증가와 외부에 일을 하는 데 쓰인다. 일반적으로 기체에 가해 준 열량 Q , 내부 에너지의 증가량 ΔU , 기체가 외부에 한 일 W 의 관계는 다음과 같다.

$$Q = \Delta U + W$$

즉, 기체에 가해 준 열에너지는 내부 에너지의 증가와 외부에 한 일의 합과 같다. 이러한 관계를 열역학 제1법칙이라고 한다. 결국, 열역학 제1법칙은 열에너지와 역학적 에너지를 포함한 에너지 보존 법칙이다.

(나) 이상 기체로 채워진 실린더가 있고 실린더의 피스톤이 자유롭게 움직일 수 있다. 실린더 안의 기체는 부피 V , 압력 P 인 상태에 있다. 실린더를 가열하여 압력을 일정하게 유지하면서 부피를 ΔV 만큼 변화시켰을 때 기체가 한 일 W 는 다음과 같다.

$$W = P\Delta V$$

(다) 열운동하는 분자들이 가지고 있는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합을 내부 에너지라고 한다. 이상 기체의 경우에는 분자들 사이의 힘이 0이므로, 이상 기체의 내부 에너지는 모두 기체 분자들의 운동 에너지이다. 단원자 분자로 이루어진 n mol의 이상 기체의 경우 절대 온도가 T 일 때, 내부 에너지 U 는 다음과 같다.

$$U = \frac{3}{2}nRT \quad (R: \text{기체 상수})$$

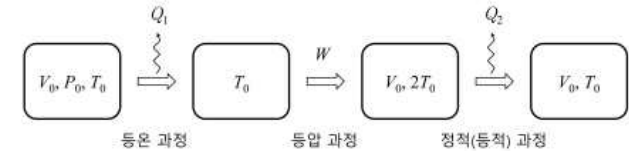
(라) 보일은 실험을 통해 기체의 양과 온도가 일정하면, 기체의 압력 P 와 부피 V 는 서로 반비례한다는 결론을 내렸다. 이를 보일 법칙이라고 한다. 샤를은 압력이 일정할 때, 모든 기체의 부피는 온도가 1°C 상승할 때마다 0°C 부피의 $\frac{1}{273}$ 씩 증가하고, 반대로 온도가 낮아지면 $\frac{1}{273}$ 씩 감소한다는 것을 발견하였다. 기체의 양과 압력이 일정할 때 부피는 절대 온도 T 에 비례한다. 이를 샤를 법칙이라고 한다. 보일 법칙과 샤를 법칙에 의해 다음 식이 성립한다.

$$\frac{PV}{T} = \text{일정}$$

이 식을 보일-샤를 법칙이라고 한다. 1 mol의 기체에 대하여 $\frac{PV}{T} = R$ 로 일정하므로, n mol의 기체에 대해서는 $\frac{PV}{T} = nR$, $PV = nRT$ 의 관계가 성립한다. 이것을 이상 기체 상태 방정식이라고 한다. 여기서 R 는 기체 상수이다.

[문제 4-1] 부피 V_0 , 압력 P_0 , 절대 온도 T_0 인 단원자 이상 기체 1 mol이 실린더 안에 있다. 이상 기체가 등압 과정으로 부피가 $3V_0$ 가 된다. 등압 과정 동안 이상 기체에 가해 준 열량 Q 와 등압 과정 후 이상 기체의 내부 에너지 U 를 제시문 (가) - (라)에 근거하여 T_0 의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하시오. [10점]

[문제 4-2] 부피 V_0 , 압력 P_0 , 절대 온도 T_0 인 단원자 이상 기체 1 mol이 실린더 안에 있다. 다음 그림과 같이 이상 기체는 등온 과정으로 외부에 열량 Q_1 을 방출한다. 이어서 등압 과정으로 이상 기체는 외부에 일 W 를 하고, 부피는 처음과 같이 V_0 가 되며, 온도는 $2T_0$ 가 된다. 이어서 정적(등적) 과정으로 이상 기체는 외부에 열량 Q_2 을 방출하고, 온도는 처음과 같이 T_0 가 된다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 Q_1 과 Q_2 의 크기를 비교하고, W 를 T_0 의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하시오. [20점]



3. 출제 의도

이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙에 대한 이해는 물리 교과목의 핵심적인 기본 개념을 이루고 있다. 본 논술에서는 물리 과목을 공부한 학생들이 수업에서 배우는 이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙을 다루는 문제를 출제하였다.

문제 4-1은 처음 상태의 부피, 압력, 절대 온도가 주어진 1mol의 단원자 이상 기체가 등압 과정으로 부피가 변할 때 이상 기체에 가해 준 열량과 등압 과정 후 이상 기체의 내부 에너지를 처음 절대 온도의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하는 문제이다. 이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙에 대한 이해력과 논리적 추론 능력을 평가하는 문제이다.

문제 4-2는 처음 상태의 부피, 압력, 절대 온도가 주어진 1mol의 단원자 이상 기체가 등온 과정으로 부피가 변하고 이어서 등압 과정으로 외부에 일을 하며 정적(등적) 과정으로 처음 온도가 되는 열역학 과정이 있을 때 등온 과정과 정적(등적) 과정 동안 방출한 열량의 크기를 비교하고 등압 과정 동안 외부에 한 일의 크기를 처음 절대 온도로 나타내는 문제이다. 이상 기체 상태 방정식, 열역학 과정, 열, 일, 내부 에너지, 열역학 제1법칙에 대한 이해력과 논리적 추론 능력 및 정량적 계산 능력을 평가하는 문제이다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 근거

		영역별 내용
제시문	(가)	물1425. 열역학 법칙을 정성적으로 이해하고, 열기관의 작동 원리와 열효율을 안다.
	(나)	물1425. 열역학 법칙을 정성적으로 이해하고, 열기관의 작동 원리와 열효율을 안다.
	(다)	물2122. 기체의 내부에너지와 온도, 압력 등을 분자 운동의 개념으로 이해한다.
	(라)	물2123. 이상기체의 의미와 상태 방정식을 이해한다.
하위문항	4-1	물2124. 열과 일의 출입에 따른 여러 가지 열역학 과정을 이해한다. 물1425. 열역학 법칙을 정성적으로 이해하고, 열기관의 작동 원리와 열효율을 안다. 물2122. 기체의 내부에너지와 온도, 압력 등을 분자 운동의 개념으로 이해한다. 물2123. 이상기체의 의미와 상태 방정식을 이해한다.
	4-2	물2124. 열과 일의 출입에 따른 여러 가지 열역학 과정을 이해한다. 물1425. 열역학 법칙을 정성적으로 이해하고, 열기관의 작동 원리와 열효율을 안다. 물2122. 기체의 내부에너지와 온도, 압력 등을 분자 운동의 개념으로 이해한다. 물2123. 이상기체의 의미와 상태 방정식을 이해한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행 연도	쪽수
고등학교 교과서	물리 I	곽성일 외	천재교육	2011	295
	물리 I	김영민 외	교학사	2011	342
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2011	73, 79
	물리 II	김영민 외	교학사	2011	87-89
기타					

5. 문항 해설

[4-1]

[문제 4-1]은 처음 상태의 부피, 압력, 절대 온도가 주어진 1mol의 단원자 이상 기체가 등압 과정으로 부피가 변할 때 이상 기체에 가해 준 열량과 등압 과정 후 이상 기체의 내부 에너지를 처음 절대 온도의 식으로 표현하는 과정을 논리적으로 설명하는 문제이다. 이상 기체 상태 방정식을 이용하면 등압 과정 후 이상 기체의 절대 온도를 알 수 있고 따라서 이상 기체의 이상 기체의 내부 에너지는 절대 온도의 식으로 표현되므로 이상 기체의 내부 에너지를 결정할 수 있게 된다. 이상 기체가 외부에 한 일은 일정한 압력에 부피 변화량을 곱하면 결정되고 에너지 보존 법칙인 열역학 제1법칙에 따라 이상 기체의 내부 에너지의 변화와 이상 기체가 외부에 한 일을 구하여 그 합으로부터 이상 기체에 가해 준 열량을 결정할 수 있게 된다. 본 문항 평가에서는, 고등학교 교과 과정의 기본적인 물리 개념을 이해하고 논리적인 추론 능력이 있으면 어렵지 않게 해결할 수 있는 난이도의 문제이다.

[4-2]

[문제 4-2]는 처음 상태의 부피, 압력, 절대 온도가 주어진 1mol의 단원자 이상 기체가 등온 과정으로 부피가 변하고 이어서 등압 과정으로 외부에 일을 하며 정적(등적) 과정으로 처음 온도가 되는 열역학 과정이 있을 때 등온 과정과 정적(등적) 과정 동안 방출한 열량의 크기를 비교하고 등압 과정 동안 외부에 한 일의 크기를 처음 절대 온도로 나타내는 문제이다. 각각의 열역학 과정에서 이상 기체 상태 방정식과 문제에 주어진 조건을 통해 열역학 과정의 시작과 끝에서 이상 기체의 부피, 압력, 절대 온도를 결정할 수 있으며 이상 기체의 내부 에너지의 식과 열역학 제1법칙을 통해 각각의 열역학 과정의 시작과 끝에서 이상 기체의 내부 에너지와 각각의 열역학 과정에서 출입하는 열과 일의 관계를 알 수 있다. 등온 과정의 경우 부피가 작을수록 압력이 크므로 압력-부피 그래프로부터 일의 크기의 쉼값을 정할 수 있다. 등온 과정의 경우에는 이상 기체의 내부 에너지가 변하지 않으므로 열역학 제1법칙에 의해 일의 크기가 방출한 열의 크기가 된다. 정적(등적) 과정의 경우에는 이상 기체는 외부에 일을 하지 않으므로 이상 기체의 내부 에너지의 변화로부터 방출하는 열의 크기를 결정하게 된다. 이것을 종합하면 등온 과정과 정적(등적) 과정 동안 방출한 열량의 크기를 비교하는 것이 가능하다. 등압 과정의 경우에는 결정된 압력과 부피 변화로부터 외부에 한 일의 크기를 압력과 부피로 나타낼 수 있는데 이상 기체 상태 방정식을 이용하여 이것을 처음 절대 온도의 식으로 나타낼 수 있다. 본 문항 평가에서는, 고등학교 교과 과정의 기본적인 물리 개념을 이해하고 논리적인 추론을 통해 필요한 정량적인 계산을 할 수 있는 능력을 측정하는 중 정도의 난이도의 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
4-1	U 를 논리적으로 바르게 제시하면	+4점
	ΔU 와 W 모두 바르게 제시하면 (ΔU 와 W 중 하나만 바르게 제시하면 +2점)	+4점
4-1	열역학 제1법칙으로부터 Q 를 바르게 제시하면 ※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1-2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다. ※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.	+2점

4-2	W를 압력과 부피의 곱으로 논리적으로 제시하면	+4점
	등온 과정 후 압력과 부피를 바르게 제시하면 +4점. (등온 과정 후 압력 또는 부피 중 하나를 바르게 제시하면 +2점)	+4점
	W의 값을 T ₀ 의 식으로 바르게 제시하면	+2점
	Q ₂ 의 크기를 논리적으로 바르게 제시하면	+4점
	Q ₁ 의 크기를 구하는 과정을 논리적으로 바르게 제시하면	+4점
	Q ₁ 의 크기와 Q ₂ 의 크기의 대소를 바르게 제시하면	+2점
※ 논리 전개 과정이 맞으면 답이 틀리더라도 1~2점의 부분 점수를 부여할 수 있습니다.		
※ 채점자는 답안의 완성도에 따라 -0.5~+0.5점을 부여할 수 있습니다.		

7. 예시 답안

[문제 4-1]

▶ 등압 과정으로 부피가 $3V_0$ 가 되었으므로 제시문 (라)의 샤를 법칙에 의해 온도는 $3T_0$ 가 된다. 따라서 U 는 제시문 (다)에 의해 $\frac{3}{2}R(3T_0) = \frac{9}{2}RT_0$ 가 된다.

(※ 이상 기체 상태 방정식의 적용과 기체의 내부 에너지)

▶ 제시문 (가)의 열역학 제1법칙에서 Q 는 $\Delta U + W$ 이다.

(※ 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계)

▶ 제시문 (다)에 의해 $\Delta U = U - \frac{3}{2}RT_0 = 3RT_0$ 이고 제시문 (나)와 제시문 (라)의 이상 기체 상태 방정식에 의해 $W = P_0(3V_0 - V_0) = 2P_0V_0 = 2RT_0$ 이다.

(※ 등압 과정과 일, 부피, 압력의 관계)

▶ 따라서 $Q = 5RT_0$ 이다.

(※ 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계의 적용)

[문제 4-2]

▶ 등압 과정 후 부피를 V_1 이라 하면 제시문 (라)의 샤를 법칙에 의해 $\frac{V_1}{T_0} = \frac{V_0}{2T_0}$ 이어서

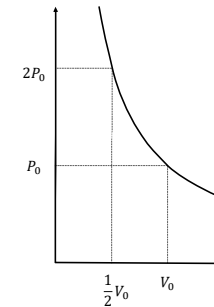
$V_1 = \frac{1}{2}V_0$ 이다. 등온 과정 후 압력을 P_1 이라 하면 제시문 (라)의 보일 법칙에 의해 $P_0V_0 = P_1V_1$ 이므로 $P_1 = 2P_0$ 이다.

(※ 이상 기체 상태 방정식의 적용)

▶ 제시문 (나)에 의해 $W = P_1(V_0 - V_1) = 2P_0(V_0 - \frac{1}{2}V_0) = P_0V_0$ 이고 제시문 (라)에 의해 $W = RT_0$ 이다.

(※ 등압 과정과 일, 부피, 압력의 관계와 이상 기체 상태 방정식의 적용)

▶ 제시문 (다)에 의해 등온 과정에서 내부 에너지 변화가 없으므로 제시문 (가)에 의해 Q_1 은 등온 과정에서 이상 기체가 외부로부터 받은 일이고 제시문 (나)에 의해 $P-V$ 그래프가 그리는 면적이다. 압력이 P_0 과 $P_1 = 2P_0$ 사이에 있고 부피 변화의 크기가 $\frac{1}{2}V_0$ 이므로 Q_1 의 크기는 $P_0V_0 = RT_0$ 보다 클 수 없다.



(※ 일, 부피, 압력의 관계와 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계의 적용)

▶ 부피가 V_0 로 유지되는 과정에서는 제시문 (나)에 의해 일이 없으므로 제시문 (가)에 의해 Q_2 는 내부 에너지 변화로부터 구할 수 있다. 제시문 (다)에 의해 Q_2 의 크기는 $\frac{3}{2}RT_0 = \frac{3}{2}P_0V_0$ 이다.

(※ 열역학 제1법칙에서 열, 일, 내부 에너지의 관계의 적용과 이상 기체 상태 방정식의 적용)

▶ Q_2 의 크기가 Q_1 의 크기보다 크다.

문항카드 17

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 II(물리)/ 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	고등학교 과학, 물리 I, 물리 II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	고등학교 물리 I 단원 III 정보와 통신 고등학교 물리 I 단원 IV 에너지 고등학교 물리 II 단원 III 파동과 빛
	핵심개념 및 용어	스넬 법칙, 전반사, 광섬유, 렌즈, 태양 전지
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[물리]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (다)를 읽고 문제에 답하시오.

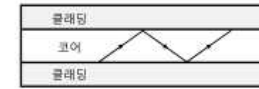
(가) 굴절률이 n_a 인 매질에서 굴절률 n_b 인 매질로 빛이 진행할 때, 입사각 θ_a 와 굴절각 θ_b 사이에는 다음의 관계가 성립하며 이 관계를 굴절의 법칙 또는 스넬 법칙이라고 한다.

$$\frac{\sin \theta_a}{\sin \theta_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 빛이 진행할 때, 특정한 입사각에서 굴절각이 90° 가 된다. 이때의 입사각을 임계각이라고 한다. 전반사 현상은 빛이 임계각보다 큰 각도로 입사할 때 발생한다. 임계각은 두 매질의 굴절률에 의하여 결정되는데, 그 값은 다음과 같다.

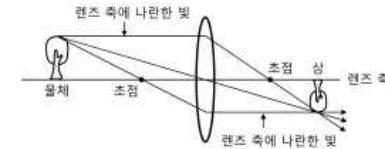
$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

여기서 θ_c 는 임계각, n_1 은 빛의 속력이 느린 매질의 굴절률, n_2 는 빛의 속력이 빠른 매질의 굴절률이다. 광섬유는 빛을 전송시킬 수 있는 섬유 모양의 관으로, 광섬유 속에서 나타나는 빛의 전반사 성질을 이용하면 대용량의 정보를 신속하게 전달하는 광통신이 가능하다. 광섬유는 주로 유리로 만들어지며, 그림과 같이 중앙의 코어라고 하는 부분을 클래딩이라고 하는 부분이 감싸고 있는 이중 원기둥 모양을 하고 있다. 광섬유에서 빛은 코어 속을 진행하다가 코어와 클래딩의 경계에서 전반사하여 다시 코어 속으로 진행한다.



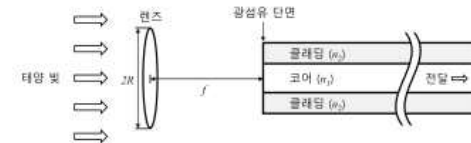
(나) 태양 전지는 광기전력 효과를 이용하여 태양 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 장치이다. p형 반도체와 n형 반도체를 접합하고 빛을 쬐이면 빛의 일부가 반도체에 흡수되면서 전자-양공 쌍을 만든다. 이들 쌍이 p-n 접합부에 형성된 전기장에 의해 전자는 n층으로, 양공은 p층으로 이동하며 p형 반도체와 n형 반도체 사이에 기전력이 발생한다.

(다) 렌즈는 빛의 굴절을 이용하여 상을 만드는 기구이다. 빛은 렌즈로 들어갈 때 한 번 굴절하며, 렌즈 밖으로 나올 때 또 한 번 굴절한다. 그림과 같이 물체에서 나온 빛은 렌즈에서 굴절하므로 렌즈를 지난 후 한 점을 지나거나 한 점에서 나온 것처럼 퍼져 나가면서 상을 만든다. 렌즈에 의한 상의 위치는 여러 광선 중에서 두 광선의 교점으로 찾을 수 있다.

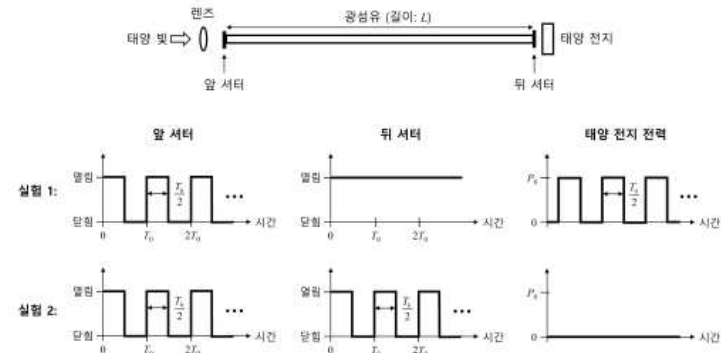


광축 가까이에서 광축과 나란하게 렌즈에 입사한 빛은 광축 위의 한 점을 모두 지나거나 한 점에서 나온 것처럼 퍼져 나간다. 이 점을 초점이라고 한다. 렌즈와 초점 사이의 거리인 초점 거리는 렌즈 재료의 굴절률이 클수록, 렌즈 표면이 많이 굽어져 있을수록 짧다.

[문제 4-1] 직경이 $2R$ 이고 초점 거리가 f 인 렌즈가 있다. 이 렌즈로 태양 빛을 모으고 그림과 같이 렌즈의 초점에 놓인 광섬유에 입사시켜 전반사를 통해 먼 곳으로 전달하려 한다. 광섬유 코어와 클래딩의 굴절률은 각각 n_1, n_2 ($n_1 > n_2 > 1$)이고, 렌즈와 광섬유는 굴절률이 1인 공기 중에 놓여 있다. 렌즈로 모은 태양 빛 전체가 코어와 클래딩 경계에서 전반사하기 위한 조건을 구하는 과정을 제시문 (가)와 (다)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. 필요 시 $\sin(\pi/2 - \theta) = \cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$ 를 이용하시오. (단, 태양 빛의 처음 진행 방향은 렌즈 축과 나란하고, 광섬유 단면에서 반사는 무시한다.) [15점]



[문제 4-2] 그림과 같이 렌즈로 태양 빛을 모아 길이가 L 인 광섬유를 통해 태양 전지로 전달하여 전력을 발생시키는 장치를 구성한 후, 광섬유의 양 끝에는 빛을 완전히 통과(열린) 또는 차단(닫힌) 하도록 제어하는 셔터를 각각 설치하였다. 실험 1에서는 T_0 의 주기를 갖는 사각파 형태로 앞 셔터를 제어하고 뒤 셔터는 열려 두었더니 태양 전지에서 T_0 의 주기를 갖는 사각파 형태로 전력이 발생하였다. 실험 2에서는 T_0 의 주기를 갖는 동일한 사각파 형태로 앞, 뒤 셔터를 제어하였더니 태양 전지에서 전력이 발생하지 않았다.



실험 2의 상황에서 사각파의 주기를 T_0 에서부터 서서히 증가시키자 태양 전지에서 전력이 발생하기 시작하였는데, 주기가 $1.08 \times T_0$ 에 이르자 다시 태양 전지에서 전력이 발생하지 않았다. 이 결과를 이용하여 광섬유에서 태양 빛의 속도(v)를 구하는 과정을 제시문에 근거하여 논리적으로 설명하시오. (단, 광섬유에서 빛의 속도는 광섬유의 길이를 통과 시간으로 나눈 값을 의미하며, 태양 빛의 모든 파장에서 v 는 동일하다고 가정한다.) [15점]

3. 출제 의도

광학은 고등학교 물리 I 단원 III 정보와 통신, 고등학교 물리 I 단원 IV 에너지, 고등학교 물리 II 단원 III 파동과 빛 등에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 본 문항 평가에는 고교생들에게 익숙한 소재인 렌즈와 광섬유를 통한 빛의 진행과 전달, 태양 전지에서 빛의 검출 등 기본 물리 현상을 제시하고, 이를 기반으로 전반사와 신호 전달에 관한 물리적 상황을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였다.

[문제 4-1]

빛의 이해와 응용은 고등학교 물리에서 다루는 주요 분야 중 하나이다. 렌즈를 통해 광섬유 단면으로 모인 빛은 렌즈를 통과한 위치에 따라 광섬유 단면에서 입사각이 다르며, 광섬유 코어와 클래딩의 경계로 입사하는 입사각도 달라진다. 그림으로 제시된 구조에서 빛의 진행을 고려하면, 빛이 광섬유의 단면으로 입사할 때 입사각이 클수록 코어와 클래딩의 경계에서는 입사각이 작아진다. 따라서 렌즈의 최외각을 통과한 빛이 코어와 클래딩의 경계에서 가장 작은 입사각을 가지며, 이 빛이 전반사하는 상황이 되면 렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사함을 알 수 있다.

제시문 (가)와 (다)를 이용하면 렌즈에서 광섬유 단면으로 진행되는 입사각과 코어와 클래딩 경계에서 입사각 사이의 관계를 간단한 수식으로 얻을 수 있다. 렌즈의 최외각을 통과한 빛이

광섬유 단면으로 입사할 때 입사각의 Sine 값을 렌즈의 반경과 초점 거리를 이용하여 구할 수 있고, 이 결과와 스넬 법칙, 전반사 조건을 이용하면 렌즈의 모든 부분을 통과한 빛이 광섬유에서 전반사되기 위한 조건을 수식으로 구할 수 있다. 본 문제는 광학 기기인 렌즈의 기능, 빛의 굴절을 설명하는 스넬 법칙, 전반사의 조건과 이를 이용하여 빛을 전달하는 광섬유에 대한 이해와 응용력을 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

[문제 4-2]

광섬유는 빛을 이용하여 1010...과 같은 디지털 신호를 전달하는 역할을 한다. 문제 4-1의 방법에 의해 태양 빛이 입사된 광섬유의 앞단에서 셔터를 통해 디지털 신호가 발생하고, 이 신호는 광섬유 끝단에 위치한 태양 전지에 의해 전력으로 변환되어 측정된다. 진공 중 빛의 속도는 c 로 알려진 상수이지만, 광섬유에서 빛의 속도는 굴절률로 인해 이보다 작아지며, 주어진 실험 방법을 이용하면 간단하게 속도를 측정할 수 있다. 학생들은 제시문을 통해 광섬유의 신호 전달과 태양 전지의 원리를 이해한 후, 주어진 실험 결과와 빛의 속도 사이의 관계를 수식으로 표현해야 한다.

같은 시간에 반복적으로 동작하는 앞, 뒤 셔터를 통해 빛 신호가 모두 사라지는 것은 광섬유를 진행하는 빛의 유한한 속도, 즉 시간 지연으로 인한 것이며, 셔터의 신호는 주기적이므로 빛이 광섬유를 진행하는 시간은 셔터 주기의 '정수+1/2' 배의 관계임을 알 수 있다. 신호가 모두 사라지는 현상이 나타나는 두 번의 인접한 상황은 연속된 두 정수에 해당하며, 이를 수식적으로 분석하면 해당하는 정수와 빛의 속도를 함께 구할 수 있다. 물리 실험의 이해력과 물리 현상을 수식으로 표현할 수 있는 논리적 사고력을 평가하며, 중상 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용	
제시문	(가) 물1323. 전반사 현상을 이해하고, 광섬유에서 빛신호 전달을 통한 광통신 과정을 안다. 물2313. 정상파와 공명, 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해한다.
	(나) 물1415. 반도체 소자로부터 태양 전지의 원리를 정성적으로 이해한다.
	(다) 물2321. 거울과 렌즈에 의해 상이 맺히는 원리를 이해하고, 광학기기의 구조와 원리를 안다.
하위문항	4-1 물1323. 전반사 현상을 이해하고, 광섬유에서 빛신호 전달을 통한 광통신 과정을 안다. 물2313. 정상파와 공명, 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해한다. 물2321. 거울과 렌즈에 의해 상이 맺히는 원리를 이해하고, 광학기기의 구조와 원리를 안다.
	4-2 물1323. 전반사 현상을 이해하고, 광섬유에서 빛신호 전달을 통한 광통신 과정을 안다. 물1415. 반도체 소자로부터 태양 전지의 원리를 정성적으로 이해한다.

나) 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 I	곽성일 외	천재교육	2011	200-203
	물리 I	김영민 외	교학사	2011	296-298
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2011	220-221
	물리 II	김영민 외	교학사	2011	197-204
기타					

5. 문항 해설

[4-1]

[문제 4-1] 렌즈를 통해 광섬유 단면으로 모인 빛은 렌즈를 통과한 위치에 따라 광섬유 단면에서 입사각이 다르며, 광섬유 코어와 클래딩의 경계로 입사하는 입사각도 달라진다. 그림으로 제시된 구조에서 빛의 진행을 고려하면, 빛이 광섬유의 단면으로 입사할 때 입사각이 클수록 코어와 클래딩의 경계에서는 입사각이 작아진다. 따라서 렌즈의 최외각을 통과한 빛이 코어와 클래딩의 경계에서 가장 작은 입사각을 가지며, 이 빛이 전반사하는 상황이 되면 렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사함을 파악할 수 있다.

제시문 (가)와 (다)를 이용하면 렌즈에서 광섬유 단면으로 진행하는 입사각과 코어와 클래딩 경계에서 입사각 사이의 관계를 간단한 수식으로 얻을 수 있다. 렌즈의 최외각을 통과한 빛이 광섬유 단면으로 입사할 때 입사각의 Sine 값을 렌즈의 반경과 초점 거리를 이용하여 구할 수 있고, 이 결과와 스넬 법칙, 전반사 조건을 이용하면 렌즈의 모든 부분을 통과한 빛이 광섬유에서 전반사되기 위한 조건을 수식으로 구할 수 있다.

[4-2]

[문제 4-2] 문제 4-1의 방법에 의해 태양 빛이 입사된 광섬유의 앞단에서 셔터를 통해 디지털 신호가 발생하고, 이 신호는 광섬유 끝단에 위치한 태양 전지에 의해 전력으로 변환되어 측정된다. 실험 1의 결과를 통해 셔터의 신호와 태양 전지 신호는 동일한 형태로 나타남을 알 수 있다. 동시에 반복적으로 동작하는 앞, 뒤 셔터를 통해 빛 신호가 모두 사라지는 것은 광섬유를 진행하는 빛의 유한한 속도, 즉 시간 지연으로 인한 것이며, 셔터의 신호는 주기적이므로 빛이 광섬유를 진행하는 시간은 셔터 주기의 '정수+1/2' 배임을 알 수 있다. 신호가 모두 사라지는 현상이 나타나는 두 번의 인접한 상황은 연속된 두 정수에 해당하며, 이를 수식적으로 표현하면 해당하는 정수 값과 지연 시간을 구할 수 있다. 얻어진 지연 시간과 광섬유의 길이를 통해 빛의 속도를 계산할 수 있다.

6. 채점 기준

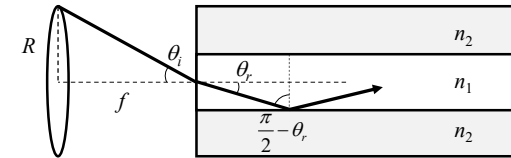
하위 문항	채점 기준	배점
4-1	- 도식 또는 설명을 통해 '렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사되기 위해 렌즈의 가장자리에서 온 빛이 전반사되어야 함' 을 설명함.	+5점
	- 광섬유 단면에서 스넬 법칙을 적용함.	+3점
	- 광섬유 단면의 입사각과 코어와 클래딩 경계면의 입사각의 관계를 통해 전반사 조건을 연관시킴.	+3점

4-2	- 최종 답안의 식이 맞음. ※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음. ※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ±0.5점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).	+4점
	- 두 셔터가 동일하게 작동할 때, 빛이 광섬유를 통과하는 시간으로 인해 빛이 차단되는 상황이 발생함을 설명함. - 실험 2의 상황에서 정수(N)배의 개념을 도입하여 T_0 와 빛의 속도 사이 관계식을 바르게 제시함. - $1.08 \times T_0$ 에서 빛이 다시 차단되는 점을 이용하여 N을 바르게 계산함. - 최종 답안의 식이 맞음. ※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별로 2-3점 수준의 부분 점수를 부여할 수 있음. ※ 답안의 완성도 수준에 따라 항목 별로 ±0.5점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).	+5점 +3점 +3점 +4점

7. 예시 답안

[문제 4-1]

▶ 빛이 광섬유의 단면으로 입사될 때 입사각이 클수록 코어와 클래딩의 경계에서는 입사각이 작아진다. 따라서 그림과 같이 렌즈의 가장자리에서 굴절된 빛이 코어와 클래딩의 경계에서 전반사되면 렌즈에서 모은 모든 빛이 전반사 조건을 만족한다.



▶ 광섬유 단면에서 입사각을 θ_i , 굴절각을 θ_r 라고 할 때, 스넬 법칙은 다음과 같다.

$$\sin\theta_i = n_1 \sin\theta_r$$

▶ 광섬유 코어와 클래딩의 경계에서 입사각은 $\pi/2 - \theta_r$ 이므로, 전반사 조건을 사용하면 다음과 같다.

$$\frac{n_2}{n_1} < \sin(\frac{\pi}{2} - \theta_r) = \cos \theta_r = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_r}$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 < 1 - \sin^2 \theta_r = 1 - \frac{1}{n_1^2} \sin^2 \theta_i$$

$$\sin \theta_i < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

▶ 렌즈의 반경과 초점 거리를 이용하여 $\sin\theta_i$ 을 표현한 후 정리하면 다음과 같다.

$$\sin\theta_i = \frac{R}{\sqrt{R^2+f^2}} \quad \therefore \frac{R}{\sqrt{R^2+f^2}} < \sqrt{n_1^2-n_2^2}$$

[문제 4-2]

- ▶ 앞, 뒤 서터가 동일한 사각파로 동작할 때, 빛이 광섬유를 통과하는 시간만큼 앞 서터를 통과한 빛의 파형이 시간 축에서 평행 이동하게 되고, 뒤 서터에서 차단되는 상황이 발생한다.
- ▶ 뒤 서터에 의해 빛이 완전히 차단되는 경우, 빛이 광섬유를 통과하는 데 소요되는 시간은 사각파 주기의 정수(N)+1/2배가 되어 다음 식을 얻는다.

$$\frac{L}{v} = (N + \frac{1}{2})T_0$$

- ▶ T_0 를 점차 증가시켜 $1.08 \times T_0$ 에서 빛이 차단되는 상황이 다시 발생하면, 이는 N이 $N-1$ 이 되는 경우에 해당하므로 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{L}{v} &= (N + \frac{1}{2})T_0 = 1.08 \times (N - \frac{1}{2})T_0 \\ 0.08 \times N &= 1.04 \\ \therefore N &= 13 \end{aligned}$$

- ▶ $N=13$ 을 처음 식에 대입하면 광섬유에서 빛의 속도는 다음의 식으로 얻어진다.

$$\frac{L}{v} = \frac{27}{2}T_0 \quad \therefore v = \frac{2L}{27T_0} \quad (\text{or} \quad \frac{L}{13.5T_0})$$

문항카드 18

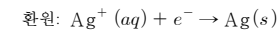
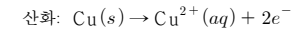
1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 I(화학)/ 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
모집요강에 제시한 출제 범위(과목명)	화학 I, 화학 II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	화합물, 원자량, 몰, 물질량, 화학 반응식, 양적 관계, 산화, 환원, 화학 전지, 표준 환원 전위
예상 소요 시간	30분	

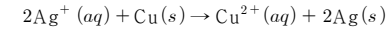
2. 문항 및 제시문

[제시문] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 어떤 물질 속에 들어 있는 원자나 분자 1몰은 6.02×10^{23} 개 입자 수를 의미하며, 이 수를 아보가드로수라고 한다. 원자량과 분자량은 상대적인 값이므로 단위가 없지만, 그 값에 그램(g)을 붙이면 그 물질의 물질량이 된다. 0 °C, 1기압에서 기체 분자 1몰이 차지하는 부피는 그 종류에 관계없이 22.4 L로 일정하다.
- (나) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질 사이의 관계를 나타낸 식을 화학 반응 식이라고 한다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응에 관여한 물질의 분자 수의 비와 몰수비, 부피비를 의미한다. 이때 몰과 입자 수, 질량, 부피를 구할 수 있다.
- (다) 화학 반응에서 전자를 잃는 것을 산화라 하고, 전자를 얻는 것을 환원이라 한다. 산화와 환원은 항상 동시에 일어나므로 산화-환원 반응이라고 부른다. 예를 들어, 질산은(AgNO₃) 수용액에 구리줄을 넣으면 구리줄 표면에 은이 석출되며 용액의 색이 푸른색으로 변하는 것을 관찰할 수 있고, 이 반응은 다음과 같이 전자의 이동으로 나타낼 수 있다.



산화-환원 반응에서는 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같으므로, 이동하는 전자 수를 맞추어 주면 전체 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

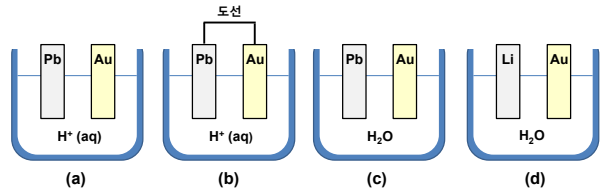


- (라) 화학 전지는 자발적으로 일어나는 산화-환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다. 전지에서 산화 반응이 일어나는 부분과 환원 반응이 일어나는 부분을 각각 반쪽 전지라고 한다. 반쪽 전지의 전위를 전극 전위라고 하며, 반쪽 전지들의 표준 전위값을 결정하기 위해 표준 수소 전극을 사용한다. 표준 환원 전위는 25 °C에서 표준 수소 전극과 연결한 반쪽 전지의 환원 반응 전위이고, 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉽다. 다음 표는 일부 반쪽 반응들의 표준 환원 전위를 보여준다. 기전력(표준 전지 전위)은 두 금속의 표준 환원 전위차로서, 환원 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위에서 산화 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위를 빼 값과 같다. 기전력 값이 (+)일때 산화-환원 반응은 자발적

으로 진행되며, (-)일때 자발적으로 진행되지 않는다.

반쪽 반응	표준 환원 전위(V)
$Au^+(aq) + e^- \rightarrow Au(s)$	+ 1.68
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0.00
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	- 0.13
$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	- 0.83
$Li^+(aq) + e^- \rightarrow Li(s)$	- 3.04

[문제 4-1] 산성 용액과 물에 20.0 g의 납(Pb)판, 금(Au)판, 리튬(Li)판을 다음 그림과 같이 넣었다. 수소 기체(H₂)가 발생하는 경우에는, 0 °C, 1기압에서 측정할 때 그 부피가 1.12L가 되는 시점에서 반응을 중단하였다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 (a), (b), (c), (d)의 금속판에서 수소 기체의 발생 유무를 판단하고, 반응 후 남아있는 각 금속판의 질량을 각각 논리적으로 구하시오. (단, 수소(H), 리튬(Li), 금(Au), 납(Pb)의 원자량은 각각 1, 7, 197, 207이고, 금속의 산화물 형성은 고려하지 않는다.) [10점]



[문제 4-2] 가상의 원소 A를 포함하는 두 염화 화합물 ACl(s)과 ACl₃(s)를 4.8g씩 이용하여 혼합 수용액을 만들었다. 이 혼합 수용액 내의 두 화합물이 모두 완전히 해리되는 시점에서 산화-환원 반응이 시작되었다고 가정하자. 다음의 표와 제시문 (가) - (라)를 바탕으로 이 혼합 수용액에서 자발적으로 일어나는 산화-환원 반응식을 제시하고, 그 근거를 설명하시오. 또한 A⁺(aq)의 양이 1/2만큼 변화할 때 걸리는 시간이 5분으로 일정하다면, 15분 후 A(s)의 질량은 얼마인지 논리적으로 구하시오. (단, 가상의 원소 A와 염소(Cl)의 원자량은 각각 164.5, 35.5이다.) [20점]

반쪽 반응	표준 환원 전위(V)
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+ 1.36
$A^+(aq) + e^- \rightarrow A(s)$	- 0.36
$A^{3+}(aq) + 2e^- \rightarrow A^+(aq)$	- 0.70
$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	- 0.83

3. 출제 의도

본 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정의 전반적인 내용을 평가하고자 하였다. 화학 I에서 다루는 ‘화학의 언어’에 해당하는 화합물의 조성, 화학식, 화학 반응에서의 양적 관계에 대한 이해와, ‘담은꼴 화학 반응’ 단원의 산화-환원 반응에서의 전자의 이동에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 또한 화학 II에서 다루는 ‘화학 평형’에서 산화-환원 반응을 화학 전지에 적용하는 통합적인 성취도를 평가하고자 하였다.

제시문에서 제공하는 정보를 정확하게 숙지하여, 전자의 이동을 보여주는 산화-환원 반응의 반응성을 주어진 물질들의 표준 환원 전위 값과 연결시켜 파악할 수 있는지 평가하고자 하였다. 문제 4-1은 납, 금, 리튬 금속들과 수소이온, 물의 표준 환원 전위 값을 비교하여 진행될 수 있는 산화-환원 반응들을 예상하고, 발생하는 수소 기체의 부피를 바탕으로 화학 반응에서의 부피, 몰수, 질량의 양적 관계를 도출하는 능력을 평가하고자 하였다. 문제 4-2는 여러 산화수를 가지는 주어진 물질의 표준 환원 전위 값을 이용하여 산화-환원 반응식을 도출해내고, 어떤 산화수의 물질이 산화와 환원에 관여하는지 찾아내는 문제이다. 또한 반응 계수 관계를 통해 화학 반응에서의 양적 관계를 도출하는 능력을 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

‘교육과학기술부 고시 제 2011-361호[별책 9] 과학과 교육과정’을 바탕으로 작성

영역별 내용	
(가)	화학 I. (1) 화학의 언어 (88쪽) (라) 아보가드로 수와 몰의 의미를 이해한다.
(나)	화학 I. (1) 화학의 언어 (88쪽) (마) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.
제시문	(다) 화학 I. (4) 담은꼴 화학반응 (90쪽) (나) 질소와 수소의 반응에 의한 암모니아의 합성이 전자 이동에 의한 산화-환원 반응임을 이해한다.
(라)	화학 II. (3) 화학 평형 (98쪽) (아) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.
하위문항	4-1 제시문 (가)-(라)에 근거
	4-2 제시문 (가)-(라)에 근거

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	박종석 외 4인	(주)교학사	2016	제시문 (가): p. 23-25, 제시문 (나): p. 38-41 제시문 (다): p. 209-212
	화학 I	김희준 외 8인	(주)상상아카데미	2016	제시문 (가): p. 31-35 제시문 (나): p. 47-50

	화학 I	노태희 외 7인	(주)천재교육	2017	제시문 (다): p. 176-181 제시문 (가): p. 25-29 제시문 (나): p. 41-49 제시문 (다): p. 183-195
	화학 I	류해일 외 7인	(주)비상교육	2016	제시문 (가): p. 36-41 제시문 (나): p. 42-47 제시문 (다): p. 191-198
	화학 II	박종석 외 4인	(주)교학사	2016	제시문 (라): p. 206-209
기타	화학 II	김희준 외 8명	(주)상상아카데미	2016	제시문 (라): p. 184-190
	화학 II	노태희 외 7인	(주)천재교육	2015	제시문 (라): p. 190-194
	화학 II	류해일 외 7인	(주)비상교육	2017	제시문 (라): p. 189-196

5. 문항 해결

제시문의 내용은 화학 반응식, 물질 속에 있는 원자나 분자의 몰, 질량, 부피 등의 양적 관계와, 산화-환원 반응, 화학 전지 등 고등학교 화학 I, II 교과과정에서 중요하게 다루어지는 내용으로 모두 교육과정 범위에 포함되어 있다. 이 문항에서는 여러 가지 개념들을 명확하게 이해하여 이들을 통합적으로 분석하고 연결할 수 있는지 알아보려고 한다. 전자의 이동을 보여주는 산화-환원 반응의 반응성을 주어진 물질들의 표준 환원 전위 값과 연결시켜 파악할 수 있는지 평가하는 문제이다.

하위 문항 1은 제시문의 내용을 정확하게 이해하여 납, 금, 리튬 금속들과 수소이온, 물의 표준 환원 전위 값을 비교하여 진행될 수 있는 산화-환원 반응들을 예상하고, 발생하는 수소 기체의 부피를 바탕으로 화학 반응에서의 부피, 몰수, 질량의 양적 관계를 도출하는 능력을 평가하는 문제이다. 하위 문항 2는 여러 산화수를 가지는 주어진 물질의 표준 환원 전위 값을 이용하여 산화-환원 반응식을 도출해내고, 어떤 물질이 산화와 환원에 관여하는지 찾아내는 문제이다. 또한, 반응 계수 관계를 통해 화학 반응에서의 양적 관계를 도출하는 능력을 평가한다.

6. 채점 기준

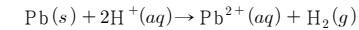
하위 문항	채점 기준	배점
4-1	<p>[채점요소] (a), (b), (c), (d)의 각 경우에 어떤 금속판에서 산화-환원 반응이 일어나는지 논리적으로 찾아내는가? 발생한 수소 기체의 부피를 이용하여 구한 몰수를 바탕으로 화학 반응에서의 양적 관계를 고려하여 줄어든 금속판의 질량을 구할 수 있는가?</p> <p>[예시답안] 7번 참조 [채점준거] 다음과 같이 4단계로 나누어서 각 부분 점수를 준다.</p> <p>1. (a): 납판에서 산화반응 및 수소 기체가 발생함을 보이고, 남아있는 질량 납 9.65g/금 20.0g을 바르게 구하면 +2.5점</p> <p>2. (b): 납판에서 산화반응, 금판 주변에서 수소 기체가 발생함을 보이고, 남아있는 질량 납 9.65g/금 20.0g을 바르게 구하면 +2.5점 (납판에서만 발생한다고 하면 오답이지만, 두 판에서 모두 수소 기체가 발생한다고 한 경우에는 감점하지 않음)</p> <p>3. (c): 반응이 일어나지 않고, 질량 변화도 없음을 보이면 +2.5점</p> <p>4. (d): 리튬판에서 산화반응 및 수소기체가 발생함을 보이고, 리튬 19.3g/금 20.0g을 바르게 구하면 +2.5점</p>	10

	<p>※계산을 잘못하면 -1점. ※각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 10점 이내에서 ± 1.0점 추가 점수 부여 가능함.</p>	
4-2	<p>[채점요소] A+(aq)의 산화-환원 반응식을 바르게 유도하고 반응에서의 양적 관계를 고려하여 A(s)의 질량을 구할 수 있는가?</p> <p>[예시답안] 7번 참조 [채점준거] 다음과 같이 3단계로 나누어서 각 부분 점수를 준다.</p> <p>1. $3A^+(aq) \rightarrow 2A(s) + A^{3+}(aq)$의 산화-환원 반응식을 바르게 유도하면 +8점 (산화 반응과 환원 반응을 따로 제시한 경우에는 부분 점수 각 2점)</p> <p>2. 주어진 표준 환원 전위 값에 근거하여, 전위차가 $-0.36V - (-0.70V) = +0.34V$로 (+)값을 보여 자발적인 반응임을 설명하면 +5점</p> <p>3. 15분 후 A(s)의 질량이 2.303g임을 바르게 구하면 +7점</p> <p>※계산을 잘못하면 -2점. ※각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 2.0점 추가 점수 부여 가능함.</p>	20

7. 예시 답안

[4-1]

- ▶ (a): 산성 용액에 두 금속판이 담겨져 있는 경우인데, 표준 환원 전위가 (+)값이면 H⁺보다 환원되기 쉽고, (-)값이면 H⁺보다 환원되기 어렵다. 주어진 두 반쪽 반응의 표준 환원 전위 값에 의하면 H⁺(aq)와 금(Au) 사이에서는 산화-환원 반응이 일어날 수 없고, H⁺(aq)와 납(Pb) 사이의 산화-환원 반응의 기전력은 $0.00V - (-0.13V) = +0.13V$ 로, (+)값이므로 다음과 같이 H⁺(aq)와의 자발적 산화-환원 반응이 가능하다.



남아있는 금속판의 질량:

- 반응하지 않는 금판의 질량은 변화되지 않고 20.0 g 그대로 남아 있다.

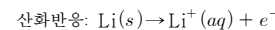
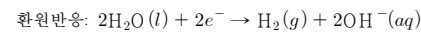
- 납판 주위에서 일어나는 산화-환원 반응에서 발생된 수소 기체의 부피가 0 ° C, 1기압에서

$$1.12L \text{이고, 이는 } \frac{1.12L}{22.4L/mol} = 0.0500 \text{ mol에 해당한다.}$$

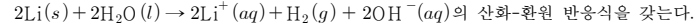
위 산화-환원 반응식에서 소모되는 Pb(s)와 생성되는 H₂(g)의 계수비가 1:1이므로, 소모된 납판의 양은 $0.0500 \text{ mol} \times 207 \text{ g/mol} = 10.35 \text{ g}$ 이고, 따라서, 남아있는 납판의 질량은 $20.0 \text{ g} - 10.35 \text{ g} = 9.65 \text{ g}$ 이다.

- ▶ (b): 납판과 금판을 도선으로 연결한 경우, 납이 산화되면서 전자를 잃고, 그 전자는 도선을 따라 금판 쪽으로 이동한다. 금판에서는 H⁺(aq)이 전자를 얻어 환원되므로 금판 주변에서 수소 기체가 발생한다. 남아있는 금속판의 질량은 (a)의 경우와 동일, 즉 납판 9.65g, 금판 20.0g이 남아있다. 단, 일부 실험에서는 납판 주변에서도 수소기체가 약간 발생됨이 관찰되므로, ‘납판과 금판 주변에서 둘 다 발생한다’ 라고 한 경우에도 감점하지 않는다.

- ▶ (c): 두 금속판이 연결되어있지 않고 물에 담겨 있는 경우인데, 주어진 표준 환원 전위(V)값에 의하면 금과 납의 두 반쪽 반응 모두 물의 반쪽 반응보다 환원되는 경향이 크므로, 어떠한 산화-환원 반응도 일어나지 않는다. 반응이 일어나지 않기 때문에, 납판과 금판 모두 20.0 g이 남아있다.
- ▶ (d): 리튬판의 경우에는, 물과 리튬 사이에서 가능한 산화-환원 반응의 기전력이 $-0.83V - (-3.04V) = +2.21V$ 로, (+)값이므로 자발적 산화-환원 반응이 가능하다.



산화-환원 반응에서는 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같으므로,



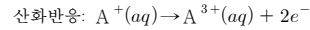
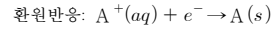
소모되는 Li(s)과 생성되는 H₂(g)의 계수비가 2:1이므로,

소모된 리튬의 양은 $(0.05 \text{ mol} \times 2) \times 7 \text{ g/mol} = 0.70 \text{ g}$ 이고, 따라서 남아있는 리튬판의 질량은 $20.0 \text{ g} - 0.70 \text{ g} = 19.3 \text{ g}$ 이다.

금판은 변화없이 20.0 g 남아있다.

[4-2]

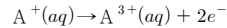
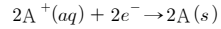
▶ $\text{ACl}_2(s)$ 와 $\text{ACl}_3(s)$ 를 이용하여 혼합수용액을 만들 때, $\text{A}^+(aq)$, $\text{A}^{3+}(aq)$, $\text{Cl}^-(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 존재한다. 산화와 환원은 항상 동시에 일어나고, 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉽다. 표에 주어진 환원 반쪽 반응들의 표준 환원 전위 값에 의하면, 자발적인 산화-환원 반응이 일어나는 경우는 다음과 같다.



위 산화-환원 반응의 기전력은 $-0.36 \text{ V} - (-0.70 \text{ V}) = +0.34 \text{ V}$ 로 (+)값을 가진다.

주어진 표준 환원 전위 값에 의하면 $\text{Cl}^-(aq)$ 과 H_2O 는 산화-환원 반응에 참여하지 않는다.

▶ 산화-환원 반응에서는 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같으므로,



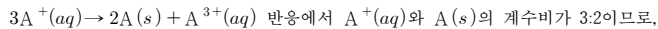
즉, $3\text{A}^+(aq) \rightarrow 2\text{A}(s) + \text{A}^{3+}(aq)$ 의 산화-환원 반응식을 얻을 수 있다.

▶ 이 반응에서 $\text{A}^+(aq)$ 는 산화와 환원이 동시에 되는 물질이며, 산화-환원 반응 시작 시점의 $\text{A}^+(aq)$ 의 양은 다음과 같다.

$$\text{ACl}(s) \text{ 몰수} = \text{초기 } \text{A}^+(aq) \text{의 몰수} = \frac{4.8 \text{ g}}{(164.5 + 35.5) \text{ g/mol}} = 0.024 \text{ mol}$$

▶ 산화-환원 반응이 진행됨에 따라 $\text{A}^+(aq)$ 양이 감소한다. 즉, $\text{A}^+(aq)$ 의 양이 5분마다 $\frac{1}{2}$ 만큼 변화한다는 것을 절반씩 줄어드는 것으로 해석해야하고, 이에 따라 15분 후에 남아 있는 $\text{A}^+(aq)$ 의 양은 $0.024 \text{ mol} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 0.003 \text{ mol}$ 임을 알 수 있다.

▶ 15분동안 소모된 $\text{A}^+(aq)$ 의 양은 $0.024 \text{ mol} - 0.003 \text{ mol} = 0.021 \text{ mol}$ 이고,



15분 후 $\text{A}(s)$ 의 질량은 $0.021 \text{ mol} \times \frac{2}{3} \times 164.5 \text{ g/mol} = 2.303 \text{ g}$ 이다.

(이 계산과정을 간단히 요약하면, $\frac{4.8 \text{ g}}{200 \text{ g/mol}} \times \frac{7}{8} \times \frac{2}{3} \times 164.5 \text{ g/mol} = 2.303 \text{ g}$)

문항카드 19

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 II(화학)/ 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	과학, 화학 I, 화학 II	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	과학, 화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	원소 분석, 화학 반응식, 탄화수소, 이성질체, 용액, 증기 압력, 삼투압
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문


제시문

- (가) 독일의 화학자 리비히는 유기 화합물 내의 탄소와 수소의 성분 조성을 알아내는 분석 방법을 발표하였다. 이 분석 방법은 유기 화합물을 연소시켰을 때 생성되는 이산화탄소와 물의 질량을 측정함으로써 화합물 중의 탄소, 수소, 산소 성분의 질량비를 알아내는 것이다. 각 성분의 질량을 알게 되면 각각의 질량 값을 성분 원소의 원자량으로 나누어 조성비를 구할 수 있다. 조성비를 구한 다음 구성 원소의 원자 개수의 비율을 가장 간단한 정수비로 나타낸 식을 실험식이라고 한다. 분자에 포함된 실제 원자 수를 알기 위해서는 분자식을 알아야 한다. 분자식은 한 분자를 이루는 각 원자의 총 개수로 나타낸다.
- (나) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응이 일어나도 반응 전후 원자는 새로 생겨나거나 없어지지 않으며 반응 물질의 원자 수 총합과 생성 물질의 원자 수 총합이 같은 것을 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응에 관여한 물질의 분자 수의 비와 몰수비 및 기체의 부피비를 의미한다. 이때 몰과 입자 수, 몰과 질량, 몰과 기체의 부피 관계를 이용하면 반응 물질과 생성 물질의 질량, 부피, 몰수를 구할 수 있다.
- (다) 탄소 원자는 원자가 전자가 4개이므로 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있어 매우 다양한 종류의 화합물을 만들 수 있다. 이 중 메테인, 에테인, 프로페인, 뷰테인과 같이 탄소와 수소로만 이루어진 화합물을 탄화수소라고 한다. 탄화수소 내의 모든 탄소-탄소 사이의 결합이 단일 결합일 때, 분자에 수소 원자가 더 이상 결합될 수 없으므로 이들 탄화수소를 포화 탄화수소라고 부르고, 탄소 원자 사이에 이중 결합이나 삼중 결합을 가지는 탄화수소를 불포화 탄화수소라고 한다. 분자식은 같으나 구조식, 즉 결합 형태가 달라서 서로 다른 성질을 갖는 화합물을 구조 이성질체라고 한다.
- (라) 프랑스의 화학자 라울은 비휘발성, 비전해질인 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 증기압력 내림(ΔP)은 용질의 몰 분율($X_{\text{용질}}$)에 비례한다는 사실을 밝혀내었는데 이를 라울 법칙이라고 한다.

$\Delta P = X_{\text{용질}} \times P_0$ (P_0 : 순수한 용매의 증기 압력)
 따라서 용액의 농도가 높을수록 용액의 증기 압력은 더 낮아진다.
 (마) 용매는 같지만 농도가 서로 다른 두 용액이 반투막 사이에 두고 있을 때 농도가 낮은 용액에서 농도가 높은 용액 쪽으로 용매 분자가 이동하는 현상을 삼투라고 한다. 삼투가 일어날 때 반투막에 작용하는 압력을 삼투압이라고 하며, 기호 Π 로 나타낸다. 네덜란드의 과학자 반트 호프는 실험을 통해 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 삼투압(Π)은 용매나 용질의 종류에 관계없이 용액의 몰 농도(C)와 절대 온도(T)에 비례한다는 사실을 알아내었다. 이것을 반트 호프 법칙이라고 한다.
 $\Pi = CRT$
 여기서 R 는 기체 상수이다.

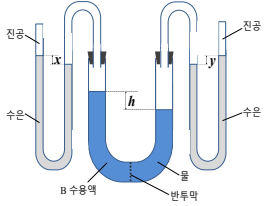
하위 문항 1 [문제 4-1] <10점>

[문제 4-1] 다음과 같은 원소 분석 장치를 이용하여 탄화수소 A 21 mg을 완전 연소시켰을 때 염화 칼슘관의 질량이 27 mg 증가하였고, 수산화 나트륨관의 질량이 66 mg 증가하였다. 이 연소 반응에서의 반응물의 총 몰수가 2.5×10^{-3} 몰일 때, 제시문 (가), (나), (다)에 근거하여 탄화수소 A의 분자식을 제시하고, A의 구조 이성질체 중에서 탄소(C) 사이의 결합각($\angle CCC$)이 모두 약 120° 인 화합물의 구조식을 제시하시오. (단, 수소(H), 탄소(C), 산소(O)의 원자량은 각각 1, 12, 16 이다.) [10점]



하위 문항 2 [문제 4-2] <20점>

[문제 4-2] 27°C 에서 다음과 같이 반투막으로 분리된 U자관에 B 수용액과 물을 넣었더니, 일정 시간 후에 높이 차 h 가 발생한 평형 상태가 되었다. 측정한 높이 차 x 와 y 에 대해서 $x = \frac{500000}{500009}y$ 인 것을 관찰하였을 때, 아래 그림 우측의 내용과 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 U자관의 높이 차 h 를 논리적으로 구하시오. (단, 용질 B는 비휘발성, 비전해질이며 B 수용액은 라울 법칙을 따른다. 또한, B 수용액에서 용액의 부피는 용매의 부피와 같다고 가정한다.) [20점]



- 기체 상수 $R = 0.08$ 기압·L/몰·K
- 물의 증기압력 = 0.035 기압
- 물의 밀도 = 1 g/mL
- 물의 분자량 = 18
- 1 기압 = 760 mmHg
- 평형 상태에서의 B 수용액의 밀도 = $\frac{1}{10} \times$ 수은의 밀도
- 같은 압력에 의해 발생하는 액체의 높이 차는 그 액체의 밀도에 반비례한다.

3. 출제 의도

본 논술고사에서는 고등학교 화학 I, II 교과과정에 대한 전반적인 이해도를 평가하기 위해 융합적인 문제를 다루며 원소 분석 장치, 화학 반응에서의 양적 관계, 다양한 구조의 탄화수소, 용액의 증기압력 내림 및 삼투압 등 고교 화학 교과 과정에서 중요하게 다루어지고 있는 여러 가지 내용을 명확하게 이해하고 연계 지을 수 있는지 물어보고자 한다. 원소 분석 장치에서 일어나는 탄화수소의 연소 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 화학 반응에서의 양적 관계를 이용하여 탄화수소의 분자식을 알아낼 수 있는지 물어보고자 한다. 탄화수소의 다양한 구조적 이성질체가 존재할 수 있다는 것을 이해하고, 문제에서 주어진 탄화수소의 구조적 정보와 일치하는 구조를 가지는 탄화수소의 구조식을 제시할 수 있는지 알아보하고자 한다. 또한, 용액의 특징인 증기 압력 내림 현상과 삼투압 현상을 라울 법칙과 반트 호프 법칙을 바탕으로 연계하여 이해할 수 있는지 물어보고자 한다. 용액 속에 존재하는 용질에 의해 증기 압력 내림 및 삼투압 현상이 발생한다는 것을 이해하여 용액의 증기 압력 내림을 이용하여 그 용액의 삼투압을 구할 수 있어야 한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

‘교육과학기술부 고시 제 2011-361호(별책 9) 과학과 교육과정’을 바탕으로 작성

영역별 내용	
제시문	가 화학 I (1) 화학의 언어 (88쪽) (다) 원소 분석을 통하여 여러 가지 화합물의 조성을 확인하여 화학식과 분자의 구조를 밝혀내는 과정을 설명할 수 있다.
	나 화학 I (1) 화학의 언어 (88쪽) (마) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.
	다 화학 I (3) 아름다운 분자 세계 (89쪽) (바) 탄소화합물의 다양성과 구조적 특징을 이해한다.
	라 화학 II (1) 다양한 모습의 물질 (96쪽) (아) 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해서 설명할 수 있다.
	마 화학 II (1) 다양한 모습의 물질 (96쪽) (아) 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해서 설명할 수 있다.
하위문항	4-1 제시문 (가)-(다)의 내용과 동일
	4-2 제시문 (라)-(마)의 내용과 동일

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	박종석 외 4인	(주)교육사	2016	제시문 (가): p. 35-37 제시문 (나): p. 38-41

					제시문 (다): p. 183-189 제시문 (가): p. 39-41 제시문 (나): p. 47-50 제시문 (다): p. 153-157
화학 I	김희준 외 8인	(주)상상이카테미	2016		제시문 (가): p. 33-34 제시문 (나): p. 41-49 제시문 (다): p. 165-172
화학 I	노태희 외 7인	(주)천재교육	2017		제시문 (가): p. 34-35 제시문 (나): p. 45-47 제시문 (다): p. 166-173
화학 I	류해일 외 7인	(주)비상교육	2016		제시문 (라): p. 59-61 제시문 (마): p. 65-67
화학 II	박종석 외 4인	(주)교학사	2017		제시문 (라): p. 67-68 제시문 (마): p. 72-73
화학 II	김희준 외 8인	(주)상상이카테미	2016		제시문 (라): p. 62-63 제시문 (마): p. 66-67
화학 II	노태희 외 7인	(주)천재교육	2015		제시문 (라): p. 59-61 제시문 (마): p. 65-66
화학 II	류해일 외 7인	(주)비상교육	2016		
기타					

5. 문항 해설

제시문의 내용은 원소 분석 장치, 화학 반응에서의 양적 관계, 다양한 구조의 탄화수소, 용액의 증기 압력 내림에 관한 라울 법칙, 용액의 삼투압에 관한 반트 호프 법칙에 대한 것으로 화학 I 과 화학 II 교과서의 내용을 기반으로 하였으며 고등학교 과학과 교육과정 범위 내에 포함되어 있다. 하위 문항 [문제 4-1]과 [문제 4-2]에서는 이 제시문의 내용을 근거로 하여 고등학교 화학 교과 과정에서 중요하게 다루어지는 여러 가지 개념을 연계하여 통합적으로 이해하고 있는지를 물어본다.

하위 문항 첫 번째 [문제 4-1]은 탄화수소의 연소 반응에서 이산화탄소와 물이 생성된다는 것을 알고, 연소 반응에서의 양적 관계를 이용하여 탄화수소의 분자식을 알아낼 수 있는지 물어보는 문제이다. 또한, 탄화수소가 동일한 분자식을 가지더라도 다양한 구조 이성질체가 존재한다는 것을 이해하고, 문제에서 주어진 분자의 구조적 정보를 바탕으로 분자의 구조식을 도출해 낼 수 있어야 한다.

하위 문항 두 번째 [문제 4-2]는 용액의 대표적 특징인 증기 압력 내림과 삼투압 현상을 연계하여 이해하여 통합적으로 사고할 수 있는지 물어보는 문제이다. 용액의 증기 압력 내림과 삼투압 현상 모두 용액 내 존재하는 용질에 의해 나타난다는 것을 이해하고 있어야 한다. 용액과 용매의 증기 압력 차로부터 용액의 증기 압력 내림을 알아낸 후, 용액 속에 존재하는 용질의 몰분율을 라울 법칙을 이용하여 구해야 한다. 용질의 몰분율로부터 용액의 몰농도를 계산하여 알아낸 후, 반트 호프 법칙을 이용하여 삼투압을 계산할 수 있어야 한다. 또한, 반투막을 사이에 둔 용액과 용매 사이의 높이 차가 용액의 삼투압에 의해 생긴다는 것을 이해하여 삼투압에 의해 발생한 높이 차를 구할 수 있어야 한다.

6. 채점 기준

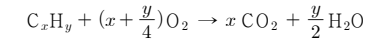
하위 문항	채점 기준	배점
4-1	[채점 요소] 원소 분석 장치를 이용하여 화학 반응식에서의 양적 관계 및 분자의 구	10

	조적 정보를 바탕으로 탄화수소의 실험식, 분자식 및 구조식을 도출해 낼 수 있는가? [예시 답안] 7번 참조 [채점 준거] 다음과 같이 3단계로 나누어서 각 부분 점수를 준다. 1) 생성된 CO ₂ 와 H ₂ O의 몰수비가 1 : 1 임을 보이고, 탄화수소 A의 실험식이 CH ₂ 임을 보이면 +4점. 2) 분자량이 84임을 보이고, 이로부터 분자식이 C ₆ H ₁₂ 임을 제시하면 +3점. 3) 모든 $\angle CCC$가 약 120°인 탄화수소의 구조식을 바르게 제시하면 +3점.	
4-2	[채점 요소] 용액의 증기 압력 내림과 삼투압을 연계하여 이해할 수 있는가? [예시 답안] 7번 참조 [채점 준거] 다음과 같이 5단계로 나누어서 각 부분 점수를 준다. 1) 문제에서 주어진 장치에서 x와 y의 차이가 B 수용액의 증기 압력 내림에 의해서 발생한다는 것을 기술하면 +4점. 2) 라울 법칙을 이해하여 용액과 물의 증기압력 차로부터 용질의 몰분율을 제대로 구하면 +4점. 3) 용질의 몰분율을 이용하여 B 수용액의 몰농도가 0.001 M 임을 보이면 +4점. 4) 반트 호프 법칙을 이용하여 삼투압이 0.024기압임을 보이면 +4점. 5) 삼투압 0.024기압에 의해 발생한 U자관에서 높이 차 h가 182.4 mm가 되는 것을 보이면 +4점.	20

7. 예시 답안

[문제 4-1]

▶ 탄화수소 A의 실험식은 C_xH_y로 쓸 수 있고, A의 연소 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.



원소 분석 장치에서 생성된 CO₂는 수산화 나트륨관의 질량을 증가시키므로 66 mg의 CO₂가 생성되었음을 알 수 있고, 생성된 H₂O는 염화 칼슘관의 질량을 증가시키므로 27 mg의 H₂O가 생성되었음을 알 수 있다. 반응 전후 원자는 새로 생성되거나 없어지지 않으므로 탄화수소 A를 구성하는 원소 C와 H의 질량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C: 66 \text{ mg} \times \frac{12}{44} = 18 \text{ mg}$$

$$H: 27 \text{ mg} \times \frac{2}{18} = 3 \text{ mg}$$

탄화수소 A에 존재하는 C와 H의 몰수비는 각 원소의 질량을 원자량으로 나눈 값과 같으므로

$$x : y = \frac{18 \text{ mg}}{12 \text{ g/mol}} : \frac{3 \text{ mg}}{1 \text{ g/mol}} = 1 : 2 \text{ 가 된다. 즉, 탄화수소 A의 실험식은 } CH_2 \text{이다.}$$

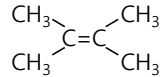
▶ 탄화수소 A의 분자식을 알기 위해서는 A의 분자량을 알아야 한다. 반응물의 총 질량은 생성물의 총 질량과 같아야 하므로, 반응에 소모된 산소의 질량을 w라고 했을 때 21 mg + w = 27 mg + 66 mg 이 성립한다. 즉, 반응한 산소의 질량은 72 mg임을 알 수 있고, 몰수로는 $\frac{72 \text{ mg}}{32 \text{ g/mol}} = 2.25 \times 10^{-3}$ 몰이 된다. 총 반응물의 몰수가 2.5×10^{-3} 몰이라고

주어졌으므로 반응한 탄화수소 A 21 mg의 몰수는 $2.5 \times 10^{-3} - 2.25 \times 10^{-3} = 0.25 \times 10^{-3}$ 몰임을 알 수 있다. 따라서 탄화수소 A의 분자량 M은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$21 \times 10^{-3} \text{ g} : 0.25 \times 10^{-3} \text{ 몰} = M : 1 \text{ 몰} \quad \therefore M = 84 \text{ g/몰}$$

실험식이 CH_2 인 탄화수소의 실험식량은 14이므로 분자량이 84인 분자식은 $n = \frac{84}{14} = 6$ 이기 때문에 C_6H_{12} 이다.

▶ 분자식이 C_6H_{12} 인 탄화수소는 탄소 사이의 이중 결합을 하나 가지고 있는 사슬형 탄화수소이거나 탄소 사이의 결합이 모두 단일결합인 고리형 탄화수소이다. 탄소는 4개의 결합을 할 수 있기 때문에 $\angle \text{CCC}$ 가 약 120° 가 되기 위해서는 중심 탄소 원자에 이중 결합이 하나 존재해야 한다. 따라서, 모든 $\angle \text{CCC}$ 가 약 120° 인 탄화수소의 구조식은 다음과 같다.



[문제 4-2]

▶ 문제의 장치에서 높이 차 x 는 B수용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)에 의해 생기고, 높이 차 y 는 물의 증기 압력($P_{\text{물}}$)에 의해서 생긴다. 즉, $x : y = P_{\text{용액}} : P_{\text{물}}$ 이다. 용액에서의 증기 압력 내림을 ΔP 라고 할 때 $x : y = P_{\text{용액}} : P_{\text{물}} = P_{\text{물}} - \Delta P : P_{\text{물}}$ 라고 쓸 수 있다. 따라서,

$$\frac{x}{y} = \frac{P_{\text{용액}}}{P_{\text{물}}} = \frac{P_{\text{물}} - \Delta P}{P_{\text{물}}} \text{ 이라고 쓸 수 있다.}$$

▶ 용액의 증기 압력 내림은 라울 법칙에 의하여 $\Delta P = X_{\text{용질}} \times P_{\text{물}}$ 이므로 B수용액의 증기 압력은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{물}} - \Delta P = P_{\text{물}} - X_{\text{용질}} \times P_{\text{물}} = (1 - X_{\text{용질}}) \times P_{\text{물}}$$

따라서, $\frac{x}{y} = \frac{P_{\text{용액}}}{P_{\text{물}}} = \frac{(1 - X_{\text{용질}}) \times P_{\text{물}}}{P_{\text{물}}} = 1 - X_{\text{용질}}$ 이다. $x = \frac{500000}{500009} y$ 라고 주어졌으므로,

$$1 - X_{\text{용질}} = \frac{x}{y} = \frac{500000}{500009} \text{ 이다. 즉, } X_{\text{용질}} = \frac{9}{500009} \text{ 이다.}$$

▶ 용질의 몰분율을 이용하면 용액의 몰농도를 구할 수 있다. 용질의 몰분율이 $X_{\text{용질}} = \frac{9}{500009}$ 이기 때문에 B수용액 용액에 존재하는 용질과 용매(물)의 몰수비는 $9 : (500009 - 9) = 9 : 500000$ 이다. 용질 $9a$ 몰, 용매 $500000a$ 몰이 있는 용액의 몰농도를 구하기 위해서는 용질의 몰수와 용액의 부피를 알아야 한다. 용액의 부피가 용매의 부피와 같다고 가정했기 때문에 용매의 부피를 구하면, $V_{\text{용매}} = \frac{\text{용매의 질량}}{\text{용매의 밀도}} = \frac{500000a \text{ 몰} \times 18 \text{ g/몰}}{1 \text{ g/mL}} = 500000a \times 18 \text{ (mL)} = 500a \times 18 \text{ (L)}$ 이다. 따라서, B수용액의 몰농도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{n_{\text{용질}}}{V_{\text{용액}}} = \frac{n_{\text{용질}}(\text{몰})}{V_{\text{용매}}(\text{L})} = \frac{9a}{500a \times 18} = \frac{1}{1000} = 0.001 \text{ 몰/L}$$

▶ 반트 호프 법칙을 이용하여 다음과 같이 B수용액의 삼투압을 구할 수 있다.
 $\Pi = CRT = 0.001 \text{ 몰/L} \times 0.08 \text{ 기압}\cdot\text{L/몰}\cdot\text{K} \times 300 \text{ K} = 0.024 \text{ 기압}$

▶ 1기압은 수은주 높이 760 mm의 압력과 같고 B수용액의 밀도가 수은의 $\frac{1}{10}$ 이므로, 1기압은 B수용액 높이 7600 mm의 압력과 같다. 따라서 삼투압에 의한 B수용액의 높이차 h 는 $0.024 \text{ 기압} \times 7600 \text{ mm/기압} = 182.4 \text{ mm}$ 가 된다.

※ [문제4-2]의 장치에서 용액의 높이차 h 는 “삼투압 + ΔP ”에 의해 생기지만, 용액의 증기 압력 내림은 $\Delta P = X_{\text{용질}} \times P_{\text{물}} = \frac{9}{500009} \times 0.035 \text{ 기압} = 6.3 \times 10^{-7} \text{ 기압}$ 이고, 이는 삼투압(0.024기압)에 비해 굉장히 작으므로 ΔP 의 영향은 무시할 수 있다.