

3. 출제 의도

주어진 상황에서 가능한 경우의 수를 바르게 계산하고, 각 경우에 대해서 함수값을 계산하는 능력이 중요하다. 또한 함수식 계산 및 두 점 간의 거리공식을 활용한 계산 능력이 요구된다. 본 문제는 경우의 수에 대한 이해 및 수식 이해도와 두 점 간의 거리 공식 활용을 평가하며 난이도는 ‘중,하’ 정도로 볼 수 있다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제 2015-74호 [별책 8] 수학과 교육과정
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
성취기준	[수학] - (2) 기하 - ① 평면좌표 [10수학02-01] 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다. [수학] - (5) 확률과 통계 - ① 경우의 수 [10수학05-01] 합의 법칙과 곱의 법칙을 이해하고, 이를 이용하여 경우의 수를 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
고등학교 교과서	수학	배종숙 외	금성출판사	2020	111-113, 262-267
	수학	류희찬 외	천재교과서	2020	108-112, 258-262
	수학	권오남 외	교학사	2020	101-103, 255-263

5. 문항 해설

카드가 가질 수 있는 값, 1,2,3,4가 x 일 때의 함수 좌표값을 계산하고, 주사위 눈이 가질 수 있는 값, 1,2,3,4,5,6이 x 일 때의 원의 방정식에서의 좌표값을 구해야한다. 그 후 두 점 사이의 거리 공식을 사용하여 원점으로부터의 거리를 구하고 그 거리값을 비교하여 가능한 순서쌍을 찾는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	[채점요소] 모든 가능한 경우의 수에 대한 함수값을 계산할 수 있는가? 좌표평면에서 두 점 사이의 거리를 계산할 수 있는가? [예시답안] 7번 참조 [채점준거]	20

<p>1. 원점에서 점 A까지의 거리를 바르게 계산한 경우: +8점</p> <p>2. 원점에서 점 B까지의 거리를 바르게 계산한 경우: +10점</p> <p>3. 거리 제곱 차이가 최소가 되는 경우를 바르게 찾은 경우: +2점</p> <p>※ 계산 실수로 틀렸어도 논리 전개 과정이 맞으면 해당 부분에 1~2점의 부분 점수를 부여함.</p> <p>※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ±1점 추가 점수 부여 가능함.</p>	
---	--

7. 예시 답안

아래와 같이 원점에서의 거리의 제곱을 구할 수 있다.

A	원점에서 점 A까지 거리의 제곱	B	원점에서 점 B까지 거리의 제곱
(1,3)	10	$(1, \sqrt{5})$	6
(2,4)	20	$(2, \sqrt{8})$	12
(3,6)	45	(3,3)	18
(4,10)	116	$(4, \sqrt{8})$	24
		$(5, \sqrt{5})$	30
		(6,0)	36

각 거리 제곱의 차이가 최소가 되는 경우는 아래와 같다.

- $A=(1,3)$ 과 $B=(2, \sqrt{8})$ 일 때, 거리 제곱의 차이는 $|10-12|=2$
- $A=(2,4)$ 와 $B=(3,3)$ 일 때, 거리 제곱의 차이는 $|20-18|=2$

이때의 순서쌍 (a,b) 는 $(1,2), (2,3)$ 이다.

문항카드 24

1. 일반정보					
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사				
전형명	수시 모집 논술				
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열III(수학) / 문제 2				
출제 범위	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">수학과 교육과정 과목명</td> <td style="padding: 5px;">문제 2-1: 수학II, 미적분 문제 2-2: 수학II, 미적분</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">핵심 개념 및 용어</td> <td style="padding: 5px;">문제 2-1: 미분의 정의, 합성함수의 미분 문제 2-2: 정적분의 성질, 수열의 극한</td> </tr> </table>	수학과 교육과정 과목명	문제 2-1: 수학II, 미적분 문제 2-2: 수학II, 미적분	핵심 개념 및 용어	문제 2-1: 미분의 정의, 합성함수의 미분 문제 2-2: 정적분의 성질, 수열의 극한
수학과 교육과정 과목명	문제 2-1: 수학II, 미적분 문제 2-2: 수학II, 미적분				
핵심 개념 및 용어	문제 2-1: 미분의 정의, 합성함수의 미분 문제 2-2: 정적분의 성질, 수열의 극한				
예상 소요 시간	30분				

2. 문항 및 제시문

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하십시오.

- 함수 $y=f(x)$ 의 $x=a$ 에서의 미분계수는 $f'(a) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(a+\Delta x) - f(a)}{\Delta x}$ 이다.
- 미분가능한 두 함수 $y=f(u)$, $u=g(x)$ 에 대하여 합성함수 $y=f(g(x))$ 의 도함수는 $\{f(g(x))\}' = f'(g(x))g'(x)$ 이다.
- 함수 $f(x)$ 가 임의의 실수 a, b, c 를 포함하는 닫힌구간에서 연속일 때, 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^c f(x) dx = \int_a^b f(x) dx + \int_b^c f(x) dx$$
- $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} b_n = L$ (L 은 실수)이고 모든 자연수 n 에 대하여 $a_n \leq c_n \leq b_n$ 이면 $\lim_{n \rightarrow \infty} c_n = L$ 이다.

[문제 2-1] 미분가능한 함수 $f(x)$ 가 모든 자연수 k 에 대하여

$$\lim_{x \rightarrow k} \frac{f(x) - k}{x - k} = f(k) \sqrt{f(k)} \quad (\text{단, } f(x) \geq 0)$$

을 만족한다. $g(x) = f(f(x))$ 라 할 때, $\sum_{n=1}^{20} g'(n)$ 의 값을 구하십시오. [10점]

[문제 2-2] 자연수 n 에 대하여 I_n 을

$$I_n = \int_0^{n\pi} \{|\sin x| \cos^2 x + \sin^5(2x) \cos x\} dx$$

라 정의할 때, 극한 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{I_n}{n}$ 의 값을 구하십시오. [15점]

3. 출제 의도

[문제 2-1] 미분의 정의를 잘 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 주어진 조건으로부터 함수의 값과 미분을 얻을 수 있는지, 이를 이용하여 수열을 찾아내고 수열의 합을 계산할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[문제 2-2] 정적분에서 적분 구간의 의미를 이해하고 적분 함수의 성질(삼각함수의 주기)을 이용하여 정적분을 계산을 쉽게 만들기 위해 적절히 나누는 방법을 묻는 문제이다. 또한 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있는지도 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제 2015-74호 [별책 8] 수학과 교육과정
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 2-1	[수학II] - (2) 미분 - ① 미분계수 [12수학II02-01] 미분계수의 뜻을 알고, 그 값을 구할 수 있다. [미적분] - (2) 미분법 - ② 여러 가지 미분법 [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다.
문제 2-2	[수학II] - (3) 적분 - ② 정적분 [12수학II03-03] 정적분의 뜻을 안다. [미적분] - (1) 수열의 극한 - ① 수열의 극한 [12미적01-02] 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
고등학교 교과서	수학II	고성은 외	신사고	2020	56
	수학II	황선욱 외	미래엔	2019	55, 126
	수학II	김원경 외	비상교육	2019	118
	미적분	김원경 외	비상교육	2019	80
	미적분	이준열 외	천재교육	2021	89
	미적분	류희찬 외	천재교과서	2020	22
	미적분	고성은 외	신사고	2020	18

5. 문항 해설

[문제 2-1]

미분의 정의에서 극한과정을 잘 이해하면 함수의 값과 미분값을 알 수 있다. 미분의 정의를 잘 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 주어진 조건으로부터 함수값을 찾은 후 이를 이용하여 합성함수의 미분을 계산할 수 있는지, 그리고 수열의 합을 계산할 수 있는지도 평가한다.

[문제 2-2]

정적분의 의미, 특히 적분 구간의 의미를 이해하고 있는지를 평가한다. 수학에서 중요하게 다루는 삼각함수의 성질(주기)과 치환적분을 적절히 사용하여 주어진 정적분을 간단하게 정리할 수 있는 지를 묻는다. 또한 치환적분을 이용하여 정적분의 값을 계산할 수 있는지, 그리고 수열의 극한값을 다른 수열과의 비교를 통해 얻을 수 있는지도 평가한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	극한이 존재한다는 것으로부터 $f(k) = k$ 를 얻으면 +3점 미분의 정의로부터 $f'(k) = k^{\frac{3}{2}}$ 를 얻으면 +3점 합성함수의 미분법으로부터 $g'(n) = n^3$ 를 얻으면 +2점 합을 계산하여 정답을 얻으면 +2점	10
2-2	구간을 π 간격으로 나누어 합으로 표현하면 +3점 치환적분을 하여 구간 $0 \leq u \leq \pi$ 에서의 적분의 합으로 식을 표현하면 +3점 $\int_0^\pi \sin u \cos^2 u \, du = \frac{2}{3}$ 를 얻으면 +3점 $\frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k \right\} \int_0^\pi \sin^5(2u) \cos u \, du$ 의 극한이 0임을 구하면 +3점 최종적으로 정답 $\frac{2}{3}$ 을 얻으면 +3점	15

※ 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 2-1]

$\lim_{x \rightarrow k} \frac{f(x) - k}{x - k}$ 가 극한이 존재하기 위해서는 $f(k) = k$ 이어야 한다. 또한 미분의 정의에 의해

$f'(k) = f(k) \sqrt{f(k)} = k^{\frac{3}{2}}$ 이므로, 합성함수 미분법에 의해 $g'(n) = f'(f(n)) f'(n) = (f'(n))^2 = n^3$ 이다. 따라서 $\sum_{n=1}^{20} g'(n) = \sum_{n=1}^{20} n^3 = \left(\frac{20 \cdot 21}{2} \right)^2 = 44100$ 이다.

[문제 2-2]

우선 적분 구간을 나누어

$$I_n = \sum_{k=0}^{n-1} \int_{k\pi}^{(k+1)\pi} \{ |\sin x| \cos^2 x + \sin^5(2x) \cos x \} dx$$

로 표현한다. 각 적분에 치환적분($u = x - k\pi$)을 한 후, 삼각함수의 성질을 이용하여

$$\begin{aligned} & \int_{k\pi}^{(k+1)\pi} \{ |\sin x| \cos^2 x + \sin^5(2x) \cos x \} dx \\ &= \int_0^\pi \{ |\sin(u + k\pi)| \cos^2(u + k\pi) + \sin^5(2(u + k\pi)) \cos(u + k\pi) \} du \\ &= \int_0^\pi \{ \sin u \cos^2 u + \sin^5(2u) (-1)^k \cos u \} du \end{aligned}$$

를 얻는다. 치환적분($t = \cos u$)에 의해 $\int_0^\pi \sin u \cos^2 u \, du = \frac{2}{3}$ 이므로

$$\frac{I_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \left\{ \frac{2}{3} + (-1)^k \int_0^\pi \sin^5(2u) \cos u \, du \right\} = \frac{2}{3} + \frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k \right\} \int_0^\pi \sin^5(2u) \cos u \, du$$

이다. 그런데 $0 \leq \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k \leq \frac{1}{n}$ (여기서 $\sum_{k=0}^{n-1} (-1)^k$ 는 0 또는 1을 이용하였다.)이므로 $\frac{I_n}{n}$ 의 극한은 $\frac{2}{3}$ 이다.

문항카드 25

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항 번호	자연계열 III(수학) / 문제 3	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	문제 3-1: 수학, 미적분 문제 3-2: 수학, 기하
	핵심 개념 및 용어	문제 3-1: 역함수, 극대, 극소 문제 3-2: 원의 방정식, 벡터의 내적과 성분
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 함수 $y=f(x)$ 의 그래프와 그 역함수 $y=f^{-1}(x)$ 의 그래프는 직선 $y=x$ 에 대하여 대칭이다.
- 점 (x_1, y_1) 과 직선 $px+qy+r=0$ 사이의 거리는 $\frac{|px_1+qy_1+r|}{\sqrt{p^2+q^2}}$ 이다.
- 두 벡터 \vec{OA} 와 \vec{OB} 의 내적을 $\vec{OA} \cdot \vec{OB}$ 로 나타낸다.
- 이차방정식 $ax^2+bx+c=0$ ($a \neq 0$)의 두 근을 α, β 라 하면 $\alpha+\beta = -\frac{b}{a}$, $\alpha\beta = \frac{c}{a}$ 이다.

[문제 3-1] 함수 $f(x) = x + \frac{1}{2(x+1)^2}$ ($x \geq 0$)과 그 역함수 $f^{-1}(x)$ 가 있다. 좌표평면 위에서 $y=f(x)$ 의 그래프 위의 점 A를 지나고 기울기가 -1인 직선을 l 이라 할 때, 직선 l 과 역함수 $y=f^{-1}(x)$ 의 교점을 B라 하자. 두 점 A, B와 원점 O가 이루는 삼각형 OAB의 넓이가 최대가 되게 하는 점 A의 좌표를 구하시오. [10점]

[문제 3-2] 좌표평면 위에 세 점 A(1,0), B(3,0), C(0,2)가 있고, 점 P가 다음을 만족한다.

(가) $\vec{PA} \cdot \vec{PB} = 0$

(나) 두 실수 x, y 에 대하여 $\vec{PC} = x\vec{PA} + y\vec{PB}$ 이다.

$\frac{x+y}{x+3y}$ 의 최댓값을 M , 최솟값을 m 이라 할 때, $mM^2 + Mm^2$ 의 값을 구하시오. [15점]

3. 출제 의도

[문제 3-1]

역함수의 성질을 이용하여 삼각형의 넓이를 함수로 표현하고 미분을 이용하여 극댓값을 구한 후 최댓값을 구할 수 있는지 평가한다.

[문제 3-2]

벡터의 내적과 성분을 잘 이해하고 있는지 확인한다. 이로부터 나온 함수의 최댓값, 최솟값을 원의 성질을 이용하거나 미분을 통하여 구할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제 2015-74호 [별책 8] 수학과 교육과정
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 3-1	[수학] - (4)함수 - ①함수 [10수학04-03] 역함수의 의미를 이해하고, 주어진 함수의 역함수를 구할 수 있다. [미적분] - (2)미분법 - ③ 도함수의 활용 [12미적02-12] 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
문제 3-2	[수학] - (2) 기하 - ③ 원의 방정식 [10수학02-06] 원의 방정식을 구할 수 있다. [기하] - (2) 평면벡터 - ②평면벡터의 성분과 내적 [12기하02-04] 두 평면벡터의 내적의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
고등학교 교과서	수학	배종숙 외	금성출판사	2019	139-151, 233-236
	미적분	고성은 외	좋은책 신사고	2019	102-108
	기하	홍성복 외	지학사	2019	82-97

5. 문항 해설

[문제 3-1]

역함수의 성질을 이용하여 삼각형의 넓이를 함수로 표현하고 미분을 이용하여 극댓값을 구한 후 최댓값을 구한다.

[문제 3-2]

벡터의 내적을 이용하여 P가 원이 됨을 안다. 벡터 성분 계산을 통하여 주어진 식을 P의 좌표를 표현한다. 이로부터 나온 함수의 최댓값, 최솟값을 원의 성질을 이용하거나 미분을 통하여 구한다.

6. 채점 기준

하위문항	채점 기준	배점
문제 3-1	$h(t) = \frac{1}{4} \left(2t + \frac{1}{2(t+1)^2} \right) \frac{1}{(t+1)^2}$ 구하면 +5점 미분하여 $t = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 구하면 +3점 $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}, \frac{\sqrt{5}+1}{4} \right)$ 구하면 +2점	10
문제 3-2	원 $(a-2)^2 + b^2 = 1$ 임을 보이면 +3점 $x+y = \frac{b-2}{b}$ 와 $x+3y = -\frac{2a}{b}$ 을 보이면 +5점 $mM(m+M) = \frac{1}{3}$ 구하면 +7점	15

7. 예시 답안

[문제 3-1]

$A(t, t + \frac{1}{2(t+1)^2})$ 일 때, 역함수의 성질에 의하여 $B(t + \frac{1}{2(t+1)^2}, t)$ 이다. 점 A 를 지나고 기울기가 -1 인 직선의 방정식은 $x - t + y - (t + \frac{1}{2(t+1)^2}) = 0$ 이므로 원점에서 거리는 $\frac{1}{\sqrt{2}} \left(2t + \frac{1}{2(t+1)^2} \right)$ 이고 선분 AB 의 길이는 $\frac{1}{\sqrt{2}(t+1)^2}$ 이다. 삼각형 OAB 의 넓이를 $h(t)$ 라 하면 $h(t) = \frac{1}{4} \left(2t + \frac{1}{2(t+1)^2} \right) \frac{1}{(t+1)^2}$ 이다. t 에 대하여 미분하면 $h'(t) = \frac{1}{2(t+1)^5} (-t^3 - t^2 + t)$ 을 얻고 $t = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 에서 최댓값을 갖는다. 이때, 점 A 의 좌표는 $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}, \frac{\sqrt{5}+1}{4} \right)$ 이다.

[문제 3-2]

$P(a, b)$ 라 하자. 조건 (가)에서 $(a-2)^2 + b^2 = 1$ 이 나온다. 조건 (나)에서 $x+y = \frac{b-2}{b}$ 와 $a(x+y) - x - 3y = a$ 가 나오고 정리하면 $x+y = \frac{b-2}{b}$ 와 $x+3y = -\frac{2a}{b}$ 이다. 따라서 $\frac{x+y}{x+3y} = \frac{2-b}{2a}$ 이다. $\frac{2-b}{2a} = k$ 로 놓으면 $b = -2ka + 2$ 이고 이것은 $(0, 2)$ 를 지나고 기울기 $-2k$ 인 직선의 방정식이다. k 가 최대, 최소가 되는 것은 원 $(a-2)^2 + b^2 = 1$ 에 접할 때이다. $(2, 0)$ 에서 직선에 이르는 거리는 $\frac{|4k-2|}{\sqrt{4k^2+1}} = 1$ 이고 정리하면 $12k^2 - 16k + 3 = 0$ 이다. $M = \frac{4+\sqrt{7}}{6}$, $m = \frac{4-\sqrt{7}}{6}$ 근과 계수의 관계에 의하여 $mM^2 + Mm^2 = mM(m+M) = \frac{3}{12} \times \frac{16}{12} = \frac{1}{3}$ 이다. (참고로 $M = \frac{4+\sqrt{7}}{6}$, $m = \frac{4-\sqrt{7}}{6}$ 이다.)

[문제 3-2 별해]

$\frac{x+y}{x+3y} = \frac{2-b}{2a}$ 에서 $(a-2)^2 + b^2 = 1$ 을 고려하여 $a = 2 + \cos\theta$, $b = \sin\theta$ 을 대입한다.

$\frac{x+y}{x+3y} = \frac{2-\sin\theta}{4+2\cos\theta}$ 이 되고 우변을 θ 에 대하여 미분하여 극대, 극소를 구하면 $M = \frac{4+\sqrt{7}}{6}$,

$m = \frac{4-\sqrt{7}}{6}$ 이고 $mM(m+M) = \frac{1}{3}$ 이 된다.

문항카드 26

1. 일반정보		
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 III(생명과학) / 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	생명과학 탐구 방법, 노폐물의 배설, 특이적 방어작용, 백신
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

<p>(가) 세포 호흡은 주로 세포의 미토콘드리아에서 일어나며, 포도당이 산소와 반응하여 이산화 탄소와 물로 분해되면서 에너지가 방출된다. ATP는 생명 활동에 직접적으로 사용되는 에너지원으로, 인산기와 인산기 사이의 결합이 끊어져 ADP와 무기 인산으로 분해되면서 에너지를 방출한다. ADP는 세포 호흡에서 방출되는 에너지를 공급받아 다시 ATP로 합성된다. 우리 몸에서 ATP가 분해되어 방출된 에너지는 화학 에너지, 기계적 에너지, 열에너지 등으로 전환되어 물질 합성, 근육 운동, 체온 유지, 생장 등 다양한 생명 활동에 사용된다.</p> <p>(나) 모든 의식적인 몸의 움직임은 신경계의 명령에 따라 골격근이 수축하고 이완함으로써 일어난다. 골격근은 여러 개의 근육 섬유 다발로 구성되고, 각각의 근육 섬유는 많은 근육 원섬유로 이루어진다. 근육 원섬유 마디는 근수축의 기본 단위로, 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 일부분 겹쳐 배열된다. 근육 원섬유 마디를 구분하는 경계선을 Z선이라고 하는데, 액틴 필라멘트는 Z선에 결합하여 근육 원섬유 마디의 중심으로 뻗어 있다. 현미경으로 근육 원섬유를 관찰하면 근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트가 있는 부분은 어둡게 보여 A대(암대)라 하고, Z선 주위의 액틴 필라멘트만 있는 부분은 밝게 보여 I대(명대)라고 한다. 근육 섬유의 세포막과 접해 있는 운동 뉴런의 축삭 돌기 말단에 활동 전위가 도달하면 축삭 돌기 말단의 시냅스 소포에서 아세틸콜린이 방출된다. 그 결과 근육 섬유의 세포막이 탈분극되고 활동 전위가 발생하여 근육 원섬유가 수축한다. 근육 수축은 근육 원섬유 마디를 구성하는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면서 일어나며, 이때 ATP가 소모된다. 근육이 수축하면 마이오신 필라멘트가 있는 A대의 길이는 변하지 않고, 액틴 필라멘트만 있는 I대가 짧아지며, 액틴 필라멘트와 액틴 필라멘트 사이의 H대는 짧아지거나 사라진다. 이와 같은 근육 수축의 이론을 활주설이라고 한다.</p> <p>(다) 우리 몸으로 병원체가 들어오면, 몸에서는 스스로를 보호하는 방어 작용이 일어나는데, 이러한 방어 작용을 면역이라고 한다. 방어 작용에는 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용이 있다. 비특이적 방어 작용은 선천적인 것으로 여러 병원체에 비특이적으로 일어나며, 병원체에 감염된 경험 여부와 관계없이 신속하게 일어나는 면역 반응이다. 특이적 방어 작용은 항원의 종류의 종류를 인식하고 이에 따라 선별적으로 작용하며, 백혈구의 일종인 T 림프구와 B 림프구에 의해 이루어진다. T 림프구의 한 종류인 세포독성 T 림프구는 병원체에 감염된 세포를 직접 인식하여 파괴하는 세포성 면역을 통해 병원체를 제거한다. T 림프구의 또 다른 종류인 보조 T 림프구는 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화되도록 촉진한다. 형질 세포로부터 생성된 항체는 항원과 결합하여 항원을 무력화시킨다. 이처럼 항체에 의한 면역 반응을 체액성 면역 반응이라고 한다.</p> <p>(라) 항원이 처음 침입하면 1차 면역 반응이 일어난다. 1차 면역 반응에서는 침입한 항원에 특이적인 항체를 생산하기까지 시간이 오래 걸리며 항체 생산량도 많지 않다. 1차 면역 반응에서 활성화된 B 림프구의 일부는 기억 세포로 분화한다. 기억 세포는 동일한 항원이 다시 침입하면 형질 세포로 빠르게 분화하고</p>
--

다량의 항체를 생산하여 신속하게 항원을 제거한다. 이러한 방어작용의 기억 능력을 이용하는 것이 백신의 원리이다. 백신에는 약화되었거나 죽은 병원체 또는 병원체의 일부분이 담겨 있다. 병원체의 독성은 약화되었지만 항원으로 작용하기 때문에 백신은 체내에서 항체와 기억 세포의 생성을 유도한다.

[문제 4-1] 다리 근육 기능에 이상이 있는 질환의 원인을 찾기 위해 다음과 같이 실험을 진행하고 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

I. 근육 기능이 정상인 철주와 근육 기능에 이상이 있는 민수, 선우의 다리에서 소량의 근육을 각각 채취하였다.

II. 채취한 근육 조직의 이완 시와 수축 시에, 근육 세포 내의 무기 인산량과 근육 세포에 접한 운동 뉴런에서 방출되는 아세틸콜린양을 각각 물질 분석기로 측정하여 <표 1>에 나타내었다.

III. 채취한 근육 조직이 이완 상태일 때 조직의 절편을 만들고, 전자현미경을 통해 근육 원섬유 마디를 구성하는 각 부위의 길이를 측정하여 <표 2>에 정리하였다.

<표 1> 물질 함유량 분석 결과 (수치는 상댓값)

구분	철주		민수		선우	
	전	후	전	후	전	후
무기 인산량	1.0	55.0	1.0	1.1	1.0	22.5
아세틸콜린양	1.0	24.0	1.0	23.7	1.0	24.1

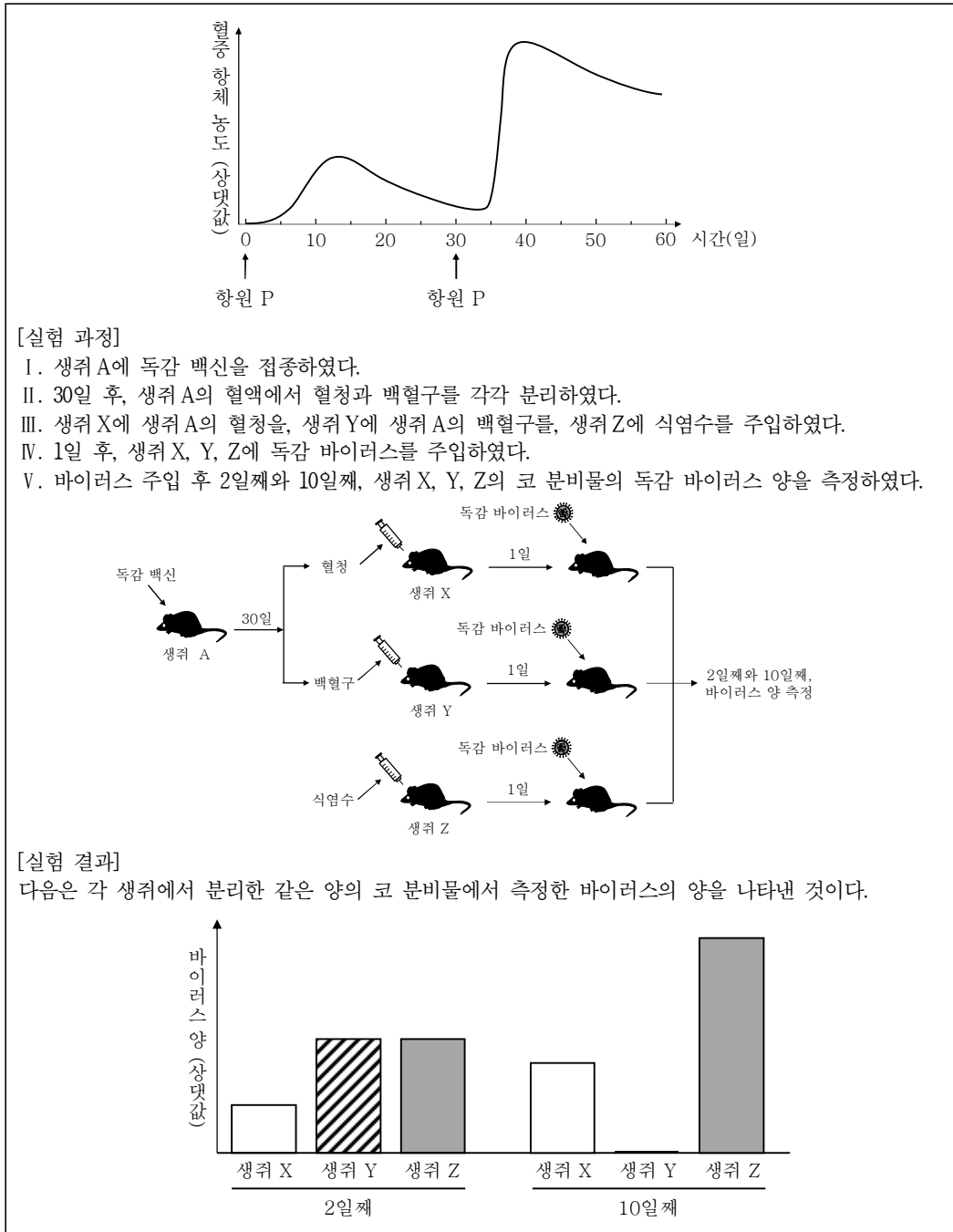
<표 2> 전자현미경을 통한 관찰 결과 (단위: mm)

구분	철주	민수	선우
I 대 길이	0.71	1.86	0.73
A 대 길이	1.52	0	1.51
H 대 길이	0.34	0	0.35
Z 선 사이의 길이	2.23	1.86	2.24

[문제 4-1] 위의 실험 결과를 통합적으로 해석하여 민수와 선우 두 사람의 근육 질환의 원인을 각각 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [15점]

[문제 4-2] 다음은 독감 백신의 효능을 알아본 실험이다.

[자료]
 다음은 생쥐에 항원 P를 주입하였을 때, 혈중 항-P 항체 농도의 변화를 나타낸 것이다.



[실험 과정]

- I. 생쥐 A에 독감 백신을 접종하였다.
- II. 30일 후, 생쥐 A의 혈액에서 혈청과 백혈구를 각각 분리하였다.
- III. 생쥐 X에 생쥐 A의 혈청을, 생쥐 Y에 생쥐 A의 백혈구를, 생쥐 Z에 식염수를 주입하였다.
- IV. 1일 후, 생쥐 X, Y, Z에 독감 바이러스를 주입하였다.
- V. 바이러스 주입 후 2일째와 10일째, 생쥐 X, Y, Z의 코 분비물에서 독감 바이러스 양을 측정하였다.

[실험 결과]

다음은 각 생쥐에서 분리한 같은 양의 코 분비물에서 측정된 바이러스의 양을 나타낸 것이다.

[문제 4-2] 위 자료와 실험 결과를 바탕으로 바이러스 주입 후 2일째와 10일째의 생쥐 X, Y, Z에서 바이러스 양이 서로 차이가 나는 이유를 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 논리적으로 서술하시오. (단, 실험에 사용한 생쥐는 유전적으로 동일하고 이전에 독감 바이러스에 노출된 적이 없다.) [15점]

3. 출제 의도

[문제 4-1]

ATP는 생명 활동에 직접적으로 사용되는 에너지원으로, ATP가 분해되어 방출된 에너지는 근육 운동, 물질 합성, 성장 등 다양한 생명 활동에 사용된다. [문제 4-1]에서는 근육 기능에 이상이 있는 사람의 근육 조직을 채취하여 물질 분석 및 현미경 관찰을 통해 얻어진 결과를 해석하여 질병의 원인을 추론하는 능력을 평가하고자 하였다. 또한 서로 다른 종류의 실험 결과를 통합적으로 해석하여 질병의 원인을 추론하는 문제로서, 학생들의 데이터 해석력, 논리적 사고력, 추론 능력을 종합적으로 측정하고자 하였다. 실험 과정 순서에 따라 실험이 이루어지는 상황을 정확히 이해하고, <표 1>의 결과를 분석하면 민수와 선우의 아세틸콜린의 분비량은 철주와 비교하여 차이가 없음을 통해 근육 조직에 전달되는 신경 자극 전달 과정에는 문제가 없음을 알 수 있다. 그러나 민수는 철주와 비교했을 때 근육 자극 후 생성된 무기 인산의 양이 자극 전과 비교하여 봤을 때 증가하지 않는 것으로 보아 ATP를 사용하는 과정에 문제가 있음을 알 수 있다. 또한 선우는 무기 인산의 생성량이 철주에 비해 반으로 감소한 것을 알 수 있다. 이와 더불어 <표 2>의 전자현미경 관찰 결과에 의하면 선우는 철주와 같이 정상인 것을 알 수 있으나, 민수는 근육 조직 구성 자체에 문제가 있음을 알 수 있다. <표 1>과 <표 2>의 결과를 통합적으로 분석하고 추론해 보면, 민수는 암대를 이루고 있는 마이오신 단백질을 근육세포가 생성하지 못해서 생기는 질환으로 따라서 ATP를 사용하여 근육을 움직일 수 있는 능력이 없음을 알 수 있다. 선우는 근육 조직의 구성에는 문제가 없으나, 마이오신 단백질의 ATP 분해 능력 또는 생성 능력이 정상에 비해 50% 정도 수준으로 떨어져서 나타난 질환임을 알 수 있다. 이를 통해 실제 측정한 실험 결과를 통합적으로 해석하고, 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 확인하는 문제이다.

[문제 4-2]

바이러스와 같은 병원체 감염에 의해 유도되는 특이적 면역반응은 기억 세포의 생산을 유도하여 병원체 재감염을 효과적으로 막을 수 있다. 본 문제에서는 주어진 자료를 통합적으로 해석하여, 특이적 면역 반응의 특성을 바탕으로 백신의 특성을 정확히 이해할 수 있는 능력을 평가한다.

이를 위해, 제시문을 읽고 실험 결과를 이해하여 감염 후 2일째와 10일째의 각 생쥐에서 바이러스 양의 차이가 나는 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지를 확인한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용	
제시문	(가) 생명과학 1 (2) 사람의 물질대사 [12생과 1 02-01] 물질대사 과정에서 생성된 에너지가 생명 활동에 필요한 ATP로 저장되고 사용됨을 이해하고, 소화, 호흡, 순환 과정과 관련되어 있음을 설명할 수 있다. [12생과 1 02-02] 세포 호흡 결과 발생한 노폐물의 배설 과정을 물질대사와 관련하여 설명할 수 있다.
	(나) 생명과학 1 (3) 항상성과 몸의 조절 [12생과 1 03-02] 근섬유의 구조를 이해하고, 근수축의 원리를 활주설로 설명할 수 있다.

	(다)	생명과학 I (3) 항상성과 몸의 조절 [12생과 I 03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어 작용과 비특이적 방어 작용을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
	(라)	생명과학 I (3) 항상성과 몸의 조절 [12생과 I 03-07] 백신의 작용 원리를 항원 항체 반응과 관련지어 이해하고, 백신으로 예방하기 힘든 질병을 조사하여 그 이유를 토의할 수 있다.
하위문항	문제 4-1	생명과학 I (2) 사람의 물질대사 [12생과 I 02-01] 물질대사 과정에서 생성된 에너지가 생명 활동에 필요한 ATP로 저장되고 사용됨을 이해하고, 소화, 호흡, 순환 과정과 관련되어 있음을 설명할 수 있다. [12생과 I 02-02] 세포 호흡 결과 발생한 노폐물의 배설 과정을 물질대사와 관련하여 설명할 수 있다.
		(3) 항상성과 몸의 조절 [12생과 I 03-02] 근섬유의 구조를 이해하고, 근수축의 원리를 활주설로 설명할 수 있다.
	문제 4-2	생명과학 I (3) 항상성과 몸의 조절 [12생과 I 03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어 작용과 비특이적 방어 작용을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 I 03-07] 백신의 작용 원리를 항원 항체 반응과 관련지어 이해하고, 백신으로 예방하기 힘든 질병을 조사하여 그 이유를 토의할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	심규철 외 5인	비상	2018	35, 59, 101
	생명과학 I	이준규 외 5인	천재교육	2018	33, 75, 104
	생명과학 I	오현선 외 5인	미래엔	2018	38, 78, 108, 109, 114
	생명과학 I	김윤택 외 4인	동아출판	2018	35, 65, 102
	생명과학 I	심재호 외 5인	금성출판사	2018	46, 83
	생명과학 I	전상학 외 7인	지학사	2018	34, 78, 94-95, 98

5. 문항 해설

[문제 4-1]

[문제 4-1]에서는 근육 기능에 이상이 있는 사람의 근육 조직을 채취하여 물질 분석 및 현미경 관찰을 통해 얻어진 결과를 해석하여 질병의 원인을 추론하는 능력을 확인하고자 하였다. 실험 과정 순서에 따라 실험이 이루어지는 상황을 정확히 이해하고, <표 1>의 결과를 분석하면 민수와 선우의 아세틸콜린의 분비량은 철주와 비교하여 차이가 없음을 통해 근육 조직에 전달되는 신경 자극 전달 과정에는 문제가 없음을 알 수 있다. 그러나 민수는 철주와 비교했을 때 근육 자극 후 생성된 무기 인산의 양이 자극 전과 비교하여 봤을 때 증가하지 않는 것으로 보아 ATP를 사용하는 과정에 문제가 있음을 알 수 있다. 또한 선우는 무기 인산의 생성량이 철주에

비해 반으로 감소한 것을 알 수 있다. 이와 더불어 <표 2>의 전자현미경 관찰 결과에 의하면 선우는 철주와 같이 정상인 것을 알 수 있으나, 민수는 근육 조직 구성 자체에 문제가 있음을 알 수 있다. <표 1>과 <표 2>의 결과를 통합적으로 분석하고 추론해 보면, 민수는 암대를 이루고 있는 마이오신 단백질을 근육세포가 생성하지 못해서 생기는 질환으로 따라서 ATP를 사용하여 근육을 움직일 수 있는 능력이 없음을 알 수 있다. 선우는 근육 조직의 구성에는 문제가 없으나, 마이오신 단백질의 ATP 분해 능력 또는 생성 능력이 정상에 비해 50% 정도 수준으로 떨어져서 나타난 질환임을 알 수 있다. 이를 통해 실제 측정된 실험 결과를 통합적으로 해석하고, 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 확인하는 문제이다.

[문제 4-2]

우리 몸에 병원체가 들어오면, 몸에서 비특이적 면역반응과 특이적 면역반응이 일어난다. 이 중 특이적 면역반응은 항원의 종류를 인식하여 선별적으로 작용하며, 기억 면역 세포를 형성하여 동일한 병원체가 다시 침입하는 경우, 병원체를 빠르게 무력화시킨다. 백신은 이러한 면역 작용의 기억 능력을 이용한다. 실험 과정에서, 생쥐 A의 혈청에 항-독감 바이러스 항체가 포함되어 있으므로, 혈청이 전달된 생쥐 X에서 바이러스 주입 후 2일째와 10일째에 생쥐 X에서 검출된 바이러스 양이 대조군 생쥐인 생쥐 Z에서보다 적음을 추론할 수 있다. 하지만, 제시문 (라)와 [자료]를 통해 1차 면역 반응에서 항체를 생산하기까지 시간이 오래 걸리며 항체 생산량도 많지 않다는 것을 알 수 있다. 따라서, 전달된 혈청에 충분한 양의 항체가 포함되어 있지 않기 때문에, 생쥐 X에서 바이러스가 완전히 제거되지 않았음을 추론할 수 있다. 제시문 (다)와 (라)를 통해, 생쥐 Y로 전달된 백혈구에 독감 바이러스 특이적인 기억 세포가 포함되어 있음을 알 수 있다. 하지만, 주어진 [자료]에 따르면, 2차 면역 반응에서 혈중 항체 농도가 증가하기까지 최소 5일이 소요되므로, 바이러스 주입 2일째에는 생쥐 Y에서 바이러스 양이 줄어들지 않았으나, 10일째에는 기억 세포로부터 분화한 형질세포가 다량의 항체를 생성하여 바이러스가 감소하였음을 추론할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-1	<표 1>을 분석하여 민수의 근육은 ATP를 활용하지 못하고, 선우는 정상인 철주 대비 50%의 활성을 갖고 있음을 논리적으로 설명하면,	4
	<표 1>을 분석하여 민수와 선우 모두 신경세포로부터 근육 자극 전달에는 문제가 없음을 찾으면,	2
	제시문 (나)를 통해 선우의 근육 원섬유 구조에는 문제가 없음을 제시하고, 민수의 근육 원섬유 구조에 마이오신 단백질이 발현되지 않아 A대(암대)와 H대가 형성되지 않고 명대만 형성되어 있음을 제시하면,	5
	따라서 민수의 근육 질환은 마이오신 단백질이 만들어지지 않아 ATP 사용량이 없고 근육 원섬유 구조 이상에 의한 질병임을 추론하고, 선우는 마이오신 단백질은 정상적으로 발현하나 ATP 활용 능력이 저하되어 나타나는 질환임을 논리적으로 제시하면,	4
문제 4-2	생쥐 X에 전달된 혈청에 생쥐 A의 항바이러스 항체가 포함되어 있음을 제시	2
	혈청에 포함되어 전달된 항체로 인하여 생쥐 X의 바이러스 양이 생쥐 Z에 비해 적음을 제시	3
	생쥐 X에 전달된 혈청에 바이러스를 완전히 제거하기 위한 충분한 항체가 포함되어	3

있지 않았음을 제시	
생쥐 Y에 전달된 백혈구에 기억 세포가 포함되어 있음을 제시	2
생쥐 Y에 전달된 기억세포에 의해 바이러스가 10일째에 크게 감소하였음을 제시	3
기억 세포가 활성화되어 항체를 충분히 생산하기까지 5일 이상의 시간이 필요하므로, 바이러스 주입 2일째에는 생쥐 Y에서 바이러스가 줄어들지 않았음을 제시	2

7. 예시 답안

[문제 4-1]

- 제시문 (가)를 통해 무기 인산은 ATP를 사용하여 에너지를 소비하는 과정에서 ADP와 함께 생성됨을 알 수 있다. 정상인 철주의 무기 인산량 대비 민수는 거의 생산이 되지 않았고, 선우는 ATP 사용량 또는 생산량이 정상에 비해 절반 정도로 감소하였다. 따라서 민수와 선우의 근육에서 ATP를 활용한 근육을 움직이는 과정이 정상적으로 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.
- 제시문 (나)를 통해 아세틸콜린 분비량에는 정상인 철주 대비 민수와 선우에서 변화가 없는 것으로 보아 근육을 움직일 수 있는 신경 자극 전달 과정은 정상임을 알 수 있다.
- <표 2> 결과를 통해 선우의 근육 세포 구조는 정상임을 알 수 있고, 민수의 근육 세포는 근육이 완성되는 상황에서도 Z선 사이 길이와 I대 길이가 같은 것을 알 수 있다. 이는 액틴 필라멘트는 정상이나 A대와 H대를 관찰할 수 없고, 마이오신 단백질이 근육 원섬유 내에 존재하지 않음을 추론할 수 있다.
- 따라서 실험 결과와 제시문을 통합적으로 분석해 보면, 민수는 ATP를 활용해 근수축을 할 수 있는 마이오신 단백질이 발현되지 않아 생기는 근육 질환이고, 선우는 마이오신 단백질은 발현되고 있으나, ATP를 활용하는 능력이 정상에 비해 부족해서 생기는 근육 질환임을 추론할 수 있다.

[문제 4-2]

- 생쥐 X로 전달된 혈청에 항-바이러스 항체가 포함되어 있으므로, 바이러스 주입 2일째와 10일째의 생쥐 X에서 검출된 바이러스 양이 대조군 생쥐인 생쥐 Z에서보다 적다.
- 제시문 (라)와 [자료]를 통해 1차 면역 반응에서는 항체를 생산하기까지 시간이 오래 걸리며 항체 생산량도 많지 않다는 것을 알 수 있다. 따라서, 바이러스 주입 2일째와 10일째, 생쥐 X에서 바이러스가 완전히 제거되지 않은 이유는, 전달된 혈청에 충분한 양의 항체가 포함되어 있지 않기 때문이라고 추론할 수 있다.
- 제시문 (다)와 (라)를 통해, 생쥐 Y로 전달된 백혈구에는 독감 바이러스 특이적인 기억 세포가 포함되어 있음을 알 수 있다. 따라서, 독감 바이러스를 주입된 생쥐 Y에서 기억 세포가 형질 세포로 빠르게 분화하고 다량의 항체를 생성하여, 바이러스 주입 10일째에 독감 바이러스가 크게 감소하였음을 추론할 수 있다.
- 하지만, 주어진 [자료]에 따르면, 2차 면역 반응에서 혈중 항체 농도가 증가하기까지 최소 5일이 소요되므로, 바이러스 주입 2일째에는 생쥐 Y에서 바이러스 양이 줄어들지 않았다.

문항카드 27

1. 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 III(물리) / 문제 [4-1], 문제 [4-2]	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I, 물리학 II
	핵심개념 및 용어	역학적 에너지 보존, 전류에 의한 자기장
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (바)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 물체에 알짜힘이 작용하지 않는 한, 물체는 정지 상태나 일정한 속도로 움직이는 상태를 유지한다. 이를 뉴턴 운동 제1 법칙이라고 한다. 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 그 물체가 가속되고 그 가속도의 크기 a 는 물체에 작용하는 알짜힘 F 에 비례하고 질량 m 에 반비례한다. 이를 뉴턴 운동 제2 법칙이라 한다. 질량이 1 kg 인 물체에 1 N 의 힘을 작용하면 물체의 가속도는 1 m/s^2 이다. 한 물체가 다른 물체에 힘을 작용하면 동시에 다른 물체도 그 물체에 같은 크기의 힘을 반대 방향으로 작용한다. 이를 뉴턴 운동 제3 법칙이라고 한다.

(나) 경사각이 θ 인 빗면에 질량이 m 인 물체가 중력에 의해 미끄러질 때, 빗면에 수직인 방향의 중력 성분과 빗면이 물체를 밀어내는 힘의 크기는 같고 방향이 반대여서 힘의 평형을 이룬다. 마찰이나 공기 저항을 무시하면, 물체의 운동 방향과 같은 방향으로 작용하는 알짜힘은 빗면에 나란한 방향의 중력 성분이며 그 크기는 $mg\sin\theta$ 이다. 이때 g 는 중력 가속도이며 중력에 의하여 물체가 지표면으로 낙하할 때의 가속도이다.

(다) 물체에 힘을 작용하여 일을 하면 일을 한 만큼 물체의 에너지가 증가하거나 그 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환된다. 질량 m 인 물체가 속력 v 로 움직일 때 운동 에너지 E_k 는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 물체가 지면으로부터 높이 h 에서 가지고 있는 중력에 의한 에너지를 중력 퍼텐셜 에너지 E_p 라 하고 $E_p = mgh$ 로 나타낸다. 여기에서 g 는 중력 가속도이다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다. 마찰이나 공기 저항이 없을 때 역학적 에너지는 다음과 같이 보존된다.

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{일정}$$

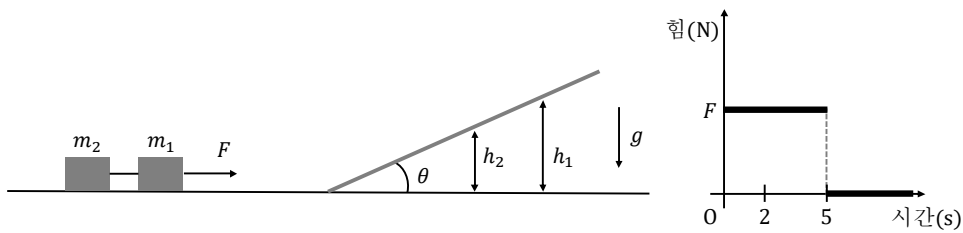
(라) 자석은 항상 N극과 S극의 두 극을 갖는데, 같은 극끼리는 서로 밀어내는 힘이 작용하고, 다른 극끼리는 서로 당기는 힘이 작용한다. 이와 같은 힘을 자기력이라고 하고, 자기력이 작용하는 공간을 자기장이라고 한다. 자기장의 방향은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향으로 나타낸다.

(마) 직선 도선에 전류가 흐를 때 그 주변에 생기는 자기장의 방향은 오른손 법칙으로 알 수 있다. 오른손 엄지손가락이 전류의 방향을 향하게 하고 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줄 때 네 손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이다. 무한히 긴 직선 도선으로부터 수직으로 거리 r 만큼 떨어진 지점에서의 자기장의 세기 B 는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고 거리 r 에 반비례한다.

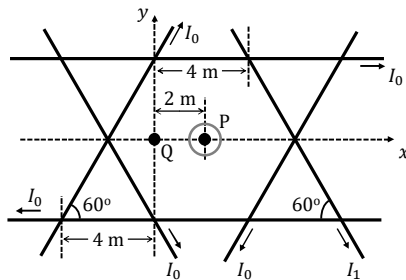
(바) 원형 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장의 방향은 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다. 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기 B 는 전류의 세기에 비례하고 도선이 만드는 원의 반지름에 반비례한다.

[문제 4-1] 그림과 같이 평면에서 질량이 m_1 인 물체와 질량이 m_2 인 물체가 실로 연결되어 같이 직선 운동을 한다. 시각 $t = 0$ s 에 정지하였던 두 물체를 힘 F 로 끌기 시작하였다. 시각 $t = 2$ s 에 실이 끊어져 질량이 m_1 인 물체에만 같은 힘을 3초 동안 작용하였다. 그 후 질량이 m_1 인 물체와 질량이 m_2 인 물체는 직선 운동을 유지하다 비탈면을 만나 각각 최대 높이 h_1 과 h_2 까지 올라갔다. 제시문 (가) - (다)에 근거하여 시간 t ($2\text{s} < t < 5\text{s}$) 에서 두 물체의 속력을 F, m_1, m_2, t 로 나타내고, 최대 높이 비인 $\frac{h_1}{h_2}$ 을 m_1 과 m_2 로 나타내시오.

오. 또한 $m_1 = 0.1\text{kg}$ 이고 $\frac{h_1}{h_2} = 49$ 일 때, 질량 m_2 를 논리적으로 구하시오. (단, 비탈면의 길이는 충분히 길고, 두 물체는 충돌하지 않고, 실의 질량, 물체의 크기, 마찰 및 공기 저항은 무시하며, 중력 가속도 g 는 10 m/s^2 이다.) [15점]



[문제 4-2] 그림과 같이 xy 평면에 서로 평행한 세 쌍의 무한히 긴 직선 도선이 있고 일정한 전류 I_0 과 $I_1 = 3I_0$ 이 화살표 방향으로 각각 흐른다. 이때 6 개의 직선 도선이 만드는 정육각형의 중심점 P 에서 자기장 B_0 을 측정하였다. 점 P 에 반지름이 r 인 원형 도선을 두고 전류 $I_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{A}$ 를 흘려 P 에서 자기장을 0 으로 만들었다. 그 후, 원형 도선의 중심을 x 축을 따라 점 Q 에 위치시키고 원형 도선에 흐르는 전류의 세기를 다시 조절하여 Q 에서 자기장 B 를 0 으로 만들었다. 제시문 (라) - (바)에 근거하여 점 Q 에 있는 원형 도선에 흐르는 전류 I 의 크기와 방향을 논리적으로 구하시오. (단, $I_0 \neq 0$ 이다.) [15점]



3. 출제 의도

역학은 고등학교 물리 I 역학과 에너지 단원, 고등학교 물리 II 역학적 상호작용 단원에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 또한, 전류와 자기장은 고등학교 물리 I 단원 II 물질과 전자기장에서 다루어지고 있는 물리학의 기본 분야이다. 본 문항 평가에는 뉴턴의 운동 제2법칙을 이해하고, 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 물체의 운동을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였고, 전류와 자기장에서는 전류에 의한 자기장이 나타나는 물리적 상황을 수리적으로 해석하는 문제를 출제하였다.

[문제 4-1]

물체의 운동과 에너지를 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 뉴턴의 운동 법칙을 이해하고 직선 상에서 물체의 운동 상태 변화를 예측할 수 있다. 힘이 두 물체에 작용하다가 실이 끊어져 힘이 한 물체에만 작용하기 때문에 2초 후 물체의 속도가 달라진다. 따라서 문제에서 주어진 조건을 이용하여 시간에 따른 물체의 가속도와 속도를 구할 수 있다. 또한 물체의 등가속도 운동을 기술하기 위해서 중력을 빗면에 나란한 힘과 빗면에 수직인 힘으로 분해할 수 있다. 이후 물체는 빗면을 따라 올라가며 운동 에너지가 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 역학적 에너지는 보존됨으로 물체의 최대 올라간 위치를 통해 빗면을 오르기 전에 물체의 속력을 구할 수 있다. 본 문항의 평가에서는, 일차원 직선 운동, 뉴턴 운동 법칙, 역학적 에너지 보존 법칙을 이해하고 물체의 운동을 논리적으로 분석하는 문제 해결력을 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

[문제 4-2]

전자기장은 고등학교 물리에서 다루는 주요 분야 중 하나이다. 문제 4-2는 전자기 현상 중 전류에 의한 자기 작용을 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 전류가 흐르는 도선 주위에 발생하는 자기장을 이해할 수 있다. 직선 도선 주위에 발생하는 자기장과 원형 도선 주위에 발생하는 자기장 크기와 방향을 예측할 수 있다. 이때 자기장은 수직 거리에 반비례하고 도선에 흐르는 전류의 크기에 비례한다. 문제에서 수직 거리를 알면 일정한 전류가 흐르는 직선 도선의 자기장을 구할 수 있다. 또한, 이를 상쇄시키는 자기장의 크기를 원형 도선에 흐르는 전류로 나타낼 수 있다. 물리1 과목 물질과 전기장 영역에서 배우는 물질과 전자기장의 기본 개념을 이해하면 비례 관계를 이용해 문제를 해결할 수 있다. 물리 교과 과정을 바탕으로 문제 해석 능력, 추론 능력, 수리적 능력과 문제 해결력을 종합적으로 평가하며, 중간 수준의 난이도를 갖는 문제이다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용	
제시문	(가) 물리학 I (1) 역학과 에너지 [12물리 I 01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선 상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다.
	(나) 물리학 II (2) 전자기장 [12물리 II 01-01] 평면 상에서 여러 가지 힘이 합성될 때 힘의 벡터를 이용하여 알짜힘을 구할 수 있다.
	(다) 물리학 I

	(1) 역학과 에너지 [12물리 I 01-06] 직선 상에서 운동하는 물체의 역학적 에너지가 보존되는 경우와 열에너지가 발생하여 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우를 구별하여 설명할 수 있다.
(라)	물리학 I (2) 물질과 전자기장 [12물리 I 02-05] 전류에 의한 자기 작용이 일상생활에서 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다.
(마)	물리학 I (2) 물질과 전자기장 [12물리 I 02-05] 전류에 의한 자기 작용이 일상생활에서 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다. 물리학 II (2) 전자기장 [12물리 II 02-06] 전류가 흐르는 도선 주위에 발생하는 자기장을 자기력선으로 표현할 수 있다.
(바)	물리학 I (2) 물질과 전자기장 [12물리 I 02-05] 전류에 의한 자기 작용이 일상생활에서 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다.
하위문항	문제 4-1 물리학 I (1) 역학과 에너지 [12물리 I 01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선 상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다.
	문제 4-2 물리학 I (2) 물질과 전자기장 [12물리 I 02-05] 전류에 의한 자기 작용이 일상생활에서 적용되는 다양한 예를 찾아 그 원리를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	손정우 외	비상교육	2018	19,24
	물리학 I	김성진 외	미래엔	2018	18
	물리학 I	김영민 외	교학사	2018	60,64,65
	물리학 I	곽영직 외	와이비엠	2018	23-28,134
	물리학 I	김성민 외	지학사	2018	123
	물리학 II	강남화 외	천재교육	2018	120, 121

5. 문항 해설

[문제 4-1]

물체의 운동과 에너지를 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 뉴턴의 운동 법칙을 이해하고 직선 상에서 물체의 운동 상태 변화를 예측할 수 있다. 힘이 두 물체에 작용하다가 실이 끊어져 힘이 한 물체에만 작용하기 때문에 2초 후 물체의 속도가 달라진다.

제시문 (가)-(다)를 이용하고 문제에서 주어진 조건을 이용하여, 시간에 따른 물체의 가속도와 속도를 구할 수 있다. 또한 물체의 등가속도 운동을 기술하기 위해서 중력을 빗면에 나란한 힘과 빗면에 수직인 힘으로 분해할 수 있다. 이후 물체는 빗면을 따라 올라가며 운동 에너지가 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 역학적 에너지는 보존됨으로 물체의 최대 올라간 위치를 통해 빗면을 오르기 전에 물체의 속력을 구할 수 있다.

[문제 4-2]

전자기장은 고등학교 물리에서 다루는 주요 분야 중 하나이다. 문제 4-2는 전자기 현상 중 전류에 의한 자기 작용을 이해하고 이를 적용하는 문제이다. 전류가 흐르는 도선 주위에 발생하는 자기장을 이해할 수 있다. 직선 도선 주위에 발생하는 자기장과 원형 도선 주위에 발생하는 자기장 크기와 방향을 예측할 수 있다. 이때 자기장은 수직 거리에 반비례하고 흐르는 전류의 크기에 비례한다.

제시문 (라)-(바)를 이용하고 문제에서 수직 거리를 알면, 일정한 전류가 흐르는 직선 도선의 자기장을 구할 수 있다. 또한, 이를 상쇄시키는 자기장의 크기를 원형 도선에 흐르는 전류로 표현할 수 있다.

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-1	뉴턴의 운동 법칙을 바르게 기술한다.	+3점
	주어진 시간 구간에서 두 물체의 속력을 바르게 구한다.	+3점
	역학적 에너지 보존법칙을 바르게 기술한다.	+3점
	두 물체의 질량비를 이용하여 최대 높이 비를 바르게 나타낸다.	+3점
	주어진 높이 비를 통해 질량 $m_2 = 0.3\text{kg}$ 을 바르게 구한다.	+3점
	※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음. ※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).	
문제 4-2	점 P 에서 직선 도선의 수직 거리를 바르게 구한다.	+3점
	점 P 에서 직선 도선에 의한 자기장 B_0 을 바르게 나타낸다.	+3점
	점 Q 에서 직선 도선의 수직 거리를 바르게 구한다.	+3점
	점 Q 에서 직선 도선에 의한 자기장 B 를 바르게 나타낸다.	+3점
	원형 도선에 흐르는 전류 I 의 크기와 방향을 바르게 구한다.	+3점
	※ 논리 전개가 맞으면 계산이 틀려도 항목 별 점수의 절반 이내에서 부분 점수를 부여할 수 있음. ※ 각 항목 별 답안의 완성도에 따라 ± 0.5 점 부여할 수 있음 (최대 점수 이내).	

7. 예시 답안

[문제 4-1]

▶ 시간 $0 < t < 2s$ 에서 두 물체는 함께 등가속도 운동을 한다. 이 구간에서 두 물체의 가속도는 $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$ 이고, 속력은 $v_1 = v_2 = at = \frac{F}{m_1 + m_2}t$ 이다.

▶ 시간 $2s < t < 5s$ 에서 두 물체가 분리되고 질량이 m_1 인 물체만 힘이 작용하여 가속도가 $a_1 = \frac{F}{m_1}$ 인 등가속도 운동을 하고 질량이 m_2 인 물체는 등속도 운동을 한다.

$$v_1 = \frac{2F}{m_1 + m_2} + \frac{F}{m_1}(t-2), \quad v_2 = \frac{2F}{m_1 + m_2}$$

▶ 시간 $t=5s$ 이후 빗면을 만나 물체가 가진 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 아래와 같이 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 물체가 올라갈 수 있는 최대 높이는 시간 $t=5s$ 에 물체가 가지는 운동 에너지에 의해 결정된다.

▶ $m_1gh_1 = \frac{1}{2}m_1v_1^2$, $m_2gh_2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2$ 이고 두 식을 서로 나누면 아래와 같다.

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(\frac{\frac{2F}{m_1 + m_2} + \frac{3F}{m_1}}{\frac{2F}{m_1 + m_2}}\right)^2 = \left(\frac{5m_1 + 3m_2}{2m_1}\right)^2$$

따라서, $\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{5}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{m_2}{m_1}\right)\right)^2$ 이다.

▶ 만약 $\frac{h_1}{h_2} = 49$ 이고 질량은 양수이므로, $\sqrt{49} = 7 = \left(\frac{5}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{m_2}{m_1}\right)\right)$ 이고 $\frac{m_2}{m_1} = 3$ 임을 알 수 있다. $m_1 = 0.1\text{kg}$ 이기 때문에 $m_2 = 0.3\text{kg}$ 이다.

[문제 4-2]

- ▶ 점 P에서 직선 도선의 수직 거리는 $4\text{m} \times \sin 60^\circ = 2\sqrt{3}\text{m}$ 로 모두 같다.
- ▶ 점 P에서 직선 도선에 의한 자기장 B_0 는 수직 거리에 반비례하며 전류에 비례한다. 전류 I_0 가 정육각형의 중심으로부터 시계방향으로 흐르는 4개의 직선 도선은 자기장이 xy 평면으로 들어가는 방향($-z$ 방향 또는 \otimes)이며 크기는 $\alpha \frac{I_0}{2\sqrt{3}} \times 4$ 로 나타난다. (단, α 는 직선 도선의 비례상수이다.) 전류 I_0 가 반시계 방향으로 흐르는 직선 도선은 자기장이 xy 평면으로 나오는 방향($+z$ 방향 또는 \odot)이며 $\alpha \frac{I_0}{2\sqrt{3}}$ 이다. 전류 $3I_0$ 가 시계방향으로 흐르는 직선 도선은 자기장이 xy 평면으로 들어가는 방향이며 $\alpha \frac{3I_0}{2\sqrt{3}}$ 이다.

$$\text{즉, } B_0 = \alpha \frac{-I_0}{2\sqrt{3}} \times 4 + \alpha \frac{+I_0}{2\sqrt{3}} + \alpha \frac{-3I_0}{2\sqrt{3}} = -\sqrt{3}\alpha I_0,$$

B_0 의 크기는 $\sqrt{3}\alpha I_0$ (또는 $B_0 \propto \sqrt{3}I_0$), xy 평면으로 들어가는 방향이다.

- ▶ P에서 자기장을 0으로 만들어야 하기에 원형 도선에 의한 자기장의 방향은 xy 평면으로 나오는 방향이며 $B = \sqrt{3}\alpha I_0 = \beta \frac{I_2}{r}$ 이다. (단, β 는 원형 도선의 비례상수이다.) 원형 도선에 흐르는 전류 I_2 는 $\frac{\sqrt{3}}{3}A$ 이므로 $I_0 = \frac{1}{3} \frac{\beta}{\alpha} \frac{1}{r} A$ 로 표현된다. (단, r 의 단위를 m이다.)

- ▶ 점 Q에서 전류 I_0 가 정육각형의 중심으로부터 시계방향으로 흐르는 4개의 직선 도선은 각각 $\sqrt{3}\text{m}$, $2\sqrt{3}\text{m}$, $3\sqrt{3}\text{m}$, $2\sqrt{3}\text{m}$ 이며 자기장 방향은 xy 평면으로 들어가는 방향으로 동일하다. 전류 I_0 가 반시계 방향으로 흐르는 직선 도선의 수직 거리는 $\sqrt{3}\text{m}$ 이며 전류 $3I_0$ 가 시계방향으로 흐르는 직선 도선의 수직 거리는 $3\sqrt{3}\text{m}$ 이다.

- ▶ 점 Q에서 직선 도선에 의한 자기장의 크기와 방향은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} B &= \alpha \left(\frac{-I_0}{\sqrt{3}} + \frac{-I_0}{2\sqrt{3}} + \frac{-I_0}{3\sqrt{3}} + \frac{-I_0}{2\sqrt{3}} + \frac{+I_0}{\sqrt{3}} + \frac{-3I_0}{3\sqrt{3}} \right) \\ &= -\frac{7\sqrt{3}}{9}\alpha I_0 \end{aligned}$$

B 의 크기는 $\frac{7\sqrt{3}}{9}\alpha I_0$ (또는 $B \propto \frac{7\sqrt{3}}{9}I_0$), xy 평면으로 들어가는 방향

- ▶ Q에서 자기장을 0으로 만들기 때문에 원형 도선에 의한 자기장의 방향은 xy 평면으로 나오는 방향이며 크기는 $B = \beta \frac{I}{r} = \frac{7\sqrt{3}}{9}\alpha I_0$ 를 만족해야 하고, $I = \frac{7\sqrt{3}}{9} \frac{\alpha}{\beta} I_0 r$ 로 표현된다. 따라서 비례 관계 또는 $I_0 = \frac{1}{3} \frac{\beta}{\alpha} \frac{1}{r} A$ 를 이용하면 원형 도선에 흐르는 전류 I 의 크기와 방향은 다음과 같다.

$$I = \frac{7\sqrt{3}}{27} A, \text{ 반시계 방향}$$

문항카드 28

1. 일반정보		
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	수시 모집 논술	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열 III(화학) / 문제 [4-1], 문제[4-2]	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	몰, 원자량, 분자량, 몰 질량, 탄소 화합물, 공유 결합, 루이스 구조식, 분자의 구조, 전자쌍 반발 이론, 이상 기체 방정식
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

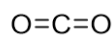
제시문

(가) 원자량은 질량수가 12인 탄소(C) 원자의 원자량을 12로 정하고, 이것을 기준으로 비교한 원자의 상대적인 질량이다. 분자가 아보가드로수(6.02×10^{23} 개)만큼 모인 집단을 그 분자의 1몰(mol)이라고 한다. 분자량은 분자를 이루는 원자들의 원자량을 합한 값이다. 물질 1몰의 질량을 몰 질량이라고 하며, 단위는 g/mol로 나타낸다. 따라서 물질의 질량과 몰 질량을 알면 물질의 양(mol)을 구할 수 있다.

(나) 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 질소(N), 산소(O) 등이 결합하여 이루어진 화합물을 탄소 화합물이라고 한다. 탄소 원자는 원자가 전자가 4개이므로, 최대로 다른 원자 4개와 결합할 수 있어 다양한 종류의 화합물을 만들 수 있다.

(다) 18족 원소 이외의 대부분의 원자들은 전자를 잃거나 얻어서 최외각 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려고 하는데, 이러한 경향을 옥텟 규칙이라고 한다. 비금속 원자들은 전자를 공유함으로써 옥텟 규칙을 만족시키는데, 2개 이상의 원자들이 전자쌍을 공유하면서 형성되는 화학 결합을 공유 결합이라고 한다. 이때 각 원자에 포함된 원자가 전자 중에서 두 원자가 공유하는 전자쌍을 공유 전자쌍, 결합에 참여하지 않는 전자쌍을 비공유 전자쌍이라고 한다. 공유 결합을 형성하는 원자들은 중심 원자와 109.5° , 120° , 180° 등 일정한 결합각을 이룬다. 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠고 있으므로, 반발력이 최소가 되기 위해서 최대한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다. 특히, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 더 크게 나타난다.

(라) 루이스는 공유 결합을 설명하려고 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 찍어 나타내는 방법을 제안하였는데, 이를 루이스 전자점식이라고 한다. 루이스 전자점식으로 표현한 공유 결합 분자의 전자 배치를 간단하게 나타내려면 공유 전자쌍 1개를 결합선(—) 1개로 나타내고 비공유 전자쌍은 생략하기도 하는데, 이것을 루이스 구조식이라고 한다. 1개의 전자쌍을 공유하는 결합을 단일 결합이라고 하며, 결합선 1개로 나타낸다. 두 원자 사이에 공유 전자쌍이 2개와 3개인 공유 결합을 2중 결합과 3중 결합이라고 하며, 각각 결합선 2개와 3개로 나타낸다. 다음은 물(H₂O)과 이산화 탄소(CO₂)의 루이스 구조식이다.



(마) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질 사이의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 반응에 참여한 물질의 분자수비와 몰수비를 의미한다. 이때 몰과 입자수, 몰과 질량, 몰과 기체의 부피 관계를 이용하면 반응물과 생성물의 몰수, 입자수, 질량, 부피를 구할 수 있다.

(바) 기체의 부피는 기체의 몰수와 절대 온도에 비례하고 압력에 반비례한다. 비례 상수(R)를 이용하여 기체의 압력(P), 부피(V), 몰수(n), 절대 온도(T) 간의 관계에 대해 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있고, 이 식을 이상 기체 방정식이라고 한다. 비례 상수 R를 기체 상수라고 한다. □

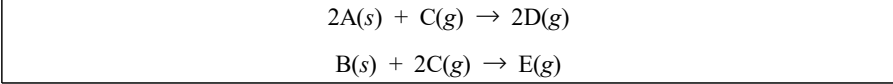
$$PV = nRT$$

하위 문항 1 [문제 4-1] <15점>

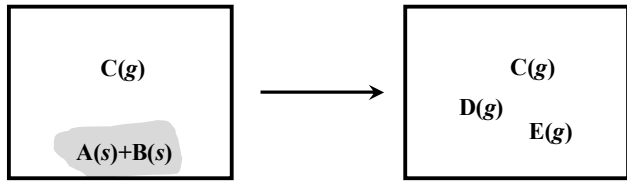
[문제 4-1] 분자식이 $C_xH_yO_z$ 인 탄소 화합물 A가 105g이 있다. 그중에서 탄소에 해당하는 질량은 54g이고, 수소에 해당하는 질량은 3g이다. A의 몰 질량은 70 g/mol이고, A를 이루는 탄소 원자 중 하나는 산소 원자 2개와 다른 탄소 원자 1개와 결합을 이루고 있다. 또한 A의 모든 결합각이 100°보다 크다. 제시문 (가) - (라)에 근거하여 탄소 화합물 A의 분자식을 구하고, 그 루이스 구조식을 제시하시오. 또한 A에서 가장 작은 결합각을 찾아 구조식에 표시하고 그 결합각을 예측하시오. (단, 수소(H), 탄소(C), 산소(O)의 원자량은 각각 1, 12, 16이고, A의 모든 탄소 원자와 산소 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.)

하위 문항 2 [문제 4-2] <15점>

[문제 4-2] 다음은 고체 A와 기체 C가 반응하여 기체 D를 생성하고, 고체 B와 기체 C가 반응하여 기체 E를 생성하는 반응식이다. A와 B의 몰 질량의 비는 2:1이다.



같은 몰수의 A와 B가 섞여 있는 고체 시료 7.2g이 부피가 6L로 일정한 용기에 담겨있다. 이 용기에 충분한 양의 C를 가득 채워 반응 전에는 300 K의 온도에서 1 atm의 압력이 되었다. 반응이 진행되어 A와 B가 전부 소모된 후 같은 온도에서 용기의 압력이 0.68 atm이 되었을 때, 제시문 (가), (마), (바)에 근거하여 반응 전 A의 몰수와 몰 질량(g/mol)을 논리적으로 구하시오. (단, 고체 시료의 부피는 무시하고, A, B, D, E는 서로 반응하지 않는다. 기체 상수 R의 값은 0.08 atm · L/(mol · K)이다.)



3. 출제 의도

본 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정에 대한 전반적인 이해도 및 문제 해결 능력을 평가하고자 하였다. 하위 문항 [4-1]에서는 화학 I 교과에 대한 전반적인 이해도 및 응용 능력을 평가하고자 하였다. 구체적으로 ‘I. 화학의 첫걸음’에서 다루는 탄소 화합물, 물, 분자량, 몰 질량 등의 개념과 ‘III. 화학 결합과 분자의 세계’에서 다루는 공유 결합, 루이스 구조식, 분자의 구조, 전자쌍 반발 이론에 대한 개념을 다루었다. 물질의 질량과 몰 질량과의 관계를 통해 탄소 화합물의 분자식을 구하고, 공유 결합으로 형성된 이 분자의 루이스 구조를 그리며, 전자쌍 반발 이론에 근거하여 그 결합각들을 예측하는 것을 질문함으로써 주어진 개념들에 대한 통합적인 이해도를 가늠하고 올바른 결론을 도출해내기 위한 사고 능력을 측정하고자 하였다. 하위 문항 [4-2]에서는 화학 I에서 다루는 화학 반응식과 화학 II에서 다루는 이상 기체의 성질에 대한 개념을 빠르게 연계하여, 화학 반응에서의 양적 관계를 논리적으로 도출해 낼 수 있는지 물어보는 문제이다. 부피가 변하지 않는 한 용기에서 고체 혼합물과 기체 화합물 간의 반응이 진행될 때, 압력 변화 값을 통해 이상 기체 방정식을 이용하여 전체 기체 몰수의 변화 값을 구할 수 있어야 한다. 또한, 물질의 양(mol)과 물질의 질량 관계를 이용하여 고체 반응물의 몰 질량을 계산할 수 있어야 한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 근거

‘교육부 고시 제 2015-74호[별책 9] 과학과 교육과정’을 바탕으로 작성

영역별 내용	
제시문	(가) 화학 I. (1) 화학의 첫걸음 (146쪽) [12화학 I 01-03] 아보가드로수와 몰의 의미를 이해하고, 고체, 액체, 기체 물질 1몰의 양을 어렵하고 체험할 수 있다.
	(나) 화학 I. (1) 화학의 첫걸음 (146쪽) [12화학 I 01-02] 탄소 화합물이 일상생활에 유용하게 활용되는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
	(다) 화학 I. (3) 화학 결합과 분자의 세계 (148쪽) [12화학 I 03-03] 공유 결합, 금속 결합의 특성을 이해하고 몇 가지 물질의 성질을 결합의 종류와 관련지어 설명할 수 있다. [12화학 I 03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
	(라) 화학 I. (3) 화학 결합과 분자의 세계 (148쪽) [12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다.
	(마) 화학 I. (1) 화학의 첫걸음 (146쪽) [12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
	(바) 화학 II. (1) 물질의 세 가지 상태와 용액 (157쪽) [12화학 II 01-02] 이상 기체 방정식을 활용하여 기체의 분자량을 구할 수 있다.
하위문항	4-1 제시문 (가)-(라)에 근거
	4-2 제시문 (가),(마),(바)에 근거

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	이상권 외 7인	(주)지학사	2019	제시문 (가): p. 27-33 제시문 (나): p. 18-23 제시문 (다): p. 116-117/p.133-136 제시문 (라): p. 120-121 제시문 (마): p. 34-39
	화학 I	노태희 외 6인	(주)천재교육	2019	제시문 (가): p. 23-27 제시문 (나): p. 15-17 제시문 (다): p. 116-117/p.138-141 제시문 (라): p. 132-135 제시문 (마): p. 30-37
	화학 I	홍훈기 외 6인	(주)교학사	2020	제시문 (가): p. 27-32 제시문 (나): p. 18-21 제시문 (다): p. 108-109/p.129-131 제시문 (라): p. 121-125 제시문 (마): p. 39-40
	화학 I	하윤경 외 5인	(주)금성출판사	2019	제시문 (가): p. 29-32 제시문 (나): p. 17-25 제시문 (다): p. 109-111/p.125-129 제시문 (라): p. 121-124 제시문 (마): p. 35-38
	화학 I	최미화 외 5인	(주)미래엔	2020	제시문 (가): p. 28-33 제시문 (나): p. 20-24 제시문 (다): p. 118-120/p.134-137 제시문 (라): p. 130 제시문 (마): p. 36-41
	화학 I	강대훈 외 3인	(주)와이비엠	2020	제시문 (가): p. 35-37 제시문 (나): p. 23-27 제시문 (다): p. 127-129/p.148-151 제시문 (라): p. 145-147 제시문 (마): p. 50-53
	화학 I	황성용 외 3인	(주)동아출판	2020	제시문 (가): p. 29-33 제시문 (나): p. 18-22 제시문 (다): p. 120-122/p.146-151 제시문 (라): p. 142-145 제시문 (마): p. 39-43
	화학 I	박종석 외 7인	(주)비상교육	2020	제시문 (가): p. 27-31 제시문 (나): p. 17-19 제시문 (다): p. 106-107/p.123-125 제시문 (라): p. p.115 제시문 (마): p. 34-39
	화학 I	장낙한 외 9인	(주)상상아카데미	2020	제시문 (가): p. 31-35 제시문 (나): p. 23-27 제시문 (다): p. 119-120/p.139-142 제시문 (라): p. 131-134 제시문 (마): p. 41-43
	화학 II	이상권 외 7인	(주)지학사	2020	제시문 (바): p. 17
	화학 II	최미화 외 5인	(주)미래엔	2020	제시문 (바): p. 20-21
	화학 II	노태희 외 6인	(주)천재교육	2019	제시문 (바): p. 18
	화학 II	장낙한 외 9인	(주)상상아카데미	2020	제시문 (바): p. 21-23
	화학 II	박종석 외 7인	(주)비상교육	2020	제시문 (바): p. 15-16
	화학 II	홍훈기 외 6인	(주)교학사	2020	제시문 (바): p. 19

5. 문항 해설

제시문의 내용은 몰, 원자량, 분자량, 몰 질량, 탄소 화합물, 공유 결합, 루이스 구조식, 분자의 구조, 전자쌍 반발 이론, 이상 기체 방정식 등 고등학교 화학 I, II 교과과정에서 중요하게 다루어지는 내용으로 모두 교육과정 범위에 포함되어 있다. 본 논술 고사에서는 고등학교 화학 교과과정에 대한 여러 가지 개념들을 명확하게 이해하여 이를 통합적으로 연계, 분석 및 응용할 수 있는 능력을 알아보려고 한다.

하위 문항 1은 물질의 질량과 몰 질량과의 관계를 통해 탄소 화합물의 분자식을 구하고, 공유 결합으로 형성된 이 분자의 루이스 구조를 그리며, 전자쌍 반발 이론에 근거하여 그 결합각들을 예측하는 문제이다. 하위 문항 2는 부피와 온도가 일정하게 유지되는 고립된 용기에서 진행되는 2개의 화학 반응식을 분석하고 이를 이상 기체 방정식에 적용하여 양적 관계를 계산하는 능력을 가늠하는 문제이다. 고체와 기체 상태의 화합물 간에 반응이 진행될 때, 압력 변화 값을 통해 이상 기체 방정식을 이용하여 전체 기체 몰수의 변화 값을 구하고, 또한 물질의 양(mol)과 물질의 질량 관계를 이용하여 고체 반응물의 몰 질량을 계산하는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
4-1	<p>[채점요소] 주어진 원자의 질량들과 분자 A의 몰 질량을 이용하여 A의 분자식을 구할 수 있는가? 분자의 구조를 이해하여 A의 루이스 구조식을 잘 제시하고, 전자쌍 반발 이론을 적용하여 가장 작은 결합각을 찾을 수 있는가?</p> <p>[예시답안] 7번 참조</p> <p>[채점준거] 다음과 같이 3단계로 나누어서 각 부분 점수를 준다.</p> <p>1) 주어진 원자의 질량들과 분자 A의 몰 질량을 이용하여 A의 분자식 C₃H₂O₂를 바르게 구하면 +5점</p> <p>2) 분자식이 C₃H₂O₂인 A에 산소 원자 2개 및 다른 탄소 원자 1개와 결합하고 있는 탄소 원자가 존재하고, 모든 결합각이 100°보다 크다는 조건을 만족하는 루이스 구조식을 바르게 제시하면 +6점</p> <p>3) 비공유 전자쌍 2개와 결합 원자 2개를 가지는 산소를 중심 원자로 하는 C-O-H 결합각이 약 104.5°로 가장 작은 결합각임을 바르게 찾으면 +4점</p> <p>각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ±2점 점수 조절 가능함.</p>	15
4-2	<p>[채점요소] 화학 반응에서 양적 관계의 변화를 이상 기체 상태 방정식을 이용해 정량적으로 계산할 수 있는가? 물질의 양(mol)과 물질의 질량 관계를 이용하여 반응물의 몰 질량을 계산할 수 있는가?</p> <p>[예시답안] 7번 참조</p> <p>[채점준거] 다음과 같이 3단계로 나누어서 각 부분 점수를 준다.</p> <p>1) 화학 반응이 진행된 후 전체 기체 몰수 변화를 바르게 구하면 +5점</p> <p>2) 이상 기체 방정식을 이용하여 반응전 A의 몰수, 0.16몰을 바르게 구하면 +5점</p> <p>3. A의 몰 질량이 30g/mol임을 바르게 구하면 +5점</p>	15

각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 15점 이내에서 ±2점 점수 조절 가능함.

7. 예시 답안

[문제 4-1]

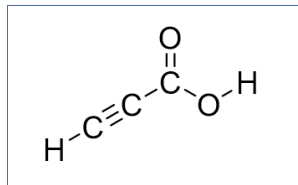
▶ 탄소 화합물 A는 탄소, 수소, 산소로만 구성되어 있고, 105 g 중 탄소는 54 g, 수소는 3 g 을 차지하므로 산소의 양은 48g에 해당된다. (105-54-3 = 48)

각 원소의 해당 질량과 각각 12, 1, 16인 탄소, 수소, 산소의 원자량을 고려하여, 탄소, 수소, 산소 원자수의 비를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C:H:O = \frac{54}{12} : \frac{3}{1} : \frac{48}{16} = 3:2:2$$

A의 몰 질량은 70 g/mol이므로 탄소 3개, 수소 2개, 산소 2개로 구성된 C₃H₂O₂의 분자식을 얻을 수 있다.

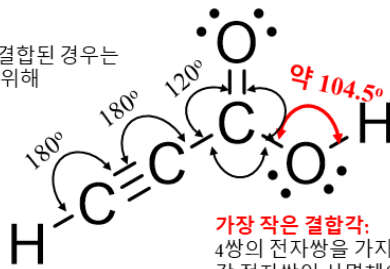
▶ A에는 산소 2개 및 다른 탄소 1개와 결합하고 있는 탄소가 존재하고 모든 결합각이 100°보다 크므로, 그 가능한 구조의 루이스 구조식은 다음과 같다.



▶ 전자쌍 반발 이론에 근거하여 이 분자 내에서의 결합각을 다음과 같이 예상할 수 있다. 가장 작은 결합각은 약 104.5°의 C-O-H 결합각이다. 이 경우 4쌍의 각 전자쌍이 사면체의 꼭짓점에 위치하는데, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문에, 비공유 전자쌍 2개와 결합 원자 2개를 가지는 산소를 중심 원자로 C-O-H 결합각은 약 104.5°가 된다.

중심 원자에 3개의 원자가 결합된 경우는 평면 삼각형 형태로 결합각이 약 120°가 된다.

중심 원자에 2개의 원자가 결합된 경우는 전자쌍 반발을 최소화하기 위해 H-C-C와 C-C-C 결합각이 180°가 된다.



가장 작은 결합각:
4쌍의 전자쌍을 가지는 경우는 각 전자쌍이 사면체의 꼭짓점에 위치하는데 **비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문에** 중심 원자가 비공유 전자쌍 2개와 결합 원자 2개를 가지는 이 경우에 C-O-H 결합각은 약 104.5°가 된다.

[문제 4-2]

▶ 같은 몰수의 고체 화합물 A와 B가 모두 반응하였고, 그 몰수를 a라 하면 반응 전과 후의 기체 C, D, E의 몰수 변화는 화학 반응식의 계수비를 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$2A(s) + C(g) \rightarrow 2D(g)$ (반응 1) $B(s) + 2C(g) \rightarrow E(g)$ (반응 2)				
	C의 몰수 변화	D의 몰수 변화	E의 몰수 변화	전체 기체의 몰수 변화
반응 후	$-a/2$ (반응 1) $-2a$ (반응 2)	a	a	$-a/2$

▶ 이상 기체 방정식을 이용하면, 전체 압력 변화 값 ($DP = 0.68 \text{ atm} - 1 \text{ atm}$)을 이용하여 전체 기체의 몰수 변화 그리고 이를 통해 반응 전 A와 B의 몰수 a를 계산할 수 있다.

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(0.68 - 1) \text{ atm} \times 6L}{0.08 \text{ atmL}/(\text{molK}) \times 300K} = \frac{-a}{2} \text{ mol}$$

$$a = 0.16$$

▶ 참고로 다음과 같이 a를 구할 수도 있다.

반응 전 기체 몰수

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \times 6L}{0.08 \text{ atmL}/(\text{molK}) \times 300K} = 0.25 \text{ mol}$$

반응 후 기체 몰수

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.68 \text{ atm} \times 6L}{0.08 \text{ atmL}/(\text{molK}) \times 300K} = 0.17 \text{ mol}$$

$$\text{전체 기체 몰수의 변화} = 0.17 \text{ mol} - 0.25 \text{ mol} = \frac{-a}{2} \text{ mol}, \text{ 따라서 } a = 0.16$$

▶ A와 B의 몰 질량의 비가 2:1이므로 구하고자 하는 A의 몰 질량을 MA라 하면 B의 몰 질량은 MA/2이다. 반응 전에 A, B가 각각 0.16몰 존재하였고 이 두 화합물의 총 질량이 7.2g이었으므로 다음과 같이 MA를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{총 질량} &= \text{몰 질량 (g/mol)} \times \text{몰수} \\ &= (MA \text{ g/mol} \times 0.16 \text{ mol}) + (MA/2 \text{ g/mol} \times 0.16 \text{ mol}) \\ &= 1.5MA \times 0.16 \text{ mol} = 7.2 \text{ g} \\ MA &= 30 \text{ g/mol} \end{aligned}$$