

▶ 문항카드 3

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

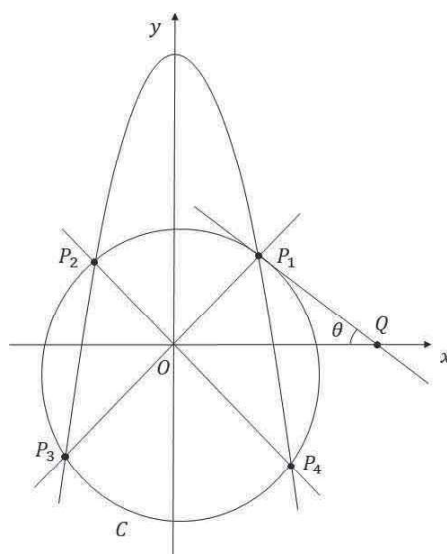
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 A 수학/문제 1, 문제 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	수열의 극한, 지수함수의 미분, 합성함수의 미분법, 음함수의 미분법, 역함수의 미분법, 접선의 방정식, 정적분, 넓이
예상 소요 시간	70분	

2. 문항 및 제시문

제시문 1

(가) 수열 $\{a_n\}$ 에서 n 의 값이 한없이 커질 때, a_n 의 값이 일정한 값 α 에 한없이 가까워지면 수열 $\{a_n\}$ 은 α 에 수렴한다고 한다. 이때 α 를 수열 $\{a_n\}$ 의 극한값 또는 극한이라 하고, 이것을 기호로 $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \alpha$ 또는 $n \rightarrow \infty$ 일 때 $a_n \rightarrow \alpha$ 와 같이 나타낸다.

(나) [그림 1]에서 곡선 $y = -x^2 + t$ ($t > 0$)은 직선 $y = x$ 와 점 P_1, P_3 에서 만나고, 직선 $y = -x$ 와 점 P_2, P_4 에서 만난다. 네 점 P_1, P_2, P_3, P_4 를 모두 지나는 원이 C 이다. 제1사분면의 점 P_1 에서 원 C 에 접하는 직선이 x 축과 만나는 점이 Q 이다. $\angle P_1QO$ 의 크기는 θ 이다.



[그림 1]

문제 1-1

제시문 1의 (나)에서 자연수 n 에 대하여 $t=n$ 일 때, 사각형 $P_1P_2P_3P_4$ 의 넓이를 R_n 이라 하고, 원 C 의 넓이를 S_n 이라 하자. 다음 극한값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{R_n}{S_n}$$

문제 1-2

제시문 1의 (나)에서 $\sin \theta = \frac{3}{5}$ 일 때, t 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

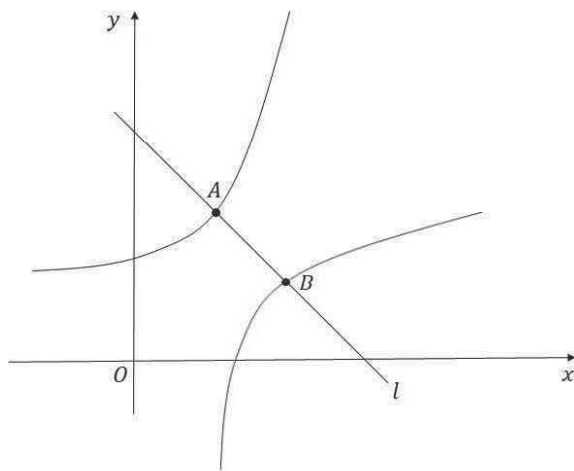
제시문 2

(가) 미분법은 움직이는 물체의 운동 또는 곡선의 특징과 변화를 분석하는 중요한 수학적 도구로 오늘날 미분법은 영화 속 특수 효과, 소리의 파동, 교통의 흐름, 열전도율 등과 같이 변화하는 현상과 관련된 문제를 해결하는 과정에 활용된다.

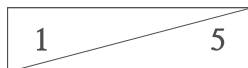
(나) 밑이 e 인 로그 $\log_e x$ 를 x 의 자연로그라 하고, 이것을 간단히 $\ln x$ 와 같이 나타낸다.

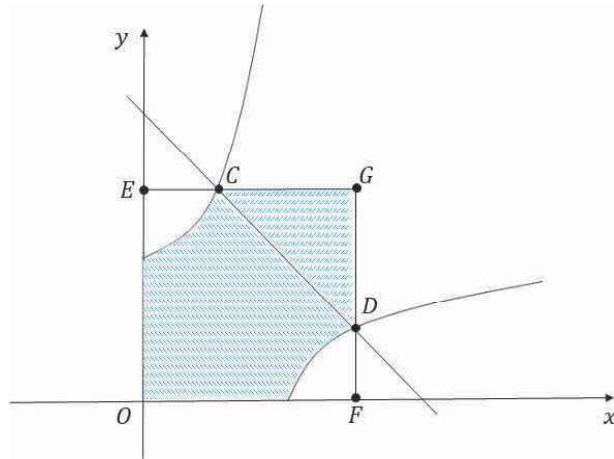
(다) [그림 2]는 곡선 $y=e^{x-1}+2$, 곡선 $y=1+\ln(x-2)$, 기울기가 -1 인 직선 l 을 나타낸 것이다. 점 A 는 직선 l 과 곡선 $y=e^{x-1}+2$ 의 교점이고, 점 B 는 직선 l 과 곡선 $y=1+\ln(x-2)$ 의 교점이다.

(라) [그림 3]은 직선 $y=-x+t$ ($t>0$), 곡선 $y=x^3+1$, 곡선 $y=(x-1)^{\frac{1}{3}}$ 을 나타낸 것이다. 점 C 는 직선 $y=-x+t$ 와 곡선 $y=x^3+1$ 의 교점이고, 점 D 는 직선 $y=-x+t$ 와 곡선 $y=(x-1)^{\frac{1}{3}}$ 의 교점이다. 점 E 는 점 C 에서 y 축에 내린 수선의 발이고, 점 F 는 점 D 에서 x 축에 내린 수선의 발이다. 빗금친 영역은 정사각형 $OFGE$ 의 안쪽에 있고 곡선 $y=x^3+1$ 의 아래쪽, 곡선 $y=(x-1)^{\frac{1}{3}}$ 의 위쪽에 놓인 영역이다.



[그림 2]





[그림 3]

문제 2-1

제시문 2의 (다)에서 \overline{AB} 가 가질 수 있는 값 중 가장 작은 것을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 2-2

제시문 2의 (라)에서 빗금친 영역의 넓이를 $S(t)$ 라 하자. 미분계수 $S'(3)$ 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

3. 출제 의도

[문제 1] 수열을 이해하고 수열의 극한을 구할 수 있는지 알아본다. 삼각함수를 이해하고 활용할 수 있는지 알아보고, 음함수의 미분법을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다.

[문제 2] 지수함수와 로그함수를 이해하고 미분할 수 있는지 알아본다. 영역의 넓이를 정적분을 이용하여 구할 수 있는지 알아보고, 함성함수의 미분법과 역함수의 미분법을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-255호 [별책8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 1-1	미적분 - (1)수열의 극한 - ①수열의 극한 [12미적01-02] 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있다.
문제 1-2	미적분 - (2)미분법 - ②여러 가지 미분법 [12미적02-09] 음함수와 역함수를 미분할 수 있다. 미적분 - (2)미분법 - ③도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 2-1	미적분 - (2)미분법 - ①여러 가지 함수의 미분 [12미적02-02] 지수함수와 로그함수를 미분할 수 있다.
문제 2-2	미적분 - (2)미분법 - ②여러 가지 미분법 [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다. 미적분 - (2)미분법 - ②여러 가지 미분법 [12미적02-09] 음함수와 역함수를 미분할 수 있다. 미적분 - (3)적분법 - ②정적분의 활용 [12미적03-05] 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.

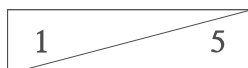
나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분	고성은 외	좋은책 신사고	2020	12
	미적분	박교식 외	동아출판	2020	48
	수학 I	김원경 외	비상	2020	38, 43, 117
	수학 I	고성은 외	좋은책 신사고	2018	40, 43, 113
	수학 I	황선욱 외	미래엔	2020	41, 121
	미적분	권오남 외	교학사	2020	17, 60, 82, 88, 95, 101, 108, 173
	미적분	고성은 외	좋은책 신사고	2020	11, 55, 80, 87, 91, 155
	미적분	홍성복 외	지학사	2020	16, 57, 88, 164
기타					

5. 문항 해설

[문제 1-1]

수열의 극한값을 이해하고 활용하여 일차식들의 몫으로 이루어진 수열의 극한값을 구할 수 있는지 확인한다.



[문제 1-2]

음함수의 미분법을 이해하고 활용하여 원의 접선의 방정식을 구할 수 있는지 확인하고 이와 함께 삼각함수를 이용하여 문제를 풀 수 있는지 확인한다.

[문제 2-1]

지수함수와 로그함수를 이해하고 미분을 구할 수 있는지 확인한다. 이를 이용하여 함수의 최솟값을 구할 수 있는지 확인한다.

[문제 2-2]

합성함수의 미분법과 역함수의 미분법을 이해하고 활용하여 문제를 풀 수 있는지 확인한다. 정적분을 이용하여 도형의 넓이를 구할 수 있는지 확인한다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능		
하위 문항	채점 기준	배점
1-1	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련없는 내용을 적음</p> <p>E: $\overline{DP_1} = \overline{DP_3}$ 등의 간단한 내용을 적음</p> <p>D: 점 P_1, P_2, P_3, P_4 중 2개의 좌표를 t에 대하여 구함</p> <p>C: 원의 중심 $D(0, -1)$ 또는 원의 반지름 $\sqrt{1+2t}$를 구함</p> <p>B: C와 더불어, R_n과 S_n을 계산했으나 둘 다 틀림</p> <p>B+: C와 더불어 $R_n = 1+4n$과 $S_n = (2n+1)\pi$ 중 하나를 구함</p> <p>A: C와 더불어 $R_n = 1+4n$과 $S_n = (2n+1)\pi$ 모두 구함</p> <p>A+: A와 더불어 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{R_n}{S_n} = \frac{2}{\pi}$ 를 구함</p>	10
1-2	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련없는 내용을 적음</p> <p>E: 원 C의 방정식 $x^2 + (y+1)^2 = r^2$ 을 적음</p> <p>D: E와 더불어 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y+1}$를 구함</p> <p>C: D와 더불어 원 C의 접선의 기울기 $-\frac{a}{a+1}$를 구함</p> <p>B: C와 더불어 $\tan\theta = \frac{a}{a+1}$를 구함</p> <p>B+: B와 더불어 $\tan\theta = \frac{3}{4}$을 구함</p> <p>A: B+ 와 더불어 $r=5$를 구함</p> <p>A+: A와 더불어 $t=12$를 구함</p>	15

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련없는 내용을 적음</p> <p>E: 곡선 $y = e^{x-1} + 2$와 곡선 $y = 1 + \ln(x-2)$가 직선 $y = x$에 대하여 대칭임을 적음</p> <p>D: 점 A의 좌표가 $(x, e^{x-1} + 2)$일 때, 점 B의 좌표는 $(e^{x-1} + 2, x)$임을 적음</p> <p>C: D와 더불어 $\overline{AB} = \sqrt{2}(e^{x-1} - x + 2)$를 구함</p> <p>B: C와 더불어 $f'(x)$를 계산하였으나 틀림</p> <p>B+: C와 더불어 $f'(x) = \sqrt{2}(e^{x-1} - 1) = 0$을 풀어 $x = 1$을 얻음</p> <p>A: B+와 더불어 $f''(1) = \sqrt{2} > 0$을 적음</p> <p>A+: A와 더불어 $f(1) = 2\sqrt{2}$를 구함</p>	20
2-2	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련없는 내용을 적음</p> <p>E: x축, 직선 DF, 곡선 $y = (x-1)^{\frac{1}{3}}$으로 둘러싸인 정사각형 $OFGE$ 내부의 영역의 넓이가 $\int_1^a (x-1)^{\frac{1}{3}} dx$임을 적음</p> <p>D: $S(t) = a^2 - 2 \int_1^a (x-1)^{\frac{1}{3}} dx$를 구함</p> <p>C: D와 더불어 $S(t) = a^2 - \frac{3}{2}(a-1)^{\frac{4}{3}}$를 구함</p> <p>B: C와 더불어 $S'(t) = 2a \frac{da}{dt} - 2(a-1)^{\frac{1}{3}} \frac{da}{dt}$를 구함</p> <p>B+: B와 더불어 $\frac{dt}{da} = \frac{1}{3}(a-1)^{-\frac{2}{3}} + 1$를 구함</p> <p>A: B+와 더불어 $\frac{da}{dt} = \frac{3}{4}$을 구함</p> <p>A+: A와 더불어 $S'(3) = \frac{3}{2}$을 구함</p>	25

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함

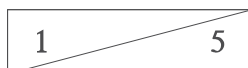
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

[문제 1-1] 답: $\frac{2}{\pi}$

[풀이]

점 P_1 의 좌표를 (a, a) , 점 P_3 의 좌표를 (b, b) 라 하자. 원 C 의 중심을 D 라 하자. 대칭성에 의하여 점 D 는 y 축 위에 있으므로 $D(0, c)$ 라 놓을 수 있다.



$\overline{DP_1} = \overline{DP_3}$ 이므로 $a^2 + (a-c)^2 = b^2 + (b-c)^2$ 이고, $a^2 - b^2 = (b-c)^2 - (a-c)^2$ 을 얻는다.

$(a-b)(a+b) = (b-c-a+c)(b-c+a-c)$ 이고,

$a-b \neq 0$ 이므로, $a+b = 2c - (a+b)$ 이다.

a 와 b 는 이차방정식 $-x^2 + t = x$, 즉, $x^2 + x - t = 0$ 의 두 근이다. 근과 계수의 관계에서 $a+b = -1$ 이다. 따라서 $-1 = 2c - (-1)$ 이고, $c = -1$ 이다.

그러므로 원의 중심은 $D(0, -1)$ 이다.

원의 반지름은 $\sqrt{a^2 + (a-c)^2} = \sqrt{a^2 + (a+1)^2} = \sqrt{2(a^2 + a) + 1}$ 이다.

a 는 $x^2 + x - t = 0$ 을 만족하므로, 원의 반지름은 $\sqrt{1+2t}$ 이다.

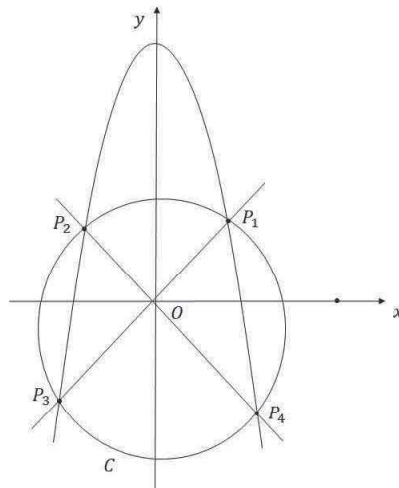
$t = n$ 일 때, 원의 반지름은 $\sqrt{1+2n}$ 이고 원의 넓이는 $S_n = (2n+1)\pi$ 이다.

사각형 $P_1P_2P_3P_4$ 은 사다리꼴이고, $t = n$ 일 때 넓이는

$R_n = \frac{1}{2}(2a + 2(-b))(a-b) = (a-b)^2 = (a+b)^2 - 4ab$ 이고, 근과 계수의 관계에서 $a+b = -1$,

$ab = -n$ 이므로, $R_n = 1 + 4n$ 이다.

그러므로 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{R_n}{S_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1+4n}{(2n+1)\pi} = \frac{2}{\pi}$ 이다.



[문제 1-2] 답: 12

[풀이]

원 C 의 반지름을 r 이라 하면 중심이 $D(0, -1)$ 이므로 원의 방정식은 $x^2 + (y+1)^2 = r^2$ 이다.

$x^2 + (y+1)^2 = r^2$ 의 도함수 $\frac{dy}{dx}$ 를 음함수 미분법에 의하여 구하면 $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y+1}$ 이다.

$P_1(a, a)$ 로 놓으면, 원 C 의 점 P_1 에서 그은 접선의 기울기는 $-\frac{a}{a+1}$ 이다.

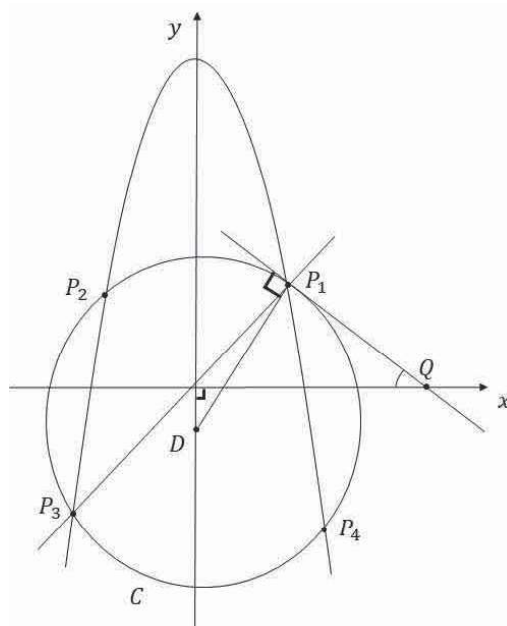
$\tan \theta = -\tan(\pi - \theta) = -\left(-\frac{a}{a+1}\right) = \frac{a}{a+1}$ 이다.

한편, $\sin \theta = \frac{3}{5}$ 이므로 $\cos \theta = \frac{4}{5}$ 이고 $\tan \theta = \frac{3}{4}$ 이다.

따라서 $\frac{3}{4} = \frac{a}{a+1}$ 이고, $a = 3$ 이다. 점 P_1 의 좌표는 $(3, 3)$ 이다.

원의 반지름은 $r = \overline{DP_1} = \sqrt{(3-0)^2 + (3-(-1))^2} = 5$ 이다.

$r = \sqrt{1+2t}$ 이므로 $\sqrt{1+2t} = 5$ 이고, 따라서 $t = 12$ 이다.



[문제 2-1] 답: $2\sqrt{2}$

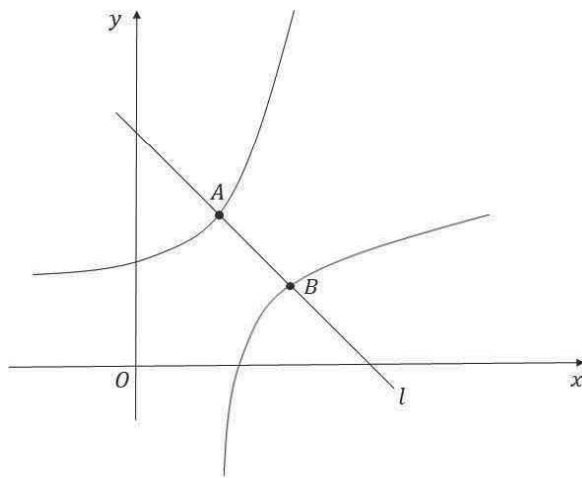
[풀이]

곡선 $y = e^{x-1} + 2$ 와 곡선 $y = 1 + \ln(x-2)$ 는 직선 $y = x$ 에 대하여 대칭이고, 직선 l 은 기울기가 -1 이므로 직선 $y = x$ 에 수직이다. 따라서 점 A 의 좌표가 $(x, e^{x-1} + 2)$ 일 때, 점 B 의 좌표는 $(e^{x-1} + 2, x)$ 이다. 이 때

$$\overline{AB} = \sqrt{(x - e^{x-1} - 2)^2 + (e^{x-1} + 2 - x)^2} = \sqrt{2}(e^{x-1} - x + 2)$$

이다.

$f(x) = \sqrt{2}(e^{x-1} - x + 2)$ 라 하자. $f'(x) = \sqrt{2}(e^{x-1} - 1) = 0$ 을 풀어 $x = 1$ 을 얻는다. $f''(x) = \sqrt{2}e^{x-1}$ 이고, $f''(1) = \sqrt{2} > 0$ 이므로 $f(x)$ 는 $x = 1$ 에서 최솟값을 갖는다. 따라서 \overline{AB} 의 최솟값은 $f(1) = 2\sqrt{2}$ 이다.



[문제 2-2] 답: $\frac{3}{2}$

[풀이]

점 D 의 좌표를 $(a, -a+t)$ (또는 $(a, (a-1)^{\frac{1}{3}})$)라 하면, $(a-1)^{\frac{1}{3}} = -a+t$ 이다. 이 때 점 F 의 좌표는 $(a, 0)$ 이고, 따라서 정사각형 $OFGE$ 의 넓이는 a^2 이다.

x 축, 직선 DF , 곡선 $y = (x-1)^{\frac{1}{3}}$ 으로 둘러싸인 정사각형 $OFGE$ 내부의 영역의 넓이는

$\int_1^a (x-1)^{\frac{1}{3}} dx$ 이다. 곡선 $y = x^3 + 1$ 과 곡선 $y = (x-1)^{\frac{1}{3}}$ 은 직선 $y = x$ 에 대하여 대칭이므로 이 넓이는

y 축, 직선 CE , 곡선 $y = x^3 + 1$ 로 둘러싸인 정사각형 $OFGE$ 내부의 영역의 넓이와 같다.

따라서 $S(t) = a^2 - 2 \int_1^a (x-1)^{\frac{1}{3}} dx$ 이다. (이 때 $(a-1)^{\frac{1}{3}} = -a+t$ 이다.)

$$\int_1^a (x-1)^{\frac{1}{3}} dx = \left[\frac{3}{4}(x-1)^{\frac{4}{3}} \right]_1^a = \frac{3}{4}(a-1)^{\frac{4}{3}} \text{ 이므로,}$$

$S(t) = a^2 - \frac{3}{2}(a-1)^{\frac{4}{3}}$ 이다. 합성함수의 미분법에 의하여

$$S'(t) = 2a \frac{da}{dt} - \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} (a-1)^{\frac{1}{3}} \frac{da}{dt} = 2a \frac{da}{dt} - 2(a-1)^{\frac{1}{3}} \frac{da}{dt} \text{ 이다.}$$

$(a-1)^{\frac{1}{3}} = -a+t$ 이므로 $t=3$ 일 때 $a-1 = (3-a)^3$ 이고, 따라서

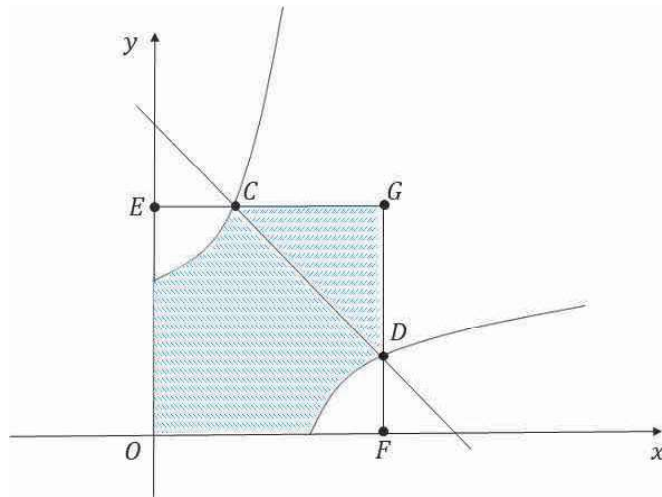
$a^3 - 9a^2 + 28a - 28 = (a-2)(a^2 - 7a + 14) = 0$ 이다. $a^2 - 7a + 14 > 0$ 이므로 $t=3$ 일 때 $a=2$ 를 얻는다.

$(a-1)^{\frac{1}{3}} = -a+t$ 이므로 $t = (a-1)^{\frac{1}{3}} + a$ 이고 $\frac{dt}{da} = \frac{1}{3}(a-1)^{-\frac{2}{3}} + 1$ 이다. $t=3$ 일 때 $a=2$ 이므로

$$\frac{dt}{da} = \frac{4}{3} \text{ 이다.}$$

역함수의 미분법에 의하여 $t=3$ 일 때 $\frac{da}{dt} = \frac{1}{\frac{dt}{da}} = \frac{3}{4}$ 이다.

따라서 $S'(3) = 2 \cdot 2 \cdot \frac{3}{4} - 2 \cdot (2-1)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{3}{4} = 3 - \frac{3}{2} = \frac{3}{2}$ 이다.



▶ 문항카드 4

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형 고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 A (생명과학 I) /문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	뉴런, 막전위, 내분비샘, 호르몬, 수용체
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30분	

2. 문항 및 제시문

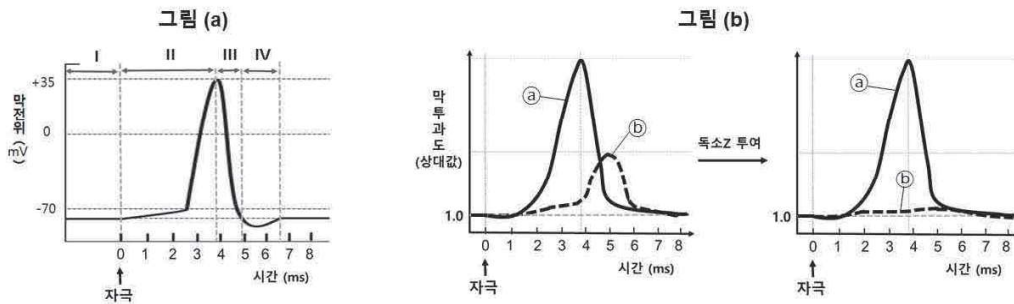
(가) 뉴런의 세포막을 구성하는 인지질 이중층은 이온에 대한 투과성이 없지만 세포막에 존재하는 일부 막 단백질들은 이온 통로와 펌프로 작용하여 세포 안과 밖의 이온들이 불균등하게 분포하게 만든다. 이러한 이온들의 불균등한 분포와 막 투과성의 차이로 뉴런이 자극을 받지 않을 때는 세포 안과 밖의 전위차가 $-80\text{ mV} \sim -60\text{ mV}$ 정도 생기며 이를 휴지 전위라고 한다. 휴지 전위를 가지는 뉴런의 내부는 바깥보다 Na^+ 의 농도가 낮고 K^+ 의 농도가 높아서 세포막 안쪽은 음(-)전하를, 막 바깥쪽은 양(+)전하를 띠는 상태인 뉴런의 분극이 이루어진다. 뉴런에 역치 이상의 자극이 주어지면 막전위가 급격히 상승했다가 다시 되돌아오는 막전위의 변화인 활동전위가 발생한다.

(나) 우리의 몸은 호르몬을 통해 수분량과 무기염류의 양을 조절하여 혈장의 삼투압을 조절한다. 부신 겉질에서 분비되는 무기질 코르티코이드 호르몬은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬에 의해 조절되며 콩팥에서 Na^+ 의 재흡수를 촉진한다. 삼투압은 수용액의 이온농도에 비례하므로 체내 수분량이 감소하거나 무기염류의 농도가 높아지면 체액의 삼투압은 증가한다.

(다) 내분비샘에서 생성된 호르몬은 혈액으로 분비되어 이동하다가 특정 세포나 기관에 도달하여 작용하는데 이러한 세포와 기관을 표적 세포 또는 표적 기관이라고 한다. 표적 세포와 표적 기관은 특정 호르몬을 인식하고 결합하는 수용체를 가지고 있어 특정 호르몬에 반응한다. 만일 어느 한 내분비샘에 이상이 생겨 호르몬의 분비가 부족하거나 과다해지면 질병으로 나타날 수 있다.

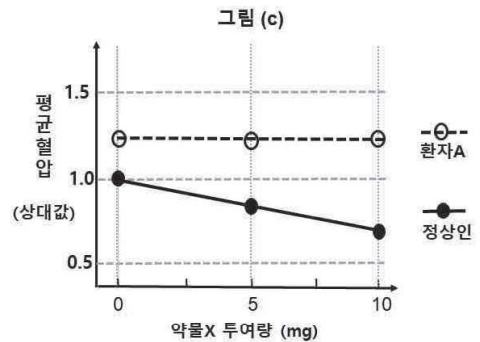
문제 1 뉴런은 자극을 받으면 막전위가 $+35\text{ mV}$ 까지 급격히 상승하는 탈분극을 통해 활동 전위가 발생한다. 활동 전위의 정점에 이르면 막전위가 감소하는 재분극을 통해 휴지 전위 상태로 돌아간다. 그림 (a)는 역치 이상의 자극을 받았을 때 뉴런의 한 지점에서의 막전위 변화를, 그림 (b)는 이 지점에서 이온들의 막 투과도 변화를 나타낸 그래프이다. (단, 이온 ㉠와 ㉡는 각각 Na^+ 과 K^+ 중 하나이다)





- (1) 그림 (a)의 구간 I에서 일정한 휴지 전위가 유지되는 원리를 제시문 (가)를 참고하여 설명하시오.
- (2) 뉴런이 자극을 받았을 때, 막전위에 영향을 주는 이온들의 막 투과도 변화는 그림 (b)의 왼쪽 그래프처럼 나타난다. 이온 ㉑는 무엇인지 답하시오. 뉴런에 신경독소 Z를 투여하면, 그림 (b)의 오른쪽 그래프와 같이 이온 ㉒의 투과도가 현저히 떨어진다. 이 경우, 시간에 따른 막전위 변화를 그림 (a)의 막전위 변화와 비교하여 그래프로 나타내고 그 이유를 설명하시오.

문제 2 무기질 코르티코이드 호르몬이 과다 분비되는 질환의 원인은 다양하며 고혈압을 유발할 수 있다. 환자 A는 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환을 가지고 있으며 다른 조건은 정상인과 동일하다고 한다. 평균 혈압 측정값들은 단시간 약물 투여 후 얻은 결과로서 음성 피드백 현상은 고려하지 않는다.



- (1) 그림 (c)는 정상인과 환자 A에게 뇌하수체 전엽의 호르몬 분비 기능을 저해하는 약물 X를 각각 투여하고 평균 혈압을 측정한 결과이다. 환자 A의 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환은 어느 내분비샘의 이상으로 유발되었는지 제시문 (나), (다)에 근거하여 설명하시오.
- (2) 약물 Y는 표적 기관에서 무기질 코르티코이드 호르몬의 수용체에 결합하여 이 호르몬의 작용을 억제한다. 약물 Y를 투여할 경우, 정상인과 환자 A의 평균 혈압 변화 그래프를 그림 (c)와 비교하여 나타내고 제시문 (다)에 근거하여 그 이유를 설명하시오.

3. 출제 의도

다음 사항을 알아본다.

- (1) 고등학교 생명과학I 과정에서 학습하는 신경세포(뉴런)에 의한 흥분의 전도와 전달과정에서 뉴런의 세포막에 존재하는 막전위의 이온 펌프에 의한 생성을 이해하는지, 그리고 신경독소에 의하여 이온 통로의 막힘이 활동 전위에 어떻게 작용하는지를 질문하여 활동 전위와 뉴런의 흥분에 대한 기전을 이해하는지 평가한다.
- (2) 고등학교 생명과학I 과정에서 학습하는 내분비계의 조절작용에서 호르몬에 의하여 조절되는 생리적인 현상을 이해하는지 그리고 각 호르몬들의 표적 세포 또는 기관은 다르며 이에 따라 내분비계 이상 질환들은 약물들에 대한 반응이 다를 수 있음을 이해하는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용교육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
성취기준/ 영역별 내용	<p>문제 1. 교육과정 문서 (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.</p> <p>문제 2. 교육과정 문서 (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-04] 내분비계와 호르몬의 특성을 이해하고, 사람의 주요 호르몬의 과잉·결핍에 따른 질환에 대해 설명할 수 있다. [12생과 I 03-05] 신경계와 내분비계의 조절 작용을 통해 우리 몸의 항상성이 유지되는 과정을 설명할 수 있다.</p>

제시문 및 모든 하위 문항에 해당하는 출제근거를 제시

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학I	전상학 외	지학사	2018	61~63
	고등학교 생명과학I	이용철 외	와이비엠	2018	66~67
	고등학교 생명과학I	김윤택 외	동아출판	2017	81
	고등학교 생명과학I	권혁빈 외	(주) 교학사	2017	86
	고등학교 생명과학I	심재호 외	금성출판사	2017	100,105,107
	고등학교 생명과학I	오현선 외	미래엔	2017	94
	고등학교 생명과학I	김윤택 외	동아출판	2017	80,87
기타					

5. 문항 해설

● 문항 해설

제시문은 신경계의 항상성 유지에 필요한 신경 세포(뉴런)에 존재하는 막전위의 생성, 그리고 내분비계에 호르몬에 의한 항상성 조절과 수용체에 대한 내용을 기술한 것으로 고등학교 생명과학I 교과서에서 다루어지고 있는 내용이며 교육과정 범위에 포함되어 있다.

[문제 1]은 신경 세포(뉴런)의 세포막에 존재하는 휴지 전위가 어떻게 생성되는지를 Na^+ - K^+ 이온 펌프의 역할로 설명가능한지와, 활동 전위의 탈분극 과정에서 Na^+ 과 K^+ 통로들의 역할에 대하여 이해하고 있는지 평가하는 문항이다.

[문제 2]는 호르몬에 의한 내분비계 조절의 대표적인 예인 삼투압 조절과정에 대한 지식을 바탕으로 호르몬의 작용에 대한 그래프를 이해하고, 내분비샘 이상 질환에서 호르몬의 조절작용을 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문항이다.

● 성취수준 관련 해설

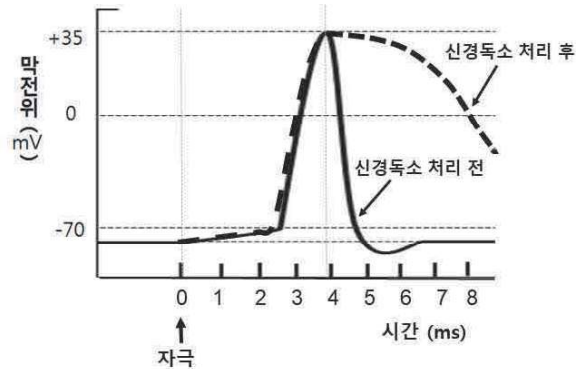
[문제 1]에서, '상' 수준의 학생은 신경 세포(뉴런)의 세포막에 존재하는 휴지 전위가 일정하게 유지되기 위하여, 세포막 안과 밖의 불균등한 Na^+ 과 K^+ 농도가 생기게 하는 ATP를 소모하는 Na^+ - K^+ 이온펌프의 역할을 이온 통로와 구분하여 설명할 수 있다. 또한 활동 전위의 탈분극과정에서 Na^+ 과 K^+ 통로의 역할을 설명

하고 K^+ 통로를 신경독소로 차단할 때 활동 전위 변화를 그래프로 제시할 수 있다. ‘중’ 수준의 학생은 뉴런 세포막에 존재하는 휴지 전위가 일정하게 유지되는 데 필요한 세포막 안과 밖의 불균등한 이온 농도 분포가 이온 펌프와 이온통로에 의한 작용이라고 일반적인 설명을 할 수 있다. 활동 전위의 탈분극과정을 (Na^+ 와 K^+ 의 구분 없이) 이온들의 세포막 내부 유입으로 그려서 설명할 수 있다. 또한 K^+ 이온 통로를 신경독소로 차단할 때 변화하는 세포막 전위차 변화를 그래프로 대략적으로 그려서 제시할 수 있다. ‘하’ 수준의 학생은 뉴런 세포막의 휴지 전위 발생에 대하여 불균등한 Na^+ 와 K^+ 이온 농도가 Na^+-K^+ (이온 펌프와 이온 통로 구분 없이) 통로에 의한 작용이라고 설명할 수 있거나, K^+ 이온통로를 신경독소로 저해할 때 변화하는 세포막 전위차 변화를 간단히 언급할 수 있다. [12생과 I 03-01-00]

[문제 2]에서, ‘상’ 수준의 학생은, “내분비계와 호르몬의 특성을 이해하고, 제시문을 통하여 호르몬의 단계적 조절 작용을 추론할 수 있다. 또한 사람의 주요 호르몬의 과잉·결핍에 따른 질환에 대해 설명할 수 있으며 제시된 그래프로부터 호르몬 분비 이상에 관여하는 내분비샘 조절 과정을 추론할 수 있다. 표적세포에서 다양한 물질들의 호르몬 억제조절 작용을 이해하고 호르몬 과분비 질환모델에서 분비 단계 이후 작용하는 호르몬 저해제를 사용할 때 정상인과 비교하여 변화 그래프를 그릴 수 있다. ‘중’ 수준의 학생은 내분비샘에서 분비되는 호르몬의 일반적인 특징을 이해하고 제시문에서 호르몬의 조절 과정과 작용을 추론할 수 있다. 호르몬 저해제의 영향을 정상인에서 추론할 수 있다. ‘하’ 수준의 학생은 내분비샘과 분비되는 호르몬의 일반적인 관계를 나열하고 설명한다. [12생과 I 03-04] [12생과 I 03-05]

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	<p>[채점 요소] ※ 뉴런 세포막의 휴지 전위 발생 기전을 ATP소모 Na^+-K^+이온 펌프의 작용으로 이해하고 있는가?</p> <p>[예시 답안] (1-1) 뉴런 세포막에 존재하는 Na^+-K^+ (이온) 펌프는 ATP를 소모하면서 Na^+을 세포 밖으로, K^+을 세포 안으로 이동시켜, 뉴런 내부는 바깥보다 Na^+ 농도가 낮고, K^+ 농도가 높은 상태를 일정하게 만든다. 이 과정에서 ATP를 소모하는 Na^+-K^+ (이온) 펌프가 지속적으로 이러한 이온들의 불균등한 분포를 유지시킴으로써 막 안쪽은 음(-)전하를 띠고 막 바깥쪽은 양(+)전하를 띠는 휴지 전위가 발생한다.</p> <p>[채점 준거] (1-1) 예시 답안의 밑줄 친 채점요소 설명 중 하나라도 포함하면 1점을 부여함. 채점요소에 대한 설명이 옳지 않으면 -1점 감점.</p>	3점
	<p>[채점 요소] ※ 활동 전위 과정에서 칼륨 이온 통로가 차단되면 재분극이 지연되는 과정의 자극시간-막전위 변화 그래프를 그릴 수 있는가?</p> <p>[예시 답안] (1-2) 이온 ㉑는 K^+이다. 독소 Z는 K^+ 통로를 차단하여 K^+이 세포 밖으로 나가지 못하게 함으로써 재분극이 지연된다. 재분극이 지연되는 과정의 막전</p>	

위 변화 그래프는 아래와 같다.



[채점 근거]

(1-2) 예시 답안의 밑줄 친 채점요소의 설명과 그림이 옳으면 각 1점을 부여함 (다 맞으면 2점). 채점요소 설명이 옳지 않거나 막전위 변화 그래프 그림이 옳지 않으면 각각 -1점 감점. (독소 Z 투여 후 막전위가 완전히 감소하여야 함)

[채점 요소]

- ※ 제시문을 읽고 호르몬의 단계적 조절 작용을 추론할 수 있는가?
- ※ 그래프를 보고 환자A에서는 무기질 코르티코이드 호르몬이 부신 겉질에서 과다 분비됨을 추론할 수 있는가?

[예시 답안]

(2-1) 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환의 증상 중의 하나로 고혈압이 나타난다고 하였다. 제시문 (나)에서는 내분비샘에서 분비되는 호르몬들의 작용이 단계적으로 전달됨을 설명하고 있다: 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬은 부신 겉질에서 분비되는 무기질 코르티코이드의 분비를 촉진하고 무기질 코르티코이드의 분비가 증가하면 결국 콩팥에서 Na^+ 의 재흡수가 촉진되어 체액의 삼투압은 증가한다. 제시문 (나)와 (다)에 근거하면 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬이나 부신 겉질에서 분비되는 무기질 코르티코이드의 과다 분비가 원인이 될 수 있다. 그런데 환자 A에서는 약물 X를 투여하여 뇌하수체 전엽으로부터 부신 겉질 자극 호르몬의 분비를 억제하여도 상승된 평균혈압이 유지되고 있으므로 뇌하수체 전엽의 이상이 아님을 알 수 있다. 즉 환자 A의 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환은 부신 겉질 자극 호르몬의 자극 없이도 부신 겉질에서 무기질 코르티코이드 호르몬이 과다 분비되어 생긴 질병임을 알 수 있다.

따라서 환자 A의 무기질 코르티코이드 과다 분비는 부신 겉질의 이상에 기인함을 유추할 수 있다.

콩팥의 기능 이상으로 고혈압은 유도될 수도 있으나 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환에 대한 콩팥의 관련성은 제시문에 없을 뿐 아니라 논리적 관련성도 낮으므로 제외된다.

[채점 근거]

(2-1) 예시 답안의 밑줄 친 채점요소 중 정답을 맞춘 경우 각각 1점씩 부여함.

[채점 요소]

문제 2

4점

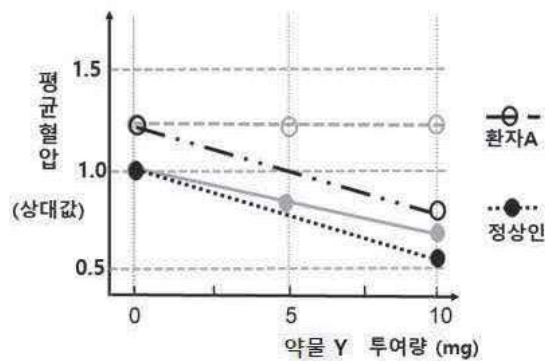
※ 표적세포에서의 호르몬 효과 억제조절 작용을 이해하고 있는가?
 ※ 호르몬 과분비 질환모델에서 표적세포에 작용하는 호르몬 저해제 사용시 정상인과 비교하여 억제되는 변화 그래프를 그릴 수 있는가?

[예시 답안]

(2-2) 제시문 (다)에서는 호르몬의 표적 세포에 호르몬과 특이하게 결합하는 수용체가 존재한다고 설명하였다. 문제2-2에서 약물 Y는 무기질 코르티코이드 호르몬의 수용체와 결합하여 이 호르몬의 작용을 억제한다고 하였으므로 정상인의 경우 그 투여량에 따라 콩팥에서의 Na^+ 재흡수를 억제하고 평균혈압을 떨어뜨릴 것이다. 환자 A는 무기질 코르티코이드 호르몬이 과다 분비되고 있지만, 약물 Y를 투여할 경우, 약물 Y의 수용체 결합으로 무기질 코르티코이드 호르몬의 작용이 억제되므로 정상인과 마찬가지로 평균혈압은 떨어지며 아래와 같은 그래프가 나타나게 된다.

그래프에서는 환자 A의 경우 투여전 혈압은 정상인보다 높게 나타나야 하며, 약물 Y의 경우, 약물 X와는 다른 기울기를 가질 수 있으나 환자 A와 정상인 모두에서 유사한(혹은 동일한) 기울기로 감소하는 패턴을 보여야 한다.

환자 A는 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환만을 앓고 있다고 함에 따라, 무기질 코르티코이드의 분비 단계 이후 작용에서는 모두 정상이어야 하므로 약물 Y에 대한 수용체 반응도도 정상일 것으로 예상하여 답을 작성하여야 한다.



[채점 준거]

(2-2) 예시 답안의 밑줄 친 채점요소의 설명과 그림이 모두 옳으면 각각 1점을 부여함.

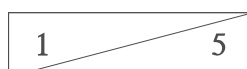
※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
 ※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

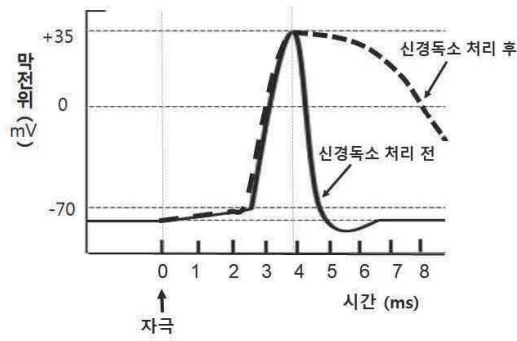
7. 예시 답안

[문제 1]

(1-1) 뉴런 세포막에 존재하는 Na^+-K^+ (이온) 펌프는 ATP를 소모하면서 Na^+ 을 세포 밖으로, K^+ 을 세포 안으로 이동시켜, 뉴런 내부는 바깥보다 Na^+ 농도가 낮고, K^+ 농도가 높은 상태를 일정하게 만든다. 이 과정에서 ATP를 소모하는 Na^+-K^+ (이온) 펌프가 지속적으로 이러한 이온들의 불균등한 분포를 유지시킴으로써 막 안쪽은 음(-)전하를 띠고 막 바깥쪽은 양(+)전하를 띠는 휴지 전위가 발생한다.

(1-2) 이온 ㉔는 K^+ 이다. 독소 Z는 K^+ 통로를 차단하여 K^+ 이 세포 밖으로 나가지 못하게 함으로써 재분극이 지연된다. 재분극이 지연되는 과정의 막전위 변화 그래프는 아래와 같다.





[문제 2]

(2-1) 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환의 증상 중의 하나로 고혈압이 나타난다고 하였다. 제시문 (나)에서는 내분비샘에서 분비되는 호르몬들의 작용이 단계적으로 전달됨을 설명하고 있다: 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬은 부신 겉질에서 분비되는 무기질 코르티코이드의 분비를 촉진하고 무기질 코르티코이드의 분비가 증가하면 결국 콩팥에서 Na^+ 의 재흡수가 촉진되어 체액의 삼투압은 증가한다. 제시문 (나)와 (다)에 근거하면 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬이나 부신 겉질에서 분비되는 무기질 코르티코이드의 과다 분비가 원인이 될 수 있다. 그런데 환자 A에서는 약물 X를 투여하여 뇌하수체 전엽으로부터 부신 겉질 자극 호르몬의 분비를 억제하여도 상승된 평균혈압이 유지되고 있으므로 뇌하수체 전엽의 이상이 아님을 알 수 있다. 즉 환자 A의 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환은 부신 겉질 자극 호르몬의 자극 없이도 부신 겉질에서 무기질 코르티코이드 호르몬이 과다 분비되어 생긴 질병임을 알 수 있다.

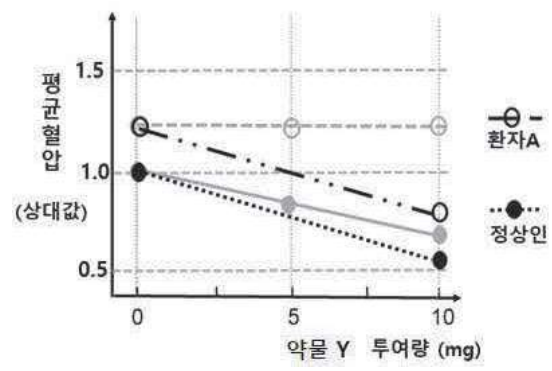
따라서 환자 A의 무기질 코르티코이드 과다 분비는 부신 겉질의 이상에 기인함을 유추할 수 있다.

콩팥의 기능 이상으로 고혈압은 유도될 수도 있으나 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환에 대한 콩팥의 관련성은 제시문에 없을 뿐 아니라 논리적 관련성도 낮으므로 제외된다.

(2-2) 제시문 (다)에서는 호르몬의 표적 세포에 호르몬과 특이하게 결합하는 수용체가 존재한다고 설명하였다. 문제2-2에서 약물 Y는 무기질 코르티코이드 호르몬의 수용체와 결합하여 이 호르몬의 작용을 억제한다고 하였으므로 정상인의 경우 그 투여량에 따라 콩팥에서의 Na^+ 재흡수를 억제하고 평균혈압을 떨어뜨릴 것이다. 환자 A는 무기질 코르티코이드 호르몬이 과다 분비되고 있지만, 약물 Y를 투여할 경우, 약물 Y의 수용체 결합으로 무기질 코르티코이드 호르몬의 작용이 억제되므로 정상인과 마찬가지로 평균혈압은 떨어지며 아래와 같은 그래프가 나타나게 된다.

그래프에서는 환자 A의 경우 투여전 혈압은 정상인보다 높게 나타나야 하며, 약물 Y의 경우, 약물 X와는 다른 기울기를 가질 수 있으나 환자 A와 정상인 모두에서 유사한(혹은 동일한) 기울기로 감소하는 패턴을 보여야 한다.

환자 A는 무기질 코르티코이드 호르몬 과다 분비 질환만을 앓고 있다고 함에 따라, 무기질 코르티코이드의 분비 단계 이후 작용에서는 모두 정상이어야 하므로 약물 Y에 대한 수용체 반응도도 정상일 것으로 예상하여 답을 작성하여야 한다.



▶ 문항카드 5

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형 고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 A (화학) / 문제 1, 2	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 I	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	이온화 에너지, 이온 반지름, 전자쌍 반발 이론
예상 소요 시간	30 분	

2. 문항 및 제시문

제시문

(가) 원자 반지름은 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하와 전자가 채워진 전자 껍질 수에 영향을 받는다. 같은 주기에서는 전자 껍질 수가 같지만 원자 번호가 커질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 커져 전자들이 원자핵 쪽으로 강하게 끌리므로 원자 반지름이 작아진다. 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 많아지고 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하도 커진다. 하지만 전자 껍질 수가 많아져 원자 반지름이 커지는 효과가 더 크기 때문에 원자 번호가 커질수록 원자 반지름이 커진다.

(나) 금속 원자가 양이온이 될 때는 가장 바깥 전자 껍질의 전자를 모두 잃어 전자 껍질 수가 적어지므로 양이온의 반지름이 원자 반지름보다 작다. 그러나 비금속 원자가 음이온이 될 때는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 많아져 전자 사이의 반발력이 커지므로 음이온의 반지름이 원자 반지름 보다 크다.

(다) 기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지를 이온화 에너지라고 한다. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 강해지므로 이온화 에너지가 대체로 증가하게 된다. 반면, 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 원자핵과 전자 사이의 인력이 약해지므로 이온화 에너지가 감소하게 된다. 수소를 제외한 원자들은 전자를 2개 이상 가지고 있으므로 한 원자에서 2개 이상의 전자를 떼어 낼 수 있다. 첫 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제1 이온화 에너지(E_1), 그 다음은 차례로 제2 이온화 에너지(E_2), 제3 이온화 에너지(E_3)... 라고 하며, 이때 E_1 , E_2 , E_3 ...를 순차 이온화 에너지라고 한다.

(라) 염화 나트륨(NaCl)이 형성되는 과정에서 나트륨 원자는 전자 1개를 잃어 나트륨 이온(Na^+)이 되고, 염소 원자는 이 전자를 받아 염화 이온(Cl^-)이 된다. 이때 두 이온은 서로 반대 전하를 띠고 있어 정전기적 인력이 작용하고, 이렇게 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력으로 형성된 결합을 이온 결합이라고 한다. 이온 결합 물질은 전기적으로 중성이므로 이온 결합을 형성하는 이온의 종류에 따라 결합하는 이온

의 개수가 달라진다. 따라서 이온 결합 물질을 화학식으로 나타낼 때에는 양이온과 음이온의 원소 기호 뒤에 이온의 개수비를 가장 간단한 정수비로 나타낸다. 이온 결합 물질의 화학식은 양이온을 먼저 쓰고, 나중에 음이온을 쓴다. 예를 들어 칼슘 이온(Ca^{2+})과 염화 이온(Cl^-)이 결합하여 생성되는 염화 칼슘은 양이온과 음이온이 1:2의 개수비로 결합하므로 화학식이 CaCl_2 이다.

(마) 분자 구조는 분자를 이루는 원자들의 상대적인 위치를 나타내는 것으로, 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자 구조를 예측하고 설명할 수 있다. 전자쌍 반발 이론은 중심 원자의 전자쌍들이 정전기적 반발력을 최소화하기 위해 가능한 한 멀리 떨어져 있으려 한다는 이론이다. 중심 원자 주위에 2개의 전자쌍이 있으면 전자쌍들이 서로 반대 방향, 즉 180° 의 각을 이루면서 선형으로 배치된다. 중심 원자 주위에 3개의 전자쌍이 있으면 전자쌍들이 120° 의 각을 이룰 때 최대한 서로 멀리 위치하면서 반발이 최소가 되므로 평면 삼각형 배치를 한다. 중심 원자 주위에 4개의 전자쌍이 있으면 전자쌍들이 각각 정사면체의 꼭짓점 위치에 놓이면서 109.5° 의 각을 이룬다. 공유 결합 분자에서 비공유 전자쌍은 한 원자의 핵에 의한 인력을 받지만, 공유 전자쌍은 두 원자의 핵에 의한 인력을 받는다. 따라서 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 주변의 공간을 더 많이 차지한다. 전자쌍이 차지하는 공간이 크면 반발력이 세게 작용한다. 즉, 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 더 크며, 이것은 분자의 구조와 결합각의 크기에 영향을 끼친다.

아래 표는 주기율표에서 n 부터 $n+2$ 주기의 일부 원소(A~D, W~Z)를 나타낸 것이다. (단, $1 < n < 5$ 이다.)

족 주기	1	2	13	14	15	16	17	18
n						W	X	
n+1	A	B				Y	Z	
n+2	C	D						

문제 1 제시된 원소 중 2개를 사용하여 이온 결합 물질을 만들 때, 제1 이온화 에너지가 가장 큰 원소와 가장 작은 원소로 이루어진 물질을 (I), 이온 사이의 거리가 가장 긴 물질을 (II)라고 하자. (I)과 (II)의 화학식이 무엇인지 제시문에 근거하여 설명하시오.

문제 2 YX_2 , YX_3^+ , YX_4^{2+} 의 결합각($\angle \text{X-Y-X}$) 크기를 제시문에 근거하여 비교하시오. (단, 중심 원자는 Y이다.)

3. 출제 의도

주기율표에서 유효핵전하, 원자 반지름, 이온 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 이해하는지, 또한 이를 이

용한 이온 결합성 물질의 특성 및 이온화 에너지의 주기적 경향성, 이온 반지름의 주기적 경향성에 대해 이해 할 수 있는지를 평가한다. 또한, 루이스 전자점식과 전자쌍 반발 이론을 이용하여 제시된 분자의 구조와 각도를 구할 수 있는지를 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학 I 02-05] 주기율표에서 유효 핵전하, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 설명할 수 있다. [12화학 I 03-02] 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 찾을 수 있다. [12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학 I 03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항1	적용교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학 I 02-05] 주기율표에서 유효 핵전하, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 설명할 수 있다. [12화학 I 03-02] 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 찾을 수 있다.
하위문항2	적용교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학 I 03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 ‘과학과 교육과정 과목명’과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	하윤경 외	금성출판사	2018	83- 85 99-101 104-107
	고등학교 화학 I	황성용 외	동아출판	2018	89- 95 142-144 146-150
	고등학교 화학 I	장낙한 외	상상아카데미	2018	91- 96 113-116 138-142
	고등학교 화학 I	박종석 외	비상교육	2018	80- 82 101-104 123-125
	고등학교 화학 I	최미화 외	미래엔	2018	88- 93 130-131 134-137
기타					

5. 문항 해설

문제 1)

문제 1은 주기율표에서 유효핵전하, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 이해하는지, 또한 이를 이용한 이온 결합성 물질의 특성 중 하나인 이온 사이의 거리(결합거리)에 대한 이해를 묻는 문제이다.

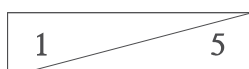
기체 상태의 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 에너지를 이온화 에너지라고 하며, 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하고 원자 반지름이 감소한다. 따라서 원자핵과 전자 사이의 인력이 강해지므로 이온화 에너지가 대체로 증가한다. 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 약해지므로 이온화 에너지가 감소한다는 지식을 이용하여 주어진 원소들의 이온화 에너지 크기를 비교할 수 있는지 평가한다.

따라서 n 주기, 17족 원소(X)가 가장 이온화 에너지가 크고 $n+2$ 주기, 1족 원소(C)가 가장 작은 이온화 에너지를 갖는다. 1족 원소인 C는 전자 1개를 잃어 안정한 C^+ 이온이 되면서 옥텟 규칙을 만족하고, 비금속인 17족 원소, X는 전자 1개를 얻어 X^- 이온이 되면서 안정한 전자 배치를 이루게 된다. (예, $n = 2$ 인 경우, KF)

따라서 이온화 에너지 차이가 가장 큰 원소들로 이루어진 이온 결합 물질(I)의 화학식은 CX 이다.

이온 결합 물질은 양이온과 음이온이 주로 정전기적 인력으로 결합되어 있는데, 이때 이온 사이의 거리는 결합하고 있는 양이온과 음이온 각각의 이온 반지름을 합한 값으로 그 경향성을 나타낼 수 있다.

이온 반지름은 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 많아지고 핵과 원자가 전자 사이의



거리가 멀어져 원자 반지름과 같이 증가한다. 다만 이온은 원자가 전자를 잃어 안정한 양이온이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름이 작아지고, 원자가 전자를 얻어 안정한 음이온이 되면 전자 수가 많아지면서 전자 사이의 반발력이 증가하므로 반지름이 커져, 원자와 같이 일률적으로 같은 주기에서 같은 전자 껍질 수를 갖는 조건으로 비교가 어려워진다. 이러한 이유로, 원자의 동일 주기와 같은 비교를 위해서, 이온의 경우 같은 전자 껍질 수를 갖는 등전자 이온 간의 원자 번호 증가에 대한 경향성을 비교할 수 있다. 이 경우, 원자와 같이, 원자 번호가 작아질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 작아져 전자들이 원자핵 쪽으로 약하게 끌리므로 이온 반지름이 커진다고 할 수 있다.

따라서 주어진 양이온 중 $n+2$ 주기, 1족의 C^+ 가 전자 껍질 수가 가장 많은 등전자 이온 중 가장 이온 반지름이 크다고 할 수 있다. 이때 $n+1$ 주기, 16족의 음이온 Y^{2-} 가 음이온 중 가장 큰 이온 반지름을 가지므로 이들 간의 이온성 화합물이 이온 간 거리가 가장 길다고 예측할 수 있고, 양이온은 $+1$ 가, 음이온은 -2 가로 화학식은 C_2Y 가 된다. (예, $n = 2$ 인 경우, K_2S)

따라서 이온 사이의 거리가 가장 긴 이온 결합 물질(II)은 주어진 조건에서 C_2Y 이다.

문제 2)

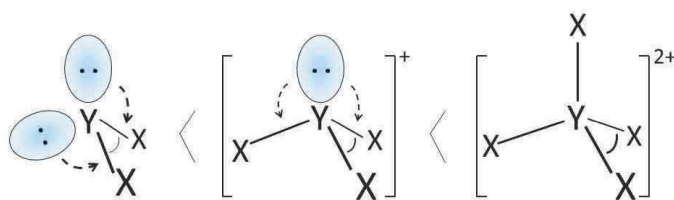
문제 2는 루이스 전자점식과 전자쌍 반발 이론을 이용하여 제시된 분자의 구조와 각도를 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

YX_2 분자의 루이스 전자점식을 그리면 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍으로 이루어져 있고, 이를 전자쌍 반발 이론에 적용하면 4개의 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점 위치에 놓이게 된다.

YX_3^+ 의 루이스 전자점식을 그리면 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍으로 이루어져 있고, 이를 전자쌍 반발 이론에 적용하면 4개의 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점 위치에 놓이게 된다.

YX_4^{2+} 의 루이스 전자점식을 그리면 4개의 공유 전자쌍으로만 이루어진 사면체 구조임을 파악할 수 있다.

중심 원자 주위에 4개의 전자쌍이 있으면 전자쌍들이 각각 정사면체의 꼭짓점 위치에 놓이면서 109.5° 의 각을 이룬다. 공유 결합 분자에서 비공유 전자쌍은 한 원자의 핵에 의한 인력을 받지만, 공유 전자쌍은 두 원자의 핵에 의한 인력을 받는다. 따라서 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 주변의 공간을 더 많이 차지한다. 전자쌍이 차지하는 공간이 크면 반발력이 세게 작용한다. 즉, 비공유 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 더 크며, 이것은 분자의 구조와 결합각의 크기에 영향을 끼친다.



따라서 YX_4^{2+} 의 결합각은 109.5° 이다. 반면에, YX_3^+ 는 비공유 전자쌍이 1개 있음에 따라 109.5° 이하의 결합각을 가지며, YX_4^{2+} 는 2개의 비공유 전자쌍이 가장 큰 반발을 함에 따라 YX_3^+ 보다 결합각이 더 작아진다.

그러므로 결합각($\angle X-Y-X$)의 크기는 $YX_4^{2+} > YX_3^+ > YX_2$ 이다.

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
1	제시된 원소의 이온화 에너지 차이를 올바르게 설명하였는가?	1
	가장 큰, 그리고 작은 이온화 에너지를 갖는 원소를 선택하여 화학식을 제시하였는가?	1
	가장 이온반지름이 큰 음이온과 양이온을 올바르게 선택하였는가?	1
	가장 이온반지름이 큰 양이온을 선택한 이유를 논리적으로 설명하였는가?	1
	가장 이온 사이의 거리가 긴 이온성 화합물의 화학식을 정확히 제시하였는가?	1
2	공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이의 반발력, 전자쌍 반발 이론을 통한 올바른 기하구조를 통해 설명하였는가?	1
	결합각의 크기를 올바르게 제시하였는가?	1

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

7

7점 : A+

6점 : A

5점 : B+

4점 : B

3점 : C

2점 : D

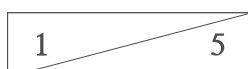
1점 : E

0점 : F

7. 예시 답안

문제 1)

이온화 에너지는 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가하고 원자 반지름이 감소한다. 따라서 원자핵과 전자 사이의 인력이 강해지므로 이온화 에너지가 대체로 증가한다. 같은 족에서는 원자 번호가 증가할수록 원자 반지름이 증가하여 원자핵과 전자 사이의 인력이 약해지므로 이온화 에너지가 감소한다.



따라서 n 주기, 17족 원소(X)가 가장 이온화 에너지가 크고 $n+2$ 주기, 1족 원소(C)가 가장 작은 이온화 에너지를 갖는다.

따라서 이온화 에너지 차이가 가장 큰 원소들로 이루어진 이온 결합 물질의 화학식은 CX 이다.

이온 사이의 거리는 결합하고 있는 양이온과 음이온 각각의 이온 반지름을 합한 값으로 그 경향성을 나타낼 수 있다.

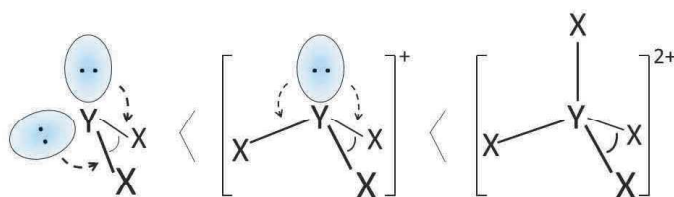
이온 반지름은 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 전자 껍질 수가 많아지고 핵과 원자가 전자 사이의 거리가 멀어져 원자 반지름과 같이 증가한다. 다만 원자가 전자를 잃어 안정한 양이온이 되면 전자 껍질 수가 감소하므로 반지름이 작아지고, 원자가 전자를 얻어 안정한 음이온이 되면 전자 수가 많아지면서 전자 사이의 반발력이 증가하므로 반지름이 커져, 원자와 같이 일률적으로 같은 주기에서 같은 전자 껍질 수를 갖는 조건으로 비교가 어려워진다. 이러한 이유로, 원자의 동일 주기와 같은 비교를 위해서, 이온의 경우 같은 전자 껍질 수를 갖는 등전자 이온 간의 원자 번호 증가에 대한 경향성을 비교할 수 있다. 이 경우, 원자와 같이, 원자 번호가 작아질수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 작아져 전자들이 원자핵 쪽으로 약하게 끌리므로 이온 반지름이 커진다고 할 수 있다.

따라서 주어진 양이온 중 $n+2$ 주기, 1족의 C^+ 가 전자 껍질 수가 가장 많은 등전자 이온 중 가장 이온 반지름이 크다고 할 수 있다. 이때 $n+1$ 주기, 16족의 음이온 Y^{2-} 가 음이온 중 가장 큰 이온 반지름을 가지므로 이들 간의 이온성 화합물이 이온 간 거리가 가장 길다고 예측할 수 있고, 양이온은 +1개이고 음이온은 -2개로 화학식은 C_2Y 가 된다.

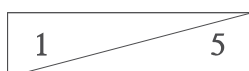
따라서 주어진 조건에서 이온 사이 거리가 가장 긴 이온 결합 물질(II)은 C_2Y 이다.

문제 2)

CX_2 분자는 아래의 그림과 같이 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍으로 이루어져 있고, 이를 전자쌍 반발 이론에 적용하면 4개의 전자쌍이 반발을 하는 사면체 구조임을 파악할 수 있다. CX_3^+ 는 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍으로 이루어져 있고, 4개의 전자쌍이 반발을 하는 사면체 구조이다. CX_4^{2+} 는 4개의 공유 전자쌍으로만 이루어진 사면체 구조이다.



중심 원자 주위에 4개의 공유 전자쌍이 있으면 전자쌍들이 모두 동일한 반발력을 갖고 있기 때문에 각각



정사면체의 꼭짓점 위치에 놓이면서 109.5° 의 각을 이룬다. 그러나 비공유 전자쌍이 존재하면 공유 전자쌍에 비해 더 큰 반발력을 갖기 때문에 더 큰 공간을 갖게 되며, 비공유 전자쌍의 개수가 증가하면, 이들 사이의 반발력이 더 증가하여 공유 전자쌍 사이의 각도를 더욱 감소시킨다.

따라서 CX_4^{2+} 의 결합각은 109.5° 이다. 반면에, CX_3^+ 는 비공유 전자쌍이 1개 있음에 따라 109.5° 이하의 결합각을 가지며, CX_4^{2+} 는 2개의 비공유 전자쌍이 가장 큰 반발을 함에 따라 CX_3^+ 보다 더 결합각이 작아진다.

그러므로 결합각($\angle X-Y-X$)의 크기는 $CX_4^{2+} > CX_3^+ > CX_2$ 이다.



▶ 문항카드 6

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ <u>논술고사</u> □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 A (물리학 I) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I
	핵심개념 및 용어	물질의 자성: 반자성, 상자성 전자기 유도: 렌츠의 법칙 물질의 전기전도도: 도체, 부도체
예상 소요 시간	100분	

2. 문항 및 제시문

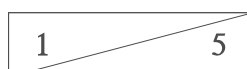
제시문

(가) 구리, 은, 알루미늄, 철과 같이 전기 전도성이 좋은 물질을 도체라 하고, 유리, 고무, 플라스틱, 종이와 같이 전기 전도성이 좋지 않은 물질을 절연체(부도체)라고 한다. 그리고 저마늄이나 실리콘과 같이 전기 전도성이 도체와 절연체 중간 정도인 물질을 반도체라고 한다.

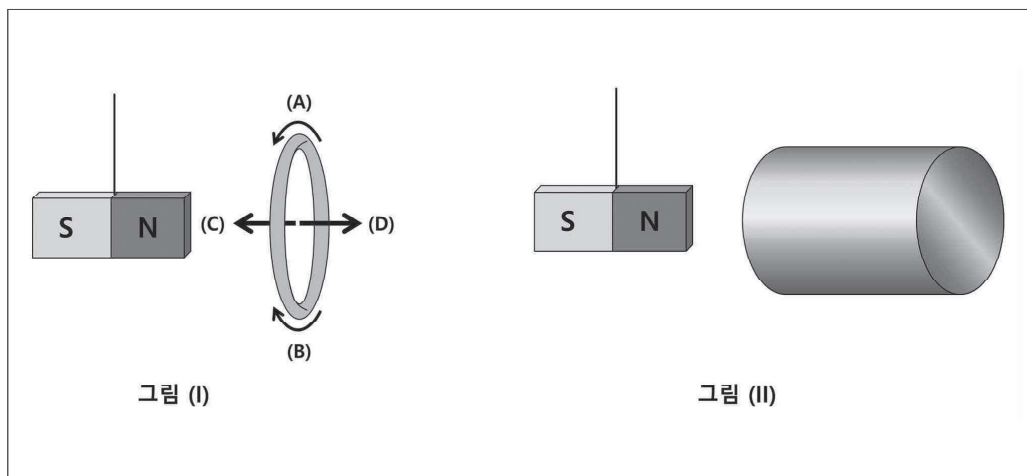
(나) 직선 전류 주위의 자기장은 도선을 중심으로 동심원이 되며, 전류의 방향을 반대로 하면 자기력선의 모양은 그대로이나 자기장의 방향은 반대가 된다. 직선 도선에 흐르는 전류를 오른손 엄지손가락이 전류 방향을 가리키도록 도선을 감아쥐면, 다른 네 손가락의 방향이 자기장의 방향을 나타낸다. 이를 앙페르의 법칙이라고 한다. 또한, 원형 도선의 자기장은 도선의 각 부분을 직선 도선의 일부분으로 보고, 앙페르의 법칙을 이용해 합해 보면 원의 중심에서 수직 방향의 자기장이 생긴다.

(다) 자석을 원형 코일에 가까이 하거나 멀리 하여 원형 코일을 통과하는 자기 선속을 변화시키면 원형 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도전류가 흐른다. 이를 렌츠의 법칙이라고 한다. 이 때, 유도전류의 세기는 원형 코일의 단면을 통과하는 자기 선속의 변화 속도에 비례한다. 이것을 패러데이 법칙이라고 한다.

(라) 원자 내 전자는 원자핵을 중심으로 원운동을 하고 있고, 이것을 전자의 궤도 운동이라고 한다. 전자의 궤도 운동은 원형 도선에 전류가 흐르는 것과 같은 효과를 나타낸다. 또한 전자는 자신의 축을 기준으로 자전하는 스핀을 가진다. 따라서 원자는 전자의 궤도 운동과 스핀에 의해 자기장을 형성하기 때문에 매우 작은 자석이라고 생각할 수 있다.



(마) 외부 자기장을 가했을 때 자성을 띠는 원자들인 원자 자석들이 외부 자기장의 방향으로 배열되어 약하게 자기화 되는 성질을 상자성이라고 한다. 종이, 백금, 알루미늄, 산소, 아연, 주석 등이 이러한 상자성을 띤다. 한편, 물질을 구성하는 각 원자들의 자기장이 너무 약하거나 0이 되어 원자 자석이 없는 상태에서 외부 자기장을 가했을 때 원자 자석이 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 배열되어 자기화 되는 성질을 반자성이라고 한다. 산소를 제외한 대부분의 기체, 금이나 구리 등의 몇몇 금속, 플라스틱 등이 이러한 반자성을 띤다.



문제 1

그림 (I)과 같이 실에 매달려 있는 자석에 원형 코일을 빠른 속도로 가까이 가져갔을 때 발생하는 유도전류의 방향을 (A), (B) 중에 고르고 이로 인한 자기장의 방향을 (C), (D) 중에 고르시오. 원형 코일을 원자 내 전자의 궤도라고 가정하여 물질의 자성을 이해한다고 할 때, 이상의 실험결과에 대응되는 자성을 상자성 또는 반자성 중에 선택하시오.

문제 2

그림 (II)와 같이 어떤 하나의 물질로 만든 원기둥 모양의 막대가 빠른 속도로 자석에 대해서 이동할 때와 자석 가까이에서 멈춰있을 때 자석의 움직임을 관찰하였다. 자석은 왼쪽이나 오른쪽으로 이동하거나 제자리에 멈춰있게 되는데, 세 운동 상태를 임의로 알파벳 (E), (F), 또는 (G)로 표시하였다. 원기둥을 이루는 물질 (1), (2)에 대한 실험결과가 아래의 표와 같을 때, 운동 상태 (E), (F), (G)를 결정하시오. 또한, (1)과 (2)에 해당하는 물질을 구리, 알루미늄, 종이, 플라스틱 중에서 하나씩 찾아 쓰고 제시문을 이용하여 이유를 설명하시오. 단, 공기의 흐름에 의한 효과는 무시한다.

물질	빠른 속도로 자석에 가까이 갈 때	자석 가까이 멈춰 있을 때	빠른 속도로 자석에서 멀어질 때
(1)	(E)	(F)	(E)
(2)	(G)	(G)	(F)

3. 출제 의도

물질의 자성 중 반자성과 상자성, 전자기 유도 현상에서 렌츠의 법칙은 모든 물리학 I 교과서에 소개되어 있다. 렌츠의 법칙을 이용하여 원형 코일에 흐르는 전류와 자기장의 방향을 묻는 문제를 출제하였다. 또한 이러한 전자기 유도와 물질의 자성(상자성, 반자성)이 결합된 상황에서 자석과의 상호작용을 물어보는 문제를 출제하였다. 이 과정에서 물질의 자성을 이해하고 전자기 유도에 의해서 발생하는 자기장과의 차이를 이해하는 평가를 하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	(가)	[12물리 I 02-03] 고체의 에너지띠 이론으로 도체, 반도체, 절연체 등의 차이를 구분하고, 여러 가지 고체 의 전기 전도성을 비교하는 탐구를 수행할 수 있다.
	(나)	[12물리 I 02-05] 전류에 의한 자기 작용이 일상생활에서 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다.
	(다)	[12물리 I 02-07] 일상생활에서 전자기 유도 현상이 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다.
	(라), (마)	[12물리 I 02-06] 자성체의 종류를 알고 자성체가 활용되는 예를 찾을 수 있다.
하위문항	문제 1	[12물리 I 02-07] 일상생활에서 전자기 유도 현상이 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다. [12물리 I 02-05] 전류에 의한 자기 작용이 일상생활에서 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다. [12물리 I 02-06] 자성체의 종류를 알고 자성체가 활용되는 예를 찾을 수 있다.
	문제 2	[12물리 I 02-03] 고체의 에너지띠 이론으로 도체, 반도체, 절연체 등의 차이를 구분하고, 여러 가지 고체의 전기 전도성을 비교하는 탐구를 수행할 수 있다. [12물리 I 02-06] 자성체의 종류를 알고 자성체가 활용되는 예를 찾을 수 있다. [12물리 I 02-07] 일상생활에서 전자기 유도 현상이 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	이상연 외 4인	금성출판사	2019	112, 114, 126,
	물리학 I	강남화 외 5인	천재교육	2020	131
	물리학 I	김성원 외 5인	지학사	2020	131, 133, 134
	물리학 I	송진웅 외 4인	동아출판	2020	121, 122
	물리학 I	곽영직 외 3인	(주)와이비엠	2020	119
기타					

5. 문항 해설

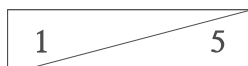
[문제 1]

교과서에 수록된 전자기 유도 현상을 이해하고, 렌츠의 법칙을 적용하여 유도 전류의 방향과 자기장의 방향을 평가하는 문제이다. 이를 바탕으로 물질의 자성을 이해하고 원자 자석과의 비교를 통해서 이러한 이해의 한계를 알고 있는 지 평가하였다.

[문제 2]

교과서에 실려 있는 다양한 물질의 자성에 대한 내용과 문제 1의 전자기 유도 현상을 비교하여, 원기동형 막대와 자석과의 상호작용을 통해서 원기동을 구성하는 물질의 전기적 자기적 성질을 분류할 수 있는지 평가하는 문제이다. 구체적으로 자석의 주변에서 빠르게 움직이는 경우와 멈춰있는 경우에서 각각 자기장의 발생에 미치는 영향을 종합적으로 사고하는 지 하였다. 이를 바탕으로 전기적 자기적 물성차이가 자석과의 상호작용의 차이로 이어지는 상황을 이해하고, 그 물성에 해당하는 물질을 찾아낼 수 있는지 확인하였다.

6. 채점 기준



하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	전류의 방향은 (B), 자기장의 방향은 (C)를 선택하였다.	1점
	반자성을 선택하였다.	1점
문제 2	(E)는 멈춰있는 경우를, (F)는 오른쪽, (G)는 왼쪽으로 결정하였다.	1점
	(1)은 부도체이고 (2)는 도체임을 설명하였다.	1점
	(1)은 상자성이며 (2)는 반자성임을 설명하였다.	1점
	(1)은 종이, (2)는 구리를 선택하였다.	1점
	풀이 과정이 논리적이다.	1점

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함

위와 같이 채점하여

A+ : 7점
A : 6점
B+ : 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점
F : 0점

7. 예시 답안 혹은 정답

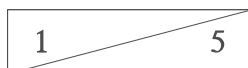
문제 1

구리 코일을 빠른 속도로 가까이 가져가는 경우 구리 코일 내부의 자기선속이 증가하게 된다. 렌츠의 법칙에 따르면, 코일에서는 이러한 자기선속의 증가를 방해하는 방향인 (C)방향의 자기 선속이 생기게 되며, 이를 위해서 (B)방향의 전류가 흐르게 된다.

만약 이를 원자 내 전자의 궤도라고 가정하고 자성을 이해하는 경우 외부 자기장을 감소시키는 방향으로 자성이 생성되므로 반자성에 대응해 볼 수 있다.

문제 2

(1)은 원기둥이 자석에 빠른 속도로 가까이 갈 때와 멀어질 때 자석이 같은 운동 상태를 보이므로 유도전류에 의한 자기장이 없다. 따라서 (1)은 부도체이고, (E)는 멈춰있는 운동 상태를 나타낸다.

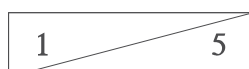


반면, (2)가 자석에 빠른 속도로 가까이 갈 때와 멀어질 때 자석이 서로 다른 운동 상태를 가지므로 (2)는 도체이다. 도체의 경우 자석에 가까이 갈 때는 자석이 왼쪽으로 움직이고, 자석에서 멀어질 때는 자석이 오른쪽으로 움직이므로 (F)는 오른쪽, (G)는 왼쪽을 나타낸다.

또한, (1)은 가까이 멈춰있을 때 물체에 가까운 쪽(F)으로 움직이므로, 상자성 물질임을 알 수 있다. 반면에 (2)는 먼 쪽(G)으로 움직이므로 반자성 물질임을 알 수 있다.

이상의 두 논의를 통해서 (1)은 상자성이면서 부도체, (2)는 반자성이면서 도체인 물질임을 알 수 있다.

따라서 문제에 제시된 물질 중에 (1)은 종이가 (2)는 구리가 해당된다.



▶ 문항카드 7

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B 수학/문제 1, 문제 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 삼각함수의 덧셈정리, 합성함수의 미분법, 사인법칙, 코사인법칙, 접선의 방정식
예상 소요 시간	70분	

2. 문항 및 제시문

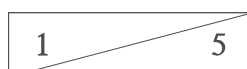
제시문 1

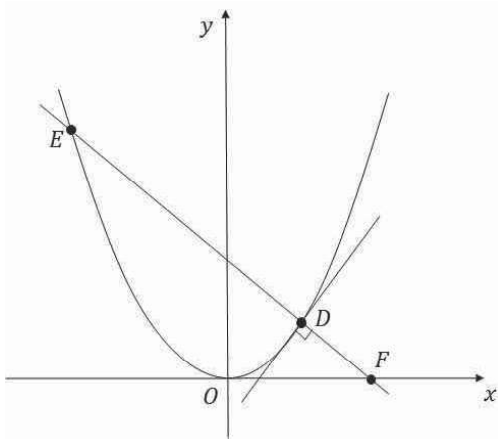
(가) 함수 $f(x)$ 가 $x=a$ 에서 미분가능할 때, 곡선 $y=f(x)$ 위의 점 $(a, f(a))$ 에서의 접선의 기울기는 $f'(a)$ 이므로 접선의 방정식은 다음과 같다.

$$y - f(a) = f'(a)(x - a)$$

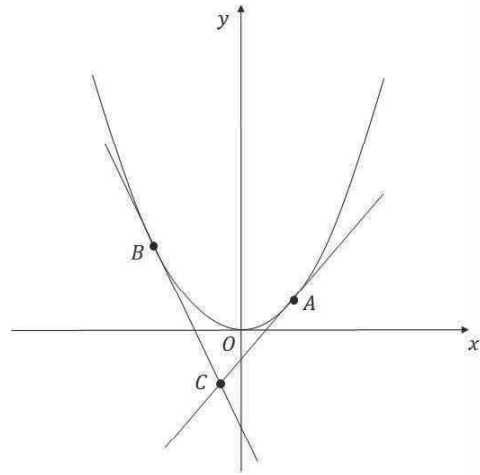
(나) [그림 1]은 곡선 $y=x^2$ 을 나타낸 것이다. 점 D 는 제1사분면에 있는 곡선 $y=x^2$ 위의 한 점이다. 점 D 에서 곡선 $y=x^2$ 의 접선에 수직한 직선이 곡선 $y=x^2$ 과 제2사분면의 점 E 에서 만나고, x 축과 점 F 에서 만난다.

(다) [그림 2]는 곡선 $y=x^2$ 을 나타낸 것이다. 이 곡선 위의 서로 다른 두 점 A 와 B 에서의 접선의 교점이 C 이다.





[그림 1]



[그림 2]

문제 1-1

제시문 1의 (나)에서 $\overline{ED} : \overline{DF} = 3 : 1$ 일 때, 점 D 의 좌표를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 1-2

제시문 1의 (다)에서 점 A 와 점 B 의 x 좌표를 각각 a 와 b 라 하자. a 와 b 가 다음을 만족할 때 두 접선의 교점 C 로 이루어진 영역의 넓이를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

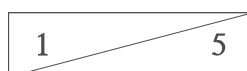
$$1 \leq a \leq 2, -2 \leq b \leq -1$$

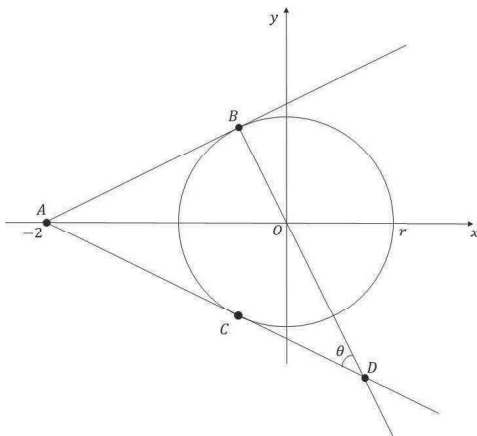
제시문 2

(가) 좌표평면 위에서 x 축의 양의 방향을 시초선으로 잡았을 때, 일반각 θ 를 나타내는 동경과 원점 O 를 중심으로 하고 반지름의 길이가 r 인 원의 교점을 $P(x, y)$ 라 하면 $\frac{y}{r}, \frac{x}{r}, \frac{y}{x} (x \neq 0)$ 의 값은 r 의 값과 관계없이 θ 의 값에 따라 각각 하나로 정해진다. 이 함수를 차례로 θ 에 대한 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수라 하고, 기호로 각각 $\sin\theta = \frac{y}{r}, \cos\theta = \frac{x}{r}, \tan\theta = \frac{y}{x} (x \neq 0)$ 로 정의하고, 이 함수들을 통틀어 θ 에 대한 삼각함수라 한다.

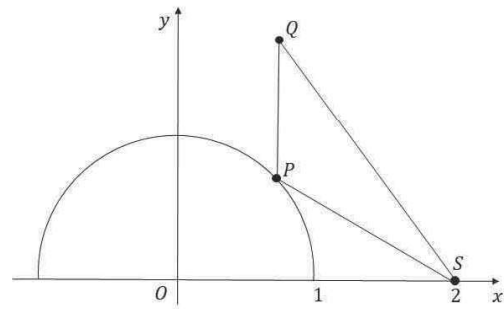
(나) [그림 3]은 중심이 원점 O 인 원과 점 $A(-2, 0)$ 을 나타낸 것이다. 점 A 에서 원에 그은 두 접선과 원이 만나는 점이 각각 B, C 이다. 직선 BO 와 직선 AC 의 교점이 D 이다. 원의 반지름이 r 일 때, $\angle CDO$ 의 크기가 θ 이다.

(다) [그림 4]는 중심이 원점 O 이고 반지름의 길이가 1인 반원과 점 $S(2, 0)$ 을 나타낸 것이다. 점 P 는 반원 위에 있다. 선분 PQ 는 y 축과 평행하고 점 Q 의 y 좌표는 점 P 의 y 좌표보다 1만큼 크다.





[그림 3]



[그림 4]

문제 2-1

제시문 2의 (나)에서 $r = 1$ 일 때 $\frac{d\theta}{dr}$ 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 2-2

제시문 2의 (다)에서 $\angle PSQ$ 의 크기가 최소일 때 점 P의 좌표를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

3. 출제 의도

[문제 1]

곡선 위의 점에서의 접선의 기울기가 미분계수임을 활용하여 관련된 문제를 풀 수 있는지 알아본다. 매개 변수로 주어진 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 구하고, 직선과 곡선의 교점을 구하고, 점과 직선, 곡선 사이의 위치 관계를 수식으로 잘 기술하고 또한 풀이 과정을 논리적으로 잘 설명할 수 있는지 평가한다.

[문제 2]

삼각함수를 이해하고, 삼각함수의 덧셈정리, 코사인법칙을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다. 여러 가지 함수의 미분법을 이해하고, 합성함수의 미분법을 활용할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-205호 [별책8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 1-1	미적분 - (2)미분법 - ③ 도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 1-2	미적분 - (2)미분법 - ③ 도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 2-1	수학 I-(2)삼각함수-① 삼각함수 [12수학 I 02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. 미적분-(2)-미분법-① 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다.
문제 2-2	수학 I-(2)삼각함수-① 삼각함수 [12수학 I 02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. [12수학 I 02-03] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. 미적분-(2)-미분법-① 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다. 미적분 - (2)미분법 - ②여러 가지 미분법 [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다.

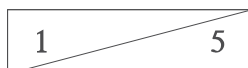
나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 I	류희찬 외	천재교과서	2018	78
	수학 I	홍성복 외	지학사	2018	70, 99
	수학 I	김원경 외	비상교육	2018	65, 100
	미적분	황선욱 외	미래엔	2019	106
	미적분	이준열 외	천재교육	2019	108, 100
기타					

5. 문항 해설

[문제 1-1]

도함수를 이용하여 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 잘 구할 수 있는지 알아본다. 점의 위치를 매개변



수로 나타내고 미분계수가 접선의 기울기임을 활용하여 문제를 풀 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2]

도함수를 이용하여 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 잘 구할 수 있는지 알아본다. 함수의 개형을 파악하고, 점의 위치에 따라 접선이 어떻게 변화하는지를 이해하고 이를 활용하여 문제를 풀 수 있는지 알아본다.

[문제 2-1]

미분을 이용하여 접선의 방정식을 구하고, 삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 구하고자 하는 각의 크기를 원의 반지름에 대한 식을 구한 후, 합성함수의 미분을 이용하고 활용할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-2]

삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리와 코사인법칙을 활용하여 식을 구한 후, 합성함수의 미분법을 활용하여 최솟값을 구할 수 있는지 확인한다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음</p> <p>E: 세 점 D, E, F를 지나는 직선의 방정식을 매개변수로 나타내었으나 식이 틀림</p> <p>D: 세 점 D, E, F를 지나는 직선의 방정식을 매개변수로 나타냄</p> <p>C: 세 점 D, E, F 중 2개 이상의 점의 좌표를 매개변수로 나타냄</p> <p>B: 세 점 D, E, F의 좌표를 모두 매개변수로 나타냄</p> <p>B+: B와 더불어 세 점의 좌표 사이의 관계를 하나 이상 밝혀냄</p> <p>A: B와 더불어, 점 D의 좌표를 구하였으나 값이 틀림</p> <p>A+: 앞의 과정을 거쳐 D의 좌표 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}\right)$을 구함</p>	10
1-2	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음</p> <p>E: 네 점 $(1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)$에서의 포물선의 접선 중 하나 이상을 구함</p> <p>D: 네 점 $(1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)$에서의 포물선의 접선을 2개 이상 구하고 접선의 교점을 하나라도 구함</p> <p>C: 포물선의 접선 4개를 모두 구함</p> <p>B: 네 점 $(1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)$에서의 포물선의 접선을 4개 모두 구하고, 접선의 교점을 하나 이상 구함</p> <p>B+: 네 점 $(1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)$에서의 포물선의 접선 4개와 접선의 교점 4개를 모두 구함</p> <p>A: B와 더불어, 넓이를 구하였으나 값이 틀림</p> <p>A+: 앞의 과정을 거쳐 넓이 $\frac{3}{2}$을 구함</p>	15

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음</p> <p>E: $\sin\alpha$나 $\cos\alpha$를 r로 표현하거나 $\alpha = \frac{\pi}{6} = \theta$ 등의 간단한 식을 구함</p> <p>D: 사인함수의 덧셈정리를 사용하여 $\sin 2\alpha$를 계산함</p> <p>C: D와 더불어 $\cos\theta$를 구함</p> <p>B: C와 더불어 합성함수의 미분법을 사용하여</p> $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}} \text{ 이나 } \frac{d(\cos\theta)}{dr} = -\sin\theta \frac{d\theta}{dr} \text{ 을 구함}$ <p>B+: B와 더불어 합성함수의 미분법을 사용하여</p> $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}} \text{ 와 } \frac{d(\cos\theta)}{dr} = -\sin\theta \frac{d\theta}{dr} \text{ 을 모두 구함}$ <p>A: B+와 더불어 식을 다 구했으나 답이 틀림</p> <p>A+: A와 더불어 $-\frac{2\sqrt{3}}{3}$을 구함</p>	20
2-2	<p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음</p> <p>E: 점 P나 Q의 좌표를 구함</p> <p>D: $\tan\alpha_1$이나 $\tan\alpha_2$를 구함</p> <p>C: 탄젠트함수의 덧셈정리를 이용하여 $\tan\alpha$를 구함</p> <p>B: C와 더불어 합성함수의 미분을 이용하여 $\tan\alpha$의 미분을 구함</p> <p>B+: B와 더불어 임계점을 구하는 근을 구함</p> <p>A: B+와 더불어 P의 x좌표나 y좌표를 구함</p> <p>A+: 앞의 과정을 거쳐 P의 좌표 $\left(\frac{2-6\sqrt{3}}{13}, \frac{3+4\sqrt{3}}{13}\right)$을 구함</p>	25

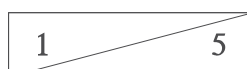
7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

[1-1]

D 의 좌표를 $D(t, t^2)$ 라 하자. (t 는 양수)

먼저, 점 E, F 의 좌표를 t 로 나타내자.

D, E, F 를 지나는 직선을 l 이라 하자.



D 에서의 접선의 기울기가 $2t$ 이므로 l 의 기울기는 $-\frac{1}{2t}$ 이다.

직선 l 이 D 를 지나므로 직선의 방정식은 $y - t^2 = -\frac{1}{2t}(x - t)$ 이다

직선의 식에 $y = 0$ 을 대입하면 $x = t + 2t^3$ 이므로 F 의 좌표는 $F(t + 2t^3, 0)$ 이다.

이제 E 의 x 좌표를 구하자. 직선의 식에 포물선의 식 $y = x^2$ 를 대입하면

$$x^2 - t^2 = -\frac{1}{2t}(x - t) \text{에서 } (x - t)(x + t) = -\frac{1}{2t}(x - t) \text{이다.}$$

E 의 x 좌표를 구하기 위해서는 $x \neq t$ 인 경우만 생각하면 되므로 $x + t = -\frac{1}{2t}$ 에서 $x = -t - \frac{1}{2t}$ 이다. 따라

서 E 의 좌표는 $E\left(-t - \frac{1}{2t}, \left(t + \frac{1}{2t}\right)^2\right)$ 이다.

지금까지 계산한 점의 좌표는 아래와 같다.

$$D(t, t^2), \quad E\left(-t - \frac{1}{2t}, \left(t + \frac{1}{2t}\right)^2\right), \quad F(t + 2t^3, 0)$$

점 D, E 에서 x 축에 내린 수선의 발을 D_1, E_1 이라 하자.

D, E, F 가 일직선상에 있으므로 삼각형 EE_1F 와 삼각형 DD_1F 는 닮은꼴이고, 닮음비는

$$\frac{\overline{EF}}{\overline{DF}} = \frac{\overline{ED} + \overline{DF}}{\overline{DF}} = \frac{3 + 1}{1} = \frac{4}{1} \text{이다.}$$

따라서 $\overline{EE_1} : \overline{DD_1} = 4 : 1$ 이고, 선분 $\overline{DD_1}, \overline{EE_1}$ 의 길이가 각각 D, E 의 y 좌표이므로

$$\frac{4}{1} = \frac{\overline{EE_1}}{\overline{DD_1}} = \frac{\left(t + \frac{1}{2t}\right)^2}{t^2} = \frac{4t^4 + 4t^2 + 1}{4t^4} \text{이다.}$$

따라서 $12t^4 - 4t^2 - 1 = 0, (2t^2 - 1)(6t^2 + 1) = 0, t^2 = \frac{1}{2}$ 이다.

그런데 t 가 양수이므로 $t = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 이고 D 의 좌표는 $(t, t^2) = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}\right)$ 이다.

[1-2]

점 A, B 의 좌표를 각각 $(a, a^2), (b, b^2)$ 이라 하자.

C 의 좌표를 (c_1, c_2) 라 하고 c_1, c_2 를 a, b 로 나타내자.

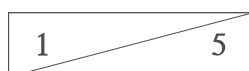
점 A 에서의 접선은 $y - a^2 = 2a(x - a)$ 에서 $y = 2ax - a^2$ 이다.

같은 방법으로 점 B 에서의 접선은 $y = 2bx - b^2$ 이고, 이 두 개의 식을 연립하여 풀면 $x = \frac{a+b}{2}, y = ab$ 이다.

따라서 $c_1 = \frac{a+b}{2}, c_2 = ab$ 이고 C 의 좌표는 $\left(\frac{a+b}{2}, ab\right)$ 이다.

$1 \leq a \leq 2, -2 \leq b \leq -1$ 이므로 C 의 y 좌표인 ab 는 음수이므로, C 는 x 축의 아래에 있다.

$a = 1$ 일 때 A 에서의 접선은 $y = 2x - 1$ 이고 a 가 증가하면 접선의 x 축의 아래에 있는 부분은 점점 아래로 이동하여 $a = 2$ 일 때 $y = 4x - 4$ 가 된다.



비슷하게, $b = -1$ 일 때 B 에서의 접선은 $y = -2x - 1$ 이고 b 가 감소하면 접선의 x 축 아래에 있는 부분은 점점 아래로 이동하여 $b = -2$ 일 때 $y = -4x - 4$ 가 된다.

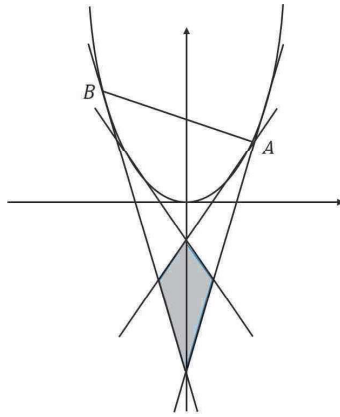
따라서 C 가 속하는 영역은 네 점 $(1,1)$, $(-1,1)$, $(2,4)$, $(-2,4)$ 에서의 접선들인 아래 네 직선으로 둘러싸여 있고 x 축 아래에 있는 부분이다. ([그림 A]의 채색된 부분)

$$y = 2x - 1, \quad y = -2x - 1, \quad y = 4x - 4, \quad y = -4x - 4$$

위 네 직선의 교점들 중 x 축의 아래에 있는 것은 다음과 같다.

$$(0, -1), (0, -4), \left(\frac{1}{2}, -2\right), \left(-\frac{1}{2}, -2\right)$$

이 네 점을 꼭짓점으로 하는 사각형 영역의 넓이는 $\frac{3}{2}$ 이고, 이것이 구하는 답이다.



[그림 A]

[2-1]

$\angle BAO$ 의 크기를 α 라고 하자. $2\alpha + \theta = \frac{\pi}{2}$ 이다.

직각삼각형 ABO 에서

$$\sin \alpha = \frac{r}{2} \text{ 이고 } \cos \alpha = \frac{\sqrt{4-r^2}}{2} \text{ 이다.}$$

삼각함수의 덧셈정리에 의하여

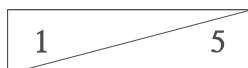
$$\sin 2\alpha = \sin(\alpha + \alpha) = \sin \alpha \cos \alpha + \cos \alpha \sin \alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{r \sqrt{4-r^2}}{2} \text{ 이다.}$$

$$\text{따라서 } \cos \theta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \sin 2\alpha = \frac{r \sqrt{4-r^2}}{2} \text{ 이고,}$$

$$\frac{d(\cos \theta)}{dr} = \frac{1}{2} \left(1 \cdot \sqrt{4-r^2} + \frac{r(-2r)}{2\sqrt{4-r^2}} \right) = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}} \text{ 이다.}$$

$$\text{또한, 합성함수의 미분법에 의하여 } \frac{d(\cos \theta)}{dr} = -\sin \theta \frac{d\theta}{dr} \text{ 이다.}$$

$$\text{따라서 } -\sin \theta \frac{d\theta}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}} \text{ 이고, } \frac{d\theta}{dr} = \frac{r^2-2}{\sqrt{4-r^2}} \cdot \frac{1}{\sin \theta} \text{ 이다.}$$



$r=1$ 일 때 $\sin\alpha = \frac{1}{2}$ 이므로 $\alpha = \frac{\pi}{6}$ 이고, 이 때 $\theta = \frac{\pi}{6}$ 이고, $\sin\theta = \sin\frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$ 이다.

따라서 $r=1$ 일 때 $\frac{d\theta}{dr} = \frac{1-2}{\sqrt{4-1}} \cdot 2 = -\frac{2}{\sqrt{3}} = -\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 이다.

[2-2]

$P(\cos\theta, \sin\theta)$, $0 \leq \theta \leq \pi$ 라고 두면 $Q(\cos\theta, \sin\theta + 1)$

점 P 에서 x 축 위로 내린 수선의 발을 H 라고 하고, $\angle SQH = \alpha_1$, $\angle PQH = \alpha_2$, $\angle SQP = \alpha$ 라 하자.

$$\tan\alpha_1 = \frac{\sin\theta + 1}{2 - \cos\theta}$$

$$\tan\alpha_2 = \frac{\sin\theta}{2 - \cos\theta} \text{ 이므로}$$

$$\tan\alpha = \tan(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2}{1 + \tan\alpha_1 \tan\alpha_2}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\frac{\sin\theta + 1}{2 - \cos\theta} - \frac{\sin\theta}{2 - \cos\theta}}{1 + \frac{\sin\theta + 1}{2 - \cos\theta} \frac{\sin\theta}{2 - \cos\theta}} \\ &= \frac{2 - \cos\theta}{5 - 4\cos\theta + \sin\theta} \text{ 이다.} \end{aligned}$$

양변을 미분하면

$$\begin{aligned} \sec^2\alpha \alpha'(\theta) &= \frac{\sin\theta(5 - 4\cos\theta + \sin\theta) - (2 - \cos\theta)(4\sin\theta + \cos\theta)}{(5 - 4\cos\theta + \sin\theta)^2} \\ &= \frac{-3\sin\theta - 2\cos\theta + 1}{(5 - 4\cos\theta + \sin\theta)^2} = 0 \text{을 얻는다.} \end{aligned}$$

따라서 $3\sin\theta + 2\cos\theta - 1 = 0$ (*)

$\cos\theta = \pm \sqrt{1 - \sin^2\theta}$ 로 (*)를 치환하면 $2\sqrt{1 - \sin^2\theta} = 1 - 3\sin\theta$ 이다.

양변을 제곱하면 $4(1 - \sin^2\theta) = 1 - 6\sin\theta + 9\sin^2\theta$

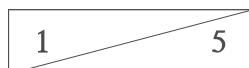
정리하면 $13\sin^2\theta - 6\sin\theta - 3 = 0$ 이다.

2차 방정식의 근의 공식을 이용하여 $\sin\theta = \frac{3 \pm \sqrt{48}}{13}$ 를 얻는다.

그러나 $0 \leq \theta \leq \pi$ 에서 $\sin\theta \geq 0$ 이므로 $\sin\theta = \frac{3 + 4\sqrt{3}}{13}$ 가 y 좌표이다.

이때, x 좌표를 구하기 위해서 (*)를 이용하면 $\cos\theta = \frac{1}{2}(1 - 3\sin\theta) = \frac{2 - 6\sqrt{3}}{13}$ 이다.

그러므로 $\angle PSQ$ 가 최소일 때 P 의 좌표는 $\left(\frac{2 - 6\sqrt{3}}{13}, \frac{3 + 4\sqrt{3}}{13}\right)$ 이다.



▶ 문항카드 8

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형 고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 B (생명과학 I) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	우성, 열성, 염색체, 유전병, 면역, 항원, 항체, 백신, 감염성 질병
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30분	

2. 문항 및 제시문

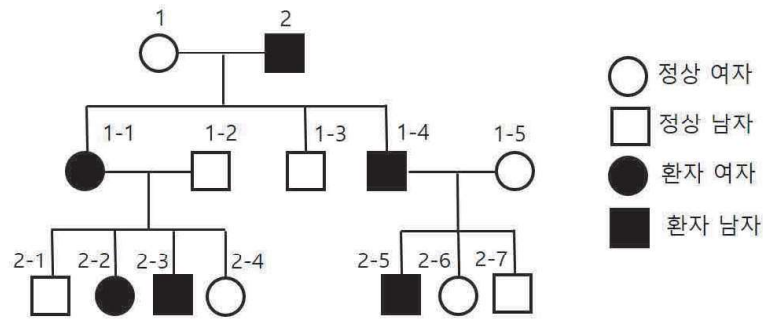
제시문

(가) 한 대립유전자 쌍에서 두 대립유전자가 서로 다를 때 표현형으로 나타나는 형질을 우성, 나타나지 않는 형질을 열성이라고 한다. 사람의 염색체 중 22쌍의 상염색체는 성별과 관계없이 공통으로 존재하므로 상염색체 상의 유전자가 자손에서 특정 표현형으로 나타날 확률은 성별과 관계없이 같다. 사람의 성염색체는 1쌍으로 성염색체의 구성은 남자는 XY, 여자는 XX이다. 딸은 어머니와 아버지로부터 X 염색체를 한 개씩 물려받지만, 아들은 어머니로부터 X 염색체를, 아버지로부터 Y 염색체를 물려받는다. 유전자의 돌연변이는 유전자를 구성하는 DNA의 염기서열에 이상이 생긴 돌연변이로 유전자의 유전정보가 바뀌면 단백질이 생성되지 않거나 정상적인 기능을 하지 못하는 단백질이 생성될 수 있으며, 이로 인해 유전병이 나타날 수 있다.

(나) 항원이 처음 체내에 침입하면 B 림프구가 형질 세포로 분화되어 이 항원에 대한 항체를 형성하는데, 이 반응을 1차 면역 반응이라고 한다. 1차 면역 반응에서는 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 1차 면역 반응에서 B 림프구의 일부는 항원 특성을 기억하는 기억 세포로 분화된다. 동일한 항원이 다시 침입하면 그 항원에 대한 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화되어 많은 수의 형질 세포가 형성된다. 이에 따라 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 지는데, 이 반응을 2차 면역 반응이라고 한다.

문제 1 그림은 어떤 집안의 질병 H에 관한 가계도이다. 질병 H는 한 쌍의 대립유전자로 결정되는 유전병이다.

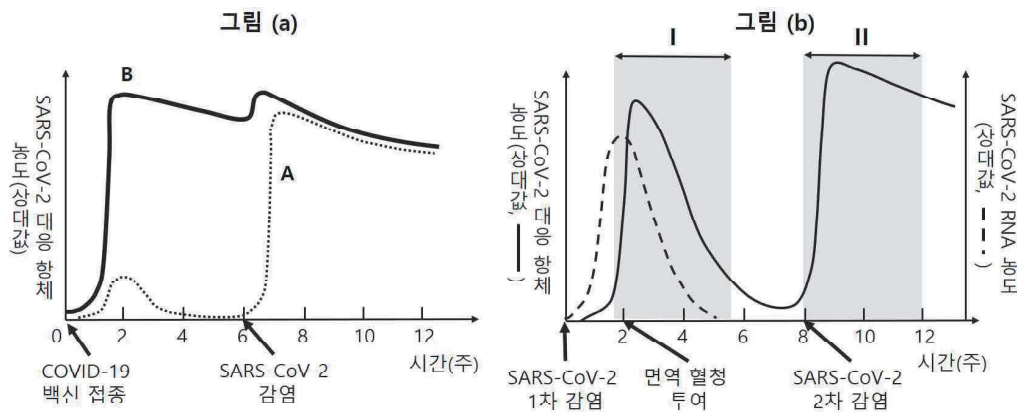
- (1) 아래의 가계도로부터 질병 H가 상염색체 유전인지 성염색체 유전인지, 또한 우성 형질인지 열성 형질인지 가능한 모든 유전 방식을 쓰고, 그 이유를 제시문 (가)에 근거하여 설명하시오. (대립 유전자 표기는 우성일 경우 H, 열성일 경우 h로 표시하시오)
- (2) 가계도의 1-1과 1-2 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 질병 H가 나타날 확률을 문제 1-(1)에서 얻어진 유전 방식 별로 구하고 설명하시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다)



문제 2 현재 유행 중인 코로나바이러스 질병 2019(COVID-19)의 원인인 SARS-CoV-2 바이러스는 RNA를 유전물질로 가지는 바이러스이다. 상용화된 백신이 아직 없는 상황에서 COVID-19로부터 완치된 사람의 혈청을 COVID-19 감염 환자에게 투여하는 혈청 치료가 시도되고 있다. 혈청은 혈장에서 혈액의 응고 성분을 제거한 것으로 면역에 관여하는 항체 등이 들어있다. 그림 (a)는 COVID-19 백신이 상용화되어 시험자 A와 B에게 투여했을 때 바이러스 대응 항체의 농도 변화 그래프이다. 그림 (b)는 COVID-19 완치자의 혈청으로 치료를 받은 COVID-19 감염 환자(시험자 C)의 체내 SARS-CoV-2 바이러스 RNA 유전물질의 양과 대응 항체의 농도를 나타낸 것이다. 단, 그림 (b) 구간 II의 바이러스 RNA 유전물질의 양은 나타나지 않았다. 제시문 (나)에 근거하여 아래의 질문에 답하시오.

(1) COVID-19 백신 접종을 받은 시험자 A와 B가 6주째에 SARS-CoV-2 바이러스에 감염되었다고 하자. 그림 (a)에서 COVID-19 백신 접종 이후 시험자 A와 B의 대응 항체의 농도가 시간에 따라 서로 다르게 나타나는 이유를 설명하시오.

(2) 시험자 C가 SARS-CoV-2 바이러스에 두 번에 걸쳐 감염되었다고 하자. 그림 (b)의 구간 I과 II에서 검출되는 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체 생성의 차이점을 설명하고, 바이러스 2차 감염 후 체내 바이러스 RNA 유전물질 양의 변화를 1차 감염과 비교하여 구간 II에 그래프로 나타내고 설명하시오.



3. 출제 의도

다음 사항을 알아본다.

문제1) 고등학교 생명과학 I 과정에서 학습하는 유전 부분 중에 사람의 유전과 염색체 이상과 유전자 이상을 이해하고 설명할 수 있는지 검증한다. 또한, 가계도를 분석하여 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 적절하게 설명할 수 있는지 평가한다.

문제2) 고등학교 생명과학 I 과정에서 학습하는 방어 작용 부분 중에 병원체의 종류와 특성 및 예방접종의 원리와 백신을 이해하고 설명할 수 있는지 검증한다. 또한, 실험 데이터를 분석하여 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 생명 현상을 설명할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용교육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
성취기준/ 영역별 내용	<p>문제 1. 교육과정 문서 (4) 유전 (172쪽) [12생과 I 04-03] 사람의 유전 현상을 가계도를 통해 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전을 구분하여 설명할 수 있다.</p> <p>[12생과 I 04-04] 염색체의 이상과 유전자의 이상에 의해 일어나는 유전병의 종류와 특징을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다.</p> <p>문제 2. 교육과정 문서 (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어작용과 비특이적 방어작용을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다.</p> <p>[12생과 I 03-07] 백신의 작용 원리를 항원 항체 반응과 관련지어 이해하고, 백신으로 예방하기 힘든 질병을 조사하여 그 이유를 토의할 수 있다.</p>

제시문 및 모든 하위 문항에 해당되는 출제근거를 제시

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학I	전상학 외 7인	지학사	2018	98, 134
	고등학교 생명과학I	오현선 외 5인	미래엔	2018	141
	고등학교 생명과학I	이용철 외 3인	와이비엠	2019	141
	고등학교 생명과학I	김윤택 외 4인	동아출판	2018	101
기타					

5. 문항 해설

● 문항 해설

문제1은 비감염성질환의 예로서 유전병과 문제2는 감염성질환의 예로서 바이러스성 질병에 관한 생명과학 지식을 유전과 면역의 관점에서 이해하는지 평가하고자 한다. 제시문은 고등학교 교과서에서 발췌된 내용

으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 문제 1은 유전자의 돌연변이로 유전병이 생기고 자손에게 전달되는 예를 제시한다. 이 과정에서 상염색체, 성염색체, 우성 및 열성 등의 유전현상을 이해하고 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가한다. 문제 2는 감염성 질병의 예방과 치료법과 그 원리를 이해하고 인체 면역 현상을 논리적으로 분석할 수 있는 지 평가한다.

● 성취수준 관련 해설

문제 1의 질문에서, ‘상’ 수준의 학생은 생식 세포 형성과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다. 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전을 구분하여 설명할 수 있다. 염색체 이상과 유전자 이상에 의해서 일어나는 유전병의 종류와 특성을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다. ‘중’ 수준의 학생은 생식 세포 형성과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해할 수 있다. ‘하’ 수준의 학생은 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해할 수 있다. (12생과 I 04-02, 12생과 I 04-03, 12생과 I 04-04)

문제 2의 질문에서, ‘상’ 수준의 학생은 감염성과 비감염성의 질병을 구분할 수 있으며, 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염과 예방과 관련지어 이해하고 백신의 작동 기작을 설명할 수 있다. ‘중’ 수준의 학생은 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염과 예방과 관련지어 이해하고 설명할 수 있다. ‘하’ 수준의 학생은 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 감염을 이해할 수 있다. (12생과 I 03-06, 12생과 I 03-06)

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	<p>[채점 요소] 문제1 (배점 3) - 가계도를 이해하고 개인의 유전형의 분석을 통해 상염색체와 성염색체 유전 및 돌연변이 유전자의 위치 및 우성과 열성 여부를 결정했는가? - 부모의 유전형 분석을 통해서 자손의 유전병 발병 확률을 분석할 수 있는가?</p> <p>[예시 답안] (1) <u>질병H는 모든 유전양식 중 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나를 나타낸다.</u></p> <p>질병H가 상염색체 열성 유전양식을 가지는 경우가 가능하다. 상염색체 열성으로 존재할 경우는 1)1은 HH와 2는 hh와 2)1은 Hh와 2는 hh의 두 경우가 존재한다. 1)번 경우 1세대 자식이 Hh로 환자가 나타날 수 없으나 환자가 존재함으로 맞지 않다. 2)번의 경우 1세대 자식은 정상(Hh)과 환자(hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(hh: 1-1, 1-4)가 배우자(Hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상과 환자가 모두 가능하다. 그러므로, 1은 Hh와 2는 hh의 경우 상염색체 열성으로 존재 가능하다.</p>	3점

	<p>질병H가 상염색체 우성 유전양식을 가지는 경우도 가능하다. 상염색체 우성으로 존재할 경우는 3)1은 hh와 2는 HH와 4)1은 hh와 2는 Hh의 두 가지 경우가 존재한다. 3)번의 경우 1세대 자손이 모두 환자(Hh)여야 하나 1-3이 정상이므로 맞지 않다. 4)번의 경우 1세대 자식으로 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(Hh)가 배우자(hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 나올 수 있다. 그러므로, 1은 hh와 2는 Hh의 경우 상염색체 우성으로 존재 가능하다.</p> <p>종합하면, 질병H의 유전양식은 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나가 가능하다.</p> <p>[채점 준거] 위 채점요소 중 질병 H의 유전양식이 “<u>상염색체 우성이나 상염색체 열성</u>”의 두 가지가 가능하다는 것을 제시하면 1점. <u>상염색체 우성과 상염색체 열성이 가능한 설명</u>까지 옳으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.</p> <p>(2) 1-1과 1-2 부부의 <u>새 아기가 질병 H를 가질 확률은 모두 50%</u>이다. 상염색체 열성일 경우는 1-1은 hh와 1-2는 Hh로 새 아기가 환자 hh와 정상 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 50%이다. 상염색체 우성일 경우는 1-1은 Hh와 1-2는 hh로 새 아기가 정상 hh와 환자 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 역시 50%이다. 따라서, <u>새 아기가 질병H를 가질 환자일 확률은 두 경우 모두 50%이다.</u></p> <p>[채점 준거] 새 아이의 질병 H를 가질 확률이 50% 임이 옳으면 1점을 부여함.</p>	
문제 2	<p>[채점 요소] 문제2</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1차 면역 반응과 2차 면역 반응의 항체 형성의 효율 차이를 이해하여 2차 반응 시 항체의 양이 많이 생성됨을 설명했는가? - A와 다르게 B는 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스 항원에 노출된 적이 있음을 추론했는가? - I 부위에 존재하는 대부분의 COVID-19 항체는 완치 환자의 면역 혈청에서 왔으며, II 부위의 COVID-19 항체는 1차 감염에서 생성된 기억 세포로부터 체내에서 형성된 항체임을 설명하였는가? - 1차 감염 시는 약한 면역 반응으로 체내에 SARS-CoV-2 바이러스가 증식하면서 바이러스 유전물질인 RNA가 다량 존재하며 면역 혈청 치료로 급격히 떨어지고, 2차 감염 시는 강한 2차 면역 반응으로 SARS-CoV-2 바이러스가 증식하지 못하고 빠르게 사멸함을 설명하고 그래프 상에서 표현할 수 있는가? <p>[예시 답안] (1) <u>시험자A는 COVID-19 백신 접종 후 1차 면역 반응으로 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다.</u> 6주차에</p>	4점

SARS-CoV-2 바이러스에 감염시 2차 면역 반응으로 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 많은 수의 형질 세포가 형성되고 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 진다.

시험자B의 경우 COVID-19 백신 접종 후 시험자A의 2차 면역 반응과 비슷한 많은 양의 항체가 빠르게 만들어졌다. 이로서 시험자B가 COVID-19 백신 접종 당시 이미 SARS-CoV-2 바이러스에 대한 기억 세포를 가지고 있음을 설명한다. 시험자B는 COVID-19 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스에 노출되어 이미 1차 면역이 이루어진 상태였다고 추론할 수 있다.

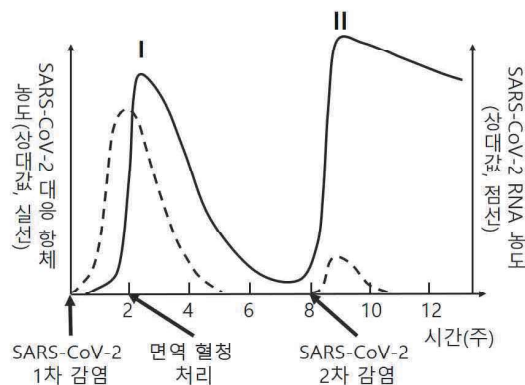
[채점 준거]

시험자 A에서 백신접종에 따른 1차 면역 반응의 항체 형성은 양적이며 바이러스 감염시 2차 면역 반응으로 항체 양이 많음을 옳게 설명하였으면 1점을 부여함.

시험자 B는 백신접종 전에 바이러스에 이미 노출되어 백신 접종시 바로 2차 면역반응이 나타났음을 옳게 설명하였으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.

(2) 시험자C의 경우 구간I의 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체는 대부분 완치자 혈청에서 왔으며 시험자C의 1차 면역 반응에서의 만들어진 항체가 소량 섞여있다. 구간II의 바이러스 대응 항체는 바이러스 1차 감염으로부터 1차 면역 반응이 이루어지고 이로부터 생성된 기억 세포의 2차 면역 반응으로 시험자C의 체내에서 생성된 자신의 바이러스 대응 항체이다. 따라서, I지점와 II지점의 바이러스 대응 항체 대부분은 생성된 사람이 서로 다르다.

SARS-CoV-2 1차 감염시 시험자C는 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 없어서 효과적인 특이적 면역 반응이 이루어지지 못하고, 바이러스의 체내 증식이 이루어지면서 구간I의 바이러스의 유전물질 RNA 농도는 높아지게 된다. 이 때 면역 혈청이 처리되면 면역 혈청 내의 바이러스 대응 항체를 통해 체내 바이러스가 빠르게 제거되면서 바이러스 유전물질 RNA 농도가 줄어들게 된다. 1차 감염 때 시험자C에서 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 만들어지고 2차 감염 시 구간II에서는 기억 세포를 통해 효과적인 2차 면역 반응이 이루어지므로 바이러스 대응 항체가 급격히 늘어나고, 따라서 바이러스의 체내 증식이 억제되어 바이러스 RNA 농도는 늘지 못하고 곧 줄어들게 된다. 구간II에 RNA 농도 그래프는 아래와 같다.



[채점 준거]

구간 I의 항체는 대부분이 완치자로부터 생성된 항체이고, 구간 II는 시험자 C에서 2차 면역 반응으로 생성된 자신의 항체임을 옳게 설명하였으면 1점을 부여함.

구간 II에서 2차 면역 반응으로 항체가 급격히 늘어남에 따라 바이러스의 증식이 억제됨을 설명하고, 바이러스의 RNA 농도를 구간 I보다 작게 표시하였으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

7. 예시 답안

[문제 1]

(1-1) 질병H는 모든 유전양식 중 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나를 나타낸다.

질병H가 상염색체 열성 유전양식을 가지는 경우가 가능하다. 상염색체 열성으로 존재할 경우는 1)1은 HH와 2는 hh와 2)1은 Hh와 2는 hh의 두 경우가 존재한다. 1)번 경우 1세대 자식이 Hh로 환자가 나타날 수 없으나 환자가 존재하므로 맞지 않다. 2)번의 경우 1세대 자식은 정상(Hh)과 환자(hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(hh: 1-1, 1-4)가 배우자(Hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상과 환자가 모두 가능하다. 그러므로, 1은 Hh와 2는 hh의 경우 상염색체 열성으로 존재 가능하다.

질병H가 상염색체 우성 유전양식을 가지는 경우도 가능하다. 상염색체 우성으로 존재할 경우는 3)1은 hh와 2는 HH와 4)1은 hh와 2는 Hh의 두 가지 경우가 존재한다. 3)번의 경우 1세대 자손이 모두 환자(Hh)여야 하나 1-3이 정상이므로 맞지 않다. 4)번의 경우 1세대 자식으로 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(Hh)가 배우자(hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 나올 수 있다. 그러므로, 1은 hh와 2는 Hh의 경우 상염색체 우성으로 존재 가능하다.

종합하면, 질병H의 유전양식은 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나가 가능하다.

(1-2) 1-1과 1-2 부부의 새 아기가 질병H를 가질 확률을 설명하시오.

상염색체 열성일 경우는 1-1은 hh와 1-2는 Hh로 새 아기가 환자 hh와 정상 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 50%이다.

상염색체 우성일 경우는 1-1은 Hh와 1-2는 hh로 새 아기가 정상 hh와 환자 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 역시 50%이다. 따라서, 새 아기가 질병H를 가질 환자일 확률은 두 경우 모두 50%이다.

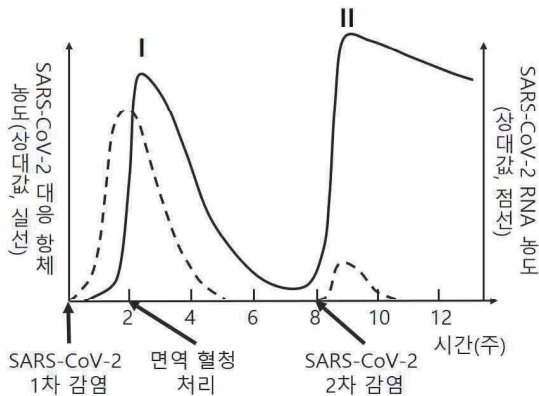
[문제 2]

(2-1) 시험자A는 COVID-19 백신 접종 후 1차 면역 반응으로 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 6주차에 SARS-CoV-2 바이러스에 감염시 2차 면역 반응으로 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 많은 수의 형질 세포가 형성되고 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 진다.

시험자B의 경우 COVID-19 백신 접종 후 시험자A의 2차 면역 반응과 비슷한 많은 양의 항체가 빠르게 만들어졌다. 이로서 시험자B가 COVID-19 백신 접종 당시 이미 SARS-CoV-2 바이러스에 대한 기억 세포를 가지고 있음을 설명한다. 시험자B는 COVID-19 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스에 노출되어 이미 1차 면역이 이루어진 상태였다고 추론할 수 있다.

(2-2) 시험자C의 경우 구간I의 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체는 대부분 완치자 혈청에서 왔으며 시험자C의 1차 면역 반응에서의 만들어진 항체가 소량 섞여있다. 구간II의 바이러스 대응 항체는 바이러스 1차 감염으로부터 1차 면역 반응이 이루어지고 이로부터 생성된 기억 세포의 2차 면역 반응으로 시험자C의 체내에서 생성된 자신의 바이러스 대응 항체이다. 따라서, I지점과 II지점의 바이러스 대응 항체 대부분은 생성된 사람이 서로 다르다.

SARS-CoV-2 1차 감염시 시험자C는 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 없어서 효과적인 특이적 면역 반응이 이루어지지 못하고, 바이러스의 체내 증식이 이루어지면서 구간I의 바이러스의 유전물질 RNA 농도는 높아지게 된다. 이 때 면역 혈청이 처리되면 면역 혈청 내의 바이러스 대응 항체를 통해 체내 바이러스가 빠르게 제거되면서 바이러스 유전물질 RNA 농도가 줄어들게 된다. 1차 감염때 시험자C에서 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 만들어지고 2차 감염시 구간II에서는 기억 세포를 통해 효과적인 2차 면역 반응이 이루어지므로 바이러스 대응 항체가 급격히 늘어나고, 따라서 바이러스의 체내 증식이 억제되어 바이러스 RNA 농도는 늘지 못하고 곧 줄어들게 된다. 구간II에 RNA 농도 그래프는 아래와 같다.



▶ 문항카드 9

[건국대학교 문항정보]

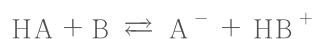
1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B (화학) / 문제 1, 문제 2	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 I	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	산 염기의 정의, 산 염기 중화반응, 전자쌍 반발이론과 분자의 구조
예상 소요 시간	30 분	

2. 문항 및 제시문

제시문

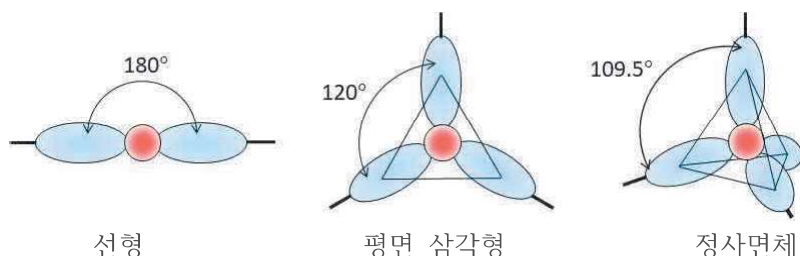
(가) 1923년 덴마크의 과학자 브뢴스테드와 영국의 과학자 로리는 산과 염기의 일반적인 정의를 제안하였다. 산은 반응 중 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고, 염기는 수소 이온을 받는 물질이라고 정의하였다. 예를 들어 HA와 B의 다음 반응에서, HA는 B에 H^+ 를 주므로 산이고, B는 HA로부터 H^+ 를 받으므로 염기이다. 역반응을 보면 HB^+ 는 A^- 에 H^+ 를 주므로 산이고, A^- 는 HB^+ 로부터 H^+ 를 받으므로 염기이다.



(나) 산과 염기가 반응하면 산이 내놓는 수소 이온(H^+)과 염기가 내놓는 수산화 이온(OH^-)이 수용액에서 반응하여 물(H_2O)을 생성하는데, 이를 중화반응이라고 한다. 중화 반응이 일어날 때 수소 이온과 수산화 이온은 항상 1:1의 개수비로 반응하므로, 반응하는 수소 이온과 수산화 이온의 양(몰)은 항상 같다. 따라서 1 몰당 n 몰의 H^+ 를 내놓는 산과 1 몰당 n' 몰의 OH^- 를 내놓는 염기가 반응하여 완전히 중화할 때, 몰농도가 M 인 산 V L와 몰 농도가 M' 인 염기 V' L 가 반응하여 완전히 중화된다면, $nMV = n'M'V'$ 의 관계식이 성립한다.

(다) 분자의 구조는 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들의 반발을 고려하여 예측할 수 있다. 공유 결합으로 형성된 분자에서 전자쌍들은 그들 사이의 반발을 최소로 하기 위해 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있는 배치를 가지려고 하는데, 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다. 중심원자를 둘러싸고 있는 전자쌍이 공유 전

자쌍만 있을 경우에, 공유 전자쌍이 2개일 때 전자쌍의 반발을 최소로 하기 위한 배치는 선형이 된다. 공유 전자쌍이 3개일 때는 각 전자쌍이 평면 삼각형의 꼭짓점에 배치되며, 공유 전자쌍이 4개일 때는 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치된다.



중심 원자 주위에 비공유 전자쌍이 있을 때는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 구조가 달라진다. 중심 원자 주위에 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 존재하면 삼각뿔형, 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 존재하면 굽은 형이 된다.

문제 1 P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH₃, H₂O 중의 하나이다. 이들 사이의 산-염기 반응식은 다음과 같다.



위 반응식에서 X와 Z는 양이온이고, Y는 음이온이다. 또한, 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다. X와 Z의 화학식과 구조를 제시문에 근거하여 설명하시오. 반응식 1에서 P와 Y는 각각 산으로 작용하는지 혹은 염기로 작용하는지 설명하시오.

문제 2 수용액 (I)은 0.1 M HCl이고, 수용액 (II)는 0.2 M Ba(OH)₂이다. 50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였다.

이 혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 수용액 (I)이나 (II) 중에서 추가로 넣어주어야 할 수용액은 무엇이며 부피는 얼마일지 설명하시오.

3. 출제 의도

브뢴스테드 로리 산과 염기의 정의를 이해하고, 양쪽성 물질을 이해한다. 산 염기의 중화 반응에서 용액의 액성을 파악하고 양적관계를 계산할 수 있는지 평가한다. 또한 전자쌍 반발이론에 근거하여 분자의 구조를

파악할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학 I 04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학 I 03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항1	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학 I 04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학 I 03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항2	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학 I 04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 ‘과학과 교육과정 과목명’과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	최미화 외	미래엔	2018	164-1651 68-169 134-136
	고등학교 화학 I	박종석 외	비상교육	2018	148-1491 60-16112 3-125
	고등학교 화학 I	강대훈 외	와이비엠	2018	182-1831 86-18714 8-151
	고등학교 화학 I	이상권 외	지학사	2018	168-1691 70-171 133-136
	고등학교 화학 I	노태희 외	천재교육	2018	167-1681 76-17713 8-141
기타					

5. 문항 해설

1번 문항은 브뢴스테드 로리 산 염기의 정의 및 산 염기 물질 간의 반응을 이해하고 분자나 이온의 구조를 전자쌍 반발 이론으로 예측할 수 있는가를 묻는 문제이다.

P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH₃, H₂O 중의 하나이다. 세 물질 중 두 물질이 반응하여 생기는 반응식은 총 3가지 경우가 있다.



위의 세 가지 경우에서 문제의 두 번째 반응식처럼 OH⁻이 생성되는 경우는 한가지 밖에 없다. OH⁻이 생기려면 염기인 NH₃가 참여해야 하는데 염기가 산과 반응하면 중화반응이 되어 OH⁻이 생성되지 않으므로 HCl과 반응하는 경우는 해당되지 않고, NH₃와 H₂O가 반응하는 경우이다.

따라서, P와 R은 각각 NH₃와 H₂O 중의 하나임을 알 수 있다. 아직까지는 어느 물질이 P이고 R인지는 알 수 없다.

남은 Q는 자연스럽게 HCl이 된다.

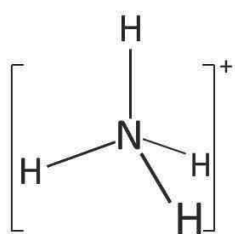
P와 R은 NH₃와 H₂O 중에서 각각 어떤 물질인지 알기 위해서는 문제에 주어진 다음 조건을 이용해야 한다. 문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 각 물질의 구조를 살펴보면 다음과 같다.

NH₄⁺에는 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있으므로 사면체이다.

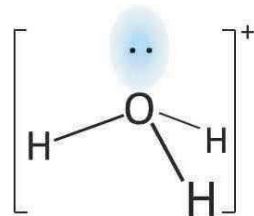
H₃O⁺에는 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있으므로 삼각뿔형이다.

NH₃는 중심원자 N의 주위에 공유전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형이다.

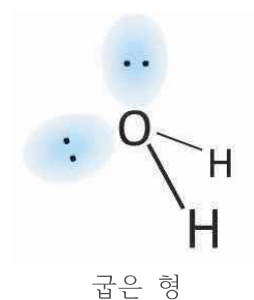
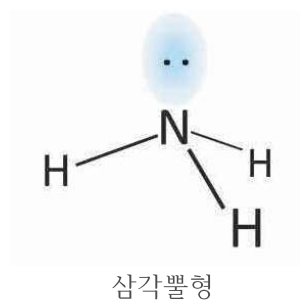
H₂O는 중심원자 O의 주위에 공유전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형이다.



사면체



삼각뿔형



문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 삼각뿔형으로 서로 구조가 같은 H_3O^+ 이 X가 되고, NH_3 가 R이 되어야 한다.

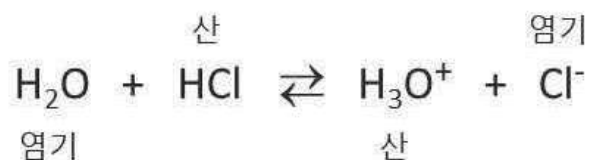
이상의 정보를 정리하면

P는 H_2O , Q는 HCl , R은 NH_3

X는 H_3O^+ , Y는 Cl^- , Z는 NH_4^+ 가 된다.



정반응과 역반응 모두에서 H^+ 를 주는 물질이 산, 받는 물질이 염기 이므로 반응식1에 산,염기를 표시하면 아래와 같다.



따라서 P (H_2O)는 염기, Y (Cl^-)도 염기로 작용한다.

2번 문제는 중화반응에서의 산과 염기의 양적관계를 이해하고 계산하는지를 평가하는 문제이다.

수용액 (I)은 0.1 M HCl 이고, 수용액 (II)는 0.2 M $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 이다.

50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였을 때,

수용액 (I)에 들어있는 H^+ 의 총 몰수는 HCl 이 1가의 강산이므로,

$$n M V = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL} = 5 \text{ mmol} \text{ 이다.}$$

수용액 (II)에 들어있는 OH^- 의 총 몰수는 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 이 2개의 강염기이므로,
 $nMV = 2 \times 0.2\text{M} \times 100\text{mL} = 40\text{ mmol}$ 이다.

염기의 양이 많으므로 완전히 중화하기 위해서는 수용액 (I)를 추가로 넣어 주어야 한다.

추가로 넣어주는 산의 몰수는 $40 - 5 = 35\text{ mmol}$ 이고, 이를 수용액 (I)의 부피로 변환하면
 $35\text{ mmol} = 1 \times 0.1\text{M} \times (x)\text{mL}$

따라서 추가하는 수용액 (I)의 양은 350 mL 가 된다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

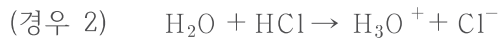
하위 문항	채점 기준	배점
1	X, Z의 화학식을 정확히 찾았는가?	1
	X, Z의 분자 구조를 정확히 찾았는가?	1
	X, Z의 화학식과 분자 구조를 논리적으로 유추하였는가?	1
	P, Y가 염기인지를 정확히 찾았는가?	1
	P, Y가 왜 염기인지를 논리적으로 설명하였는가?	1
2	수용액 (I)를 첨가하는 것을 찾았는가?	1
	추가할 수용액 (I)의 양을 정확히 계산하였는가?	1

7점 : A+
 6점 : A
 5점 : B+
 4점 : B
 3점 : C
 2점 : D
 1점 : E
 0점 : F

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

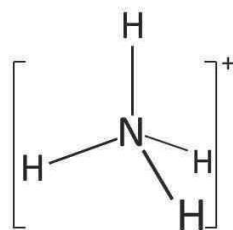
1) P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3 , H_2O 중의 하나이다. 세 물질 중 두 물질이 반응하여 두 번째 반응식처럼 OH^- 이 생성되는 경우는 염기인 NH_3 가 참여하는 경우이다. 염기가 산과 반응하면 중화반응이 되어 OH^- 이 생성되지 않으므로 OH^- 이 생성되는 경우는 NH_3 와 H_2O 가 반응하는 경우이다. 따라서, P와 R은 각각 NH_3 와 H_2O 중의 하나임을 알 수 있다.
 그러므로 Q는 자연스럽게 나머지 HCl이 된다.

첫 번째 반응식은 P와 Q의 반응식이므로 NH_3 혹은 H_2O 과 HCl 과의 반응이다. 이들 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

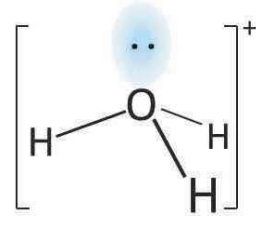


두 경우에서 생성되는 양이온 X는 NH_4^+ 혹은 H_3O^+ 이다.

두 양이온의 루이스 점전자식을 생각해보면 NH_4^+ 에는 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있고, H_3O^+ 에는 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있다. 따라서 제시문에 설명된 전자쌍 반발 이론으로 예측한 NH_4^+ 및 H_3O^+ 의 구조는 아래 그림과 같이 각각 사면체와 삼각뿔형이다.

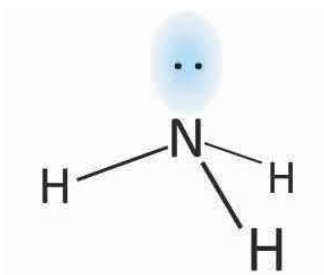


사면체

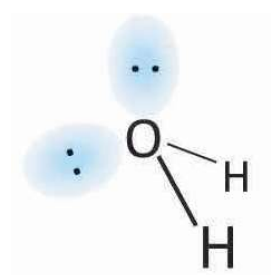


삼각뿔형

R은 NH_3 와 H_2O 중의 하나 이다. NH_3 는 중심원자 N의 주위에 공유전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형이고, H_2O 는 중심원자 O의 주위에 공유전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형이다.



삼각뿔형



굽은 형

한편, 문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 삼각뿔형으로 서로 구조가 같은 H_3O^+ 이 X가 되고, NH_3 가 R이 되어야 한다.

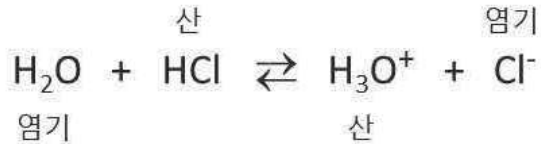
이상의 정보를 정리하면

P는 H_2O , Q는 HCl , R은 NH_3

X는 H_3O^+ , Y는 Cl^- , Z는 NH_4^+ 가 된다.

X는 H_3O^+ 이고, 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있어서 삼각뿔형이다. Z는 NH_4^+ 이고 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있어서 사면체 형이다.

정반응과 역반응 모두에서 H^+ 를 주는 물질이 산, 받는 물질이 염기 이므로
반응식1에 산,염기를 표시하면 아래와 같다.



따라서 P (H_2O)는 염기, Y (Cl^-)도 염기로 작용한다.

2) 수용액 (I)은 0.1 M HCl 이고, 수용액 (II)는 0.2 M $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 이다.

50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였을 때,
수용액 (I)에 들어있는 H^+ 의 총 몰수는 HCl 이 1가의 산이므로,
 $n M V = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL} = 5 \text{ mmol}$ 이다.

수용액 (II)에 들어있는 OH^- 의 총 몰수는 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 이 2가의 염기이므로,
 $n M V = 2 \times 0.2 \text{ M} \times 100 \text{ mL} = 40 \text{ mmol}$ 이다.

염기의 양이 많으므로 완전히 중화하기 위해서는 수용액 (I)를 추가로 넣어 주어야 한다.

추가하는 수용액 (I)의 양을 x mL 라고 하면, 완전 중화를 위해서

$$n M V = n' M' V'$$

$$1 \times 0.1 \text{ M} \times (50 + x) \text{ mL} = 2 \times 0.2 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$x = 350$$

혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 수용액 (I)를 350 mL를 추가로 넣어 주어야 한다.

▶ 문항카드 10

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 B(물리학 I) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I
	핵심개념 및 용어	열과 에너지, 열역학 법칙, 기체의 팽창, 등온과정, 등압과정, 단열과정, 이상기체
예상 소요 시간	100분	

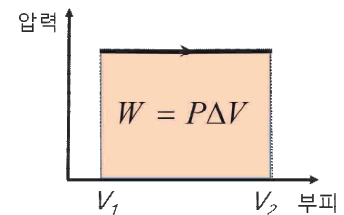
2. 문항 및 제시문

제시문

(가) 단면적이 A 인 실린더 속에 들어 있는 기체가 일정한 압력 P 를 유지하면서 피스톤을 거리 Δl 만큼 밀어낼 때 피스톤에 작용하는 힘 F 는 $F=PA$ 이다. 이 힘에 의하여 피스톤의 거리 Δl 만큼 이동하므로 기체가 피스톤에 한 일 W 는 다음과 같다.

$$W = F \times \Delta l = P \times (A \Delta l) = P \Delta V \quad (\text{단, } \Delta V \text{ 는 부피의 변화량})$$

기체가 압력 P 를 일정하게 유지하면서 팽창되는 동안 압력과 부피 사이의 관계를 나타내면 오른쪽 그림과 같다. 이때 기체가 외부에 한 일은 $W = P \times (V_2 - V_1)$ 로 그래프 아랫부분의 넓이와 같고 일의 부호는 양(+)이다.



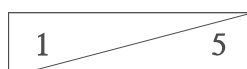
(나) 입자 사이에 상호작용이 없는 이상적인 경우에 대하여, 물체를 구성하는 입자의 평균 운동 에너지의 합을 내부 에너지(U)라고 한다. 온도가 높아지면 입자들의 운동이 활발해지므로 입자의 평균 운동 에너지의 합이 증가한다. 따라서 내부 에너지는 절대 온도 T 에 비례한다.

(다) 용기 속의 기체가 외부로부터 열을 받으면 그 열은 항상 같은 양의 일이나 내부 에너지로 전환된다. 기체가 열을 받으면 내부 에너지가 증가하고, 기체 입자들의 운동이 활발해진다. 그러면서 용기의 내벽과 충돌하여 부피가 팽창하면 외부에 일을 한다. 이러한 관계를 식으로 나타내면

$$Q = \Delta U + W$$

와 같다. 여기서 Q 는 기체가 외부로부터 받은 열이고, ΔU 는 기체의 내부 에너지 변화량, W 는 기체가 외부에 해준 일이다. 즉, 기체가 흡수한 열이 내부 에너지의 변화량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다는 것을 나타낸다. 이를 열역학 제1법칙이라고 하며, 열과 역학적 에너지를 포함한 에너지 보존 법칙이다.

(라) 기체의 압력이 일정한 열역학 과정을 등압 과정이라고 한다. 기체의 온도가 일정한 열역학 과정을 등



온 과정이라고 한다. 기체가 열을 흡수하거나 방출하지 않는 열역학 과정을 단열 과정이라고 한다. 기체의 부피가 변하지 않는 열역학 과정을 등적 과정이라고 한다.

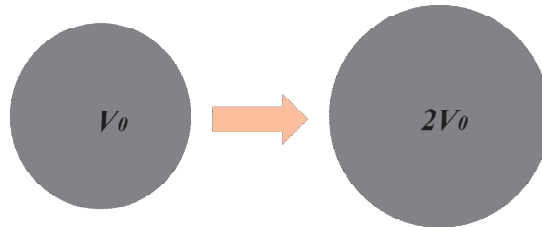
(마) 기체에 열을 가하면서 기체의 압력을 일정하게 유지하면, 기체의 온도가 증가하면서 기체의 부피도 증가한다. 즉 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대 온도에 비례하고 다음 관계가 성립한다.

$$\frac{V}{T} = \text{일정}$$

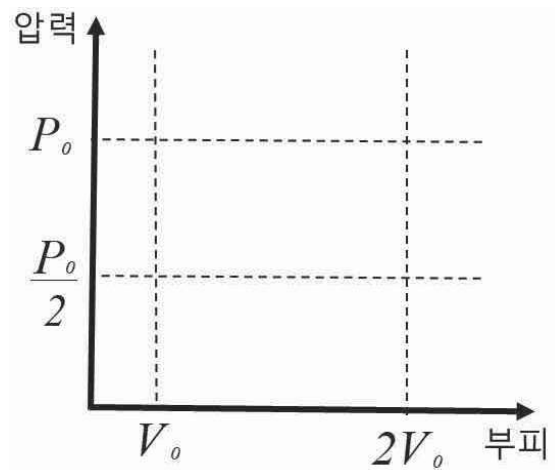
한편, 온도가 일정할 때 기체의 부피와 압력은 서로 반비례한다. 즉 다음 관계가 성립한다.

$$PV = \text{일정}$$

온도가 T_0 이고 내부 압력이 P_0 인 이상기체로 채워진 공이 있다. 다음 그림과 같이 공의 부피가 V_0 에서 $2V_0$ 로 등압 과정, 등온 과정, 혹은 단열 과정을 통해 각각 팽창한다. 단, 공의 탄성은 무시한다.



문제 1 이때 위 세 가지 과정을 통해 팽창하는 기체의 부피에 따른 압력의 변화를 다음 주어진 압력-부피 그래프에 각각 개략적으로 나타내시오.



문제 2 이때 각각의 팽창 과정을 통해 기체가 외부에 해준 일의 상대적 크기와 기체의 내부 에너지 변화를 표에 정리하고자 한다. 다음 표에서 (a)-(c)에 해당되는 팽창 과정을 쓰고, (d)-(f)에는 기체가 외부에 해준 일의 크기가 큰 것부터 L, M, S로 쓰시오. (a), (b), (c) 과정의 선택 이유를 온도와 관련지어 설명하시오.

팽창 과정의 종류	기체가 외부에 한 일의 상대적 크기	내부 에너지 변화
(a)	(d)	없음
(b)	(e)	증가
(c)	(f)	감소

3. 출제 의도

기체의 등압과정, 등온과정, 단열과정에 의해 팽창하는 경우, 기체가 외부에 한 일, 내부에너지의 변화량, 기체 온도의 변화를 통해 기체의 팽창운동을 이해한다. 압력-부피 그래프에서 아래 면적이 기체가 외부에 한 일에 해당됨을 이해한다. 따라서 여러 가지 팽창과정을 통해 기체가 외부에 한 일의 크기를 정성적으로 이해한다. 또, 팽창 후 내부에너지의 변화를 통해 기체의 온도변화를 이해한다. 이를 통해 기체가 외부에 한 일의 크기 변화를 이해하고, 궁극적으로 팽창과정을 이해한다. 또, 등압과정과 등온과정에서 일의 차이를 분자 운동 측면에서 이해할 수 있다. 팽창에 대한 전반적인 기체의 운동과 제시문을 통해 논리적 문제 해결능력을 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용	
제시문	(가) (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(나) (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(다) (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(라) (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(마) (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
하위문항	문제1 (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	문제2 (1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 ‘과학과 교육과정 과목명’과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	송진웅 외 4인	동아출판	2018	54
	물리학 I	김성원 외 5인	지학사	2019	53-56
	물리학 I	김성진 외 6인	미래엔	2018	57-58
	물리학 I	손정우 외 5인	비상교육	2018	56-57
기타					

5. 문항 해설

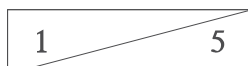
[문제 1]

물리 I 교과 과정에 수록된 열역학 과정을 이해하고, 등온, 등압, 단열 과정을 통해 팽창하는 동안 기체의 압력 변화의 이해를 평가하는 문제이다. 또, 각각의 과정에 대해 압력-부피 그래프를 개략적인 그리게 하여 기체의 팽창에 대한 전반적인 이해를 평가한다.

[문제 2]

교과 과정에 소개된 지식을 바탕으로 등온, 등압, 단열 과정을 통해 팽창하는 기체의 내부 에너지 변화와 기체가 외부에 해준 일의 크기에 대한 이해를 평가하는 문제이다. 각각의 과정으로 팽창 한 후 내부에너지의 증가, 감소, 일정의 세 경우를 온도의 증가, 감소, 일정에 대응하여 이해하고, 이를 통해 등압, 등온, 단열 과정 중 어떤 과정에 해당되는지에 대한 이해를 확인하였다. 또 각 과정을 통해 팽창한 기체가 외부에 해준 일의 상대적 크기에 대한 이해를 확인하였다.

6. 채점 기준



하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	등압과정 그래프	1
	등온과정 그래프	1
	단열과정 그래프	1
문제 2	내부 에너지 온도에 비례	1
	각각의 과정이 팽창 후 온도 변화 옳게 설명	1
	(a)등온팽창, (b)등압팽창, (c)단열팽창, 옳은 이유	1
	(d)M, (e)L, (f)S, 옳은 이유	1

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

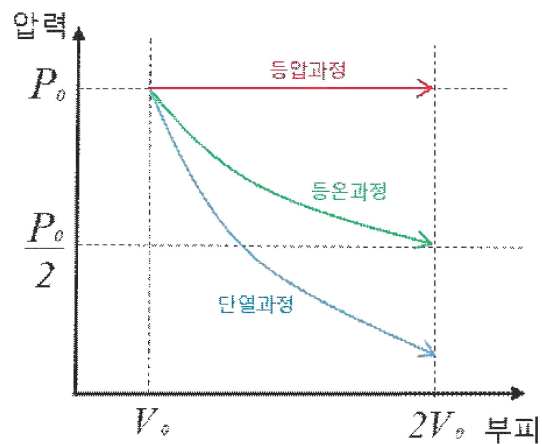
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

배점 당 등급은 다음과 같다.

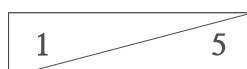
A+ : 7점
A : 6점
B+ : 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점
F : 0점

7. 예시 답안 혹은 정답

<문제 1>



<문제 2>



팽창과정의 종류	외부에 한 일	내부 에너지 변화
(a) 등온팽창	(d) M	없음
(b) 등압팽창	(e) L	증가
(c) 단열팽창	(f) S	감소

기체의 내부 에너지는 절대온도만의 함수이다.

$\Delta U(T) = 0$: 팽창 후 온도 변화 없음 (a) 등온팽창

$\Delta U(T) > 0$: 팽창 후 온도 증가 (b) 등압팽창

$\Delta U(T) < 0$: 팽창 후 온도 감소 (c) 단열팽창

