

경희대논술

의약계

목차

2026학년도 논술우수자전형 의·약학계열	3
수학 · 문제 I	3
수학 · 문제 II	6
물리학 · 문제 III	9
물리학 · 문제 IV	12
화학 · 문제 III	15
화학 · 문제 IV	18
생명과학 · 문제 III	20
생명과학 · 문제 IV	23
2025학년도 논술우수자전형 의·약학계열	26
수학 · 문제 I -1	26
수학 · 문제 I -2	28
물리학 · 문제 II -1	31
물리학 · 문제 II -2	34
화학 · 문제 II -1	37
화학 · 문제 II -2	39
생명과학 · 문제 II -1	42
생명과학 · 문제 II -2	45
2024학년도 논술우수자전형 의·약학계열	48
수학 · 문제 I -1	48
수학 · 문제 I -2	51
물리학 · 문제 II -1	53
물리학 · 문제 II -2	56
화학 · 문제 II -1	58
화학 · 문제 II -2	61
생명과학 · 문제 II -1	63
생명과학 · 문제 II -2	66

2026학년도 의·약학계열

수학 · 논제 I

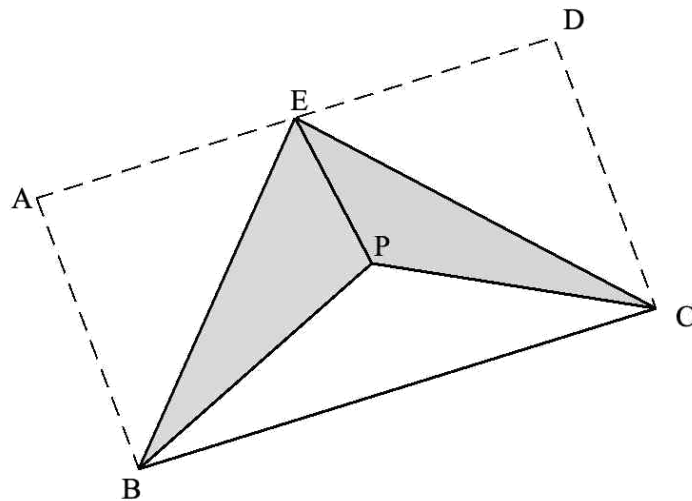
제시문

[가] 평면 α 위에 있지 않은 한 점 P, 평면 α 위의 한 점 O, 점 O를 지나지 않고 평면 α 위에 있는 한 직선 l , 직선 l 위의 한 점 H에 대하여

- (1) $\overline{PO} \perp \alpha$, $\overline{OH} \perp l$ 이면 $\overline{PH} \perp l$
- (2) $\overline{PO} \perp \alpha$, $\overline{PH} \perp l$ 이면 $\overline{OH} \perp l$
- (3) $\overline{PH} \perp l$, $\overline{OH} \perp l$, $\overline{PO} \perp \overline{OH}$ 이면 $\overline{PO} \perp \alpha$

[논제 I] 제시문 [가]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

직사각형 모양의 종이의 네 꼭짓점 A, B, C, D에 대하여 $\overline{AB} = 2$, $\overline{AD} = 2\sqrt{3}$ 이다. 다음 그림과 같이 선분 AD의 중점을 E라고 하고, 선분 EB와 선분 EC를 접어서 두 선분 AE와 DE가 맞닿도록 하자. 두 점 A와 D가 만나는 점을 P라고 할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 종이의 두께는 생각하지 않는다.)



- (1) 평면 PEB와 평면 EBC가 이루는 각의 크기를 θ 라 하자. $\cos \theta$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (14점)
- (2) 삼각형 PBC의 넓이와 사면체 PEBC의 부피를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (14점)

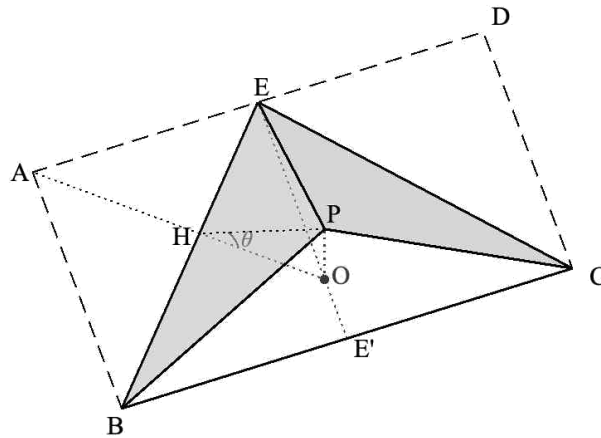
■ 예시 답안

(1)

점 E는 선분 AD의 중점이므로 $\overline{AE} = \overline{ED} = \sqrt{3}$ 이고, 직각삼각형 ABE에서 $\overline{BE} = \sqrt{7}$ 이다. 또한 직사각형 ABCD를 접은 이후 점 A = D = P이므로, $\overline{PB} = \overline{PC} = 2$ 이고, $\overline{PE} = \sqrt{3}$ 이다.

점 P에서 선분 EB와 평면 EBC에 내린 수선의 발을 각각 H와 O라고 하자. $\overline{PH} \perp \overline{EB}$ 이고, 선분 PO와 평면 EBC는 수직이므로 삼수선의 정리에 따라 $\overline{HO} \perp \overline{EB}$ 이다. 직각삼각형 POH에서 $\cos \theta = \frac{\overline{HO}}{\overline{PH}}$ 이다.

한편, 삼각형 AEO와 삼각형 BAE는 서로 닮음이므로 $\overline{AE} : \overline{EO} = \overline{BA} : \overline{AE}$ 에서 $\overline{EO} = \frac{3}{2}$ 이고, 삼각형 AHB와 삼각형 OHE는 서로 닮음이므로 $\overline{AB} : \overline{AH} = \overline{EO} : \overline{HO}$ 에서 $\frac{\overline{HO}}{\overline{AH}} = \frac{3}{4}$ 이다. 이때 $\cos \theta = \frac{\overline{HO}}{\overline{PH}}$ 에서 $\overline{PH} = \overline{AH}$ 이므로 $\cos \theta = \frac{3}{4}$



(2)

삼각형 PBC의 넓이:

선분 BC의 중점을 E'이라고 하면 $\overline{E'C} = \sqrt{3}$ 이고, 점 E'은 점 P에서 선분 BC에 내린 수선의 발이다. $\overline{PC} = 2$ 이므로, 직각삼각형 PE'C에서 $\overline{PE'} = 1$ 이다. 따라서

$$\triangle PBC = \frac{1}{2} \overline{BC} \times \overline{PE'} = \sqrt{3}$$

사면체 PEBC의 부피:

직각삼각형 ABE에서 $\overline{AB} \times \overline{AE} = \overline{AH} \times \overline{BE}$ 이므로 $\overline{AH} = \overline{PH} = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{7}}$ 이고, (1)의 결과를 이용하여 $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \frac{\sqrt{7}}{4}$ 로부터 $\overline{PO} = \overline{PH} \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$ 이다. $\triangle EBC = 2\sqrt{3}$ 이므로, 사면체 PEBC의 부피 V는

$$V = \frac{1}{3} \times \triangle EBC \times \overline{PO} = 1$$

(다른 답안 (2) 사면체 PEBC의 부피:)

$\overline{EP} \perp \overline{BP}$ 이고 $\overline{EP} \perp \overline{PC}$ 이므로, 선분 EP와 평면 PBC는 수직이다. 따라서 사면체 PEBC는 삼각형 PBC를 밑면으로 하고, 선분 EP를 높이로 하는 삼각뿔이다. $\triangle PBC = \sqrt{3}$ 이고, $\overline{EP} = \sqrt{3}$ 이므로, 사면체 PEBC의 부피는 $V = \frac{1}{3} \times \triangle PBC \times \overline{EP} = 1$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 I -(1)	<6점> 점 P에서 선분 EB와 평면 EBC에 내린 수선의 발을 각각 H와 O라 할 때, $\cos \theta = \frac{\overline{HO}}{\overline{PH}}$임을 확인한다. <8점> $\cos \theta = \frac{3}{4}$을 계산한다.	14
논제 I -(2)	<7점> 삼각형 PBC의 넓이를 구한다. <7점> 사면체 PEBC의 부피를 구한다.	14
합계		28

수학 · 논제 II

제시문

[나] 연속확률변수 X 의 확률밀도함수 $f(x)$ ($\alpha \leq x \leq \beta$)에 대하여

- (1) $f(x) \geq 0$
- (2) $f(x)$ 의 그래프와 x 축 및 두 직선 $x = \alpha$, $x = \beta$ 로 둘러싸인 부분의 넓이는 1이다.
- (3) 두 상수 a, b ($\alpha \leq a \leq b \leq \beta$)에 대하여 $P(a \leq X \leq b)$ 는 $f(x)$ 의 그래프와 x 축 및 두 직선 $x = a$, $x = b$ 로 둘러싸인 부분의 넓이다.

[논제 II] 제시문 [나]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

상수 a, b 에 대하여 함수 $f(x) = \begin{cases} a(bx + 1) & (0 \leq x \leq 1) \\ -a(b + 1)(x - 2) & (1 < x \leq 2) \end{cases}$ 가 연속확률변수 X 의 확률밀도함수일 때, 다음 물음에 답하시오. (단, $a > 0$)

- (1) a 를 b 에 대한 식으로 나타낸 후, 이를 이용하여 $c = \int_0^2 x^2 f(x) dx$ 의 범위를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (16점)
- (2) $b > 0$ 일 때, $P(0 \leq X \leq d) = \frac{3}{5}$ 이 되는 d 를 b 에 대한 식 $d = g(b)$ 로 나타낸 후, 이를 이용하여 $g\left(\frac{1}{2}\right) + g(39)$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (16점)

■ 예시 답안

(1)

함수 $f(x)$ 가 연속확률변수 X 의 확률밀도함수가 되려면 구간 $[0, 2]$ 에서 $f(x) \geq 0$ 이고, $P(0 \leq X \leq 2) = 1$ 이다. 함수 $f(x)$ 가 구간 $[0, 1]$ 및 $(1, 2]$ 에서 각각 일차함수이므로, 첫 번째 조건 $f(x) \geq 0$ 을 만족하려면

$$f(0) = a \geq 0, f(1) = a(1+b) \geq 0, f(2) = 0 \geq 0$$

그런데, $a > 0$ 이므로 이를 만족하는 b 의 범위는 $b \geq -1$ 이다. 두 번째 조건을 만족하려면

$$P(0 \leq X \leq 2) = \frac{1}{2} \times (a + a(b+1)) \times 1 + \frac{1}{2} \times a(b+1) \times 1 = a \frac{2b+3}{2} = 1$$

따라서 $a = \frac{2}{2b+3}$ 이다. 한편,

$$\begin{aligned} c &= \int_0^2 x^2 f(x) dx = \int_0^1 a(bx^3 + x^2) dx + \int_1^2 \{-a(b+1)(x^3 - 2x^2)\} dx \\ &= \frac{a(3b+4)}{12} + \frac{11a(b+1)}{12} = \frac{14b+15}{12b+18} = -\frac{1}{2b+3} + \frac{7}{6} \end{aligned}$$

따라서, 주어진 범위 $b \geq -1$ 에서 c 의 값의 범위는 $\frac{1}{6} \leq c < \frac{7}{6}$

(2)

$$P(0 \leq X \leq 1) = \frac{1}{2} \times (a + a(b+1)) \times 1 = \frac{a}{2}(b+2) = \frac{b+2}{2b+3} \text{이므로 } \frac{b+2}{2b+3} = \frac{3}{5}$$

즉, $b = 1$ 을 기준으로 구간을 나누어 생각하자.

(i) ($0 < b \leq 1$ 인 경우) 이 경우에는 $\frac{b+2}{2b+3} \geq \frac{3}{5}$ 이므로, $P(0 \leq X \leq d) = \frac{3}{5}$ 인 d 는 구간 $(0, 1]$ 에 존재한다. 이때

$$P(0 \leq X \leq d) = \frac{1}{2} \times (a + a(bd+1)) \times d = a \left(\frac{b}{2}d^2 + d \right) = \frac{3}{5}$$

따라서 d 는 이차방정식 $bd^2 + 2d - \frac{6b+9}{5} = 0$ 을 만족하며, d 는 구간 $(0, 1]$ 에 존재해야 하므로

$$d = \frac{1}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{b(6b+9)}{5}} \right) \text{이다.}$$

(ii) ($b > 1$ 인 경우) 이 경우에는 $\frac{b+2}{2b+3} < \frac{3}{5}$ 이므로, $P(0 \leq X \leq d) = \frac{3}{5}$ 인 d 는 구간 $(1, 2)$ 에 존재한다. 이때

$$P(d \leq X \leq 2) = \frac{1}{2} \times (2-d) \times a(b+1)(2-d) = \frac{a(b+1)}{2}(d-2)^2 = \frac{b+1}{2b+3}(d^2 - 4d + 4) = \frac{2}{5}$$

따라서 d 는 이차방정식 $d^2 - 4d + \frac{16b+14}{5b+5} = 0$ 을 만족하며, d 는 구간 $(1, 2)$ 에 존재해야 하므로

$d = 2 - \sqrt{\frac{4b+6}{5b+5}}$ 이다. 따라서, 구하는 값 $d = g(b)$ 는

$$g(b) = \begin{cases} \frac{1}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{b(6b+9)}{5}} \right) & (0 < b \leq 1) \\ 2 - \sqrt{\frac{4b+6}{5b+5}} & (b > 1) \end{cases}$$

그러므로, $g\left(\frac{1}{2}\right) = 2\sqrt{\frac{11}{5}} - 2$, $g(39) = 2 - \sqrt{\frac{81}{100}} = 2 - \frac{9}{10}$ 이다. 따라서

$$g\left(\frac{1}{2}\right) + g(39) = 2\sqrt{\frac{11}{5}} - \frac{9}{10}$$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 II-(1)	$\langle 5\text{점} \rangle$ a 를 b 에 대한 식으로 표현한다. $\langle 5\text{점} \rangle$ b 의 범위 ($b \geq -1$)를 구한다. $\langle 6\text{점} \rangle$ b 의 범위를 이용하여 c 의 범위를 계산한다.	16
논제 II-(2)	$\langle 7\text{점} \rangle$ $0 < b \leq 1$ 일 때 d 의 값을 계산한다. $\langle 7\text{점} \rangle$ $b > 1$ 일 때 d 의 값을 계산한다. $\langle 2\text{점} \rangle$ $g\left(\frac{1}{2}\right) + g(39)$ 의 값을 계산한다.	16
합계		32

물리학 · 논제 III

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

[가] 질량 m 인 물체가 반지름 r 인 원둘레를 일정한 속력 v 로 원운동을 할 때 물체에 작용하는 구심력 $\vec{F}$ 의 크기는 $F = \frac{mv^2}{r}$ 과 같이 나타낼 수 있다. 이때 물체의 운동 에너지는 $E = \frac{1}{2}mv^2$ 이다.

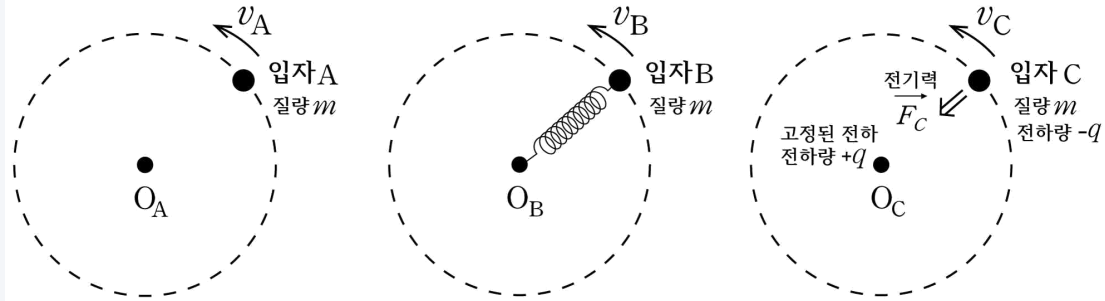
[나] 용수철이 물체에 작용하는 힘은 늘어나거나 줄어든 길이 x 에 비례하며, 그 크기는 용수철 상수 k 를 이용하여 $F = kx$ 와 같이 나타낼 수 있다.

[다] 전하량이 각각 q_1 과 q_2 인 두 점전하가 거리 r 만큼 떨어져 있을 때 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $F = k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 로 나타나고, 이때 k 는 쿨롱 상수라 한다.

[라] 아인슈타인은 빛을 광자라고 하는 입자의 흐름으로 생각하는 광양자설을 제안하였다. 진공에서 빛의 속력을 c , 빛의 파장을 λ 라고 하면 광자 1개의 에너지는 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 이다. 드브로이는 입자들이 나타내는 파동을 물질파라고 하였으며, 질량 m 인 입자가 속력 v 로 운동할 때 운동량이 p 인 물질파의 파장은 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 라고 제안하였다. 여기서 $h = 2\pi\hbar$ 는 플랑크 상수이다.

[마] 보어의 전자도 파동이므로, 전자는 $2\pi r = n\lambda$ (단, $n = 1, 2, 3, \dots$)의 조건을 만족하는 궤도에만 있을 수 있고, 전자가 갖는 에너지는 $E_n = -\left(\frac{2\pi^2k^2me^4}{h^2}\right)\frac{1}{n^2}$ 과 같이 불연속적인 값을 갖는다고 하였다. 그리고 전자가 두 궤도 사이를 넘나들 때, 두 궤도의 에너지 차이만큼의 광자를 방출하거나 흡수한다고 가정하였다. 단, m 은 전자의 질량, e 는 전자의 전하량이고, k 는 쿨롱 상수이다.

[논제 III] 제시문 [가]~[마]를 읽고 다음 물음에 답하시오.



<그림 1>

<그림 1>과 같이 질량 m 인 입자 A, B, C가 각각 점 O_A, O_B, O_C 를 중심으로, 속력 v_A, v_B, v_C 인 등속 원운동을 한다. 입자 A는 점 O_A 와의 거리가 l_A 로 고정된 궤도를 따라 운동한다. 입자 B는 원래 길이 l_B , 용수철 상수 k_B 인 용수철로 O_B 와 연결되어 운동한다. 입자 C는 점 O_C 에 고정된 전하에 의해 전기력 $\vec{F}_C$ 에 의해 당겨진다. 입자 C의 전하량은 $-q$ 이고, 고정된 전하의 전하량은 $+q$ 라 하자. 단, 용수철의 질량이나 상대론적 효과는 무시한다.

- (1) 입자 A, B, C의 궤도 반지름 r_A, r_B, r_C 를 주어진 변수들을 이용하여 구하시오. 그리고 각 입자에 보어의 가설을 적용하면 궤도 반지름 r_A, r_B, r_C 가 연속적인 값을 갖지 못함을 보이고, 그 근거를 논술하시오. (10점)
- (2) 보어의 가설이 적용된 입자 A와 C에 대해 첫 번째 들뜬 상태에서 바닥 상태로 전이하며 내는 빛의 파장이 서로 같다고 하자. 각 입자가 두 번째 들뜬 상태에서 첫 번째 들뜬 상태로 전이하며 내는 빛의 파장의 비 $\lambda_A : \lambda_C$ 를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (6점)

■ 예시 답안

(1)

물체 A는 문제의 조건에서 줄에 의해 궤도 반지름이 $r_A = l_A$ 로 고정된다.

물체 B는 용수철에 의한 탄성력이 작용한다. 용수철이 늘어나 궤도 반지름이 r_B 가 되었을 때 작용하는 힘의 크기는 $F_B = k_B(r_B - l_B)$, 구심력은 $F_r = \frac{mv_B^2}{r_B}$ 이다. $F_r = F_B$ 임을 이용하면 $k_B(r_B - l_B) = \frac{mv_B^2}{r_B}$ 이고, 근의 공

식을 이용하여 풀면 $r_B = \frac{l_B}{2} + \sqrt{\frac{mv_B^2}{k_B} + \frac{l_B^2}{4}}$ 을 얻는다. (단, 용수철의 길이가 늘어나는 양의 부호만 선택함)

물체 C에 작용하는 힘의 크기는 $F_C = \frac{kq^2}{r_C^2}$ 이다. 구심력과 전기력의 크기가 같아야 하므로, $\frac{mv_C^2}{r_C} = \frac{kq^2}{r_C^2}$ 이고, $r_C = \frac{kq^2}{mv_C^2}$ 이다.

보어의 가설에 따라 운동량 p 인 입자의 물질파가 반지름 r 인 궤도에 대해, $2\pi r = n\lambda = n\frac{h}{p} = \frac{2\pi n\hbar}{p}$ 을 만족해야 하므로, $p = \frac{n\hbar}{r}$ 이고, 이때 $n = 1, 2, 3, \dots$ 이다.

물체 A의 궤도 반지름 r_A 는 l_A 로 주어졌으므로, 연속적인 값을 갖지 못한다.

물체 B의 궤도 반지름을 구하자. $k(r_B - l_B) = \frac{mv_B^2}{r_B} = \frac{p_B^2}{mr_B} = \frac{n^2\hbar^2}{mr_B^3}$ 이다. 식을 정리하면, $\frac{1}{r_B^3} = \frac{mk_B}{n^2\hbar^2}(r_B - l_B)$ 를 얻는다. 여기에서 좌변의 $\frac{1}{r_B^3}$ 곡선과 우변의 $\frac{mk_B}{n^2\hbar^2}(r_B - l_B)$ 직선은 $r_B > 0$ 영역에서 한 점에서 서로 만나고, 이 점은 n 의 제곱에 반비례하는 직선의 기울기에 따라 구체적으로 정해지며, 이 점의 가로축 좌표값이 궤도 반지름 r_B 에 해당한다. 따라서 궤도 반지름이 연속적인 값을 갖지 않는다는 것을 알 수 있다.

물체 C의 궤도 반지름은 $\frac{kq^2}{r_C^2} = \frac{mv_C^2}{r_C} = \frac{p_C^2}{mr_C} = \frac{n^2\hbar^2}{mr_C^3}$ 임을 이용하면, $r_C = \frac{n^2\hbar^2}{mkq^2}$ 로 n 의 제곱에 비례하는 식으로 주어져 연속적인 값을 갖지 못한다.

(2)

A와 C는 에너지 준위를 전이하며 빛을 내며, 이때 빛의 에너지와 파장은 $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ 의 관계를 만족한다. A의 에너지는 $E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{p_A^2}{2m} = \frac{\hbar^2}{2ml_A^2}n^2$ 이고, C의 에너지는 $E_C = -\frac{mk^2q^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2}$ 이므로, A와 C에 대해 $n = 2$ 상태에서 $n = 1$ 상태의 에너지 차이는 각각,

$$E_{A,2 \rightarrow 1} = \frac{\hbar^2}{2ml_A^2}(2^2 - 1^2) = \frac{3\hbar^2}{2ml_A^2} \quad \text{와} \quad E_{C,2 \rightarrow 1} = -\frac{mk^2q^4}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) = \frac{3mk^2q^4}{8\hbar^2}$$

을 얻는다. 각 입자에 대해 첫 번째 들뜬 상태($n = 2$)와 바닥 상태($n = 1$)를 전이할 때 발생하는 빛의 파장이 같다 하였으므로, $E_{A,2 \rightarrow 1} = E_{C,2 \rightarrow 1}$ 이다. 이를 $E_{2 \rightarrow 1}$ 이라고 하자.

$n = 3$ 상태에서 $n = 2$ 상태로 전이하며 발생하는 빛의 에너지를 $E_{2 \rightarrow 1}$ 에 대해 정리하면,

$$E_{A,3 \rightarrow 2} = \frac{\hbar^2}{2ml_A^2}(3^2 - 2^2) = \frac{5\hbar^2}{2ml_A^2} = \frac{5}{3}E_{2 \rightarrow 1}$$

$$E_{C,3 \rightarrow 2} = -\frac{mk^2q^4}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{5mk^2q^4}{72\hbar^2} = \frac{5}{27}E_{2 \rightarrow 1}$$

이다.

에너지와 파장은 반비례 관계임을 이용하여 파장의 비율을 구하면,

$\lambda_A : \lambda_C = E_{C,3 \rightarrow 2} : E_{A,3 \rightarrow 2} = 1 : 9$ 를 얻는다. 즉 C의 파장이 A에 비해 9배 길다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 III-(1)	<2점> 입자에 작용하는 구심력을 올바르게 이해하여 적용하였다. <3점> 각 입자의 궤도 반지름을 주어진 변수를 이용하여 올바르게 보였다. <5점> 보어의 가설에 따라 궤도 반지름이 불연속적임을 구체적으로 보였다.	10
논제 III-(2)	<3점> 각 입자의 양자화된 에너지를 올바르게 보였다. <3점> 문제에서 요구한 빛의 파장의 비를 올바르게 보였다.	6
합계		16

물리학 · 논제 IV

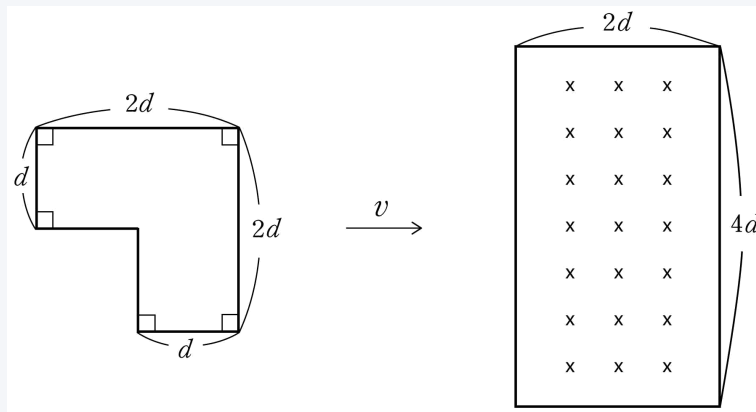
※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

[바] 저항 R 인 도선에 전류 I 가 흐를 때 전위차는 $V = IR$ 이며, 시간당 전원이 한 일은 $P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$ 이다.

[사] 임의의 면을 지나가는 자기력선의 총수를 자기 선속이라고 한다. 자기장의 세기가 B , 단면적이 A 일 때 자기 선속은 $\Phi = BA$ 이다. 시간 Δt 동안 자기 선속의 변화량이 $\Delta\Phi$ 일 때 유도 기전력은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 생기며 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 이다.

[논제 IV] 제시문 [바], [사]를 읽고 다음 물음에 답하시오.



<그림 2>

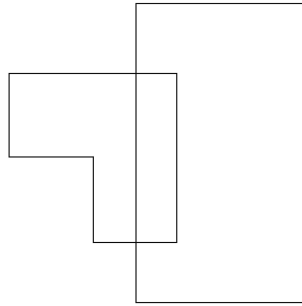
<그림 2>와 같이 ㄱ자 모양의 도선 고리, 그리고 종이면으로 들어가는 균일한 자기장 B 가 있는 직사각형 모양의 영역이 있다. 도선 고리는 일정한 속도 v 로 오른쪽으로 움직여 자기장을 통과한다. 도선이 자기장이 있는 영역과 처음 만나는 시간은 $t = 0$ 이다. 도선 고리가 자기장을 지나는 동안 자기 선속의 변화에 따라 유도 기전력이 발생하고 도선에 전류가 흐르며 전기 에너지가 소모된다. 단, 도선 고리에 흐르는 전류에 의해 발생하는 자기장의 효과는 무시한다.

- (1) 시간에 따른 유도 기전력의 변화를 $t > 0$ 에 대해 도선 고리의 위치 변화를 고려해서 설명하시오. 단, 전류가 시계 방향으로 흐를 때 유도 기전력이 0보다 큰 것으로 정의한다. (10점)
- (2) $t = 0$ 에서 $t = 0.1$ 초까지 도선의 저항에서 소모된 전기 에너지가 36J일 때 속도 v 를 구하시오. $B = 1\text{T}$, $d = 1\text{m}$, 도선 고리의 저항 $R = 10\Omega$ 이다. (14점)

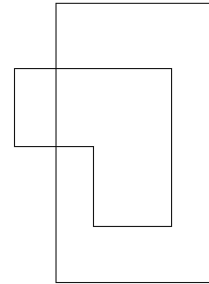
■ 예시 답안

(1)

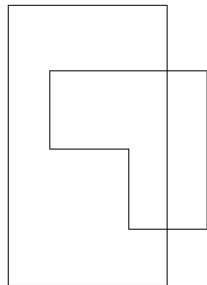
고리가 자기장 영역을 지나가는 동안 위치를 그림과 같이 다섯 단계로 나누어 생각할 수 있다. 각각에 대해 자기 선속이 늘어나거나 줄어드는 것을 모두 고려하면 $V_1 = -2dvB$, $V_2 = -dvB$, $V_3 = 2dvB$, $V_4 = dvB$, $V_5 = 0$ 가 되고 각각 해당하는 시간의 범위는 $0 < t < d/v$, $d/v < t < 2d/v$, $2d/v < t < 3d/v$, $3d/v < t < 4d/v$, $t > 4d/v$ 이다.



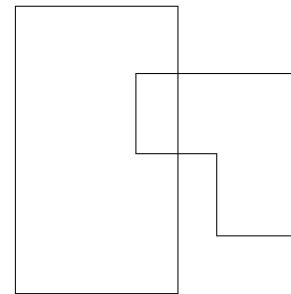
$0 < t < d/v$



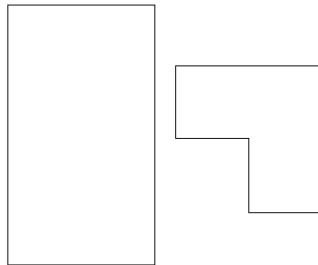
$d/v < t < 2d/v$



$2d/v < t < 3d/v$



$3d/v < t < 4d/v$



$4d/v < t$

(2)

시간 t 까지의 전기 에너지의 소모량을 $Q(t)$ 라고 하자. $Q(t)$ 는 $P = V^2/R$ 에 전류가 흐른 시간을 곱한 값만큼 늘어난다. 따라서 $Q(t)$ 는 유도 기전력의 부호와 상관없이 시간에 따라 증가한다. 주어진 v 값에 대해 $Q(t)$ 는 고리가 자기장 영역에서 완전히 벗어나는 $t = 4d/v$ 에서 최대가 되며 이후 일정하다. 고리의 위치에 따라 선속의 변화율이 달라지는 것을 고려하면 다음과 같다.

$$(i) \ 0 < t < d/v \text{ 일 때 } Q(t) = \frac{4d^2v^2B^2}{R}t$$

$$(ii) \ d/v \leq t < 2d/v \text{ 일 때 } Q(t) = \frac{4d^3vB^2}{R} + \frac{d^2v^2B^2}{R}(t - d/v)$$

$$(iii) \ 2d/v \leq t < 3d/v \text{ 일 때 } Q(t) = \frac{5d^3vB^2}{R} + \frac{4d^2v^2B^2}{R}(t - 2d/v)$$

$$(iv) \ 3d/v \leq t < 4d/v \text{ 일 때 } Q(t) = \frac{9d^3vB^2}{R} + \frac{d^2v^2B^2}{R}(t - 3d/v)$$

$$(v) \ t \geq 4d/v \text{ 일 때 } Q(t) = \frac{10d^3vB^2}{R}$$

$Q(t)$ 의 최댓값인 $\frac{10d^3vB^2}{R}$ 가 36J이라고 가정해 보자. 그 경우 문제에서 주어진 시간 0.1s는 $4d/v$ 와 같거나 그 이후여야 하므로 $0.1 \geq 4d/v$ 즉 $v \geq 40\text{m/s}$ 여야 한다. 하지만 $\frac{10d^3vB^2}{R} = 36$ 로부터 $v = 36\text{m/s}$ 이므로 모순이다. 이제 $t=0.1\text{s}$ 가 $3d/v \leq t < 4d/v$ 를 만족한다고 가정하자. 이 경우 $Q(t) = \frac{9d^3vB^2}{R} + \frac{d^2v^2B^2}{R}(t - 3d/v)$ 를 사용하며 $Q(t=0.1)=36$ 을 간단히 하면 $v^2 + 60v - 3600 = 0$ 이다. v 는 양수이므로 $v = 30(\sqrt{5} - 1)\text{m/s}$ 이다. 또한 이 값은 $3d/v = (\sqrt{5} + 1)/40 < t = 0.1 < 4d/v = (\sqrt{5} + 1)/30$ 를 만족하므로 답이 된다. 이제 $t = 0.1 < 3d/v$ 인 경우를 가정해 보자. 이 경우 $Q(t = 0.1) = 36 < 9d^3vB^2/R$ 이어야 한다. $0.1 < 3d/v$ 에서 $v < 30\text{m/s}$ 를 얻고, $36 < 9d^3vB^2/R$ 에서 $v > 40\text{m/s}$ 를 얻으므로 두 조건은 서로 모순이다. 따라서 답은 $v = 30(\sqrt{5} - 1)\text{m/s}$ 하나만 가능하다.

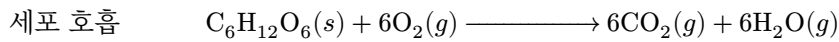
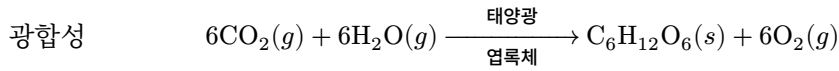
■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 IV-(1)	<5점> 자기장 영역에 대한 도선 고리의 상대적 위치를 분류하여 유도 기전력이 다른 값을 가지는 5가지 경우가 있음을 그림으로 나타내거나 명확히 서술한다. <5점> 각각의 경우에 대해 시간의 구간 및 유도 기전력을 부호를 포함해 구한다.	10
논제 IV-(2)	<5점> 5가지 시간 구간에 대해 전기 에너지 소모량을 시간의 함수로 구한다. <5점> 문제의 조건을 대입해서 속도의 값을 구한다. <4점> 물리적 조건을 고려해서 답의 유일성을 논증한다.	14
합계		24

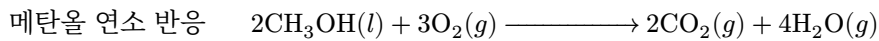
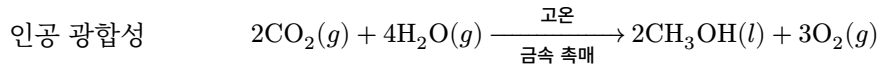
화학 · 논제 III

제시문

[가] 식물은 광합성으로 이산화 탄소와 물로부터 산소와 중요한 에너지원인 포도당을 합성한다. 생명체는 세포 호흡을 통해 포도당을 이산화 탄소로 분해하여 에너지를 생성한다. 광합성과 세포 호흡의 화학 반응식은 아래와 같다.



[나] 지난 200여 년간 인류는 주로 화석연료를 통해 에너지를 얻었다. 화석연료는 한정되어 있고 연소 과정에서 이산화 탄소 등 온실 기체를 배출하여 지구 온난화를 일으켰다. 이러한 문제를 해결하기 위해 신재생 에너지를 활용해 이산화 탄소를 화학 에너지원으로 전환하는 인공 광합성 기술이 주목을 받고 있다. 대표적인 인공 광합성 기술로는 금속 촉매를 이용해 고온 조건에서 이산화 탄소로부터 액체 연료인 메탄올을 합성하는 방법이 있다. 연소 반응을 통해 메탄올로부터 에너지를 생성하고, 이 에너지는 다양한 형태로 활용될 수 있다. 인공 광합성과 메탄올 연소 반응의 화학 반응식은 아래와 같다.



[다] 물질은 원자의 조성이나 화학 결합으로 화학 에너지를 가지게 되는데, 일정한 온도와 압력에서 물질이 가지는 고유한 에너지를 엔탈피(H)라고 한다. 화학 반응이 일어나 엔탈피가 변하게 되면 그 차이만큼을 열로 흡수하거나 방출하는데, 이것을 반응엔탈피(ΔH)라고 한다.

[라] 일정 압력의 화학 반응에서 출입하는 열에너지의 변화인 반응엔탈피를 화학 반응식에 함께 나타낸 것을 열화학 반응식이라고 한다. 화학 반응이 일어날 때에는 반응물을 이루는 원자 사이의 결합이 끊어지고 원자들 사이에 새로운 결합이 형성되면서 생성물이 만들어진다. 따라서 화학 반응에서의 반응엔탈피는 결합 에너지와 밀접한 관계가 있다.

[논제 III] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

- (1) 제시문의 식물 광합성과 인공 광합성의 열화학 반응식을 각각 완성하고 두 가지 에너지원의 단위 탄소당 에너지 저장의 효율에 대하여 논술하시오. (8점)

원자 사이의 평균 결합 에너지(단위 kJ/mol)		포도당 분자 구조	메탄올
C-H	410		
C-C	350		
C-O	350		
C=O	732		
O-H	460		
O=O	498		

- (2) 제시문의 식물 광합성과 비교하여 인공 광합성을 에너지 저장의 효율, 에너지 저장원의 특성, 반응 조건 세 가지 측면에서 장점 또는 단점을 논술하시오. (8점)

■ 예시 답안

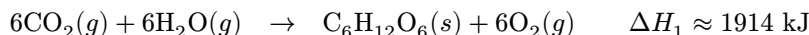
(1)

제시문 [라]에 근거하여, 물질의 실제 상태나 구조적 차이를 단순화하여 평균 결합 에너지를 사용하는 결합 에너지 기반 계산 방법을 통해 화학 반응의 엔탈피를 근사적으로 구할 수 있으며, 이때 반응 엔탈피는 반응물의 평균 결합 에너지 합에서 생성물의 평균 결합 에너지 합을 뺀 값으로 계산된다. 이러한 계산 특성을 고려하여 포도당과 메탄올의 상태를 단순화하고, 식물의 광합성과 인공 광합성의 반응 엔탈피를 평균 결합 에너지를 기반으로 추정하면 다음과 같다.

광합성의 반응엔탈피

$$\Delta H_1 \approx \{12 \times D(C=O) + 12 \times D(O-H)\} - \{7 \times D(C-H) + 5 \times D(C-O) + 5 \times D(O-H) + 5 \times D(C-C) + 1 \times D(C=O) + 6 \times D(O=O)\} \approx 1914 \text{ kJ}$$

광합성의 열화학 반응식



인공 광합성의 반응엔탈피

$$\Delta H_2 \approx \{4 \times D(C=O) + 8 \times D(O-H)\} - \{6 \times D(C-H) + 2 \times D(C-O) + 2 \times D(O-H) + 3 \times D(O=O)\} \approx 1034 \text{ kJ}$$

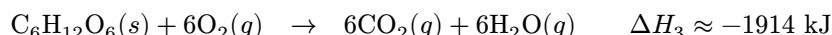
인공 광합성의 열화학 반응식



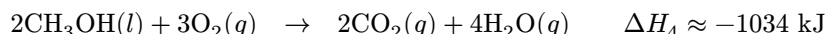
이와 같이 평균 결합 에너지를 고려하여 식물 광합성과 인공 광합성의 열화학 반응식을 제시하고 이를 기반으로 두 반응을 상대적으로 비교할 수 있다.

같은 방법으로 세포 호흡과 메탄올 연소 반응의 열화학 반응식을 구하면 아래와 같다.

세포 호흡



메탄올 연소 반응



광합성의 에너지원인 포도당($C_6H_{12}O_6$)은 단위 탄소당 약 $1914 \text{ kJ}/6 \approx 319 \text{ kJ}$ 의 에너지를 저장하고 있다.

인공 광합성의 에너지원인 메탄올(CH_3OH)은 단위 탄소당 약 $1034 \text{ kJ}/2 \approx 517 \text{ kJ}$ 의 에너지를 저장하고 있다. 에너지원의 단위 탄소당 에너지 저장 효율을 비교했을 때, 인공 광합성의 결과물인 메탄올이 상대적으로 더 높은 효율로 에너지를 저장하고 있다(한편, 포도당과 메탄올의 물질의 상변화에 따른 에너지를 함께 고려하여 반응엔탈피를 제시할 수 있으며 이를 기반으로 에너지 저장 효율을 논할 수도 있다).

(2)

식물의 광합성은 생체 내 효소 반응을 통해 포도당을 에너지원으로 저장하며, 이러한 과정은 온화한 반응 조건에서 높은 안정성을 바탕으로 이루어진다. 반면, 인공 광합성은 고온 조건에서 금속 촉매 반응을 통해 활용도가 높은 메탄올을 에너지원으로 저장한다.

•에너지 저장의 효율 측면

문항 (1)에 근거하여 인공 광합성의 에너지 저장원인 메탄올은 단위 탄소당 에너지 저장의 효율과 질량당 에너지 밀도가 포도당보다 높다.

•에너지 저장원 특성 측면

메탄올은 에너지 밀도가 높아 연료용 에너지원으로 적합하며, 다양한 고부가가치 화학물질의 원료로 사용되어 산업적 가치가 높다. 하지만, 메탄올은 휘발성이 높고 독성을 가지는 액체로, 생체 내 저장원으로는 안정성과 독성 문제로 인해 부적합하다. 포도당은 상온에서 고체로 존재하며 수용액 상태에서도 높은 안정성을 유지하므로 생체 내 에너지 저장원으로 적합하다.

•반응 조건 측면

광합성은 생체 내 효소 반응을 통해 느리지만 상온·상압의 온화한 반응 조건에서 안전하게 빛 에너지를 화학 에너지로 변환한다. 인공 광합성은 금속 촉매 반응으로 반응 속도가 빠르지만, 고온의 반응 조건이 필요하다. 인공 광합성은 탄소 저감 측면에서 반응 조건 개선을 통해 향후 발전 가능성이 크다.

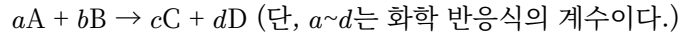
■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 III-(1)	<4점> 제시문에 근거하여 식물 광합성과 인공 광합성의 열화학 반응식을 추론하고 비교·해석함 <4점> 식물 광합성과 인공 광합성을 비교하여 에너지원의 단위 탄소당 에너지 저장 효율을 논함	8
논제 III-(2)	<2점> 에너지 저장 효율 측면에서 장점 또는 단점을 논함 <3점> 에너지 저장원의 특성 측면에서 장점 또는 단점을 논함 <3점> 반응 조건 측면에서 장점 또는 단점을 논함	8
합계		16

화학 · 논제 IV

제시문

[마] 반응 속도는 반응물의 농도에 따라 달라진다. 다음과 같은 일반적인 반응을 예로 들어보면,



이 반응에서 반응 속도(v)는 반응물 A와 B의 농도에 의존하므로 비례 상수 k 를 사용하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$v = k[A]^m[B]^n$$

반응 속도가 반응물의 농도에 얼마나 의존하고 있는지를 나타낸 것을 반응 속도식 또는 반응 속도 법칙이라고 한다. 반응 속도식에서 비례 상수 k 는 반응 속도 상수로 반응에 따라 고유한 값을 가지며, 온도에 의해서만 변한다. m 과 n 은 각각 A와 B의 반응 차수이고, $m + n$ 은 전체 반응 차수이며, 화학 반응식의 계수와 관계가 없고 실험에 의해서만 결정되는 값이다.

[바] 화학 반응에서 일정한 시간 동안 변화된 반응물이나 생성물의 몰 농도(M)를 특정하여 반응 속도를 나타낸다. 화학 반응 $A(g) \rightarrow B(g)$ 에서 시간에 따른 반응물 A 또는 생성물 B의 농도 변화를 수식으로 표현하면, $v = -\Delta[A]/\Delta t = \Delta[B]/\Delta t$ ($\Delta[A]$ 와 $\Delta[B]$: A와 B의 농도 변화, Δt : $t_2 - t_1$)이며 이러한 반응 속도를 t_2 와 t_1 사이의 평균 반응 속도라고 한다. 평균 반응 속도에서 반응이 일어나는 시간(Δt)이 거의 0이 될 정도로 작으면 평균 반응 속도는 특정한 시간 t 에서의 순간 반응 속도가 되고, 반응이 시작되는 지점에서 순간 반응 속도를 초기 반응 속도라고 한다. 한편, 반응물 A의 초기 농도가 절반으로 되는 데 걸리는 시간($t_{1/2}$)을 반감기라고 한다.

[사] 화학 반응이 일어나기 위해 필요한 최소한의 에너지를 활성화 에너지(E_a)라고 한다. 화학 반응에서 자신은 변하지 않으면서 화학 반응의 속도를 달라지게 하는 물질을 촉매라고 한다. 이러한 촉매는 반응엔탈피의 변화 없이 활성화 에너지를 낮추거나(정촉매) 높여서(부촉매) 정반응 속도와 역반응 속도를 모두 빨라지게 하거나 느려지게 할 뿐 화학 평형에는 어떤 영향도 주지 않는다. 따라서 촉매를 사용해도 평형 이동은 일어나지 않는다. 한편, 산업에서 사용되는 대표적인 촉매 중의 하나가 금속이나 금속 산화물과 같은 고체 상태의 촉매이다.

[논제 IV] 제시문 [마]~[사]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

오산화 이질소(N_2O_5)는 다음과 같이 이산화 질소(NO_2)와 산소(O_2)로 분해된다.



여러 온도와 반응 조건에서 N_2O_5 의 초기 농도를 변화시키면서 초기 반응 속도를 측정하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

실험	온도(°C)	금속 촉매	N_2O_5 의 초기 농도(M)	초기 반응 속도(M/s)
1	25	X	0.10	4.0×10^{-4}
2	25	X	0.20	8.0×10^{-4}
3	35	X	0.10	8.0×10^{-4}
4	45	X	0.10	1.6×10^{-3}
5	45	O	0.10	3.2×10^{-2}
6	45	O	0.20	3.2×10^{-2}

- (1) 실험 1~4의 결과를 이용하여 실험 4의 반응 속도 상수 k 를 구하시오. 또한, 실험 4~6의 결과를 이용하여 금속 촉매를 사용하는 경우, 초기 반응 속도의 변화에 대하여 논술하시오. (15점)
- (2) 실험 1에서 N_2O_5 의 반감기($t_{1/2}$)는 173초이다. 실험 2에서 N_2O_5 초기 농도의 87.5 %가 분해될 때까지 걸린 시간(초)을 계산하고, 생성되는 NO_2 와 O_2 의 양을 각각 논술하시오. (9점)

■ 예시 답안

(1)

N_2O_5 분해 반응의 반응 속도식은 $v = k[N_2O_5]^m$ 이다.

실험 1과 2의 초기 반응 속도에서

$$\text{속도}_2/\text{속도}_1 = (8.0 \times 10^{-4} \text{ M/s}) / (4.0 \times 10^{-4} \text{ M/s}) = k[0.20 \text{ M}]^m / k[0.10 \text{ M}]^m = [2]^m = 2$$

따라서 $m = 1$ 인 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v = k[N_2O_5]$ 이다.

따라서 위에서 도출한 반응 속도식 $v = k[N_2O_5]$ 에 실험 4(45 °C)의 초기 반응 속도의 값을 대입하면, 45 °C에서 N_2O_5 의 반응 속도 상수 k 를 구할 수 있다.

$$1.6 \times 10^{-3} \text{ M/s} = k[0.1 \text{ M}] \text{이므로, } k = 1.6 \times 10^{-3} (\text{M/s}) / 0.1 (\text{M}) = 1.6 \times 10^{-2} / \text{s} \text{이다.}$$

한편, 제시문 [사]에 근거하여

실험 4와 비교하여 실험 5에서는 N_2O_5 분자가 금속 촉매 표면에 흡착되면 분자 내 질소와 산소의 결합이 약화되어 활성화 에너지가 낮아지고 (정촉매로 작용) 쉽게 분해되어 초기 반응 속도가 증가되었다.

한편, 동일한 금속 촉매 반응인 실험 5와 6에서는 N_2O_5 의 농도를 2배 증가시켜도 일정한 속도로 반응이 진행되었다. 이는 금속의 제한적인 표면이 N_2O_5 로 포화될 경우, N_2O_5 의 농도 증가와 상관없이 일정한 초기 반응 속도를 보이는 것으로 추론된다.

(2)

제시문 [바]의 반감기는 1차 반응의 경우에 초기 농도와 관계없이 일정하다.

N_2O_5 초기 농도의 87.5 %가 분해된 것은, 이의 초기 농도가 12.5 % (즉, 초기 농도의 1/8)로 줄어든 것을 의미한다. 이는 반감기를 3번 $[(1/2)^3 = 1/8]$ 지난 것이다.

따라서 걸린 시간은 $173\text{초} \times 3 = 519\text{초}$ 이다.

한편, 반응 용기를 $V \text{ L}$ 로 가정하면 N_2O_5 의 초기 농도가 0.2 M (mol/L) 이고, $(\text{mol/L}) \times \text{L} = \text{mol}$ 계산식에 근거하여 N_2O_5 는 초기에 $(0.2 \text{ mol/L}) \times V \text{ L} = (0.2 \times V) \text{ mol}$ 이 존재한다. 87.5 %가 분해되고 남은 N_2O_5 의 농도는 $0.2 \text{ M} - (0.2 \times 0.875) \text{ M} = 0.025 \text{ M (mol/L)}$ 이고, 따라서 $V \text{ L}$ 의 반응 용기에 남아 있는 N_2O_5 의 양은 $(0.025 \text{ mol/L}) \times V \text{ L} = (0.025 \times V) \text{ mol}$ 이다. 따라서 분해된 N_2O_5 의 양은 $\Delta N_2O_5 = (0.2 \times V) \text{ mol} - (0.025 \times V) \text{ mol} = (0.175 \times V) \text{ mol}$ 이다.

제시문 [마]의 화학 반응식 $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ 에서 2:4:1의 계수비를 이용하여 생성되는 NO_2 와 O_2 의 양(mol)을 각각 계산하면,

$$NO_2 \text{의 양은 } \Delta N_2O_5 \times 2 = (0.35 \times V) \text{ mol이고,}$$

$$O_2 \text{의 양은 } \Delta N_2O_5 \times \frac{1}{2} = (0.0875 \times V) \text{ mol이다.}$$

즉, 실험 2에서 N_2O_5 초기 농도의 87.5%가 분해되면, 분해된 N_2O_5 몰(mol) 수의 2배만큼 NO_2 가 생성되고, $\frac{1}{2}$ 만큼 O_2 가 생성된다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 IV-(1)	<5점> 반응속도상수 k 를 구함 <5점> 실험 4와 5의 결과를 비교하여 금속 촉매 반응의 초기 반응 속도를 논함 <5점> 실험 5와 6의 결과를 비교하여 금속 촉매 반응의 초기 반응 속도를 논함	15
논제 IV-(2)	<3점> 초기 농도의 87.5 %가 분해될 때까지 걸린 시간(초)을 계산함 <6점> 생성되는 NO_2 와 O_2 의 양을 논함	9
합계		24

생명과과학 · 논제 III

제시문

[가] 세포에서 일어나는 다양한 생명 활동에는 에너지가 필요하다. 세포는 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 물질대사를 통하여 에너지를 전환한다. 엽록체에서는 빛에너지가 포도당과 같은 유기물의 화학 에너지로 전환되고, 미토콘드리아에서는 유기물의 화학 에너지가 생명 활동에 필요한 ATP의 화학 에너지로 전환된다.

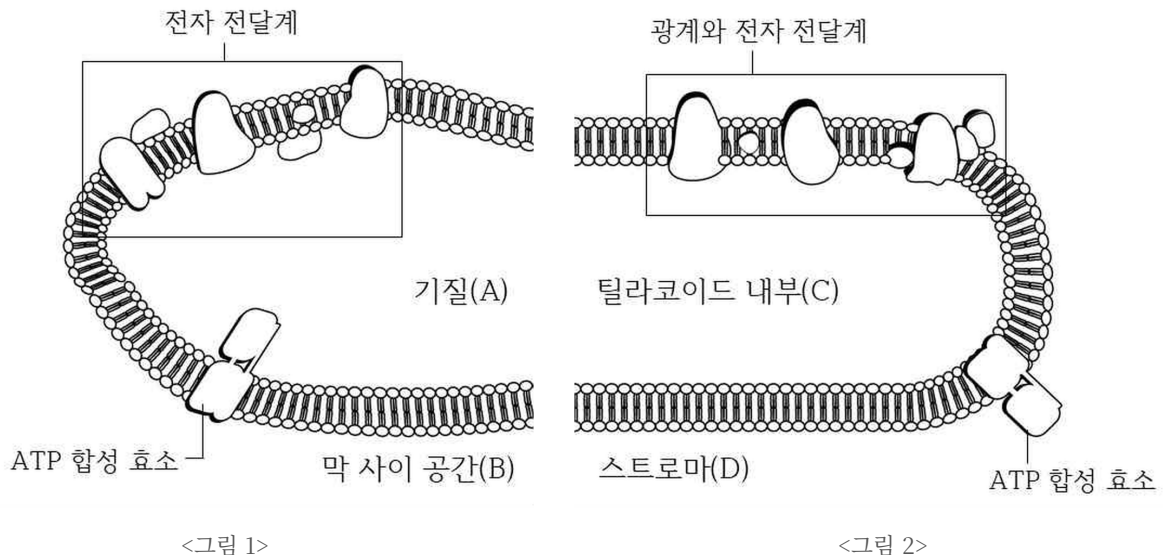
[나] 세포 호흡은 세포가 영양분으로부터 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 과정이다. 세포 호흡의 과정은 ① 세포질에서 일어나는 해당 과정, ② 미토콘드리아의 기질에서 일어나는 피루브산 산화와 TCA 회로, ③ 미토콘드리아의 내막에서 일어나는 산화적 인산화로 이루어진다. 산화적 인산화는 전자 전달과 화학 삼투에 의해 ATP가 합성되는 과정이다.

[다] 광합성은 ① 명반응과 ② 탄소 고정 반응(암반응)의 두 단계를 거쳐 일어난다. 명반응에서는 빛에너지가 ATP와 NADPH의 화학 에너지로 전환되며, 이때 산소가 발생한다. 명반응에서 ATP가 합성되는 것은 빛 에너지를 흡수한 광계의 도움을 받아 일어나므로 세포 호흡의 산화적 인산화와 구별해 광인산화라고 한다. 탄소 고정 반응은 캘빈 회로라고도 하며, 명반응의 산물인 ATP와 NADPH의 화학 에너지를 이용하여 이산화 탄소를 환원시켜 포도당을 합성하는 단계이다.

[라] 세포막에서 에너지를 사용하여 농도 기울기를 거슬러 물질을 이동시키는 방식을 능동 수송이라고 한다. 능동 수송에는 세포막에 존재하는 특정한 운반체 단백질이 관여한다. 세포막에 존재하는 Na^+ - K^+ 펌프가 ATP를 소모하면서 Na^+ 과 K^+ 을 농도 기울기에 거슬러 이동시키는 것이 능동 수송의 대표적인 예이다.

[논제 III] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

<그림 1>은 산화적 인산화가 일어나는 미토콘드리아의 내막을, <그림 2>는 광인산화가 일어나는 엽록체의 틸라코이드 막을 모식도로 나타낸 것이다.



<그림 1>

<그림 2>

- (1) 미토콘드리아의 A와 B, 엽록체의 C와 D 중 H^+ 농도가 상대적으로 높은 곳은 각각 어디인지 제시하고, H^+ 농도 기울기가 ATP 합성과 어떻게 연결되는지 전자 공급원, 최종 전자 수용체, H^+ 의 이동 방향 및 이동 원리와 관련지어 논술하시오. (10점)
- (2) 세포의 환경이나 조건은 세포 호흡과 광합성에 영향을 줄 수 있다. ① 산소 공급이 차단되었을 때 미토콘드리아의 내막을 경계로 형성된 H^+ 농도 기울기 변화, ② 이산화 탄소 공급이 차단되었을 때와 빛이 차단되었을 때 각각 엽록체의 틸라코이드 막을 경계로 형성된 H^+ 농도 기울기 변화에 대해 논술하시오. (6점)

■ 예시 답안

(1)

미토콘드리아의 B(막 사이 공간)가 A(기질)보다 H^+ 농도가 높다. 미토콘드리아의 내막에서 산화적 인산화가 일어날 때 전자의 공급원은 NADH와 $FADH_2$ 이며, 최종 전자 수용체는 산소(O_2)이다. 해당 과정, 피루브산 산화와 TCA 회로를 통해 생성된 NADH와 $FADH_2$ 가 미토콘드리아의 내막에 있는 전자 전달계에 고에너지 전자를 전달한다. 이 고에너지 전자는 전자 전달계를 따라 이동하며 산화 환원 과정을 통해 단계적으로 에너지를 방출한다. 이때 방출된 에너지는 H^+ 이 A(기질)에서 B(막 사이 공간)로 능동 수송되는 데에 사용된다. 전자 전달계를 거치면서 에너지 수준이 낮아진 전자는 최종적으로 산소(O_2)에 전달되고, H^+ 과 결합하여 물(H_2O)을 생성한다. 미토콘드리아에서는 B(막 사이 공간)의 H^+ 이 농도 기울기를 따라 ATP 합성 효소를 통해 A(기질)로 확산되는 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다.

엽록체의 C(틸라코이드 내부)가 D(스트로마)보다 H^+ 농도가 높다. 엽록체에서 비순환적 전자 흐름에 의한 광인산화가 일어날 때 전자의 공급원은 물(H_2O)이며, 최종 전자 수용체는 $NADP^+$ 이다. 틸라코이드 막의 광계에서 빛에너지에 의해 생성된 고에너지 전자는 전자 전달계를 따라 이동하며 단계적으로 에너지를 방출한다. 이때 방출된 에너지는 H^+ 이 D(스트로마)에서 C(틸라코이드 내부)로 능동 수송되는 데에 사용된다. 비순환적 전자 흐름에서 전자 전달계를 거치면서 에너지 수준이 낮아진 전자는 최종적으로 $NADP^+$ 로 전달되고, H^+ 과 결합하여 NADPH를 생성한다. 엽록체에서는 C(틸라코이드 내부)의 H^+ 이 농도 기울기에 따라 ATP 합성 효소를 통해 D(스트로마)로 확산되는 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다.

(2)

① 미토콘드리아에서는 최종 전자 수용체인 산소가 없으면 미토콘드리아 내막에서의 전자 전달이 멈추므로 H^+ 농도 기울기가 감소한다. ② 엽록체에서는 이산화 탄소가 없으면 탄소 고정 반응(암반응)이 멈추므로 NADPH의 산화가 일어나지 않는다. 이에 따라 명반응으로의 $NADP^+$ 공급이 줄어들어 틸라코이드 막에서의 비순환적 전자 흐름이 감소하므로 H^+ 농도 기울기가 감소한다. 빛이 차단되면 빛에 의한 고에너지 전자의 방출이 일어나지 않아 틸라코이드 막에서의 전자 전달이 감소하므로 H^+ 농도 기울기가 감소한다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 III-(1)	<1점> 미토콘드리아의 B(막 사이 공간)가 A(기질)보다 H^+ 농도가 높다. <1점> 미토콘드리아의 내막에서 산화적 인산화가 일어날 때 전자의 공급원은 NADH와 $FADH_2$이며, 최종 전자 수용체는 산소(O_2)이다. <2점> 전자 공급원으로부터 전달된 고에너지 전자는 전자 전달계를 따라 이동하며 산화 환원 과정을 통해 단계적으로 에너지를 방출하고, 이 에너지는 H^+이 A(기질)에서 B(막 사이 공간)로 능동 수송되는 데에 사용된다. <1점> 미토콘드리아에서는 B(막 사이 공간)의 H^+이 농도 기울기를 따라 ATP 합성 효소를 통해 A(기질)로 확산되는 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다. <1점> 엽록체의 C(틸라코이드 내부)가 D(스트로마)보다 H^+ 농도가 높다. <1점> 엽록체에서 비순환적 전자 흐름에 의한 광인산화가 일어날 때 전자의 공급원은 물(H_2O)이며, 최종 전자 수용체는 $NADP^+$이다. <2점> 틸라코이드 막의 광계에서 빛에너지에 의해 생성된 고에너지 전자는 전자 전달계를 따라 이동하며 단계적으로 에너지를 방출하고, 이때 방출된 에너지는 H^+이 D(스트로마)에서 C(틸라코이드 내부)로 능동 수송되는 데에 사용된다. <1점> 엽록체에서는 C(틸라코이드 내부)의 H^+이 농도 기울기에 따라 ATP 합성 효소를 통해 D(스트로마)로 확산되는 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다.	10
논제 III-(2)	<2점> ① 미토콘드리아에서는 최종 전자 수용체인 산소가 없으면 미토콘드리아 내막에서의 전자 전달이 멈추므로 H^+ 농도 기울기가 감소한다. <2점> ② 엽록체에서는 이산화 탄소가 없으면 탄소 고정 반응(암반응)이 멈추므로 NADPH의 산화가 일어나지 않는다. 이에 따라 명반응으로의 $NADP^+$ 공급이 줄어들어 틸라코이드 막에서의 비순환적 전자 흐름이 감소하므로 H^+ 농도 기울기가 감소한다. <2점> 빛이 차단되면 빛에 의한 고에너지 전자의 방출이 일어나지 않아 틸라코이드 막에서의 전자 전달이 감소하므로 H^+ 농도 기울기가 감소한다.	6
합계		16

생명과학 · 논제 IV

제시문

[마] 한 쌍의 대립유전자에 의해 하나의 형질이 결정되는 유전을 단일 인자 유전이라고 한다. 생식세포가 형성될 때 쌍을 이루던 대립유전자가 분리되어 서로 다른 생식세포로 하나씩 나뉘어 들어간다. 암수의 생식세포가 만나 수정이 일어나면 대립유전자가 다시 쌍을 이룬다.

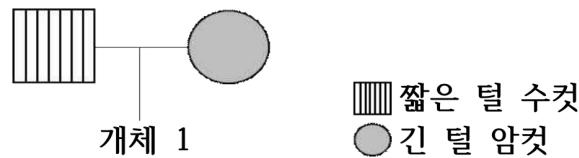
[바] 하디-바인베르크 법칙을 따르는 멘델 집단은 대립유전자 빈도가 대를 거듭해도 변하지 않는 유전적 평형을 나타낸다. 멘델 집단의 조건은 다음과 같다. ① 집단의 크기가 충분히 크다. ② 다른 개체군과 격리되어 있어서 유전자의 이출입이 없다. ③ 돌연변이가 일어나지 않는다. ④ 교배가 무작위로 일어난다. ⑤ 자연 선택이 일어나지 않는다.

[사] 특정 시기에 한 개체군에 속하는 모든 개체들이 지니고 있는 대립유전자 전체를 유전자풀이라고 한다. 개체군의 유전자풀에 변화를 일으켜 유전적 평형을 깨뜨리는 요인은 진화의 동력이 된다. 집단의 유전자풀을 변화하게 하는 요인에는 자연 선택, 돌연변이, 유전적 부동, 유전자 흐름 등이 있다.

[논제 IV] 제시문 [마]~[사]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

고양이의 털 길이는 1번 염색체상에 존재하는 *FGF5* 유전자에 의해 결정된다. 정상적인 단백질을 만드는 *FGF5* 대립유전자 *M*은 털의 성장기를 정상적으로 종료시켜 짧은 털의 표현형이 나타나도록 한다. 그런데 비정상적인 단백질을 만드는 *FGF5* 대립유전자 *m*은 털의 성장기를 연장시켜 긴 털의 표현형이 나타나도록 한다. 짧은 털 대립유전자(*M*)는 긴 털 대립유전자(*m*)에 대해 완전 우성이다.

- (1) 한 지역의 고양이 집단 A는 하디-바인베르크 법칙을 따르는 유전적 평형 상태이고 대립유전자 *m*의 비율이 25%이다. <그림 3>은 집단 A의 한 가계도이다. 개체 1이 긴 털을 가질 확률을 하디-바인베르크 법칙과 유전 원리를 이용하여 논술하시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (12점)



<그림 3>

- (2) 다른 지역의 고양이 집단 B는 5,000마리로 이루어져 있었고 긴 털 개체의 빈도가 5%였다. 그런데 갑작스러운 대형 재개발로 인해 단 20마리만이 살아남게 되었다. 살아남은 20마리 중에 긴 털 개체는 우연히 3마리가 포함되어 있었다. 이후 이 집단(세대 I)은 4세대를 거치며 수백 마리로 증가하였다. 세대별 긴 털 개체의 빈도를 조사한 결과, <표 1>과 같이 나타났다. 이 과정에서 개체의 이출입, 자연 선택, 돌연변이는 없었다. 세대 I에서 긴 털 개체의 빈도가 재개발 이전과 달라진 이유를 설명하고, 4세대를 거치는 동안 긴 털 개체의 빈도가 일정하지 않고 <표 1>과 같이 변화되는 이유를 논술하시오. (12점)

<표 1>

세대	전체 개체수	긴 털 개체의 빈도	빈도의 변동값
I	20	0.15	-
II	80	0.45	+0.30
III	150	0.38	-0.07
IV	250	0.41	+0.03
V	500	0.42	+0.01

■ 예시 답안

(1)

부모 세대 암컷은 긴 털을 가지므로 유전자형이 mm 이며 반드시 대립유전자 m 을 개체 1에게 물려준다. 그러므로 부모 세대 짧은 털 수컷이 대립유전자 m 을 물려줄 확률만 고려하면 된다. 집단 A는 하디-바인베르크 법칙을 따르는 유전적 평형 상태에 있고, 긴 털 대립유전자 m 의 빈도(q)는 25% [$q = 0.25$]이다. 그러므로 짧은 털 대립유전자 M 의 빈도(p)는 75% [$p = 1 - q = 0.75$]이고, 집단의 유전자형 빈도는 $MM : Mm : mm = p^2 : 2pq : q^2$ 이다. 개체 1이 긴 털을 갖기 위해서는 부모 세대 짧은 털 수컷의 유전자형이 Mm 이어야 한다. 짧은 털 수컷의 유전자형이 Mm 일 확률은 ‘유전자형이 Mm 인 개체의 빈도’를 ‘짧은 털(MM 또는 Mm) 개체의 빈도’로 나눈 값과 같기 때문에 $0.4 [= 2pq / (p^2 + 2pq) = 2q / (p + 2q) = 2 \times 0.25 / (0.75 + 2 \times 0.25) = 0.4]$ 이다. 그리고 유전자형이 Mm 인 수컷이 개체 1에게 m 을 물려줄 확률은 0.5이다. 따라서 부모 세대 수컷의 유전자형이 Mm 이고 대립유전자 m 을 개체 1에게 전달할 확률은 $0.2 [= 0.4 \times 0.5]$ 이다.

(2)

세대 I에서 긴 털 개체의 빈도가 이전과 달라진 이유는 대형 재개발로 인해 5,000마리 중 단 20마리만이 살아남으면서 병목 효과가 일어났기 때문이다. 이 과정에서 생존한 소수 개체들의 대립유전자 구성이 원래 집단을 충분히 대표하지 못해 유전적 부동이 일어났다. 즉, 생존한 개체들의 유전자풀이 우연히 달라져 긴 털 대립유전자의 빈도가 이전보다 높아지게 된 것이다.

이후 세대 I에서 세대 V까지 세대별로 긴 털 개체의 빈도가 요동한 이유는 집단의 크기가 작을수록 유전적 부동이 강하게 일어나기 때문이다. 개체수가 작은 집단에서는 자연 선택이나 돌연변이가 작용하지 않더라도 다음 세대로 대립유전자가 전달되는 비율이 우연히 달라지면서 빈도가 불규칙하게 변동할 수 있다. 그러나 세대가 거듭되면서 개체수가 증가하면 유전적 부동의 영향이 줄어들어 <표 1>과 같이 긴 털 개체 빈도의 변동 폭이 점차 감소할 수 있다.

따라서 집단 B에서 관찰된 긴 털 개체의 빈도 변화는 병목 효과에 의한 유전적 부동과 집단의 크기가 작아서 생기는 유전적 부동에 따른 결과로 설명할 수 있다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 IV-(1)	<2점> 부모 세대 암컷에 관한 서술: - 암컷은 열성 형질이므로 유전자형이 mm이며 반드시 대립유전자 m을 개체 1에게 물려줄 서술 <3점> 짧은 털 대립유전자의 빈도와 집단 내 유전자형 빈도 도출: - 긴 털 대립유전자 m의 빈도(q)는 25% [$q = 0.25$]이므로, (1점) - 짧은 털 대립유전자 M의 빈도(p)는 75% [$p = 1 - q = 0.75$]임을 서술 (1점) - 하디-바인베르크 법칙에 따라 유전자형 빈도는 $MM: Mm: mm = p^2 : 2pq : q^2$임을 서술 (1점) <5점> 부모 세대 짧은 털 수컷의 유전자형 조건과 확률 서술: - 개체 1이 긴 털을 갖기 위해서는 짧은 털 수컷의 유전자형이 Mm이어야 함을 서술 (2점) - 짧은 털 수컷의 유전자형이 Mm일 확률은 ‘유전자형이 Mm인 개체의 빈도’를 ‘짧은 털(MM 또는 Mm) 개체의 빈도’로 나눈 값과 같기 때문에 (2점) - $0.4 [= 2pq / (p^2 + 2pq) = 2q / (p + 2q) = 2 \times 0.25 / (0.75 + 2 \times 0.25) = 0.4]$임을 서술 (1점) <2점> 개체 1이 긴 털을 가질 확률값 도출: - 유전자형이 Mm인 수컷이 개체 1에게 m을 물려줄 확률 도출이 0.5임을 서술 (1점) - 부모 세대 수컷의 유전자형이 Mm이고 대립유전자 m을 개체 1에게 전달할 확률은 $0.2 [= 0.4 \times 0.5]$임을 서술 (1점)	12
논제 IV-(2)	<5점> 병목 효과에 의한 유전적 부동을 서술: - 세대 I에서 긴 털 개체의 빈도가 이전과 달라진 이유로, 대형 재개발로 인하여 소수의 개체만 생존하는 병목 현상이 나타남 (2점) - 생존한 소수 개체들의 대립유전자 구성이 원래 집단을 충분히 대표하지 못하는 병목 효과로 인해 유전적 부동이 일어났음을 서술 (3점) <7점> 집단의 크기가 작아서 생기는 유전적 부동을 서술: - 4세대 동안 긴 털 개체의 빈도가 요동한 이유로, 작은 크기의 집단에서 유전적 부동이 강하게 일어남을 서술. (2점) - 개체수가 작은 집단에서는 자연 선택이나 돌연변이가 작용하지 않더라도 다음 세대로 대립유전자가 전달되는 비율이 우연히 달라지면서 빈도가 불규칙하게 변동할 수 있음을 논리적으로 서술 (3점) - 세대가 거듭되면서 개체수가 증가하면 <표 1>과 같이 긴 털 개체 빈도의 변동 폭이 점차 감소할 수 있음을 서술 (2점)	12
합계		24

2025학년도 의·약학계열

수학 · 논제 I -1

제시문

[가] 두 초점 $F(c, 0)$, $F'(-c, 0)$ 으로부터의 거리의 합이 $2a(a > c > 0)$ 인 타원의 방정식은

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (\text{단, } b^2 = a^2 - c^2)$$

[나] 타원 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 위의 점 $P(x_1, y_1)$ 에서의 접선의 방정식은

$$\frac{x_1 x}{a^2} + \frac{y_1 y}{b^2} = 1$$

[다] 방정식 $f(x, y) = 0$ 이 나타내는 도형을 x 축 방향으로 a 만큼, y 축 방향으로 b 만큼 평행이동한 도형의 방정식은

$$f(x - a, y - b) = 0$$

[라] 일반적으로 수열 $\{a_n\}$ 에서 n 의 값이 한없이 커질 때, a_n 의 값이 일정한 값 α 에 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.

[논제 I -1] 다음 물음에 답하시오.

- (1) 서로 다른 양수 p 와 t 에 대하여 두 점 $(p, 0)$ 과 $(3p, 0)$ 을 초점으로 하는 타원과, 두 점 $(p, 0)$ 과 $(t, 0)$ 을 초점으로 하는 타원이 모두 원점을 지난다. 각 타원마다 타원의 네 꼭짓점을 꼭짓점으로 하는 마름모를 생각하자. 이때 두 마름모가 서로 닮음이 되는 t 를 구하고 그 근거를 논술하시오. (단, $t \neq 3p$) (12점)
- (2) 서로 다른 양수 p 와 자연수 n 에 대하여 두 점 $(p, 0)$ 과 $(n, 0)$ 을 초점으로 하는 타원이 원점을 지난다. p 보다 작은 양수 k 에 대하여 x 좌표가 k 이고 y 좌표가 0보다 큰 타원 위의 점에서의 접선의 기울기를 a_n 이라고 하자. 이때 $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n$ 을 구하고 그 근거를 논술하시오. (16점)

■ 예시 답안

(1)

초점이 $(p, 0)$ 과 $(t, 0)$ 인 타원의 장축의 길이를 $2a$, 단축의 길이를 $2b$, 두 초점 사이의 거리를 $2c$ 라고 하자. 이 타원의 중심은 $(a, 0)$ 이고, 중심은 두 초점의 중점이므로, $a = \frac{t+p}{2}$ 이다. $b^2 = a^2 - c^2$ 으로부터 $b^2 = \left(\frac{t+p}{2}\right)^2 - \left(\frac{t-p}{2}\right)^2 = pt$ 를 얻는다.

주어진 두 타원의 장축과 단축의 길이는 각각 $3p + p = 4p$, $2\sqrt{3p \times p} = 2\sqrt{3}p$ 와 $t + p$, $2\sqrt{tp}$ 이다. 타원의 꼭짓점들로 이루어진 마름모들이 서로 닮음이면 장축과 단축의 비율이 같고, 이 비율이 같으면 서로 닮음이다. 따라서 $\frac{2\sqrt{3}p}{4p} = \frac{2\sqrt{tp}}{t+p}$ 이고, 정리하면 $3t^2 - 10pt + 3p^2 = 0$ 을 얻는다. 그러므로 $t = 3p$ 또는 $t = \frac{p}{3}$ 인데 t 는 $3p$ 와 다르므로, $t = \frac{p}{3}$ 이다.

(2)

초점이 x 축의 양의 방향 위에 있고 원점을 지나는 타원의 방정식은 그 장축의 길이가 $2a$, 단축의 길이가 $2b$ 일 때 $\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 이다.

이때, (1)에서 살펴본 대로, $a = \frac{n+p}{2}$, $b = \sqrt{pn}$ 이다. x 좌표가 k 이고, y 좌표가 0보다 큰 타원 위의 점을 (k, m) 이라 하면 $m = \frac{b}{a}\sqrt{2ak - k^2}$ 이다.

타원 $\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 위의 점 (k, m) 에서의 접선의 기울기는 타원 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 위의 점 $(k-a, m)$ 에서의 접선의 기울기와 같다. 타원 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 위의 점 $(k-a, m)$ 에서의 접선의 방정식은 $\frac{(k-a)x}{a^2} + \frac{my}{b^2} = 1$ 이므로,

$$a_n = \frac{b^2(a-k)}{a^2} \frac{1}{m} = \frac{b^2(a-k)}{a^2} \frac{a}{b\sqrt{2ak - k^2}} = \frac{(a-k)b}{a\sqrt{2ak - k^2}} = \frac{(n+p-2k)\sqrt{pn}}{(n+p)\sqrt{(n+p)k - k^2}}$$

이다. 따라서

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+p-2k)}{(n+p)} \frac{\sqrt{pn}}{\sqrt{kn + pk - k^2}} = \sqrt{\frac{p}{k}}$$

이다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 I -1 -(1)	<6점> 두 타원의 장축과 단축의 길이를 구한다. <6점> 두 마름모가 서로 닮음이 되는 t 의 값을 구한다.	12
논제 I -1 -(2)	<10점> 타원의 접선의 기울기를 구한다. <6점> 수열의 극한값을 구한다.	16

수학 · 논제 1-2

제시문

[마] 사건 A 가 일어났을 때의 사건 B 의 조건부확률은

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad (\text{단, } P(A) > 0)$$

[논제 1-2] 원점 O 를 출발하여 좌표평면 위를 움직이는 점이 있다. 한 개의 동전과 한 개의 주사위를 각각 던져, 동전의 앞면이 나오면 x 축의 양의 방향으로, 뒷면이 나오면 y 축의 양의 방향으로 주사위에서 나온 눈의 수만큼 이동한다. 이와 같은 시행을 한 번 하여 이동한 점을 P_1 , 점 P_1 에서 이 시행을 다시 하여 이동한 점을 P_2 , 점 P_2 에서 이 시행을 다시 하여 이동한 점을 P_3 이라 하자. 다음 물음에 답하시오.

- (1) 세 선분 OP_1, P_1P_2, P_2O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 6 이상일 확률을 구하고 그 근거를 논술하시오. (단, 세 점 O, P_1, P_2 가 일직선 위에 있을 때는 도형의 넓이를 0으로 한다.) (8점)
- (2) 세 선분 OP_2, P_2P_3, P_3O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 18 이상일 때, 세 번째 시행에서 던진 주사위에서 나온 눈의 수가 6일 확률을 구하고 그 근거를 논술하시오. (단, 세 점 O, P_2, P_3 이 일직선 위에 있을 때는 도형의 넓이를 0으로 한다.) (24점)

■ 예시 답안

(1)

동전의 앞면이 나오는 것을 H, 동전의 뒷면이 나오는 것을 T로 나타내자. 세 선분 OP_1, P_1P_2, P_2O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 6 이상이 되려면, 세 점 O, P_1, P_2 가 삼각형을 이뤄야 하며, 따라서 첫 번째 시행과 두 번째 시행에서 동전이 HT나 TH로 나와야 한다. 이 조건을 만족할 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 또한, 첫 번째 시행과 두 번째 시행에서 나온 주사위의 눈의 수를 각각 a, b 라 하면 $ab \geq 12$ 여야 한다. 이를 만족하는 (a, b) 순서쌍은 총 17개이며, 따라서 이 확률은 $\frac{17}{36}$ 이다. 그러므로 세 선분 OP_1, P_1P_2, P_2O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 6 이상일 확률은

$$\frac{1}{2} \times \frac{17}{36} = \frac{17}{72}$$

(2)

세 선분 OP_2, P_2P_3, P_3O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 18 이상이 되려면, 세 점 O, P_2, P_3 이 삼각형을 이뤄야 한다. 세 점 O, P_2, P_3 이 삼각형을 이루려면, 세 번의 시행에서 동전이 HTT, HTH, HHT, THH, THT, TTH로 나와야 한다. 세 선분 OP_2, P_2P_3, P_3O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 18 이상인 사건을 A , 세 번째 시행에서 던진 주사위에서 나온 눈의 수가 6인 사건을 B 라 하자.

1) HTT인 경우

동전이 HTT로 나올 확률은 $\frac{1}{8}$ 이며, 이때 각 시행에서 나온 주사위의 눈의 수를 차례대로 a, b, c 라 하면 $ac \geq 36$ 이어야 하며, 이를 만족하는 (a, c) 순서쌍은 1개이다. 따라서, 이때의 확률은

$$\frac{1}{8} \times \frac{1}{36} = \frac{1}{288}$$

2) HTH인 경우

동전이 HTH로 나올 확률은 $\frac{1}{8}$ 이며, 이때 각 시행에서 나온 주사위의 눈의 수를 차례대로 a, b, c 라 하면 $bc \geq 36$ 이어야 하며, 이를 만족하는 (b, c) 순서쌍은 1개이다. 따라서, 이때의 확률은

$$\frac{1}{8} \times \frac{1}{36} = \frac{1}{288}$$

3) HHT인 경우

동전이 HHT로 나올 확률은 $\frac{1}{8}$ 이며, 이때 각 시행에서 나온 주사위의 눈의 수를 차례대로 a, b, c 라 하면 $(a + b)c \geq 36$ 이어야 한다. 이를 만족하는 (a, b, c) 순서쌍의 개수는 $c = 6$ 일 때 $a + b \geq 6$ 인 순서쌍 26개, $c = 5$ 일 때 $a + b \geq 8$ 인 순서쌍 15개, $c = 4$ 일 때 $a + b \geq 9$ 인 순서쌍 10개, $c = 3$ 일 때 $a + b \geq 12$ 인 순서쌍 1개로 총 52개이다. 따라서, 이때의 확률은

$$\frac{1}{8} \times \frac{52}{216} = \frac{52}{1728} = \frac{13}{432}$$

4) THH인 경우는 1) HTT인 경우와 동일하므로, 확률은 $\frac{1}{288}$ 이다.

5) THT인 경우는 2) HTH인 경우와 동일하므로, 확률은 $\frac{1}{288}$ 이다.

6) TTH인 경우는 3) HHT인 경우와 동일하므로, 확률은 $\frac{13}{432}$ 이다.

따라서,

$$P(A) = \frac{1}{288} + \frac{1}{288} + \frac{13}{432} + \frac{1}{288} + \frac{1}{288} + \frac{13}{432} = \frac{32}{432} = \frac{2}{27}$$

한편, 세 선분 OP_2, P_2P_3, P_3O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 18 이상이면 세 번째 시행에서 던진 주사위에서 나온 눈의 수가 6일 확률을 비슷한 방법으로 구하면, 1) HTT인 경우 $\frac{1}{288}$ 2) HTH인 경우 $\frac{1}{288}$ 3) HHT인 경우 $\frac{13}{864}$ 4) THT인 경우 $\frac{1}{288}$ 5) THH인 경우 $\frac{1}{288}$ 6) TTH인 경우 $\frac{13}{864}$ 이므로

$$P(A \cap B) = \frac{1}{288} + \frac{1}{288} + \frac{13}{864} + \frac{1}{288} + \frac{1}{288} + \frac{13}{864} = \frac{19}{432}$$

따라서, 세 선분 OP_2, P_2P_3, P_3O 로 둘러싸인 도형의 넓이가 18 이상일 때, 세 번째 시행에서 던진 주사위에서 나온 눈의 수가 6일 확률은

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \frac{\frac{19}{432}}{\frac{2}{27}} = \frac{19}{32}$$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 I -2- (1)	<3점> 동전이 나올 수 있는 경우를 파악한다. <5점> 도형의 넓이가 6 이상일 확률을 구한다.	8점
논제 I -2- (2)	<5점> 동전이 나올 수 있는 경우를 파악한다. <10점> 도형의 넓이가 18 이상일 확률을 구한다. <9점> 도형의 넓이가 18 이상이며 세 번째 시행에서 나온 주사위의 눈의 수가 6일 조건부확률을 구한다.	24점

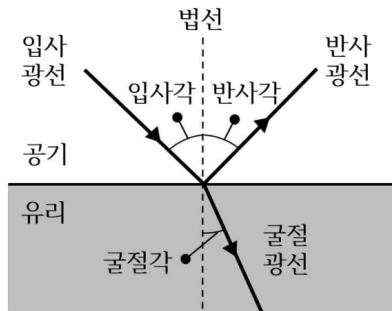
물리학 · 논제 II-1

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

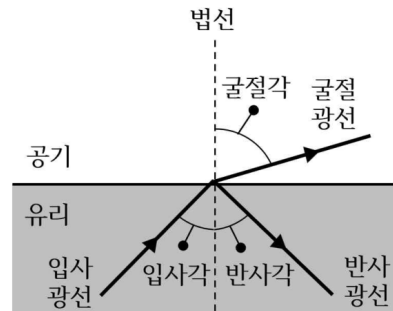
제시문

[가] 파동이 서로 다른 두 매질의 경계면을 비스듬히 지날 때 각 매질을 지나는 파동의 속력이 달라져 파동의 진행 방향이 꺾이는데, 이러한 현상을 파동의 굴절이라고 한다.

[나] 빛은 진행하는 매질이 바뀔 때 반사와 굴절을 한다. 빛이 반사할 때 입사각과 반사각은 항상 같다. 빛이 굴절할 때는 매질에서의 빛의 속력에 의해 굴절하는 정도가 결정된다. 그림과 같이 빛이 공기에서 유리로 진행할 때는 입사각이 굴절각보다 크고, 반대로 빛이 유리에서 공기로 진행할 때는 굴절각이 입사각보다 크다. 빛이 다른 매질로 입사할 때, 입사각이 클수록 굴절각도 커진다.



공기에서 유리로 진행할 때



유리에서 공기로 진행할 때

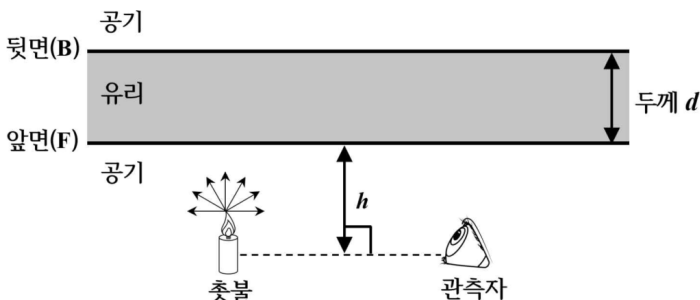
[그림]

[다] 물속의 물체에서 나온 빛이 공기 중으로 나올 때 굴절각이 입사각보다 크다. 이때 물체는 굴절 광선의 연장선상 어딘가에 있는 것처럼 관측자에게 보인다.

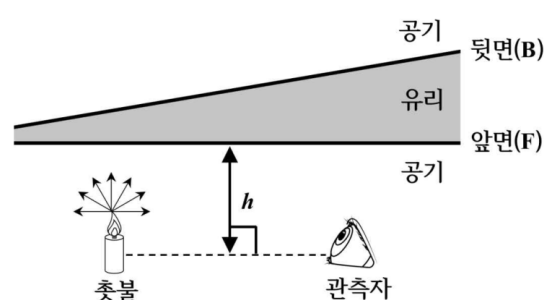
[논제 II-1] 제시문 [가], [나], [다]를 읽고 다음 물음에 답하시오.

[그림 1]과 같이 두께 d 의 두꺼운 유리 앞에 한 개의 촛불과 관측자가 있다. 유리의 앞면 F와 뒷면 B는 공기와 접해 있다. 촛불은 관측자의 눈높이에 있고, 촛불과 관측자는 유리의 앞면으로부터 같은 거리 h 만큼 떨어져 있다. 유리의 내부에서 두 번 이상 반사하는 빛의 경로는 고려하지 않는다. 촛불은 단색광이 나오는 점광원으로 생각하고, 빛의 간섭 현상은 무시한다.

- (1) F와 B가 평행일 때, F와 B에서 각각 반사한 빛에 의해 관측자에게 촛불 두 개가 있는 것처럼 보였다. 유리의 두께가 늘어난다면, 관측자에게 보이는 두 촛불의 간격이 가까워지는지, 혹은 멀어지는지를 밝히고, 그 근거를 논술하시오. (8점)
- (2) [그림 2]와 같이 왼쪽으로 갈수록 두께가 줄어드는 유리로 바꾸었더니 관측자에게 두 개의 촛불이 겹쳐 있는 것처럼 보였다. 관측자에게 두 개의 촛불이 겹쳐 보이는 이유를 빛의 경로를 그려 설명하고, 그 근거를 논술하시오. (8점)



[그림 1]

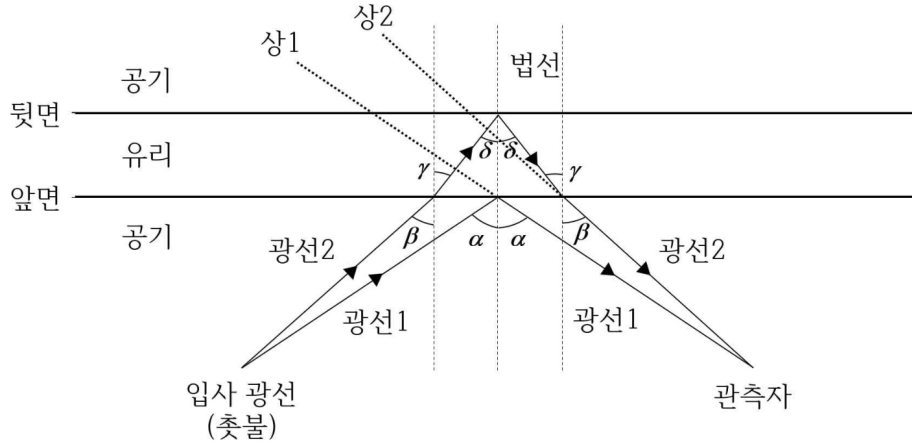


[그림 2]

■ 예시 답안

[문제 II-1-(1)]

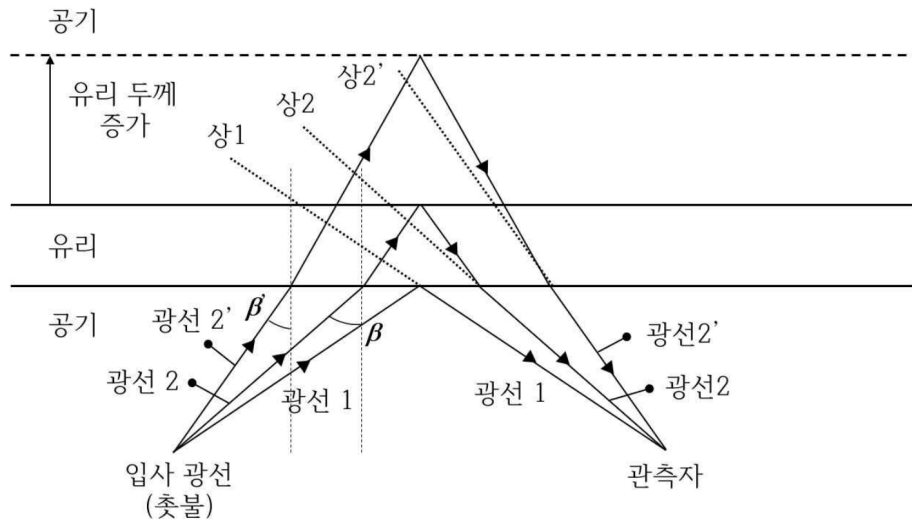
그림 1과 같이 촛불에서 나온 빛(입사 광선)이 (i) 유리의 앞면에서 반사(입사각 α , 반사각 α)한 뒤 관측자로 향하는 “광선1”의 경로 또는 (ii) 유리의 앞면과 뒷면에서 차례대로 굴절(입사각 β , 굴절각 γ), 반사(반사각 $\delta = \gamma$)한 뒤 유리의 앞면에서 다시 굴절(입사각 $\gamma = \delta$, 굴절각 β)하며 관측자로 향하는 “광선2”의 경로를 따르므로 관측자에게 두 개의 촛불이 있는 것처럼 보인다.



[그림 1]

즉, 관측자에게 광선1의 연장선에 “상1”이, 광선2의 연장선에 “상2”가 있는 것처럼 보인다. 광선2의 경로를 따라 진행하는 빛은 유리의 내부를 지나면서 수평 방향으로 이동한 후 관측자에게 도달하므로 광선2의 입사각 β 는 광선1의 입사각 α 보다 작아야 한다.

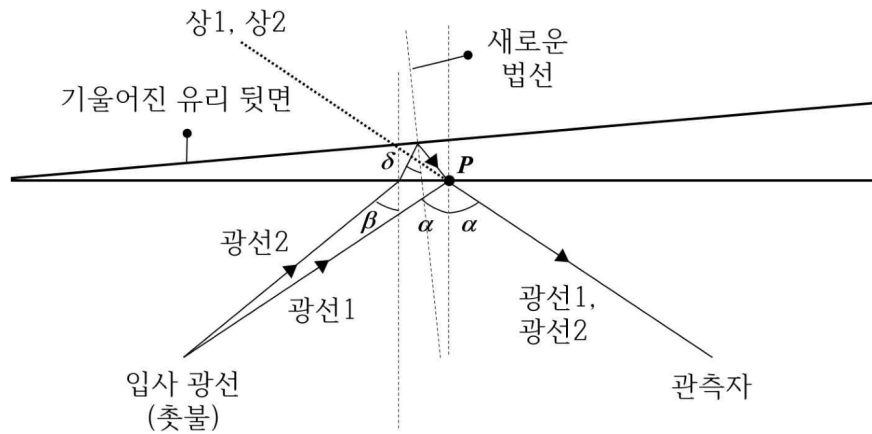
그림 2와 같이 유리의 두께가 늘어나면, 입사각(β')이 β 보다 작아지며 “광선2'”의 경로를 따라 관측자로 향하므로, 관측자에게 보이는 두 촛불의 간격(상1과 상2')은 이전 상황(상1과 상2)과 비교하여 더 멀어진다.



[그림 2]

[문제 II-1-(2)]

관측자에게 두 개의 촛불이 겹쳐 있는 것처럼 보이려면, 그림 3과 같이 관측자로 향하는 광선1의 반사 경로와 광선2의 유리 밖으로 나올 때의 굴절 경로가 서로 일치해야 한다. 이를 위해 광선2의 경로를 따르는 빛이 기울어진 유리의 뒷면에서 반사한 뒤, 광선1이 유리의 앞면에서 반사하는 점 P를 지나야 한다. [문제 II-1-(1)]의 상황과 마찬가지로 광선2의 입사각 β 는 광선1의 입사각 α 보다 작다. 하지만 광선2가 유리의 뒷면에서 반사할 때 뒷면의 기울기만큼 반사각 δ 가 커지게 된다 (즉, $\delta > \gamma$, 여기서 γ 는 유리 앞면에서의 굴절각, 그림 1 참고). 따라서 광선2가 유리 밖으로 나올 때의 굴절각 역시 β 보다 커지게 되어 광선 1의 반사각 α 와 같게 할 수 있다 (즉, 광선1과 광선2의 경로를 일치하게 할 수 있다).



[그림 3]

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 II-1-(1)	<2점> 유리의 앞면과 뒷면에서 반사되는 빛의 경로를 정확하게 서술하거나 그렸다. <2점> 관측자를 향하는 빛의 최종 경로의 연장선상에 쫓불이 있는 것처럼 보임을 설명하였다. <2점> 관측자에게 두 개의 쫓불이 있는 것처럼 보이는 이유를 설명하였다. <2점> 유리의 두께가 늘어남에 따라 관측자에게 보이는 두 쫓불의 간격이 멀어짐을 밝혔다.	8
문제 II-1-(2)	<2점> 관측자에게 향하는 두 빛의 최종 경로가 서로 일치하도록 그렸다. <2점> 기울어진 유리 뒷면으로 인해 유리 내부에서의 반사각이 증가함을 서술하거나 그렸다. <2점> 유리의 뒷면에서 반사되는 빛이 유리의 앞면에서 반사되는 빛의 경로의 중앙을 지나도록 그렸다. <2점> 유리의 내부로 들어갈 때의 입사각보다 유리의 내부에서 빠져나올 때의 굴절각을 더 크게 그리거나 서술하였다.	8

물리학 · 논제 II-2

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

[라] 운동을 하는 물체에 힘이 작용하면, 힘의 크기가 클수록, 힘이 작용한 시간이 길수록 물체의 운동량의 변화량은 커진다. 작용한 힘과 힘이 작용한 시간의 곱을 충격량이라 하고, 이는 물체의 운동량의 변화량과 같다. 여기서, 운동량은 물체의 질량과 속도를 곱한 값이다.

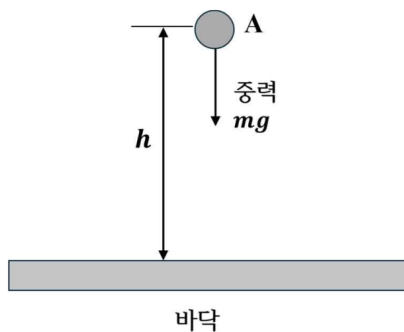
[마] 용수철은 늘어나거나 줄어든 길이에 비례하는 힘을 매달린 물체에 작용한다. 이때 힘의 방향은 용수철이 원래 길이로 돌아가려는 방향이다. 용수철을 늘리거나 줄일 때 용수철에 가한 힘이 한 일은 탄성 퍼텐셜 에너지로 용수철에 저장된다.

[바] 물체에 힘을 작용하여 지면으로부터 일정한 높이까지 들어 올리며 일을 하면, 물체는 힘이 한 일만큼 일을 할 수 있는 능력인 에너지가 증가한다. 물체의 질량을 m , 물체를 들어 올린 높이를 h , 중력 가속도를 g 라고 하면, 지면을 기준으로 할 때 중력 퍼텐셜 에너지 $E_p = mgh$ 이다.

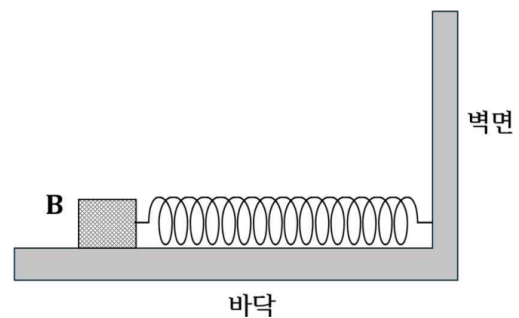
[사] 물체가 중력이나 용수철의 탄성력 등을 받아서 운동할 때는 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지는 서로 전환되며, 마찰이나 공기 저항 등을 받지 않는다면 그 합인 역학적 에너지는 일정하게 보존된다. 이것을 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

[논제 II-2] 제시문 [라], [마], [바], [사]를 읽고 다음 물음에 답하시오.

- [그림 3]과 같이, 바닥으로부터 높이 h 지점에서 질량이 m 인 물체 A를 가만히 놓아 자유 낙하시킨다. A가 자유 낙하하는 도중 순간적인 충격을 받는데, 그 충격량의 크기는 I 이고, 중력과 같은 방향이다. 이때 A의 운동 속도는 변하지만 A의 위치 변화와 이에 따른 중력 퍼텐셜 에너지 변화는 무시할 수 있다고 하자. A가 충격을 받은 순간 바닥으로부터의 높이를 y 라 할 때, 충격을 받은 후 A의 역학적 에너지 $E_{\text{역학}}$ 을 구한 뒤 y 에 대한 $E_{\text{역학}}$ 의 그래프를 그리고, 그 근거를 논술하시오. 단, 중력 가속도는 g 이고, 중력 퍼텐셜 에너지는 바닥에서 0이며, 공기 저항 및 물체의 크기는 무시한다. (12점)
- [그림 4]와 같이, 용수철의 한쪽 끝이 벽면에 고정되어 있고, 반대쪽 끝은 질량이 m 인 물체 B와 연결되어 있다. B가 용수철이 압축되는 방향으로 충격량 I 의 순간적인 충격을 받는 경우를 생각하자. 이때 B의 운동 속도는 변하지만 B의 위치 변화와 이에 따른 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지 변화는 무시할 수 있다고 하자. 정지해 있던 B가 임의의 서로 다른 순간에 충격량 I 의 충격을 두 번 받은 이후, B의 운동 에너지와 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지의 합인 역학적 에너지가 가질 수 있는 값의 범위를 구하시오. 또한, 정지해 있던 B가 임의의 서로 다른 순간에 충격량 I 의 충격을 총 N 번 받은 경우에 대해서도 역학적 에너지가 가질 수 있는 값의 범위를 구하고, 그 근거를 논술하시오. 단, 용수철의 질량, 물체의 크기, 마찰력, 공기 저항 등은 무시한다. (12점)



[그림 3]



[그림 4]

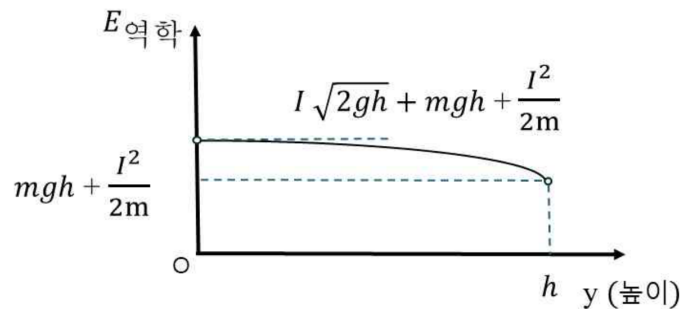
■ 예시 답안

[문제 II-2-(1)]

A는 높이 h 에서 정지해 있었으므로 충격을 받기 이전의 역학적 에너지는 $E_{\text{역학}} = mgh$ 이다. 충격을 받기 직전, A의 높이를 y , 속도를 v 라 하자 (중력 방향이 +). 역학적 에너지 보존 법칙 $E_{\text{역학}} = mgh = mgy + \frac{1}{2}mv^2$ 을 이용하면, 속도는 $v = \sqrt{2g(h-y)}$ 로 구해진다. 순간적인 충격에 의한 A의 위치 변화와 중력 퍼텐셜 에너지 변화는 무시하므로 속도와 운동 에너지 변화만을 고려한다. 충격을 받으면 충격량 I 만큼 A의 운동량이 변하므로 속도 변화량 $\Delta v = \frac{I}{m}$ 이다 (이후 풀이에서 Δv 는 V 로 둔다). 따라서 충격을 받은 직후의 속도는 $v' = v + V$ 이고, 운동 에너지 변화량은 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[V^2 + 2vV]$ 이다. 역학적 에너지 변화량은 운동 에너지 변화량과 같으므로 역학적 에너지는 다음과 같다.

$$E'_{\text{역학}} = mgh + \frac{I^2}{2m} + I \times \sqrt{2g(h-y)}$$

역학적 에너지는 높이 y 가 작을수록 (속도가 클수록) 커진다. 그래프로 그리면 다음과 같다.



[문제 II-2-(2)]

용수철이 변형된 길이를 x 라 하자 (압축될 때를 +). 순간적인 충격에 의한 B의 위치 변화와 탄성 퍼텐셜 에너지 변화는 무시하므로 이때의 속도와 운동 에너지 변화만을 고려한다. 충격을 받으면 B는 충격량 I 를 받아 속도 $V = \frac{I}{m}$, 역학적 에너지 $E_{\text{역학}} = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{I^2}{2m}$ 로 운동을 시작한다. 두 번째 충격을 받기 직전의 B의 속도를 v 라 하자. 탄성 퍼텐셜 에너지는 0보다 작을 수 없으므로 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 $|v| \leq V$ 이다. (1)과 마찬가지로 두 번째 충격량을 받은 직후의 속도와 역학적 에너지 변화는 다음과 같다.

$$v' = v + V,$$

$$\Delta E_{\text{역학}} = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[V^2 + 2vV]$$

이때, 역학적 에너지 변화가 최대(최소)가 될 때는 속도 v 가 $v = V$ ($v = -V$)일 때이고, 그때의 탄성 퍼텐셜 에너지는 0이다. 따라서 두 번째 충격을 받은 이후의 역학적 에너지는 최댓값 $E_{2\text{max}} = \frac{1}{2}m(2V)^2 = \frac{2I^2}{m}$ 와 최솟값 $E_{2\text{min}} = \frac{1}{2}m(0)^2 = 0$ 사이의 값을 갖는다.

$N (\geq 2)$ 번의 충격을 받는 경우, B가 충격 방향으로 최대 크기의 속도로 움직일 때 모든 충격을 받는다면, 각각의 충격에서 최대 속력이 V 만큼 커지고, 역학적 에너지 또한 최대로 증가한다. 최종적인 역학적 에너지의 최종 속도가 $N \times V$ 일 때 가장 크므로 $E_{N\text{max}} = \frac{1}{2}m(NV)^2 = \frac{N^2 I^2}{2m}$ 이다. 한편, 최솟값 $E_{N\text{min}}$ 은 0이다. 예를 들어, 첫 번째 충격 이후 두 번째부터 $(N-1)$ 번째까지의 모든 충격을 B의 속도가 $v = -\frac{1}{2}V$ 일 때 받는다면, 각각의 충격 이후 B의 속도는 $v' = v + V = +\frac{1}{2}V$ 로 충격 전과 속력이 같고, $\Delta E_{\text{역학}} = 0$ 이다. 따라서 역학적 에너지는 첫 번째 충격 이후와 같고, 마지막 N 번째에서 $v = -V$ 일 때 충격을 받으면 역학적 에너지는 0이 된다. 역학적 에너지는 0에서 $\frac{N^2 I^2}{2m}$ 사이의 값을 갖는다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 II-2-(1)	<3점> 자유 낙하하는 물체의 위치와 속도의 관계를 올바르게 구하였다. <3점> 충격량에 의한 속도 변화를 올바르게 표현하였다. <4점> 역학적 에너지를 위치의 함수로 올바르게 구하였다. <2점> 논제에서 요구하는 그래프를 올바르게 그렸다.	12
논제 II-2-(2)	<2점> 첫 번째 충격량이 주어진 이후의 운동을 올바르게 기술하였다. <4점> 두 번의 충격량이 주어진 이후의 역학적 에너지 범위를 올바르게 구하였다. <2점> N 번의 경우에 대해 역학적 에너지의 최댓값을 올바르게 구하였다. <4점> N 번의 경우에 대해 역학적 에너지의 최솟값을 올바르게 구하였다.	12

화학 · 논제 II-1

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

[가] 원자, 분자, 이온과 같은 입자를 셀 때에는 묶음 단위인 몰(mol)을 사용한다. 입자 1몰은 아보가드로수 만큼 모인 입자의 묶음을 뜻하며, 그 질량은 각각의 원자량, 분자량, 화학식량에 g을 붙인 값과 같다. (탄소, 산소, 수소의 원자량은 각각 12, 16, 1이다). 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 몰수이며, 단위로는 M 또는 mol/L를 사용한다.

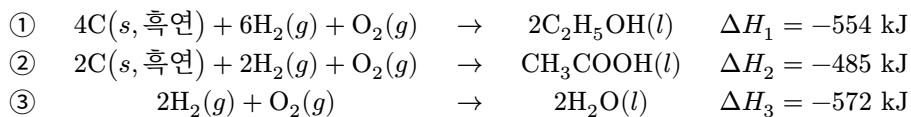
[나] 모든 물질은 어떤 압력과 온도에서 고유한 에너지를 가지고 있는데, 이를 엔탈피라고 하며 기호 H 로 나타낸다. 일정한 압력에서 화학 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 엔탈피 변화를 반응 엔탈피(ΔH)라고 하며, 이것은 생성물의 엔탈피에서 반응물의 엔탈피를 뺀 것이다. 화학 반응식으로 화학 반응에 관여하는 물질의 종류뿐만 아니라 반응물과 생성물 사이의 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응식에 반응 엔탈피를 함께 나타낸 것을 열화학 반응식이라고 한다.

[다] 1840년 헤스(Hess, G. H.)는 ‘화학 반응이 일어날 때 반응물의 종류와 상태, 그리고 생성물의 종류와 상태가 같으면 어떤 경로를 거치더라도 반응 엔탈피의 합은 일정하다.’는 헤스 법칙을 발견하였다. 헤스 법칙을 이용하면 실험적으로 측정하기 힘든 반응의 반응 엔탈피를 구할 수 있다.

[라] 산과 염기가 반응하면 산이 내놓는 H^+ 과 염기가 내놓는 OH^- 이 만나 물을 생성하는데, 이러한 반응을 중화 반응이라고 한다. 중화 반응을 이용하여 농도를 모르는 산과 염기 수용액의 농도를 알아내는 방법을 중화 적정이라고 한다. 한편, 중화 반응의 양적 관계에 의해 산의 H^+ 양(mol)과 염기의 OH^- 양(mol)이 같아지는 지점을 중화점이라고 한다. 산과 염기가 중화 반응할 때 물과 함께 생성되는 이온 결합 물질을 염이라고 한다. 염은 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합한 화합물이다. 수용액에서 염을 이루는 이온이 물과 반응하여 OH^- 이나 H_3O^+ 을 생성하는 반응을 염의 가수분해라고 한다. 염 수용액의 액성은 염을 이루는 양이온과 음이온의 종류에 따라 달라진다.

[논제 II-1] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 논제에 답하시오. (16점)

- (1) 곡주나 과일주의 마개를 열고 오래 두면 시큼한 향이 난다. 이것은 알코올성 음료 성분인 에탄올(C_2H_5OH)이 산화하여 식초의 주성분인 아세트산(CH_3COOH)으로 변했기 때문이다. *Acetobacter aceti*와 같은 세균은 산소를 이용하여 에탄올을 발효시켜 아세트산을 생산할 수 있다. 아래 열화학 반응식을 참조하여 이 발효 반응의 열화학 반응식을 완성하시오. (8점)



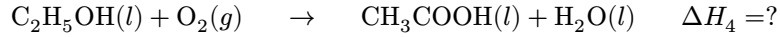
- (2) 위의 발효 반응을 활용하여 에탄올로부터 아세트산을 합성하였다. 합성된 아세트산을 완전히 중화하는 데 0.3 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 500 mL가 사용되었다. i) 합성된 아세트산의 질량(g)을 구하고, ii) 중화점에서 용액의 액성을 판단하고 근거를 논하시오. (8점)

■ 예시 답안

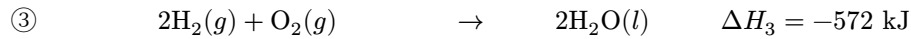
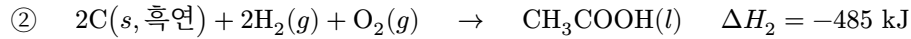
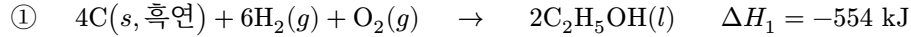
[문제 II-1]

(1)

제시문 [나]에 근거하여, 반응물과 생성물의 양적 관계를 토대로 에탄올과 산소로부터 아세트산을 생성하는 화학 반응의 열화학 반응식은 아래와 같다.



제시문 [다]의 헤스의 법칙을 활용하여 아세트산 생성 반응의 엔탈피(ΔH_4)를 구하면 아래와 같다.



생성 반응식 사이의 관계($\textcircled{2} + \frac{1}{2}\textcircled{3} - \frac{1}{2}\textcircled{1}$)를 이용하여 발효 반응의 화학 반응식의 반응 엔탈피를 구하면 아래와 같다.

$$\Delta H_4 = \Delta H_2 + \frac{1}{2}\Delta H_3 - \frac{1}{2}\Delta H_1 = -485 - 286 - (-277) = -494$$

열화학 반응식을 완성하면 아래와 같다.



(2)

제시문 [가]와 [라]에 근거하여, 중화 적정을 이용해 생성된 아세트산의 양을 구할 수 있다.

산이 내놓는 H^+ 의 양(mol) = 염기가 내놓는 OH^- 의 양(mol)

= (염기의 가수) $\times$ (몰 농도) $\times$ (용액의 부피)

생성된 아세트산이 내놓는 H^+ 의 양(mol) = $1 \times 0.3 \text{ mol/L} \times 500 \text{ mL} = 0.15 \text{ mol}$

생성된 아세트산의 질량(g) = $0.15 \text{ mol} \times \text{아세트산의 분자량}(60 \text{ g/mol}) = 9.0 \text{ g}$

제시문 [라]에 근거하여, CH_3COOH 와 NaOH 의 산·염기 적정 후 생성되는 염은 $\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 이다.

$\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 은 아래와 같이 이온화한다.



아세트산 이온(CH_3COO^-)은 약산인 아세트산의 짝염기이다. 일부가 물과 반응하여 OH^- 을 생성하므로 수용액은 염기성이 된다. 이 때문에 적정 중화점에서 수용액은 염기성을 나타낸다.

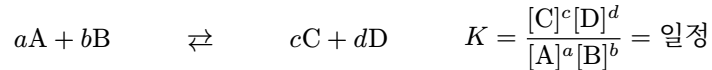
■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 II-1-(1)	<4점> 헤스의 법칙을 이용하여 발효 반응의 반응 엔탈피를 구함 (-494 kJ) <4점> 에탄올로부터 아세트산을 생성하는 발효 반응의 열화학 반응식을 완성함	8
논제 II-1-(2)	<2점> 중화 적정을 이용해 생성된 아세트산의 양을 정량함 (9.0 g) <2점> 아세트산과 수산화 나트륨의 중화 적정으로 생성되는 염(CH_3COONa)을 확인함 <2점> 중화점에서 수용액의 액성을 판단함 (염기성) <2점> 중화점에서 수용액의 액성을 염의 가수분해로 설명함	8

화학 · 논제 II-2

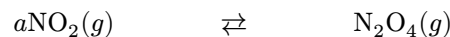
제시문

[마] 가역 반응에서 반응물과 생성물의 농도가 달라지지 않고 일정하게 유지되는 상태를 화학 평형이라고 한다. 화학 평형은 보기에는 아무런 변화가 없는 것처럼 보이지만, 실제로는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나는 동적 평형 상태이다. 일정한 온도에서 어떤 가역 반응이 평형 상태일 때 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비는 반응물과 생성물의 초기 농도와 관계없이 일정하다. 이때 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비를 평형 상수(K)라고 하고, 이 식을 평형 상수식이라고 한다.



([A], [B], [C], [D]는 평형 상태에서 각 물질의 농도)

[바] 이산화 질소(NO_2)와 사산화 이질소(N_2O_4)는 다음과 같이 화학 평형을 이룬다.



(a 는 화학 반응식의 계수)

위의 평형 상태에서 이산화 질소(NO_2) 또는 사산화 이질소(N_2O_4)를 첨가하면 새로운 평형 상태에 도달한다.

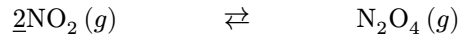
[논제 II-2] 제시문 [가]와 [마]~[바]를 참고하여 다음 논제에 답하시오. (24점)

- (1) 어떤 온도의 밀폐된 3.0 L 용기 안에서 NO_2 와 N_2O_4 의 가역 반응이 평형 상태에 도달하여 NO_2 와 N_2O_4 가 각각 0.3몰(mol)과 0.06몰(mol)씩 존재할 때, i) 제시문 [바]의 화학 반응식의 계수(a)를 구하고, ii) 이 화학 반응식의 평형 상수(K)를 구하시오. (10점)
- (2) 밀폐된 2.0 L 용기 안에 0.5몰(mol)의 N_2O_4 를 넣고 동적 평형 상태에 도달하였을 때, 평형 상수(K)가 위의 (1)과 같았다. 이때 NO_2 와 N_2O_4 의 평형 농도를 각각 구하시오. (14점)

■ 예시 답안

(1)

i) 제시문 [바]에 주어진 반응식에서 화학 반응의 양적 관계를 고려하면, 화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 화학 반응식의 계수(a)는 2이고,

ii) 제시문 [마]와 i)에서 얻은 화학 반응식에 근거하여 평형 상수식은 다음과 같다.

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$$

따라서,

$$[\text{NO}_2] \text{의 평형 농도: } \frac{0.3 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0.1 \text{ M,}$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] \text{의 평형 농도: } \frac{0.06 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 0.02 \text{ M이다.}$$

$$\text{따라서 } K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0.02}{(0.1)^2} = \frac{0.02}{0.01} = \underline{2}$$

(2)

제시문 [마]와 [바]에 근거하여

$$\text{N}_2\text{O}_4 \text{의 초기 농도: } \frac{0.5 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.25 \text{ M이고}$$

N_2O_4 의 x M이 NO_2 로 분해되고 동적 평형 상태에 도달한 경우,

$$\text{N}_2\text{O}_4 \text{의 평형 농도: } (0.25 - x) \text{ M}$$

$$\text{NO}_2 \text{의 평형 농도: } 2x \text{ M}$$

[논제 II-2]의 논제 (1)에서 구한 평형 상수(K) 값을 이용하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\text{즉, } K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{(0.25 - x)}{(2x)^2} = 2$$

$$0.25 - x = 8.0x^2$$

$$8.0x^2 + x - 0.25 = 0$$

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{1^2 - 4(8)(-0.25)}}{2(8)} \quad \text{에서}$$

x 는 $\frac{-1-3}{16} = -0.25$ (음수)와 $\frac{-1+3}{16} = +0.125$ (양수)이며, x 는 물질의 양을 나타내는 값으로 음수(-)가 불가
능하므로 $+0.125$ 만 가능하다.

따라서, 동적 평형 상태에서

$$\underline{\text{N}_2\text{O}_4 \text{의 농도: } (0.25 - 0.125) \text{ M} = 0.125 \text{ M,}}$$

$$\underline{\text{NO}_2 \text{의 농도: } 2x \text{ M} = 2(0.125) \text{ M} = 0.250 \text{ M이다.}}$$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점	
논제 II-2-(1)	화학 반응식의 계수(a) = 2	2	10
	$K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$	4	
	$K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{[0.02]}{[0.1]^2} = \frac{[0.02]}{[0.01]} = 2$	4	
논제 II-2-(2)	N_2O_4 의 초기 농도: $\frac{0.5 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.25 \text{ M}$ 이고	2	14
	N_2O_4 의 농도: $(0.25 - 0.125) \text{ M} = 0.125 \text{ M}$ - 농도는 맞게 구했으나 M 단위가 누락된 경우 1점 감점 - 풀이 과정 없이 답만 작성한 경우 2점 감점	6	
	NO_2 의 농도: $2(0.125) \text{ M} = 0.250 \text{ M}$ - 농도는 맞게 구했으나 M 단위가 누락된 경우 1점 감점 - 풀이 과정 없이 답만 작성한 경우 2점 감점	6	

생명과학 · 논제 II-1

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

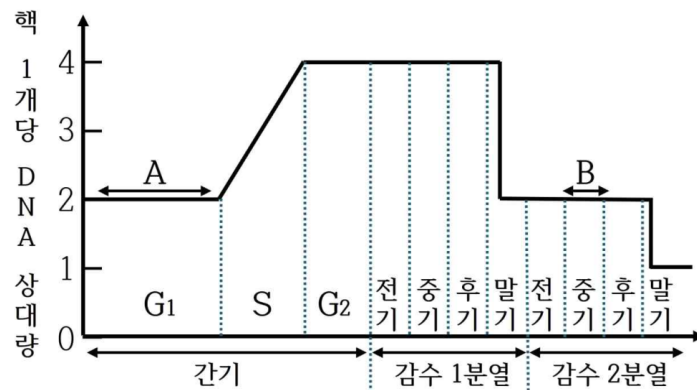
[가] 생식세포가 생성되는 생식세포 분열은 분열 결과 염색체 수가 절반으로 줄어들기 때문에 감수 분열이라고 한다. 감수 분열은 체세포 분열과는 달리 연속해서 2회 분열이 일어나므로 감수 1분열과 감수 2분열로 구분된다. 감수 2분열은 감수 1분열이 끝난 후 간기 없이 곧바로 분열이 진행되므로 DNA가 복제되지 않는다.

[나] 체세포 분열에서는 염색 분체가 분리되어 두 개의 딸세포가 생성되며, 딸세포의 유전자 구성은 서로 같다. 암수 생식세포가 결합하여 자손을 만드는 생물은 생식세포를 통해 부모의 유전자가 자손에게 전달된다. 감수 분열 결과 형성된 생식세포는 유전적 다양성을 갖는다.

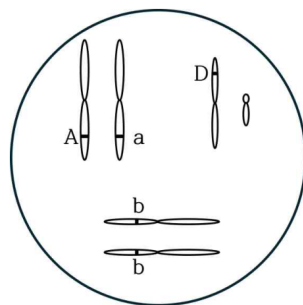
[다] 염색체를 구성하는 DNA에는 형질을 결정하는 유전자가 있다. 사람의 혀 말기나 ABO식 혈액형의 결정과 같이 한 쌍의 대립유전자가 하나의 유전 형질 결정에 관여하는 경우를 단일 인자 유전이라고 한다. 반면 사람의 피부색, 키, 체중과 같이 하나의 유전 형질 결정에 여러 대립유전자 쌍이 관여하는 경우를 다인자 유전이라고 한다.

[논제 II-1] 제시문 [가]~[다]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

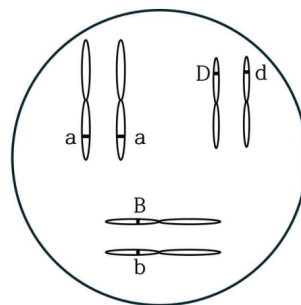
- (1) 오른쪽 그림은 생식세포 형성 과정에서 핵 1개당 DNA 상대량의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. A와 B 시기 세포에서 염색체와 유전자 구성의 차이를 설명하고, 생식세포의 유전적 다양성이 나타나는 과정을 논술하시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (8점)



- (2) 다음은 형질 H가 나타난 남자 ㉠과 H가 나타나지 않은 여자 ㉡의 체세포에서 염색체 세 쌍만을 그림으로 나타낸 것이다. (단, 형질 H는 대립유전자 A와 a, 대립유전자 B와 b, 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.)



남자 ㉠의 체세포



여자 ㉡의 체세포

형질 H는 A와 D가 존재하고, B가 없을 때만 나타난다. 남자 ㉠과 여자 ㉡ 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 형질 H가 나타나게 될 확률은 얼마인지 성별에 따라 구분하여 논술하시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (8점)

■ 예시 답안

(1)

(2점) A 시기의 세포는 체세포와 마찬가지로 부계와 모계 염색체를 모두 가지고 있어서 **핵상이 2n**인 데 비하여 B 시기의 세포는 감수 1분열을 거친 후 부계와 모계 염색체가 서로 반대쪽으로 끌려가 분리된 후이므로 **핵상이 n**이다. (2점) 또한 A 시기 세포의 염색체는 길게 **풀어진 염색사의 형태로 핵 안에** 존재하고 대립 유전자가 **한 쌍**인 반면, B 시기 세포의 염색체는 **응축된 형태로 한 개의 대립유전자가 세포질에** 존재한다. (2점) 생식세포를 형성하는 과정에서 나타나는 유전적 다양성은 **감수 1분열 중기에** 상동 염색체가 세포의 **중앙에 무작위로 배열되며**, (2점) **감수 1분열 후기에 서로 반대쪽으로 끌려가면서** 부계 염색체와 모계 염색체가 분리되어서 나타난다.

(2)

(4점) 남자아이는 아버지(㉠)로부터 Y 염색체를, 어머니(㉡)로부터 X 염색체를 물려받는다. 따라서 태어난 남자아이가 X 염색체에 D 유전자를 가질 확률은 1/2이다. 여자아이는 아버지로부터 X 염색체 하나를, 어머니로부터 X 염색체 하나를 각각 물려받게 되는데, 아버지로부터 물려받은 X 염색체에 이미 D 유전자가 있으므로 어머니로부터 물려받은 X 염색체와 상관없이 항상 D 유전자를 갖는다. 즉, 태어난 여자아이가 D 유전자를 가질 확률은 1이다. (4점) 한편 상염색체를 통한 유전은 성별에 상관없이 일어나며, 태어난 아이가 A 유전자를 가질 확률은 1/2, B 유전자가 없을 확률 또한 1/2이다. 정리하자면 **남자아이가 유전병을 가질 확률은 (유전자 D를 가질 확률 1/2) × (유전자 A를 가질 확률 1/2) × (유전자 B가 없을 확률 1/2) = 1/8**이다. **여자아이가 유전병을 가질 확률은 (유전자 D를 가질 확률 1) × (유전자 A를 가질 확률 1/2) × (유전자 B가 없을 확률 1/2) = 1/4**이다.

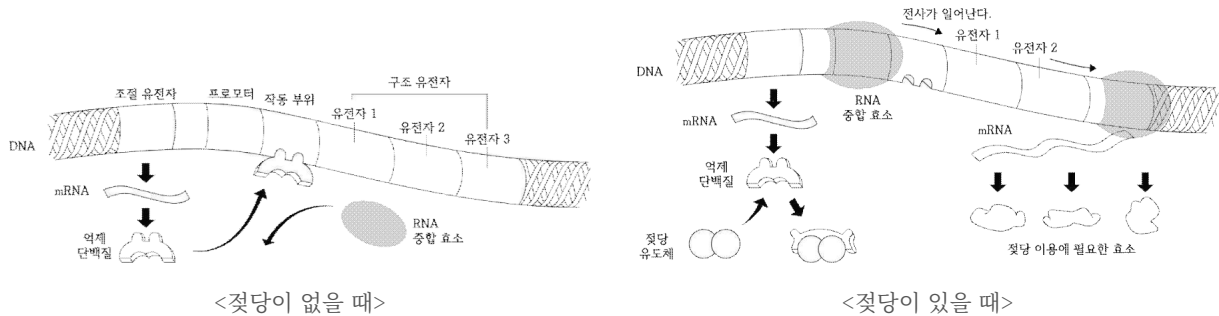
■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 II-1-(1)	<2점> A 시기와 B 시기의 핵상을 정확히 구분 <2점> A 시기와 B 시기의 핵과 염색체, 유전자의 차이점을 구분 <2점> 생식세포를 형성하는 과정 중 감수 1분열 중기에 상동염색체가 세포의 중앙에 무작위로 배열되어 유전적 다양성이 발생함을 서술 <2점> 생식세포를 형성하는 과정 중 감수 1분열 후기에 상동염색체가 서로 반대쪽으로 끌려가면서 부계 염색체와 모계 염색체가 분리되어서 유전적 다양성이 발생함을 서술	8
논제 II-1-(2)	<2점> 아들은 아버지로부터 Y 염색체 1개를 물려받음. 아들이 어머니로부터 받은 X 염색체에 유전자 D가 있을 확률이 1/2임을 서술 <2점> 딸은 아버지로부터 X 염색체 1개, 어머니에게서 X 염색체 1개를 각각 물려받음. 아버지로부터 물려받은 X 염색체에 이미 D가 있으므로, 어머니의 X 염색체와 관계없이 항상 유전자 D를 가짐을 서술(즉 딸은 D유전자를 가질 확률이 1임) <2점> 한편 상염색체 위에 있는 유전자 A, a, B, b는 성별과 관계없이 자손에게 전달됨. 따라서 자손의 성별과 관계없이 유전자 A를 가지면서 B가 없을 확률은 $1/2 \times 1/2$임을 서술 <1점> 따라서 아들이 형질 H를 나타낼 확률 = 유전자 D를 가질 확률 × 유전자 A를 가질 확률 × 유전자 B가 없을 확률 = $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$임을 서술 <1점> 딸이 형질 H를 가질 확률 = 유전자 D를 가질 확률 × 유전자 A를 가질 확률 × 유전자 B가 없을 확률 = $1 \times 1/2 \times 1/2 = 1/4$임을 서술	8

생명과학 · 논제 II-2

제시문

[라] 대장균은 포도당이 있을 때는 포도당을 먼저 분해하여 에너지를 얻지만, 포도당이 없고 젖당만 있을 때는 젖당을 분해하여 포도당을 만들어 에너지를 얻을 수 있는데, 이때 사용되는 것이 젖당 오페론이다(아래 그림). 젖당 오페론 앞에는 조절 유전자가 있어서 오페론의 작동을 조절한다. 젖당이 없을 때 조절 유전자에 의해 만들어진 억제 단백질이 작동 부위와 결합하면 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 없어 구조 유전자의 전사가 일어나지 않는다. 포도당이 없고, 젖당이 있을 때는 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하여 구조 유전자가 전사되어 젖당 분해에 필요한 효소가 생성된다.

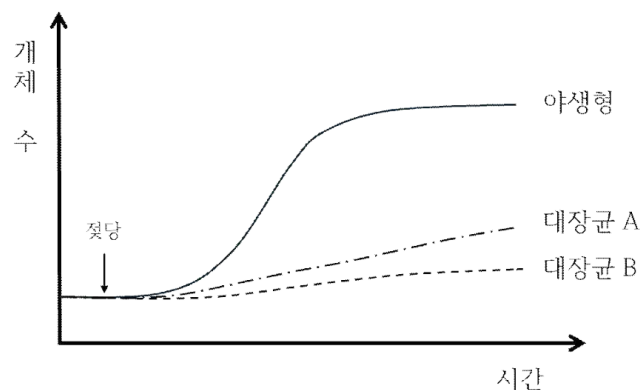


[마] 유전자를 구성하는 DNA의 염기 서열에 변화가 생기면 유전자의 기능에 이상이 생겨 단백질이 생성되지 않거나 정상적인 기능을 하지 못하는 단백질이 생성될 수 있다. 그 결과 형질에 변화가 나타나기도 하는데 이러한 현상을 유전자 돌연변이라고 한다.

[바] 효소가 작용하는 반응물을 기질이라고 하며, 기질이 효소의 활성 부위에 결합하여 효소·기질 복합체를 형성함으로써 반응의 활성화 에너지를 낮춘다. 효소는 활성 부위에 잘 들어맞는 입체 구조를 가진 특정 기질 하고만 결합하여 반응을 촉매하며, 이러한 특성을 기질 특이성이라고 한다.

[논제 II-2] 제시문 [라]~[바]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

어떤 사람의 장에서 야생형 대장균과 젖당 분해 능력에 차이가 있는 대장균 A와 B가 분리되었다. 오른쪽 그림은 각각의 대장균을 포도당이 없고 젖당이 있는 조건에서 분리 배양했을 때 나타난 성장곡선이다. 야생형 대장균과 성장곡선의 차이가 나타난 이유를 알아내기 위해 야생형 대장균과 대장균 A와 B에서 젖당 오페론과 조절 유전자 부위의 DNA 염기 서열 분석을 진행하였다.



- (1) 대장균 A의 조절 유전자에서만 야생형 대장균과는 다른 염기 서열의 변화가 발견되었다면, 대장균 A의 생장이 야생형 대장균보다 늦어진 이유가 무엇일지 추론하여 논술하시오. (단, 대장균 A와 야생형 대장균의 억제 단백질은 작동 부위에 붙는 결합 차이가 없다.) (10점)

- (2) 대장균 B의 젓당 분해 효소 유전자(유전자1)에서 야생형 대장균과는 다른 염기 서열의 변화가 발견되었다면, 대장균 B의 생장이 야생형 대장균보다 늦어진 이유가 무엇일지 추론하여 논술하시오. (단, 효소 작용에 영향을 미치는 요소인 기질의 농도, 온도, pH, 저해제의 작용은 고려하지 않는다.) (14점)

■ 예시 답안

[문제 II-2]

(1)

대장균 A에서 생장이 억제된 이유는 조절 유전자에 생긴 돌연변이로 인해 억제 단백질의 젓당 유도체 결합 부위에 이상이 생겨 젓당 유도체가 억제 단백질에 붙지 못하기 때문이다. 따라서 억제 단백질은 젓당이 있더라도 계속 작동 부위에 결합하여 RNA 중합 효소가 프로모터에 부착하는 것을 방해하여 전사를 막는다. 이에 따라 젓당 분해 효소의 발현이 억제되므로 젓당만 있는 조건에서 야생형과 같은 생장을 할 수 없었을 것이다.

(2)

대장균 B에서 생장이 억제된 이유는 젓당 분해 효소의 활성 부위에 돌연변이가 생겨 기질인 젓당이 결합하지 못하여 젓당을 분해하지 못하므로 생장이 억제되었기 때문이다. 또는 활성 부위에 일어난 돌연변이가 아니더라도 활성 부위의 입체 구조에 영향을 줄 수 있는 돌연변이가 일어나면 젓당 분해 활성에 영향을 주어 젓당 분해를 못해 생장이 억제될 수 있을 것이다. 만약 돌연변이가 일어나 유전자1의 중간에 종결 코돈이 생기면, 젓당 분해 효소의 전체 아미노산 길이가 짧아져 효소의 기능이 없어지므로 생장이 억제된다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
논제 II-2-(1)	<4점> 조절 유전자에 생긴 돌연변이로 인해 억제 단백질의 젓당 유도체 결합 부위에 이상이 생겨 젓당 유도체가 억제 단백질에 붙지 못하기 때문임을 서술 <3점> 젓당이 있더라도 억제 단백질은 계속 작동 부위에 결합하여 RNA 중합 효소가 프로모터에 부착하는 것을 방해하여 전사를 막는다는 것을 서술 <3점> 젓당 분해 효소의 발현이 억제되므로 젓당만 있는 조건에서 야생형과 같은 생장을 할 수 없음을 서술	10
논제 II-2-(2)	<4점> 유전자1 부분에서 다른 염기 서열의 돌연변이가 생겼기 때문에, 젓당 분해 효소를 구성하는 단백질의 구조에도 변성이 생김을 서술 <3점> 이 염기 서열의 돌연변이가 젓당 분해 효소의 활성 부위의 구조를 변성시켰다면, 기질인 젓당이 효소의 활성 부위에 결합하지 못하여 젓당을 분해하지 못하므로 대장균 B의 생장이 억제됨을 서술 <3점> 또한, 활성 부위에 일어난 돌연변이가 아니더라도 활성 부위의 입체 구조에 영향을 줄 수 있는 돌연변이가 일어나면 젓당 분해 활성에 영향을 주어 젓당 분해를 하지 못해 생장이 억제될 수 있음을 서술 <4점> 만약 돌연변이가 일어나 유전자1의 중간에 종결 코돈이 생기면, 젓당 분해 효소의 전체 아미노산 길이가 짧아져 효소의 기능이 없어지므로 생장이 억제됨을 서술	14

2024학년도 의·약학계열

수학 · 논제 I -1

제시문

[가] 두 벡터 $\vec{a}$, $\vec{b}$ 의 크기와 방향이 각각 같을 때, 두 벡터 $\vec{a}$, $\vec{b}$ 는 서로 같다고 하며, 이것을 기호로 $\vec{a} = \vec{b}$ 와 같이 나타낸다.

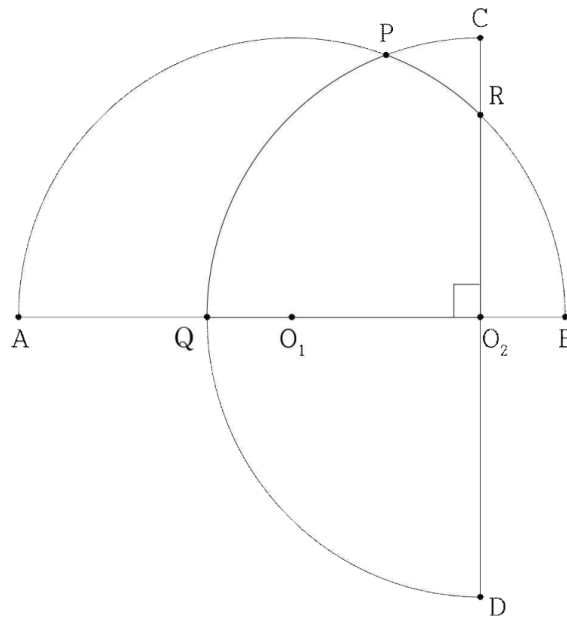
[나] 두 평면벡터 $\vec{a}$, $\vec{b}$ 가 이루는 각의 크기가 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$)일 때, 두 벡터의 내적 $\vec{a} \cdot \vec{b}$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$$

[다] 좌표평면 위의 두 점 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ 사이의 거리는

$$\overline{AB} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

[논제 I -1] 아래 그림과 같이 중심이 O_1 이고 선분 AB를 지름으로 하는 반원과 중심이 O_2 이고 선분 CD를 지름으로 하는 반원이 있다. 선분 AB와 선분 CD는 수직이고, $\overline{AB} = \overline{CD} = 2$ 이다. 호 AP와 호 QP 위에서 각각 움직이고 있는 점 M과 점 N에 대하여 $|\overrightarrow{O_1M} + \overrightarrow{O_2N}|$ 의 최솟값이 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 점 O_2 는 선분 AB 위에 있다.)



- (1) 선분 O_1O_2 의 길이를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (16점)
- (2) $|\overrightarrow{O_1M} + \overrightarrow{O_2N}|$ 이 최소일 때 $\overline{MR}^2$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (12점)

■ 예시 답안

(1)

$|\overrightarrow{O_1M} + \overrightarrow{O_2N}|$ 의 최솟값 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 은 $|\overrightarrow{O_1M} + \overrightarrow{O_2N}|^2$ 의 값이 최소일 때 구할 수 있다. 따라서 다음의 식에 따라

$$|\overrightarrow{O_1M} + \overrightarrow{O_2N}|^2 = |\overrightarrow{O_1M}|^2 + 2(\overrightarrow{O_1M} \cdot \overrightarrow{O_2N}) + |\overrightarrow{O_2N}|^2 = \frac{4}{3}$$

두 벡터의 내적 $\overrightarrow{O_1M} \cdot \overrightarrow{O_2N}$ 의 최솟값이 $-\frac{1}{3}$ 이 되도록 하는 점 M과 점 N의 위치를 찾도록 한다. 벡터 $\overrightarrow{O_2N}$ 을 점 O_1 이 시점이 되도록 평행이동한 벡터를 $\overrightarrow{O_1N'}$ 이라고 하면 $\overrightarrow{O_2N} = \overrightarrow{O_1N'}$ 이고, 두 벡터 $\overrightarrow{O_1M}$ 과 $\overrightarrow{O_1N'}$ 이 이루는 각을 θ 라고 할 때, 다음의 식을 얻을 수 있으므로

$$\overrightarrow{O_1M} \cdot \overrightarrow{O_2N} = \overrightarrow{O_1M} \cdot \overrightarrow{O_1N'} = |\overrightarrow{O_1M}| |\overrightarrow{O_1N'}| \cos \theta = \cos \theta$$

$\overrightarrow{O_1M} \cdot \overrightarrow{O_2N}$ 의 최솟값 $-\frac{1}{3}$ 은 $\cos \theta$ 가 최소일 때 구할 수 있다. 이는 θ 가 최대일 때이므로, 점 M이 점 P와 일치하고, 점 N'이 점 A와 일치할 때, (즉, 점 N이 점 Q와 일치할 때) 얻을 수 있다. 따라서 두 벡터 $\overrightarrow{O_1P}$ 와 $\overrightarrow{O_1A}$ 가 이루는 각이 θ 가 되고, $\cos \theta = -\frac{1}{3}$ 을 만족한다.

이때, 점 P로부터 선분 AB에 내린 수선의 발을 H라고 하면 $\angle PO_1H = \pi - \theta$ 이므로 선분 O_1H 의 길이는

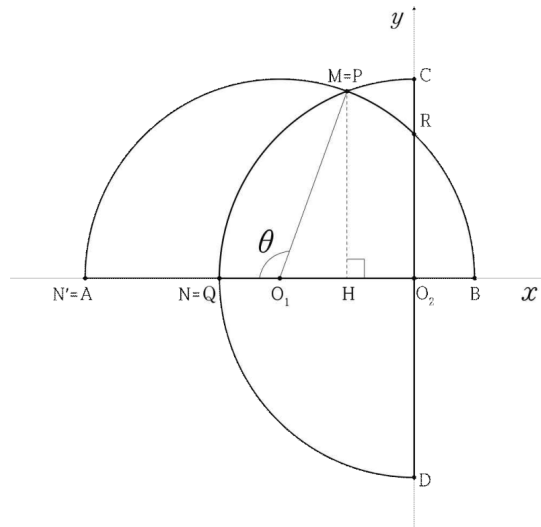
$$\overrightarrow{O_1H} = \cos(\pi - \theta) = -\cos \theta = \frac{1}{3}$$

따라서 $\overrightarrow{O_1H} = \overrightarrow{HO_2}$ 이므로

$$\overrightarrow{O_1O_2} = \overrightarrow{O_1H} + \overrightarrow{HO_2} = \frac{2}{3}$$

(2)

아래 그림과 같이 선분 AB를 x 축, 선분 CD를 y 축으로 하는 좌표평면을 잡으면 점 O_2 는 원점이다.



(1)에 의해 직각삼각형 O_1O_2R 에서 $O_1\left(-\frac{2}{3}, 0\right)$, $O_2(0, 0)$ 이고, 선분 O_2R 의 길이는

$$\overrightarrow{O_2R} = \sqrt{1 - \overrightarrow{O_1O_2}^2} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

이므로 $R\left(0, \frac{\sqrt{5}}{3}\right)$ 이다.

또한 (1)에서 점 M은 점 P와 일치하고, $\overrightarrow{O_1H} = \overrightarrow{HO_2} = \frac{1}{3}$ 이므로 $H\left(-\frac{1}{3}, 0\right)$ 이다. 선분 MH의 길이는

$$\overrightarrow{MH} = \sin(\pi - \theta) = \sqrt{1 - \cos^2(\pi - \theta)} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

이므로 $M\left(-\frac{1}{3}, \frac{2\sqrt{2}}{3}\right)$ 이다.

$$\text{따라서 } \overline{MR}^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{5}}{3} - \frac{2\sqrt{2}}{3}\right)^2 = \frac{14}{9} - \frac{4\sqrt{10}}{9}.$$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	<8점> $ \overline{O_1M} + \overline{O_2N} $ 이 최소가 되는 점 M과 점 N의 위치를 파악한다. <8점> $\overline{O_1O_2}$ 를 구한다.	16점
(2)	<2점> 주어진 도형을 좌표평면 위에 놓는다. <6점> 점 M과 점 R의 좌표를 구한다. <4점> $\overline{MR}^2$ 을 구한다.	12점

수학 · 논제 1-2

제시문

[라] 함수 $f(x)$ 가 $x = a$ 에서 미분가능하면 $f(x)$ 는 $x = a$ 에서 연속이다.

[마] 함수 $f(x)$ 의 $x = a$ 에서의 극한값이 L 이면 $x = a$ 에서의 우극한과 좌극한이 모두 존재하고 그 값은 모두 L 과 같다. 또 그 역도 성립하므로 다음이 성립한다.

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L \iff \lim_{x \rightarrow a+} f(x) = \lim_{x \rightarrow a-} f(x) = L$$

[바] 미분가능한 함수 $f(x)$ 의 도함수는

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

[사] 곡선 $y = f(x)$ 위의 점 $(a, f(a))$ 에서 접하는 접선의 방정식은

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

[아] 두 함수 $f(x), g(x)$ 가 닫힌구간 $[a, b]$ 에서 연속일 때, 두 곡선 $y = f(x), y = g(x)$ 와 두 직선 $x = a, x = b$ 로 둘러싸인 도형의 넓이 S 는

$$S = \int_a^b |f(x) - g(x)| dx$$

[논제 1-2] 실수 전체에서 정의된 함수 $f(x)$ 가 아래 조건들을 모두 만족할 때, 다음 물음에 답하시오.

(가) $f(x)$ 는 각 구간 $(-\infty, 1), (1, \infty)$ 에서 이차함수이다.

(나) $f(x)$ 는 미분가능한 함수이다.

(다) $f(0) = f'(0) = f(2) = f'(2) = 1$ 이다.

- (1) $f'(1)$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (12점)
- (2) 상수 a 에 대하여 $x_1 = a, x_2 = a + \frac{1}{2}$ 이라 하자. 함수 $y = f(x)$ 의 그래프 위의 두 점 $(x_1, f(x_1)), (x_2, f(x_2))$ 에서의 접선을 각각 l, m 이라 할 때, l 과 m 은 만나지 않는다. 곡선 $y = f(x)$ 와 두 직선 $l, x = x_2$ 로 둘러싸인 도형의 넓이를 S 라고 할 때, a 의 값과 $48S$ 를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (20점)

■ 예시 답안

(1)

함수 $f(x)$ 를 구간 $(-\infty, 1)$ 에서 이차함수 $g(x)$, 구간 $(1, \infty)$ 에서 이차함수 $h(x)$ 라 두자. 이때, $g(x)$ 는 $f(0) = f'(0) = 1$ 을 만족하는 이차함수이므로, $g'(x) = bx + 1$, $g(x) = \frac{1}{2}bx^2 + x + 1$ 이다.

같은 방법으로, $f(2) = f'(2) = 1$ 이므로 $h'(x) = c(x - 2) + 1$, $h(x) = \frac{c}{2}(x - 2)^2 + (x - 2) + 1$ 이다.

$f(x)$ 가 미분가능한 함수이므로, $f(x)$ 는 $x = 1$ 에서 연속이고 미분계수가 존재한다. 즉, $f(x)$ 는 $x = 1$ 에서 연속이므로 $g(1) = \lim_{x \rightarrow 1^-} f(x) = f(1) = \lim_{x \rightarrow 1^+} f(x) = h(1)$ 이다.

이를 이용하면, $\frac{1}{2}b + 2 = \frac{1}{2}c$ 이고,

$f(x)$ 의 $x = 1$ 에서 미분계수의 존재성으로부터

$$\begin{aligned} \lim_{\Delta x \rightarrow 0^-} \frac{f(1 + \Delta x) - f(1)}{\Delta x} &= f'(1) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0^+} \frac{f(1 + \Delta x) - f(1)}{\Delta x} \text{ 이므로,} \\ \lim_{\Delta x \rightarrow 0^-} \frac{f(1 + \Delta x) - f(1)}{\Delta x} &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0^-} \frac{g(1 + \Delta x) - g(1)}{\Delta x} \\ &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0^-} \frac{\frac{1}{2}b(1 + \Delta x)^2 + (1 + \Delta x) + 1 - (\frac{1}{2}b + 1 + 1)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0^-} \left(b + 1 + \frac{1}{2}b \cdot \Delta x \right) = b + 1 \\ \lim_{\Delta x \rightarrow 0^+} \frac{f(1 + \Delta x) - f(1)}{\Delta x} &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0^+} \frac{h(1 + \Delta x) - h(1)}{\Delta x} \\ &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0^+} \frac{\frac{c}{2}(1 + \Delta x - 2)^2 + (1 + \Delta x - 2) + 1 - (\frac{c}{2} - 1 + 1)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0^+} \left(\frac{c}{2} \cdot \Delta x - c + 1 \right) = -c + 1 \end{aligned}$$

에 의해,

$b + 1 = -c + 1$ 이고, $b = -2$, $c = 2$ 이다. $g(x) = -x^2 + x + 1$, $h(x) = x^2 - 3x + 3$ 이므로 각 구간에서 $f(x)$ 는 다음과 같다.

$$f(x) = \begin{cases} g(x) & (x \leq 1) \\ h(x) & (x \geq 1) \end{cases}$$

따라서 $f'(1) = b + 1 = -1$ 이다.

(2)

$x_1 = a$, $x_2 = a + \frac{1}{2}$ 에서 $f(x_1)$ 과 $f(x_2)$ 는 a 의 값의 범위에 따라 다음과 같다.

$$a \leq \frac{1}{2} \text{ 일 때 } f(x_1) = g(x_1), f(x_2) = g(x_2)$$

$$\frac{1}{2} < a < 1 \text{ 일 때 } f(x_1) = g(x_1), f(x_2) = h(x_2)$$

$$a \geq 1 \text{ 일 때 } f(x_1) = h(x_1), f(x_2) = h(x_2)$$

두 직선 l 과 m 이 만나지 않으려면 두 직선의 기울기가 같아야 하므로, x_1 과 x_2 는 각각 이차함수 g 와 h 가 정의되는 구간에 속해야 한다. 따라서 $\frac{1}{2} < a < 1$ 이고, 두 직선의 기울기가 같은 조건을 이용하여

$$-2a + 1 = 2\left(a + \frac{1}{2}\right) - 3, \text{ 즉 } a = \frac{3}{4} \text{ 이다.}$$

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	<8점> 주어진 조건에 맞는 각 구간별 이차함수를 구한다. <4점> $f'(1)$ 의 값을 구한다.	12점
(2)	<5점> $\frac{1}{2} < a < 1$ 임을 파악한다. <5점> a 의 값을 구한다. <10점> 둘러싸인 도형의 넓이를 구한다. (위의 세 단계 중 마지막 단계인 도형의 넓이를 구하는 부분에 배정된 부분점수 10점은 문제 오류로 인해 전원 10점 부여함)	20점

물리학 · 논제 II-1

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하십시오. (40점)

제시문

[가] 전하 주위에 다른 전하를 놓으면 전기력을 받는다. 이는 전하가 주위 공간에 전기장을 만들기 때문이다. 전기장 속의 어느 한 지점에 단위 양전하(+1 C)를 놓았을 때, 이 전하가 받는 힘의 크기와 방향을 전기장의 세기와 방향으로 정의한다. 따라서 전기장은 크기와 방향을 갖는 벡터량이다.

[나] 점전하 +Q로부터 거리 r 만큼 떨어진 곳에 전하량이 + q 인 전하를 놓았을 때 이 전하가 받는 전기력의 크기가 F 이면, 이 지점에서 전기장의 세기 E 는 다음과 같다.

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

따라서 점전하 +Q로부터 거리 r 만큼 떨어진 곳에서 전기장의 세기는 전하량에 비례하고, 거리의 제곱에 반 비례한다.

[논제 II-1] 제시문 [가], [나]를 읽고 다음 물음에 답하십시오.

상어의 머리에는 전기장을 감지하는 감각 기관이 다수 있다. 상어는 이 감각 기관을 이용하여 먹잇감이 만든 전기장을 감지하는 방식으로 먹잇감의 위치를 찾아낸다. 상어가 전기장을 이용하여 사냥하는 원리를 이해하기 위해 다음과 같이 단순화된 상황에 관해 생각해 보자.

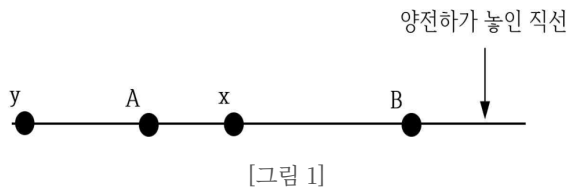
- (1) 임의의 전하량을 갖는 한 개의 양전하가, 정해진 ‘직선’ 위 어딘가에 놓여 있다. 전기장의 ‘세기’를 측정할 수 있는 전기장 검출기를 이용하여 이 양전하의 위치를 찾고자 한다. 양전하의 위치를 결정하기 위해 필요한 전기장 검출기의 최소 개수를 구하고, 그 근거를 논술하십시오. 또한, 최소 개수의 전기장 검출기를 배치하는 방법에 관해 설명하십시오. 단, 각 전기장 검출기는 다른 위치에 있고, 양전하와 모든 전기장 검출기는 같은 평면 위에 있다. (8점)
- (2) 이번에는 임의의 전하량을 갖는 한 개의 양전하가 ‘평면’ 위 어딘가에 놓여 있다. 양전하의 위치를 결정하기 위해 필요한 전기장 검출기의 최소 개수를 구하고, 그 근거를 논술하십시오. 또한, 최소 개수의 전기장 검출기를 배치하는 방법에 관해 설명하십시오. 단, 각 전기장 검출기는 다른 위치에 있고, 양전하와 모든 전기장 검출기는 같은 평면 위에 있다. (8점)

■ 예시 답안

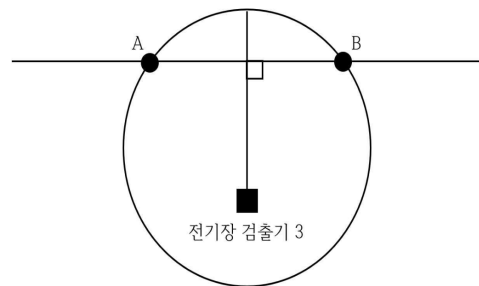
(1)

[그림 1]과 같이 전기장 검출기 A, B 두 개를 양전하가 놓인 정해진 직선 위에 놓았을 때, 첫 번째 전기장 검출기 A와 두 번째 전기장 검출기 B가 측정한 전기장의 세기를 각각 E_1, E_2 라고 하자. 이때 ($E_1 : E_2 = 1 : 1$ 이 아니라면) 양전하가 놓일 수 있는 위치는 두 전기장 검출기 사이에 있는 점 x와 두 전기장 검출기 바깥에 있는 점 y, 즉, 두 개가 가능하다. 따라서 세 번째 전기장 검출기를 점 x와 점 y의 가운데를 제외한 다른 위치에 놓는다면, 점 x와 점 y 중 양전하가 실제로 놓인 위치를 결정할 수 있다. (모든 전기장 검출기를 반드시 정해진 직선 위에 놓을 필요는 없다. 전기장 검출기를 직선 바깥에 두더라도 양전하의 위치를 결정하기 위해 필요한 전기장 검출기의 개수가 세 개임을 증명할 수 있다. 이 경우에 원주와 직선이 만나는 두 점 중 하나를 결정하기 위해 세 번째 전기장 검출기를 두 점으로부터 같은 거리에 놓아서는 안 된다.

∴ [그림 2]와 같이 원주와 직선이 만나는 점 A, B에 대해 전기장 검출기가 같은 전기장 세기를 측정하므로 두 위치를 구별할 수 없다.) 예시답안에서 제시한 방법 외에도 풀이의 논리 과정이 정당하다면 정답으로 인정한다.



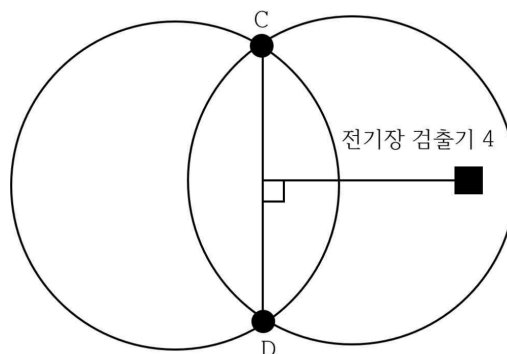
[그림 1]



[그림 2]

(2)

양전하의 전하량이 q_0 이고, 전기장 검출기가 측정한 전기장의 세기가 E_1 이라면 이 전기장 검출기가 놓인 위치를 중심으로 하는 반지름 r_1 ($r_1 = \sqrt{\frac{kq_0}{E_1}}$)의 원주 위에 양전하가 놓여 있다는 뜻이다. 전하량 q_0 를 모르기 때문에 한 개의 전기장 검출기를 이용해서는 양전하의 위치를 알 수 없다. 첫 번째 전기장 검출기와 두 번째 전기장 검출기를 평면 내 임의의 위치에 두었을 때, 두 개의 전기장 검출기가 측정한 전기장의 세기로부터 양전하가 한 원주 위에 놓여 있음을 알 수 있다. 임의의 위치에 놓은 세 번째 전기장 검출기가 전기장의 세기를 측정하면, 세 번째 전기장 검출기와 원래의 (첫 번째 또는 두 번째) 전기장 검출기가 측정한 전기장의 세기를 이용하여 다른 원주가 만들어지고, 그 위에 양전하가 놓여 있음을 알 수 있다. 두 원주는 일반적으로 두 개의 점에서 만나므로 이 중 양전하가 실제로 놓인 위치를 결정하기 위해 네 번째 전기장 검출기가 필요하다. 단, 원주와 원주가 만나는 두 점 중 하나를 결정하기 위해 네 번째 전기장 검출기를 두 점으로부터 같은 거리에 놓아서는 안 된다. (∴ [그림 3]과 같이 두 원주가 만나는 점 C, D에 대해 전기장 검출기가 같은 전기장 세기를 측정하므로 두 위치를 구별할 수 없다.) 예시답안에서 제시한 방법 외에도 풀이의 논리 과정이 정당하다면 정답으로 인정한다.



[그림 3]

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[논제 II-1] (1)	전기장 검출기가 두 개일 때, 측정 조건을 만족하는 양전하의 위치가 두 개임을 설명하였다.	2점
	두 개의 양전하 위치 중 하나를 결정하기 위해 전기장 검출기가 한 개 더 필요함을 설명하였다.	2점
	필요한 전기장 검출기의 최소 개수를 올바르게 밝혔다.	3점
	전기장 검출기의 배치 방법을 올바르게 밝혔다.	1점
[논제 II-1] (2)	전기장 검출기와 양전하 사이의 거리와 검출기가 측정한 전기장의 세기의 관계를 이용하여 양전하의 위치를 찾을 수 있음을 설명하였다.	4점
	필요한 전기장 검출기의 최소 개수를 올바르게 밝혔다.	3점
	전기장 검출기의 배치 방법을 올바르게 밝혔다.	1점

물리학 · 논제 II-2

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

[다] 물체의 속력이 일정한 운동을 등속 운동이라 하며, 그 중에서 속력과 운동 방향이 모두 일정한 운동을 등속 직선 운동 또는 등속도 운동이라고 한다. 등속 직선 운동을 하는 물체의 이동 거리는 시간에 비례하여 증가한다.

[라] 외부에서 힘이 작용하지 않으면, 충돌 전 두 물체의 운동량의 합은 충돌 후 두 물체의 운동량의 합과 같다. 운동량 보존 법칙은 두 물체가 충돌해서 한 덩어리가 되어 운동할 때도 성립한다.

[마] 운동하는 물체가 가진 에너지를 운동 에너지라고 한다. 물체의 운동 에너지는 물체의 질량이 클수록, 속력이 빠를수록 크다. 질량이 m , 속력이 v 인 물체의 운동 에너지 E_k 는 다음과 같다.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

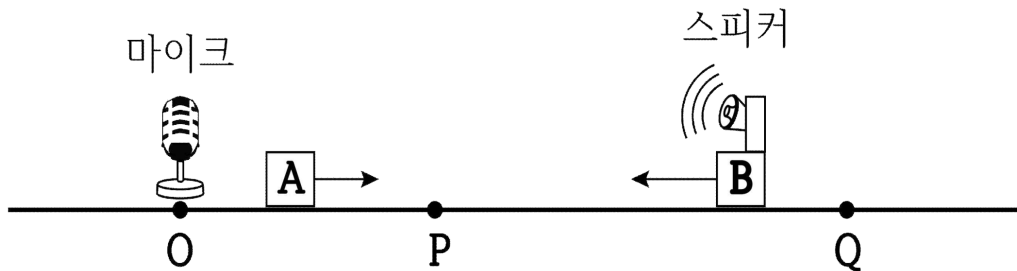
[바] 파동의 전파 속력이 v 이고 파원의 진동수가 f_0 일 때 파원이 이동 속력 v_s 로 관측자에게 가까워지면, 관측자에게 측정되는 진동수 f 는 다음과 같다.

$$f = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) f_0$$

이와 같이 파원이 운동할 때 관측자에게 측정되는 진동수가 달라지는 현상을 도플러 효과라고 한다.

[논제 II-2] 제시문 [다]~[바]를 읽고 다음 물음에 답하시오.

<그림 1>과 같이 한 직선 위에 놓인 두 물체 A, B가 각각 원점 O와 점 Q에서 출발하여 서로를 향해 각기 다른 속력으로 등속 운동하다가, 두 물체는 점 P에서 충돌하면서 한 덩어리가 되어 운동한다. 물체 B에는 진동수 f 의 소리를 내는 스피커를 장착하고, 원점 O에는 마이크를 설치하여 스피커가 내는 소리의 진동수를 측정한다. 단, 스피커의 질량, 물체의 크기, 스피커와 마이크의 크기, 공기 저항 및 마찰은 무시한다. 소리의 속력은 v 이고, 물체의 속력보다 언제나 크다.



<그림 1>

- (1) 물체 A, B의 질량이 m 으로 서로 같다고 하자. 물체 A의 처음 속력을 v_0 이라 할 때, A는 원점 O에서 출발하여 점 P에서 B와 한 덩어리가 되어 원점 O로 되돌아온다. 이때 A가 원점 O에서 점 P로 이동하며 걸리는 시간은, 점 P에서 원점 O로 되돌아오며 걸리는 시간과 같다. A가 원점 O를 출발하여 점 P에 도달한 후 다시 원점 O로 되돌아오는 동안 마이크에 측정되는 소리의 진동수를 주어진 변수를 이용하여 모두 나타내고, 그 근거를 논술하시오. (12점)
- (2) 물체 A의 질량을 $2m$, 물체 B의 질량을 m 이라 하자. 충돌 전 A, B의 운동 에너지가 문제 (1)에서의 충돌 전 A, B의 운동 에너지와 각각 같을 때, A가 원점 O를 출발하여 점 P에 도달한 후 다시 원점 O로 되돌아오는 동안 마이크에 측정되는 소리의 진동수를 주어진 변수를 이용하여 모두 나타내고, 그 근거를 논술하시오. (12점)

■ 예시 답안

(1)

점 P에서 A, B가 충돌하기 전까지 B의 속력을 v_B 라 하자. 문제의 조건으로부터 A가 원점 O에서 점 P까지 운동할 때의 이동 거리와 걸리는 시간이, 충돌 후 결합된 물체 전체가 점 P에서 원점 O까지 운동할 때와 같다. 따라서 충돌 후 결합된 물체 전체의 속도는, 충돌 전 A의 속도와 크기가 같고 방향은 반대이다. A, B의 질량을 m 이라 하자. 운동량 보존 법칙에 따라 $mv_0 - mv_B = -2mv_0$ 이므로, $v_B = 3v_0$ 을 얻는다.

스피커가 장착된 물체 B의 운동에 따라 원점 O에 설치된 마이크에서 측정되는 소리의 진동수가 변한다. 스피커는 물체 B의 움직임에 따라, 물체 충돌이 일어나기 전까지 점 Q에서 점 P로, $v_B = 3v_0$ 의 속력으로 원점 O에 설치된 마이크에 접근한다. 충돌 이후에는 점 P에서 원점 O로 이동하며 v_0 의 속력으로 마이크에 접근한다. 마이크를 기준으로 스피커의 속도가 달라지는 위의 두 가지 경우에 대한 진동수를 각각 f_Q, f_P 라 하자. 도플러 효과의 공식에 따라 $f_Q = \left(\frac{v}{v - 3v_0}\right)f, f_P = \left(\frac{v}{v - v_0}\right)f$ 이다.

(2)

B는 질량의 변화가 없으므로, B의 속력은 문제 (1)과 동일하게 $v_B = 3v_0$ 이다. 물체 A의 속력을 v_A 라 할 때, 물체 A의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}(2m)v_A^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 즉 $v_A = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$ 이다. A의 속력이 바뀌었으므로, 이때 결합된 물체의 속력은 문제 (1)의 결과와 달라진다. 결합된 물체의 속력을 v_C 라 하면, 운동량 보존 법칙에 따라 $(2m)\left(\frac{v_0}{\sqrt{2}}\right) - 3mv_0 = -(2m + m)v_C$ 이므로, $v_C = \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{3}\right)v_0$ 임을 알 수 있다. 충돌 전까지 물체 B의 속도는 문제 (1)과 동일하므로, 충돌 전 소리의 진동수는 $f_Q = \left(\frac{v}{v - 3v_0}\right)f$ 로 측정된다. 충돌 후 소리의 진동수

는 결합된 물체의 속력 v_C 를 도플러 효과 공식에 대입하여 $f_P = \left(\frac{v}{v - \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{3}\right)v_0}\right)f$ 를 얻는다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[논제 II-2] (1)	외부의 힘이 없을 때 물체가 등속 직선 운동함을 이해하였다.	4점
	운동량 보존 법칙을 올바르게 적용하여 물체의 속도를 정확히 구하였다.	4점
	도플러 효과를 올바르게 적용하여 문제의 답을 정확히 구하였다.	4점
[논제 II-2] (2)	운동 에너지와 운동량 보존 법칙을 올바르게 이해하였다.	4점
	문제의 조건에 따라 파원의 운동 방향과 크기를 올바르게 구하였다.	4점
	도플러 효과를 올바르게 적용하여 문제의 답을 정확히 구하였다.	4점

화학 · 논제 II-1

제시문

[가] 1913년 덴마크의 보어(Bohr, N. H. D.)는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위하여 원자에서 전자는 특정한 에너지를 가지는 원형 궤도, 즉 전자 껍질을 돌고 있다는 모형을 제안하였다.

[나] 원자의 오비탈은 양자수에 의해 구별되며, 여러 개의 전자를 가진 원자 오비탈의 에너지 준위는 다음과 같다.

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < \dots$$

원자 안에서 전자는 다양하게 배치될 수 있지만, 에너지 준위가 가장 낮게 배치될 때 안정한 상태가 된다. 이 상태의 전자 배치를 바닥상태 전자 배치라고 한다. 바닥상태의 원자에서는 에너지가 가장 낮은 오비탈부터 차례대로 전자가 채워지는데, 이것을 쌓음 원리라고 한다. 에너지 준위가 같은 오비탈에 전자가 채워질 때, 전자들은 쌓을 이루지 않고 가능한 많은 오비탈에 채워질 때 안정하게 되는 훈트 규칙을 따른다. 오비탈의 전자 배치에서 1개의 오비탈에 쌓을 이루고 있는 전자를 전자쌍, 쌓을 이루고 있지 않은 전자를 홀전자라고 한다.

[다] 주기율표는 화학적 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나도록 원소들을 원자 번호 순으로 가로줄과 세로줄에 배열한 분류표이다. 주기율표의 가로줄은 주기이며 1주기부터 7주기까지 있고, 주기율표의 세로줄은 족이며 1족부터 18족까지 있다. 주기율표에서 원소의 위치는 주기와 족에 따라 결정되며, 특히 같은 족 원소들은 화학적 성질이 비슷하다.

[라] 비금속 원자들은 원자의 가장 바깥 전자 껍질에 있는 원자가 전자 가운데 쌓을 이루지 않는 전자를 서로 내놓아 전자쌍을 만들고, 이 전자쌍을 서로 공유함으로써 18족 원자와 같은 안정한 전자 배치를 가지는 공유 결합을 형성한다.

[마] 공유 결합 분자에서 중심원자 주위의 가장 바깥 전자 껍질의 전자쌍들은 반발력을 최소화하기 위해 가능한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 이를 전자쌍 반발 이론이라고 하며, 이를 적용하여 분자의 구조를 예측할 수 있다. 공유 결합의 극성은 각 결합을 형성하고 있는 원자들의 전기 음성도 차이에 의해서만 결정된다. 전기 음성도는 분자에서 각 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도를 상대적으로 비교하여 정한 값이다. 2개 이상의 원자로 이루어진 분자의 각 결합을 이루고 있는 원자들의 전기 음성도가 다르면 결합은 쌍극자 모멘트를 가지게 되고, 각 결합의 쌍극자 모멘트의 합이 분자의 쌍극자 모멘트의 크기와 방향을 결정하게 된다. 분자 내에 전하가 고르게 분포하여 쌍극자 모멘트의 합이 0이면 무극성 분자이고, 전하가 한쪽으로 치우쳐 있어 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아니면 극성 분자이다.

[논제 II-1] 제시문 [가]~[마]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.

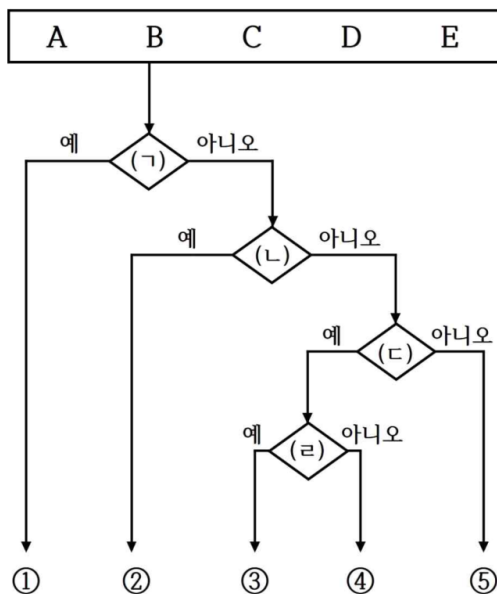
<표 1>은 2주기 원소 A~E의 보어 원자 모형에 따른 바닥상태 전자 배치를 나타낸 것이다. <그림 1>은 원소 A~E를 <표 2>의 기준 (ㄱ)~(ㄹ)에 따라 분류한 것이다.

<표 1>

원소	A
전자 배치	
B	C
D	E

● : 원자핵 ● : 전자

<그림 1>



<표 2>

기준	내용
(ㄱ)	비활성 기체인가? 수소와 공유 결합을 한 분자는 무극성인가? (단, 주어진 원자 하나와 하나 이상의 수소 원자가 공유 결합을 하고 있다.)
(ㄴ)	쌍음 원리와 훈트 규칙에 따라 원자의 바닥상태 전자 배치를 할 때 p 오비탈에 전자쌍이 존재하는가?
(ㄷ)	(ㄴ)의 공유 결합 분자의 전자쌍 반발 이론에 의한 분자 구조가 선형인가?

(1) <표 1>의 원소 A~E가 무엇인지 서술하시오. (6점)

(2) <그림 1>의 ①~⑤에 해당하는 문제 (1)에서 구한 원소 기호를 쓰고 그 이유를 서술하시오. (10점)

■ 예시 답안

(1)

최외곽 전자 껍질에 존재하는 전자의 수로 2주기 원소를 알 수 있음.

A~E 원소의 최외곽 전자 껍질에 존재하는 전자의 수는 아래와 같음.

A-4, B-7, C-5, D-8, E-6.

최외곽 전자 껍질에 존재하는 전자의 수 이외에 전체 전자 수로 2주기 원소를 알 수 있음.

A~E 원소의 바닥상태에서 전체 전자의 수는 아래와 같음.

A-6, B-9, C-7, D-10, E-8.

따라서 A~E 원소는 아래와 같음.

A-C (탄소), B-F (플루오린), C-N (질소), D-Ne (네온), E-O (산소).

(2)

①은 비활성 기체이므로 Ne.

남은 원소, C, N, O, F 원자 하나와 하나 이상의 수소 원자가 형성하는 공유 결합 분자는 다음과 같음.

CH₄, NH₃, H₂O, HF

쌍극자 모멘트 합이 0인 분자는 CH₄임.

따라서 ②는 C임.

N, O, F 원소의 바닥상태 전자 배치에서 p오비탈의 전자쌍과 홀전자의 수는 아래와 같음.

N-홀전자 3, O-홀전자 2, 전자쌍 1, F-홀전자 1, 전자쌍 2

전자쌍이 존재하지 않는 원소는 N임.

따라서, ⑤는 N임.

전자쌍 반발 이론에 의한 H₂O와 HF의 구조는 아래와 같음.

H₂O-굽은형, HF-선형

따라서, ③은 F, ④는 O임.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[논제 II-1] (1)	보어 원자 모형의 최외곽 전자 껍질의 전자 수 또는 원자 번호를 통하여 원소 A~E를 설명함: 2점 A~E 원소를 맞춤: 5개 맞춤(4점), 4개 맞춤(3점), 2~3개 맞춤(2점), 1개 맞춤(1점), 0개 맞춤(0점) 원소를 원소 기호로 표현하거나 이름을 쓴 경우 모두 맞는 것으로 채점함 예) C 또는 탄소 모두 맞는 것으로 채점함	6
[논제 II-1] (2)	①~⑤에 해당되는 원소 기호가 맞춤: 5개 맞춤(6점), 4개 맞춤(5점), 3개 맞춤(4점), 2개 맞춤(3점), 1개 맞춤(2점), 0개 맞춤(0점) ①에 해당되는 Ne이 비활성 기체임을 설명함: 1점 ②에 해당되는 C를 구하기 위해 CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, HF의 극성을 설명함: 1점 ⑤에 해당되는 N을 구하기 위해 전자쌍과 홀전자 수를 설명함: 1점 ③은 F, ④는 O임을 설명하기 위해 H ₂ O와 HF의 구조를 설명함: 1점	10

화학 · 논제 II-2

제시문

[바] 화학식을 이용하여 화학 반응을 나타낸 식을 화학 반응식이라 한다. 화학 반응식으로 화학 반응에 관여하는 반응물과 생성물 사이의 양적 관계와 상태를 알 수 있다. 물질의 상태는 기체 (*g*), 액체 (*l*), 고체 (*s*), 수용액 (*aq*)로 표시한다.

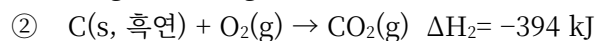
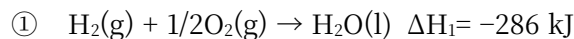
[사] 화학 반응에서 열을 방출하거나 흡수하는 것은 반응물과 생성물이 가진 에너지의 양이 다르기 때문이다. 어떤 물질이 특정 온도와 압력에서 가지는 에너지를 엔탈피(*H*)라고 한다. 각 물질이 가지는 엔탈피를 측정할 수는 없지만, 반응물과 생성물의 엔탈피 변화는 열에너지 형태로 나타나므로 화학 반응에서 열의 출입을 측정하면 엔탈피 변화를 알 수 있다. 일정한 압력에서 화학 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화를 반응 엔탈피(ΔH)라고 한다. 반응 엔탈피는 반응에 참여한 반응물의 양에 비례하므로 화학 반응식의 계수가 변하면 반응 엔탈피의 크기도 비례하여 변한다.

[아] 화학 반응식만으로는 반응이 일어날 때 열을 방출하는지 흡수하는지 알 수 없다. 화학 반응에서 출입하는 열을 표현하기 위해 엔탈피 변화를 함께 나타낸 화학 반응식을 열화학 반응식이라고 한다. 엔탈피는 물질의 상태, 온도, 압력, 물질의 양에 따라 달라지므로 반드시 물질의 상태를 함께 나타낸다. 보통 온도와 압력 표시가 없을 때는 25 °C, 1기압에서의 반응을 뜻한다.

[자] 화학 반응에서는 반응물을 이루고 있는 원자들 사이에 결합이 끊어지고 원자들이 재배열하고 새로운 결합이 생성된다. 기체 상태의 두 원자 사이의 공유 결합 1 몰을 끊는 데 필요한 에너지를 결합 에너지라고 한다.

[차] 스위스의 화학자 헤스(Hess, G. H.)는 반응 과정의 반응열에 관한 여러 가지 실험 결과로부터 ‘화학 반응이 일어날 때 반응 전 물질의 종류와 상태, 반응 후 물질의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피는 일정하다.’는 것을 발표했다. 이것을 총 열량 불변 법칙 또는 헤스 법칙이라고 한다.

[논제 II-2] 다음은 열화학 반응식을 나타낸 것이다. 제시문 [바]~[차]를 참고하여 다음 질문에 답하시오.



<표 3> 원자 사이의 평균 결합 에너지 (단위 kJ/mol)

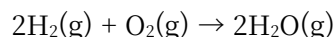
결합	H-H	O-H	O=O
결합 에너지	436	460	498

- (1) 수소 기체와 산소 기체가 반응하면 수증기(H_2O)가 생성될 수도 있고, 물(H_2O)이 생성될 수도 있다. 2몰의 수소 기체가 사용될 때 수증기가 생성되는 반응 엔탈피를 <표 3>을 참고하여 계산하고 열화학 반응식을 제시하시오. 수증기 생성 반응과 물 생성 반응에서 같은 양의 수소 기체가 사용되었을 때 더 많은 열이 방출되는 반응이 무엇인지 서술하시오. (<표 3>의 H는 수소 원자, O는 산소 원자) (10점)
- (2) 에테인(C_2H_6) 기체 1 몰이 완전 연소하면 이산화탄소(CO_2)와 물이 생성되고 1560 kJ 열이 발생한다. 이 반응의 열화학 반응식을 제시하시오. 에테인(C_2H_6) 기체는 흑연과 수소 기체의 반응으로 생성되는데 이 반응의 열화학 반응식을 풀이 과정과 함께 서술하시오. (14점)

■ 예시 답안

(1)

2몰의 수소 기체가 사용될 때 수증기 생성 화학 반응식



전체 반응의 엔탈피 변화는

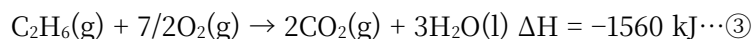
$$\begin{aligned} \text{반응 엔탈피}(\Delta H) &= \text{반응물의 결합 에너지 합} - \text{생성물의 결합 에너지 합} \\ &= 2 \times (\text{H-H}) + (\text{O=O}) - 4 \times (\text{O-H}) \\ &= \{2 \times (436) + (498)\} - (4 \times 460) = -470 \text{ kJ} \end{aligned}$$

그러므로, 열화학 반응식은 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -470 \text{ kJ}$

같은 양의 수소 기체를 사용해야 하므로 1몰의 수소 기체가 사용된다고 가정했을 때, 물이 생성되는 반응 엔탈피는 -286 kJ이고, 수증기가 생성될 때 반응 엔탈피는 -235 kJ이기 때문에 물이 생성될 때 방출되는 열이 더 많다.

(2)

에테인의 연소 반응 열화학 반응식



흑연과 수소 기체의 반응으로 에테인 생성 반응



헤스 법칙 사용을 위해 아래 열화학 반응식 필요

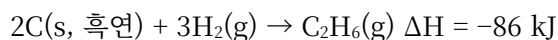
열화학 반응식 ② $\times 2$: $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -788 \text{ kJ}$

열화학 반응식 ① $\times 3$: $3\text{H}_2(\text{g}) + 3/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -858 \text{ kJ}$

(본 논제에서 구한 열화학 반응식, ③)

$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1560 \text{ kJ}$

헤스 법칙을 사용하면 $[(\textcircled{2} \times 2) + (\textcircled{1} \times 3)] - \textcircled{3} = -86 \text{ kJ} \cdots$ 에테인 생성 반응의 반응 엔탈피 최종적으로 열화학 반응식은



■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[논제 II-2] (1)	2몰의 수소 기체가 사용될 때 수증기를 생성하는 화학 반응식을 제시함	5
	화학 반응식을 이용하여 <표 3>에 제시된 결합 에너지를 사용하여 반응 엔탈피를 구하는 방법을 서술함	
	반응 엔탈피(ΔH) = 반응물의 결합 에너지 합 - 생성물의 결합 에너지 합	3
	수증기 생성 반응 엔탈피를 구함 (-470 kJ)	
[논제 II-2] (2)	수증기 생성 열화학 반응식을 제대로 보여줌	3
	같은 양의 수소 기체를 사용하여 발생하는 물 생성 반응 엔탈피와 수증기 생성 반응 엔탈피를 비교함. 물 생성 반응에서 더 많은 열이 발생함을 설명함	2
	에테인의 연소 반응의 열화학 반응식을 제시함	3
	흑연과 수소 기체에서 에테인 생성 화학 반응식을 제시함	3
[논제 II-2] (2)	헤스 법칙을 사용하여 에테인 생성 반응 엔탈피를 구함	6
	에테인 생성 반응의 열화학 반응식을 제시함	2

※ 화학 반응식에 상태 표시 없으면 0점. 단위 틀리면 0점.

생명과학 · 논제 II-1

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

제시문

[가] 세포막의 주성분은 인지질과 단백질이다. 인지질의 머리 부분은 친수성을 띠고, 꼬리 부분은 소수성을 띤다. 세포 안과 밖에는 물이 풍부하므로 인지질은 친수성인 머리 부분이 양쪽 바깥으로 배열하여 물과 접하고, 소수성인 꼬리 부분이 서로 마주 보며 배열하여 2중층을 이룬다.

[나] 세포막을 통한 물질 이동에는 에너지를 사용하지 않는 수동 수송과 에너지를 사용하는 능동 수송이 있다. 수동 수송에는 분자들이 농도 기울기에 따라 인지질 2중층을 직접 통과하여 이동하는 단순 확산과 막단백질의 도움을 받아 특정 분자나 이온이 확산되는 촉진 확산이 포함된다. 능동 수송은 막단백질의 도움으로 농도 기울기를 거슬러 물질이 이동하는 방식이다.

[논제 II-1] 제시문 [가]~[나]를 참고하여 다음 논제에 답하시오.

- (1) 다음은 물질 A와 B의 특성을 나타낸 것이고, A와 B는 모두 세포막을 통해 이동할 때 확산으로 이동한다. 세포 안팎의 농도 차이에 따른 두 물질의 이동 속도 변화를 그래프로 나타내고 그 이유를 논술하시오. (8점)

물질	상대적인 크기	친수성 또는 소수성 여부
A	작다	소수성
B	크다	친수성

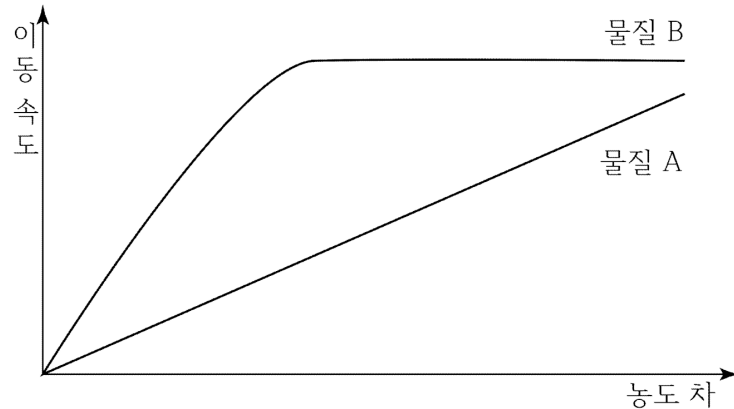
- (2) 뉴런의 세포막을 통한 Na^+ 과 K^+ 의 이동을 휴지 상태일 때 이온 펌프를 통한 이동과, 활동 전위가 발생할 때 이온 통로를 통한 이동을 비교하여 논술하시오. (8점)

■ 예시 답안

[논제 II-1]

(1)

크기가 작고 소수성인 물질 A는 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 세포막의 인지질 2중층을 통과하는 단순 확산이 일어나며, 농도 차이가 클수록 이동 속도는 비례하여 증가한다. 크기가 크고 친수성인 물질 B는 세포막의 인지질 2중층을 통과하지 못하므로 수송 단백질을 통한 촉진 확산이 일어난다. 이 경우 수송 단백질의 수가 한정되어 있으므로 농도 차이가 클수록 물질의 이동 속도가 증가하다가 일정 수준 이상이 되면 수송 단백질이 포화되어 더는 증가하지 않고 일정해진다. 이를 그래프로 표현하면 아래와 같다.



(2)

휴지 상태 뉴런의 세포막에 있는 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ 펌프는 ATP를 소비하여 Na^+ 는 세포 밖으로, K^+ 은 세포 안으로 이동시키는 능동 수송을 한다. 이를 통해 뉴런의 내부는 외부보다 K^+ 농도가 높게, Na^+ 농도는 낮게 유지된다. 휴지 상태의 뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면 Na^+ 통로가 열리면서 Na^+ 이 농도 차이에 의해 세포 밖에서 안으로 들어오는 촉진 확산이 일어나며 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다. 이후 Na^+ 통로가 닫히고 닫혀 있던 K^+ 통로가 열리면서 K^+ 이 농도 차이에 의해 세포 안에서 밖으로 빠져나가는 촉진 확산이 일어나며 막전위가 휴지 전위까지 하강하는 재분극이 일어난다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[논제 II-1] (1)	① 물질 A의 이동은 단순 확산, 물질 B의 이동은 촉진 확산임을 단순히 기술하여 논술. 또는 일부 확산만 설명한 경우	1점
	① 물질 A의 이동은 단순 확산, 물질 B의 이동은 촉진 확산임을 물질의 특성(크기, 친수성 및 소수성)에 따라 기술하고 구분하여 논술	2점
	② 단순 확산과 촉진 확산의 농도 차에 따른 이동 속도 변화를 그래프로 정확하게 논술	2점
	③ 단순 확산과 촉진 확산의 그래프상 차이가 나타나는 이유를 단순 물질의 이동 방식의 차이만으로 논술	2점
	③ 단순 확산과 촉진 확산의 그래프상 차이가 나타나는 이유를 수송 단백질의 포화를 포함하여 정확하게 논술	4점
[논제 II-1] (2)	① 휴지 상태의 뉴런에서 능동 수송을 ATP 소비에 대한 언급이 없이 단순 Na^+ , K^+ 이동 방향만 서술	2점
	① 휴지 상태의 뉴런에서 ATP를 소비하며 능동 수송을 통한 Na^+ , K^+ 이동 방향을 명확하게 논술	4점
	② 활동 전위가 발생할 때 탈분극과 재분극의 촉진확산을 Na^+ , K^+ 이동 방향만을 단순히 기술. 또는 일부 이동만을 설명한 경우	2점
	② 활동 전위가 발생할 때 ATP를 소비하지 않으며 탈분극과 재분극에서 촉진확산을 통한 Na^+ , K^+ 이동 방향을 명확하게 논술	4점

생명과학 · 논제 II-2

II. 다음 제시문을 읽고 논제에 답하십시오. (40점)

제시문

[다] 생식과 유전은 생물의 특성이다. 생식은 생물이 자손을 만드는 현상이며, 유전은 생식 과정에서 부모의 형질이 자손에게 전달되는 현상이다.

[라] 세포의 유전 정보를 다음 세대로 전달하기 위해서는 DNA가 복제되어야 한다. DNA 복제 방식에 대한 모델로는 보존적 복제, 반보존적 복제, 분산적 복제를 들 수 있으며, 메셀슨(Meselson, M. S.)과 스탈(Stahl, F. S.)의 DNA 복제 실험을 통해 DNA는 반보존적으로 복제된다는 사실이 증명되었다.

[마] 핵산인 DNA는 인산, 당, 염기로 구성된 뉴클레오타이드를 기본 단위로 하며, 그 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)이 있다. DNA의 분자 구조는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드 사슬이 반대 방향으로 서로 마주 보며 염기 사이의 상보적인 결합을 통해 연결된 이중 나선 구조이다.

[논제 II-2] 제시문 [다]~[마]를 읽고 다음 논제에 답하십시오.

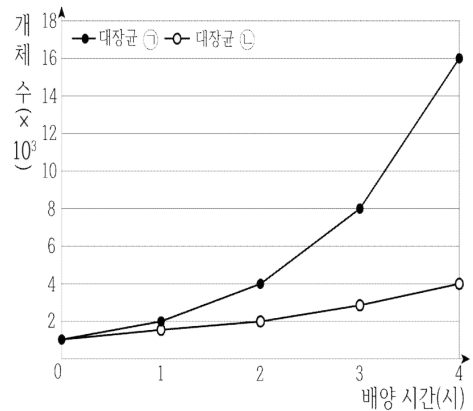
다음은 서로 다른 두 종의 대장균 ㉠과 ㉡에 대한 실험이다.

[실험 1] 대장균 ㉠과 ㉡에서 DNA를 추출하여 한쪽 가닥의 염기 조성 비율을 분석한 결과이다.

	아데닌(A)	구아닌(G)	사이토신(C)	타이민(T)
대장균 ㉠	27%	30%	24%	19%
대장균 ㉡	19%	36%	22%	23%

[실험 2] 대장균 ㉠과 ㉡의 배양 과정과 생장 곡선을 분석한 결과이다.

- 대장균 ㉠과 ㉡을 ^{14}N 이 포함된 영양 배지에서 여러 세대에 걸쳐 충분히 배양하였다.
- 동일한 개체 수(1×10^3)의 대장균 ㉠과 ㉡을 ^{14}N 이 포함된 영양 배지에 각각 4시간 동안 배양한 결과는 <그림 1>과 같다.
- 그 다음 동일한 개체 수(1×10^3)의 대장균 ㉠과 ㉡을 ^{15}N 이 포함된 영양 배지로 옮겨 4시간 동안 배양하였다.



<그림 1>

- [실험 1]에서 분석한 가닥의 상보적 가닥에서 아데닌(A)+사이토신(C)의 값을 대장균 ㉠과 ㉡에서 각각 구하고 그 이유를 논술하십시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) (8점)
- [실험 2]에서 ③ 과정의 배양이 끝난 후 대장균 ㉠과 ㉡에서 ^{14}N 로 구성된 DNA 가닥을 가진 개체는 각각 전체 개체 수의 몇 %인지 구하고 그 이유를 논술하십시오. (단, 문제에서 제시된 조건 외에 다른 조건은 고려하지 않는다.) (16점)

■ 예시 답안

[문제 II-2]

(1)

대장균 ㉠과 ㉡의 상보적 가닥에 예상되는 아데닌(A)+사이토신(C)의 값은 각각 49%, 59%이다. DNA는 A와 T, 그리고 G와 C 사이의 상보적 결합에 의해 만들어지는 이중나선 구조이다. 그러므로 한 가닥의 염기서열을 바탕으로 상보적 가닥의 염기서열을 알 수 있다. 논제의 각 대장균의 상보적 가닥의 A+C의 값은 각 대장균의 측정된 DNA 가닥의 T+G 값과 일치한다.

(2)

생장 곡선에서 대장균 ㉠은 1시간에 두 배의 개체 수로, 대장균 ㉡은 2시간에 두 배의 개체 수로 증가한다는 사실을 알 수 있다. ^{14}N 에서 성장하여 모든 개체의 DNA가 ^{14}N 를 가지고 있는 대장균 ㉠과 ㉡을 ^{15}N 로 옮겨 4시간을 배양하면 대장균 ㉠은 4세대를, 대장균 ㉡은 2세대를 얻었을 것이다. 따라서 원래의 DNA 가닥을 주형으로 새로운 가닥이 만들어지는 반보존적 복제 방법에 의해 복제된 DNA 가닥 중 ^{14}N 로 구성된 DNA 가닥을 가지고 있을 개체는 대장균 ㉠의 경우 2/16이며 대장균 ㉡은 2/4로 각각 12.5%와 50%이다.

■ 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
[문제 II-2] (1)	① A+C의 값을 정확하게 계산	3점
	② DNA 구조가 폴리뉴클레오타이드 두 가닥의 상보적 결합을 통해 형성된다는 사실을 논거로 명확하게 논술	5점
[문제 II-2] (2)	① 생장 곡선을 통해 각 대장균의 개체 수가 2배가 되는 시간을 정확하게 파악하여 논술	4점
	②-1 각 대장균에서 DNA 가닥 중 ^{14}N -염기를 가질 개체의 비율을 최초와 최종 배양시간의 세대나 개체 수로 계산하여 논술 (㉠의 경우 2/16나 1/8 또는 12.5%, 대장균 ㉡은 2/4나 1/2 또는 50% 모두 적용)	4점
	②-2 각 대장균에서 DNA 가닥 중 ^{14}N -염기를 가질 개체의 비율을 세대 간 반보존적 복제에 의해 생성되는 DNA 가닥의 구조와 그 구조에서 ^{14}N -염기를 가질 가닥의 비율에 대해 구체적으로 논술 (㉠의 경우 2/16나 1/8 또는 12.5%, 대장균 ㉡은 2/4나 1/2 또는 50% 모두 적용)	6점

AI 논술 자동 첨삭

써봄

기출로 연습했다면, 이제 써보고 바로 첨삭받자.

Google Gemini 기반 한국어 논술 자동 첨삭 서비스

01

4개 영역 점수

논리구조 · 근거타당성 · 주장명확성 · 언어표현 영역별로 점수를 매겨 줍니다.

02

상세 피드백

강점, 개선점, 구체적인 제안사항까지 한 번에 확인합니다.

03

일괄 첨삭

교사·강사는 학생 답안을 최대 10편까지 한꺼번에 올려 처리할 수 있습니다.

04

간편한 업로드

PDF · DOCX · TXT 파일을 그대로 올리면 됩니다.

이용 안내

무료 체험	회원가입 시 3회 무료 분석
개인 플랜	월 9,900원
교사 플랜	월 29,900원

논술 수험생 · 논술 교사와 강사 · 학원과 교육기관



writegrow.net

QR 코드를 스캔하면 바로 시작할 수 있습니다