



경희대학교

2026학년도 신입생 수시모집  
논술고사 문제지(의·약학계-수학)  
[11월 15일(토) 오후]

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (60점)

[가] 평면  $\alpha$  위에 있지 않은 한 점 P, 평면  $\alpha$  위의 한 점 O, 점 O를 지나지 않고 평면  $\alpha$  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  $\overline{PO} \perp \alpha$

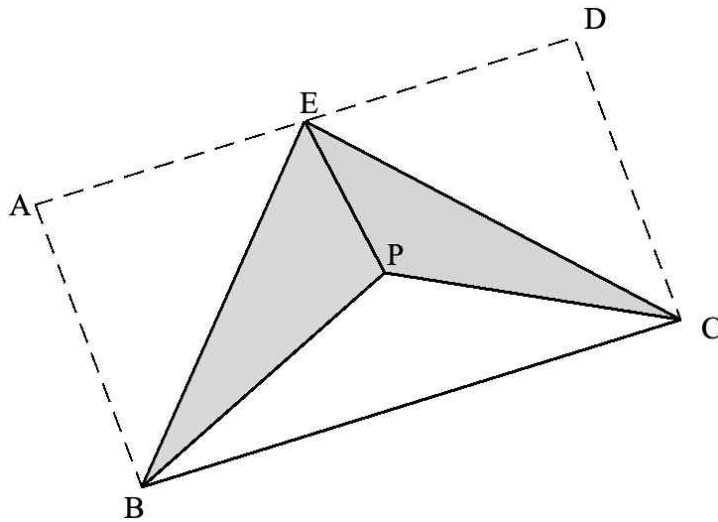
[나] 연속확률변수  $X$ 의 확률밀도함수  $f(x) (\alpha \leq x \leq \beta)$ 에 대하여

- (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.

[문제 1] 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  $\theta$ 라 하자.  $\cos \theta$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (14점)
- (2) 삼각형 PBC의 넓이와 사면체 PEBC의 부피를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (14점)



< 뒷면에 계속 >

[문제 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)



경희대학교

2026학년도 신입생 수시모집  
논술고사 문제지(의·약학계-물리학)  
[11월 15일(토) 오후]

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[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  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 로 나타나고, 이때  $k$ 는 쿨롱 상수라 한다.

[라] 아인슈타인은 빛을 광자라고 하는 입자의 흐름으로 생각하는 광양자설을 제안하였다. 진공에서 빛의 속력을  $c$ , 빛의 파장을  $\lambda$ 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.

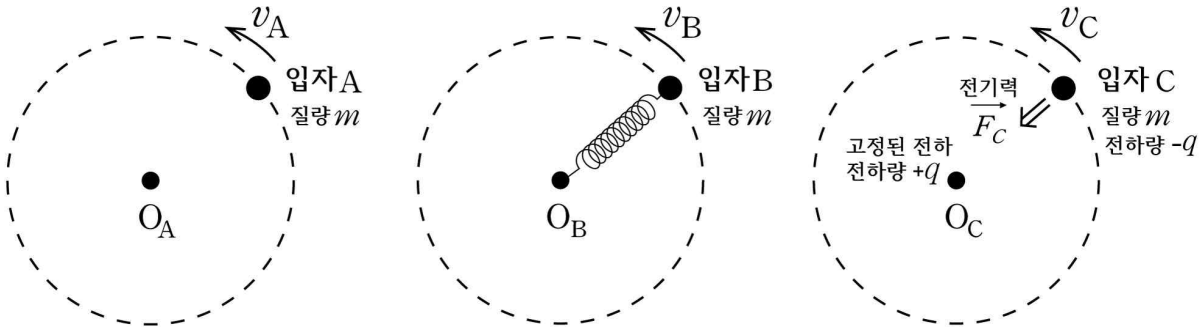
[마] 보어는 전자도 파동이므로, 전자는  $2\pi r = n\lambda$  (단,  $n = 1, 2, 3, \dots$ )의 조건을 만족하는 궤도에만 있을 수 있고, 전자가 갖는 에너지는  $E_n = -\left(\frac{2\pi^2 k^2 m e^4}{h^2}\right) \frac{1}{n^2}$ 과 같이 불연속적인 값을 갖는다고 하였다. 그리고 전자가 두 궤도 사이를 넘나들 때, 두 궤도의 에너지 차이만큼의 광자를 방출하거나 흡수한다고 하였다. 단,  $m$ 은 전자의 질량,  $e$ 는 전자의 전하량이고,  $k$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

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

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

< 뒷면에 계속 >

[문제 III] 제시문 [가]~[마]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.



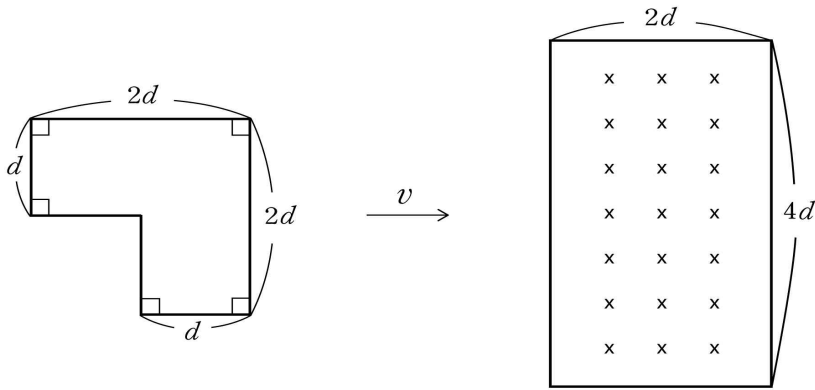
<그림 1>

<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)

[문제 IV] 제시문 [바], [사]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.



<그림 2>

<그림 2>와 같이 7자 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 구하고, 그 근거를 논술하시오.  $B=1T$ ,  $d=1m$ , 도선 고리의 저항  $R=10\Omega$ 이다. (14점)

< 물리학 끝 >

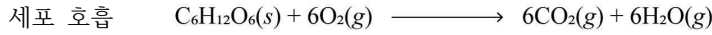
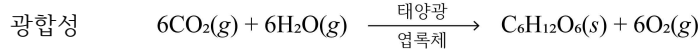


경희대학교

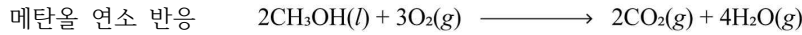
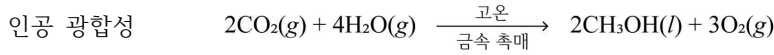
2026학년도 신입생 수시모집  
논술고사 문제지(의·약학계-화학)  
[11월 15일(토) 오후]

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[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.



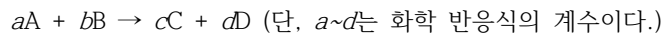
[나] 지난 200여 년간 인류는 주로 화석연료를 통해 에너지를 얻었다. 화석연료는 한정되어 있고 연소 과정에서 이산화 탄소 등 온실 기체를 배출하여 지구 온난화를 일으켰다. 이러한 문제를 해결하기 위해 신재생 에너지를 활용해 이산화 탄소를 화학 에너지원으로 전환하는 인공 광합성 기술이 주목을 받고 있다. 대표적인 인공 광합성 기술로는 금속 촉매를 이용해 고온 조건에서 이산화 탄소로부터 액체 연료인 메탄올을 합성하는 방법이 있다. 연소 반응을 통해 메탄올로부터 에너지를 생성하고, 이 에너지는 다양한 형태로 활용될 수 있다. 인공 광합성과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

[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.

$v = k[\text{A}]^m[\text{B}]^n$

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  $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{B}(\text{g})$ 에서 시간에 따른 반응물 A 또는 생성물 B의 농도 변화를 수식으로 표현하면,  $v = -\Delta[\text{A}]/\Delta t = \Delta[\text{B}]/\Delta t$  ( $\Delta[\text{A}]$ 와  $\Delta[\text{B}]$ : A와 B의 농도 변화,  $\Delta t$ :  $t_2 - t_1$ )이며 이러한 반응 속도를  $t_2$ 와  $t_1$  사이의 평균 반응 속도라고 한다. 평균 반응 속도에서 반응이 일어나는 시간( $\Delta t$ )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.

< 뒷면에 계속 >

[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.

[문제 III] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

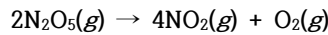
(1) 제시문의 식물 광합성과 인공 광합성의 열화학 반응식을 각각 완성하고 두 가지 에너지원의 단위 탄소당 에너지 저장의 효율에 대하여 논술하시오. (8점)

원자 사이의 평균 결합 에너지(단위 kJ/mol)		포도당 분자 구조	메탄올
C-H	410	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{OH} & \text{H} & \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} & \\  &   &   &   &   &   & \\  \text{O} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} \\  &   &   &   &   &   & \\  & \text{H} & \text{OH} & \text{H} & \text{H} & \text{H} &   \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\    \\  \text{H}  \end{array}  $
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)

[문제 IV] 제시문 [마]~[사]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

오산화 이질소( $\text{N}_2\text{O}_5$ )는 다음과 같이 이산화 질소( $\text{NO}_2$ )와 산소( $\text{O}_2$ )로 분해된다.



여러 온도와 반응 조건에서  $\text{N}_2\text{O}_5$ 의 초기 농도를 변화시키면서 초기 반응 속도를 측정하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

실험	온도(°C)	금속 촉매	$\text{N}_2\text{O}_5$ 의 초기 농도(M)	초기 반응 속도(M/s)
1	25	X	0.10	$4.0 \times 10^{-4}$
2	25	X	0.20	$8.0 \times 10^{-4}$
3	35	X	0.10	$8.0 \times 10^{-4}$
4	45	X	0.10	$1.6 \times 10^{-3}$
5	45	O	0.10	$3.2 \times 10^{-2}$
6	45	O	0.20	$3.2 \times 10^{-2}$

(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  $\text{N}_2\text{O}_5$ 의 반감기( $t_{1/2}$ )는 173초이다. 실험 2에서  $\text{N}_2\text{O}_5$  초기 농도의 87.5 %가 분해될 때까지 걸린 시간(초)을 계산하고, 생성되는  $\text{NO}_2$ 와  $\text{O}_2$ 의 양을 각각 논술하시오. (9점)

< 화학 끝 >



경희대학교

2026학년도 신입생 수시모집

# 논술고사 문제지(의·약학계-생명과학)

[11월 15일(토) 오후]

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[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 빛에너지를 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.

[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.

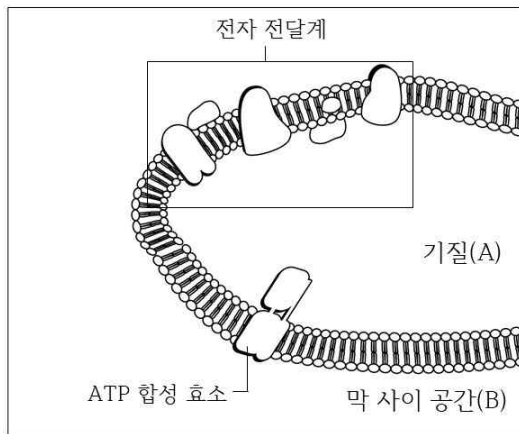
[바] 하디-바인베르크 법칙을 따르는 멘델 집단은 대립유전자 빈도가 대를 거듭해도 변하지 않는 유전적 평형을 나타낸다. 멘델 집단의 조건은 다음과 같다. ① 집단의 크기가 충분히 크다. ② 다른 개체군과 격리되어 있어서 유전자의 이출입이 없다. ③ 돌연변이가 일어나지 않는다. ④ 교배가 무작위로 일어난다. ⑤ 자연 선택이 일어나지 않는다.

[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 변하게 하는 요인에는 자연 선택, 돌연변이, 유전적 부동, 유전자 흐름 등이 있다.

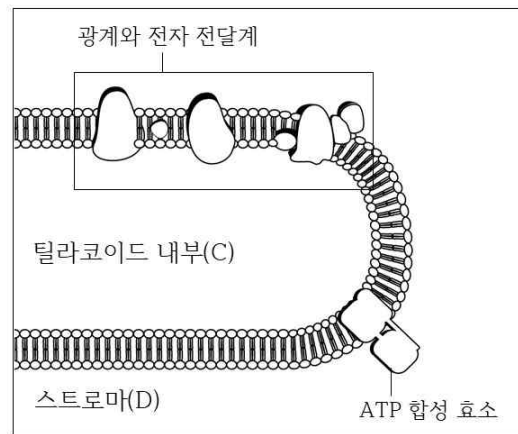
< 뒷면에 계속 >

[문제 III] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

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



<그림 1>



<그림 2>

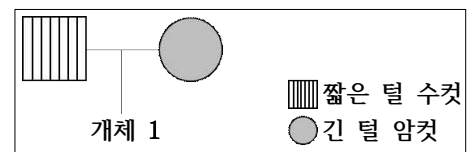
(1) 미토콘드리아의 A와 B, 엽록체의 C와 D 중  $H^+$  농도가 상대적으로 높은 곳은 각각 어디인지 제시하고,  $H^+$  농도 기울기가 ATP 합성과 어떻게 연결되는지 전자 공급원, 최종 전자 수용체,  $H^+$ 의 이동 방향 및 이동 원리와 관련지어 논술하시오. (10점)

(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)

[문제 IV] 제시문 [마]~[사]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

고양이의 털 길이는 1번 염색체 상에 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

< 생명과학 끝 > < 끝 > - 총 4장 8쪽입니다. -

## 1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 수학 I )문항

## 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 제시문

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

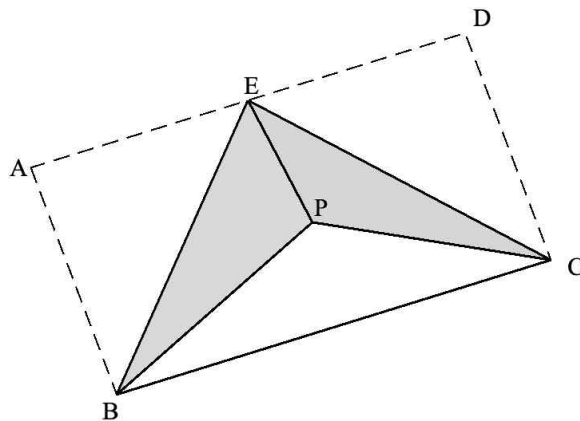
- (1)  $\overline{PO} \perp \alpha$ ,  $\overline{OH} \perp l$ 이면  $\overline{PH} \perp l$
- (2)  $\overline{PO} \perp \alpha$ ,  $\overline{PH} \perp l$ 이면  $\overline{OH} \perp l$
- (3)  $\overline{PH} \perp l$ ,  $\overline{OH} \perp l$ ,  $\overline{PO} \perp \overline{OH}$ 이면  $\overline{PO} \perp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

[문제 I] 제시문 [가]를 참고하여 다음 문제에 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  $\theta$ 라 하자.  $\cos \theta$ 의 값을 구하고, 그 근거를 논술하시오. (14점)

(2) 삼각형 PBC의 넓이와 사면체 PEBC의 부피를 구하고, 그 근거를 논술하시오. (14점)



### 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

[문제 I]에서는 고등학교 교육과정의 평면도형과 공간도형을 이해하고, 기하의 삼수선의 정리를 종합적으로 활용하여 주어진 상황에서 직선과 직선, 직선과 평면, 평면과 평면 사이의 위치 관계를 파악할 수 있는지 평가하고자 하였다. 평면도형과 공간도형의 성질에 대한 탐구를 바탕으로 주어진 문제를 바르게 이해하고, 논리적으로 해결할 수 있는지 평가하고자 하였다.

### 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

[문제 I]에서는 삼각형의 성질, 도형의 닮음, 피타고라스 정리를 바탕으로 평면도형과 공간도형을 이해하고, 수선의 발과 삼수선의 정리를 활용하여 삼각형의 변의 길이, 이면각에 대한 삼각비, 삼각형의 넓이와 삼각뿔의 부피를 구할 수 있는지 평가하고자 한다.

### 5. 2026학년도 논술고사 채점 기준

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

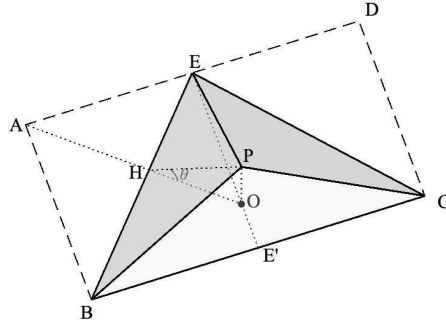
### 6. 2026학년도 논술고사 예시 답안

(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

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

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.  $\Delta EBC = 2\sqrt{3}$  이므로, 사면체 PEBC의 부피 V는

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

(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.  $\Delta PBC = \sqrt{3}$ 이고,  $\overline{EP} = \sqrt{3}$ 이므로, 사면체 PEBC의 부피는  $V = \frac{1}{3} \times \Delta PBC \times \overline{EP} = 1$

## 1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 수학Ⅱ )문항

## 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 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)

## 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

[논제 Ⅱ]에서는 고등학교 교육과정의 확률밀도함수의 성질을 정확히 이해하며, 이를 바탕으로 단순한 공식의 암기 및 적용보다는, 조건을 명확히 확인하고 주어진 상황을 올바르게 이해한 후 경우에 따라 나누어 생각하여 주어진 문제를 논리적으로 해결 할 수 있는 능력을 갖추고 있는지를 평가하고자 하였다.

## 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

[논제 Ⅱ]에서는 연속확률변수의 확률밀도함수에 대한 성질을 이해하고, 이를 통해 적분값의 범위를 계산하거나, 경우를 나누어 확률의 값을 계산할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다.

## 5. 2026학년도 논술고사 채점 기준

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

## 6. 2026학년도 논술고사 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)  $P(0 \leq X \leq 1) = \frac{1}{2} \times (a + a(b+1)) \times 1 = \frac{a}{2}(b+2) = \frac{b+2}{2b+3}$  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

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

## 1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 물리학 III )문항

## 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 제시문

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[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.

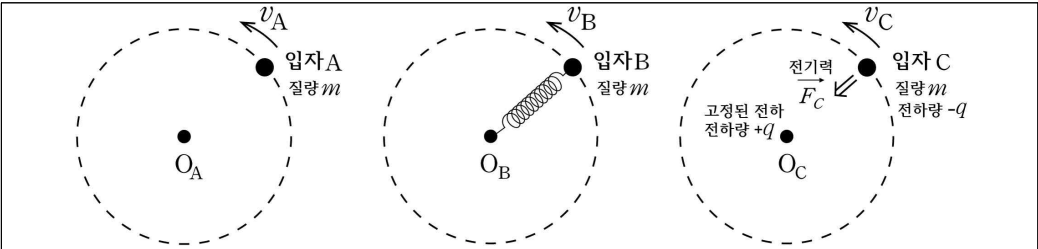
[나] 용수철이 물체에 작용하는 힘은 늘어나거나 줄어든 길이  $x$ 에 비례하며, 그 크기는 용수철 상수  $k$ 를 이용하여  $F = kx$ 와 같이 나타낼 수 있다.

[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  $\lambda$ 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] 보어는 전자도 파동이므로, 전자는  $2\pi r = n\lambda$  (단,  $n = 1, 2, 3, \dots$ )의 조건을 만족하는 궤도에만 있을 수 있고, 전자가 갖는 에너지는  $E_n = -\left(\frac{2\pi^2k^2mc^4}{h^2}\right)\frac{1}{n^2}$ 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)

### 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

의학계 물리학 [논제Ⅲ]의 (1), (2)에서는 다양한 종류의 힘이 구심력으로 작용하는 등속 원운동의 특성을 이해하고, 보어의 원자 모형의 기초 개념을 이해하였을 때 일어나는 현상을 알아보았다. 등속 원운동하는 물체에 작용하는 구심력에 따라 궤도 반지름이 달라질 수 있음을 문제에서 주어진 변수에 대해 표현하여 이해할 수 있다. 이러한 운동에 대해 보어의 가설에 따라 물질파 개념을 적용하면, 입자가 원운동하는 궤도 반지름이 연속적인 값을 갖지 못하는 것을 알 수 있다. 이때 입자들은 에너지 준위를 전이하며 특정한 파장의 빛을 내는데, 문제에서 주어진 조건에 따라 방출되는 빛의 파장의 비율이 달라진다는 사실을 이해할 수 있다. 각 논제에서 요구하는 답을 구하기 위하여 여러 기초 개념을 적용하여 주어진 문제에 대한 답을 찾아가는 사고력을 평가하고자 하였다.

#### 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

의학계 물리학 [논제Ⅲ]의 (1), (2)에서는 고등학교 물리학Ⅱ 교과서의 ‘역학적 상호작용’ 단원의 ‘등속 원운동’, ‘시공간과 에너지’ 단원의 ‘일과 운동 에너지의 관계’에 대한 이해를 바탕으로, 고등학교 물리학Ⅰ 교과서의 ‘파동과 정보 통신’ 단원과 고등학교 물리학Ⅱ 교과서의 ‘파동과 물질의 성질’ 단원에서 다루는 ‘입자의 파동성’과 ‘불확정성 원리’에서 배운 보어 모형에 적용하는 사고력을 평가하였다. 다양한 종류의 구심력에 의한 등속 원운동을 이해하여 궤적을 구할 수 있다. 보어의 가설에 따라 물질파 개념을 도입하면 궤도 반지름이 불연속적임을 알아낼 수 있으며, 에너지 준위들을 전이하며 빛이 발생함을 이해하여, 문제에서 요구한 빛의 파장 비를 구할 수 있다. 고등학교 교육 과정 범위 내에서 다루는 등속 원운동, 보어의 원자 모형 등의 기초 개념을 이해하면 주어진 질문에 대한 답을 얻을 수 있다.

#### 5. 2026학년도 논술고사 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	16
논제 Ⅲ-(2)	<3점> 각 입자의 양자화 된 에너지를 올바르게 보였다. <3점> 문제에서 요구한 빛의 파장의 비를 올바르게 보였다.	6	

#### 6. 2026학년도 논술고사 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 공식을 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,

$$\frac{mv_C^2}{r_C} = \frac{kq^2}{r_C^2} \text{ 이고, } r_C = \frac{kq^2}{mv_C^2} \text{ 이다.}$$

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.  $k(r_B - l_B) = \frac{mv^2}{r_B} = \frac{p_B^2}{mr_B} = \frac{n^2\hbar^2}{mr_B^3}$  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  $\frac{kq^2}{r_C} = \frac{mv_C^2}{r_C} = \frac{p_C^2}{mr_C} = \frac{n^2\hbar^2}{mr_C^3}$ 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,

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

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

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

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.

## 1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 물리학 IV )문항

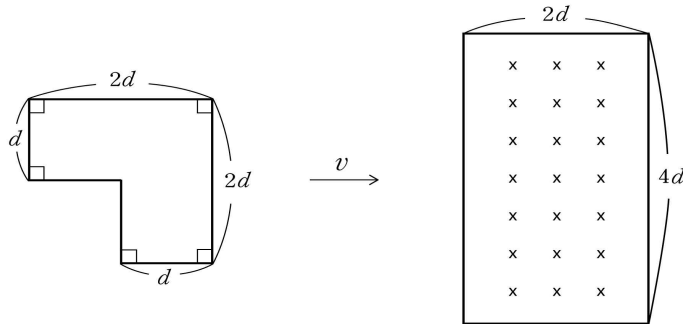
## 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 제시문

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오. (40점)

[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  $\Delta t$  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.  $B=1T$ ,  $d=1m$ , 도선 고리의 저항  $R=10\Omega$ 이다. (14점)

### 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

[논제 IV]에서는 옴의 법칙, 소비 전력 및 전자기 유도 법칙을 이해하고 복합적인 상황에 적용하여 현상을 분석하고 예측할 수 있는지 파악하고자 하였다. 주어진 조건으로부터 시간의 흐름에 따라 변하는 물리량을 기본 법칙으로부터 도출하고 정량적으로 표현한 후 답을 구하되 물리적 조건이 요구하는 대소관계를 확인하여 답의 유일성을 논증하는 능력을 평가하고자 하였다.

### 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

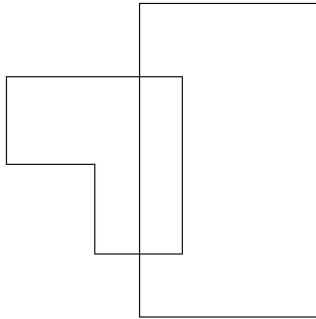
[논제 IV]에서는 물리학Ⅱ 교과서의 전자기장 단원에서 다루는 저항에 의한 ‘전기 에너지의 소모’ 및 ‘전자기 유도’ 현상을 이해하는지 평가하고자 하였다. 문항 (1)에 대해서는 자기장 영역을 도선 고리가 지나가면서 나타나는 여러 가지 상대적 위치를 분류하면 각각에 대한 자기 선속의 변화율을 도출해 낼 수 있다. 문항 (2)에 대해서는 제시문에 있는 패러데이 법칙 공식을 활용하여 시간에 따른 유도 기전력의 관계를 알아내고 연관된 이차방정식을 풀면 제시된 조건을 만족하는 답을 구할 수 있다.

### 5. 2026학년도 논술고사 채점 기준

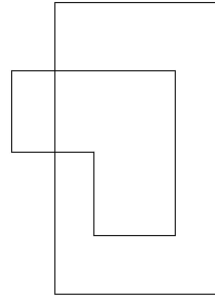
하위 문항	채점 기준	배점	
논제 IV-(1)	<5점> 자기장 영역에 대한 도선 고리의 상대적 위치를 분류하여 유도 기전력이 다른 값을 가지는 5가지 경우가 있음을 그림으로 나타내거나 명확히 서술한다. <5점> 각각의 경우에 대해 시간의 구간 및 유도 기전력을 부호를 포함해 구한다.	10	24
논제 IV-(2)	<5점> 5가지 시간 구간에 대해 전기 에너지 소모량을 시간의 함수로 구한다. <5점> 문제의 조건을 대입해서 속도의 값을 구한다. <4점> 물리적 조건을 고려해서 답의 유일성을 논증한다.	14	

6. 2026학년도 논술고사 예시 답안

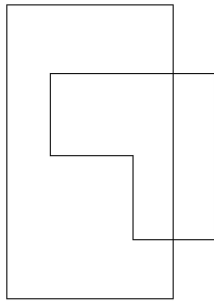
(1) 고리가 자기장 영역을 지나가는 동안 위치를 그림과 같이 다섯 단계로 나누어 생각할 수 있다. 각각에 대해 자기 선속이 늘어나거나 줄어드는 것을 모두 고려하면  $V_1 = -2dvB$ ,  $V_2 = -dvB$ ,  $V_3 = 2dvB$ ,  $V_4 = dvB$ ,  $V_5 = 0$  가 되고 각각 해당하는 시간의 범위는  $0 < t < d/v$ ,  $d/v < t < 2d/v$ ,  $2d/v < t < 3d/v$ ,  $3d/v < t < 4d/v$ ,  $t > 4d/v$  이다.



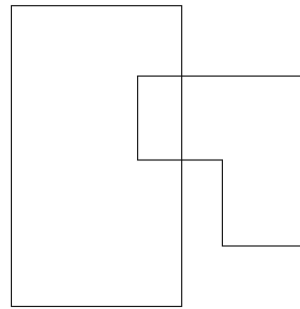
$0 < t < d/v$



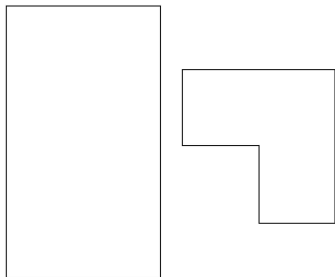
$d/v < t < 2d/v$



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



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



$4d/v < t$

(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 36J 이라고 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  $Q(t=0.1) = 36$ 를

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.

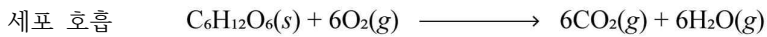
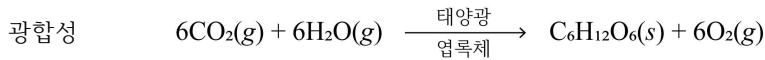
$0.1 < 3d/v$ 에서  $v < 30\text{m/s}$  를 얻고,  $36 < 9d^3vB^2/R$ 에서  $v > 40\text{m/s}$  를 얻으므로 두 조건은 서로 모순이다. 따라서 답은  $v = 30(\sqrt{5} - 1)\text{m/s}$  하나만 가능하다.

## 1. 일반 정보

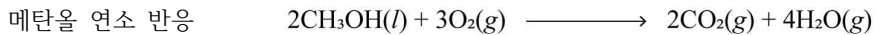
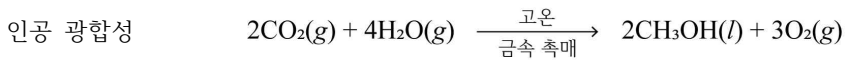
유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 화학 Ⅲ )문항

## 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 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.



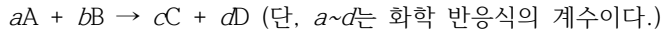
[나] 지난 200여 년간 인류는 주로 화석연료를 통해 에너지를 얻었다. 화석연료는 한정되어 있고 연소 과정에서 이산화 탄소 등 온실 기체를 배출하여 지구 온난화를 일으켰다. 이러한 문제를 해결하기 위해 신재생 에너지를 활용해 이산화 탄소를 화학 에너지원으로 전환하는 인공 광합성 기술이 주목을 받고 있다. 대표적인 인공 광합성 기술로는 금속 촉매를 이용해 고온 조건에서 이산화 탄소로부터 액체 연료인 메탄올을 합성하는 방법이 있다. 연소 반응을 통해 메탄올로부터 에너지를 생성하고, 이 에너지는 다양한 형태로 활용될 수 있다. 인공 광합성과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

[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,  $\Delta t$ :  $t_2 - t_1$ )이며 이러한 반응 속도를  $t_2$ 와  $t_1$  사이의 평균 반응 속도라고 한다. 평균 반응 속도에서 반응이 일어나는 시간( $\Delta t$ )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.

[문제 Ⅲ] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 문제에 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)
- (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)

### 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

[논제 Ⅲ]에서는 고등학교 화학 I의 화학을 활용한 문제 해결(12화학 I 01-01), 탄소 화합물 (12화학 I 01-02), 분자의 구조(12화학 I 03-06, 07), 화학 반응에서의 열의 출입(12화학 I 04-06) 그리고 화학 II의 분자 간 상호작용(12화학 II 01-04), 열화학 반응식과 결합 에너지 (12화학 II 02-01, 02), 촉매와 효소(12화학 II 03-08) 등의 기본 개념에 대한 이해력을 확인 하고 이를 생명 현상과 최신 과학 기술에 적용하는 능력에 대해 평가하고자 한다. 이를 위하여 교육과정에서 다루고 있는 화합물인 메탄올과 광합성 반응을 제시하였고 기본적인 지식을 통해 실용적인 응용을 추론할 수 있는지 평가하고자 한다.

### 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

[논제 Ⅲ]에서는 열화학 반응식, 결합 에너지, 화합물의 분자구조 등의 기본 개념에 대한 이해력을 확인하고 이를 생명현상과 최신 과학기술에 적용하는 능력에 대해 평가하고자 한다.

(1) 문항은 광합성과 인공 광합성, 세포 호흡, 메탄올 연소반응의 반응식과 결합 에너지를 제시하였고 이를 근거로 열화학 반응식을 비교할 수 있다. 그리고 분자식을 기반으로 에너지원의 탄소 당 에너지 저장 효율을 상대적으로 비교할 수 있다.

(2) 문항은 반응엔탈피, 탄소 화합물의 특성, 촉매와 효소 반응에 대한 이해력을 기반으로 제시한 두 가지 반응을 비교하여 논할 수 있다.

### 5. 2026학년도 논술고사 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 탄소 당 에너지 저장 효율을 논함	8	16
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	

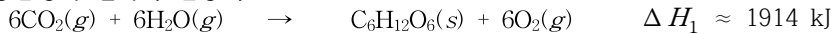
## 6. 2026학년도 논술고사 예시 답안

(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 에너지를 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

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

광합성의 열화학 반응식



인공 광합성의 반응엔탈피

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

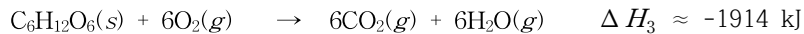
인공 광합성의 열화학 반응식



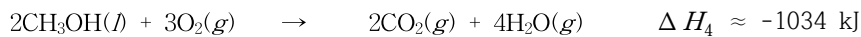
이와 같이 평균 결합 에너지를 고려하여 식물 광합성과 인공 광합성의 열화학 반응식을 제시하고 이를 기반으로 두 반응을 상대적으로 비교할 수 있다.

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

세포 호흡



메탄올 연소 반응



광합성의 에너지원인 포도당( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )은 단위 탄소당 약  $1914 \text{ kJ}/6 \approx 319 \text{ kJ}$ 의 에너지를 저장하고 있다.

인공 광합성의 에너지원인 메탄올( $\text{CH}_3\text{OH}$ )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 과

정은 온화한 반응 조건에서 높은 안정성을 바탕으로 이루어진다. 반면, 인공 광합성은 고온 조건에서 금속 촉매 반응을 통해 활용도가 높은 메탄올을 에너지원으로 저장한다.

• **에너지 저장 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**

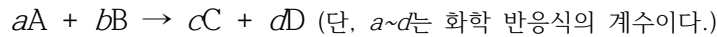
광합성은 생체 내 효소 반응을 통해 느리지만 상온·상압의 온화한 반응 조건에서 안전하게 빛 에너지를 화학에너지로 변환한다. 인공 광합성은 금속 촉매 반응으로 반응 속도가 빠르지만, 고온의 반응 조건이 필요하다. 인공 광합성은 탄소 저장 측면에서 반응 조건 개선을 통해 향후 발전 가능성이 크다.

## 1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 화학 IV )문항

## 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 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.

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

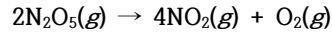
반응 속도가 반응물의 농도에 얼마나 의존하고 있는지를 나타낸 것을 반응 속도식 또는 반응 속도 법칙이라고 한다. 반응 속도식에서 비례 상수  $k$ 는 반응 속도 상수로 반응에 따라 고유한 값을 가지며, 온도에 의해서만 변한다.  $m$ 과  $n$ 은 각각 A와 B의 반응 차수이고,  $m + n$ 은 전체 반응 차수이며, 화학 반응식의 계수와 관계가 없고 실험에 의해서만 결정되는 값이다.

[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,  $\Delta t$ :  $t_2 - t_1$ )이며 이러한 반응 속도를  $t_2$ 와  $t_1$  사이의 평균 반응 속도라고 한다. 평균 반응 속도에서 반응이 일어나는 시간( $\Delta t$ )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.

[문제 IV] 제시문 [마]~[사]를 참고하여 다음 문제에 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	$4.0 \times 10^{-4}$
2	25	X	0.20	$8.0 \times 10^{-4}$
3	35	X	0.10	$8.0 \times 10^{-4}$
4	45	X	0.10	$1.6 \times 10^{-3}$
5	45	O	0.10	$3.2 \times 10^{-2}$
6	45	O	0.20	$3.2 \times 10^{-2}$

- (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)

### 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

[문제 IV]에서는 '고등학교 교육과정'에서 기술하고 있는 화학 II의 내용 체계 중에서 물질의 변화(영역)-화학 반응(핵심 개념)-물질이 변화하는 속도는 화학 반응마다 다르다(일반화된 지식)-반응 속도식/반감기/활성화 에너지(내용 요소)에 근거하여 화학 반응의 반응 속도, 반응 속도식, 반감기, 활성화 에너지에 대한 이해력을 평가하며, 또한 화학 II의 내용 체계 중에서, 물질의 변화(영역)-화학 반응(핵심 개념)-화학이 우리 생활이 밀접한 관련이 있다(일반화된 지식)-촉매(내용 요소)에 근거하여 촉매가 반응 속도와 활성화 에너지에 미치는 영향에 대한 이해력 평가를 하고자 하였다. 이를 위하여 대표적인 화학 반응인 오산화 이질소( $N_2O_5$ )의 분해 반응에 대한 통합적인 이해력을 평가하였다.

#### 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

[문제 IV]에서는 반응 속도식, 반감기, 활성화 에너지에 근거하여 촉매가 반응 속도와 활성화 에너지에 미치는 영향에 대한 이해력 평가를 하고자 하였다. 이를 위하여 대표적인 화학 반응인 오산화 이질소( $N_2O_5$ )의 분해 반응에 대한 통합적인 이해력을 평가하였다.

- (1) 문항은 여러 반응 조건에서 초기 반응 속도를 제시하였고 이를 근거로 1차 반응의 반응 속도 상수를 구할 수 있다. 그리고 초기 반응 속도를 기반으로 촉매 반응의 특성을 전반적으로 이해하고 이를 논할 수 있다.
- (2) 문항은 1차 반응의 특성과 반감기에 대한 과학적 이해력을 기반으로 반응 시간을 계산하고 생성물의 양을 논할 수 있다.

#### 5. 2026학년도 논술고사 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점	
문제 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	24
문제 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	

#### 6. 2026학년도 논술고사 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  $V L$ 로 가정하면  $N_2O_5$ 의 초기 농도가  $0.2 M$  ( $\text{mol/L}$ )이고,  $(\text{mol/L}) \times L = \text{mol}$  계산식에 근거하여  $N_2O_5$ 는 초기에  $(0.2 \text{ mol/L}) \times V L = (0.2 \times V) \text{ mol}$ 이 존재한다. 87.5 %가 분해되고 남은  $N_2O_5$ 의 농도는  $0.2 M - (0.2 \times 0.875) M = 0.025 M$  ( $\text{mol/L}$ )이고, 따라서  $V L$ 의 반응 용기에 남아 있는  $N_2O_5$ 의 양은  $(0.025 \text{ mol/L}) \times V L = (0.025 \times V) \text{ mol}$ 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  $NO_2$ 과  $O_2$ 의 양(mol)을 각각 계산하면,

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

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

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

## 1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 생명과학 III )문항

## 2. 논술고사 문항 및 제시문

### ※ 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 빛에너지를 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  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  펌프가 ATP를 소모하면서  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$ 을 농도 기울기에 거슬러 이동시키는 것이 능동 수송의 대표적인 예이다.

[문제 III] 제시문 [가]~[라]를 참고하여 다음 문제에 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)

### 3. 논술고사 출제 의도

2026학년도 의·약학 계열 논술고사 생명과학 문항 III은 고등학교 생명과학 II 교육과정의 대영역 '(2) 세포의 특성, (3) 세포 호흡과 광합성'의 학습 요소 중 '물질 수송, 전자 전달계, 산화적 인산화, 광계를 통한 명반응'을 바탕으로 출제하였다.

논제 III-(1)은 세포 호흡과 광합성의 전자 전달계를 비교하고 미토콘드리아의 산화적 인산화와 엽록체의 광인산화의 공통점과 차이점,  $H^+$  농도 기울기와 ATP 합성의 관계를 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

논제 III-(2)는 산소, 이산화 탄소, 빛이 전자 전달 과정과  $H^+$  농도 기울기 형성에 미치는 영향을 논리적으로 추론할 수 있는지 평가하고자 하였다.

### 4. 논술고사 문항 해설

III-(1) 문항: 미토콘드리아의 기질과 막 사이 공간, 엽록체의 틸라코이드 내부와 스트로마 사이에  $H^+$  농도 기울기가 형성되는 원리를 이해하고, 전자 공급원, 최종 전자 수용체,  $H^+$ 의 이동 방향 및 이동 원리를 파악하고, 형성된  $H^+$  농도 기울기가 ATP 합성과 어떻게 연결되는지 논리적으로 설명하는 능력을 평가하고자 하였다.

III-(2) 문항: 세포의 환경이나 조건이 변하였을 때, 세포 호흡과 광합성에 일어나는 변화를 추론할 수 있는지 확인하기 위해 ① 산소 공급이 차단되었을 때 미토콘드리아 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 변화를 논리적으로 설명하는 능력을 평가하고자 하였다.

### 5. 2026학년도 논술고사 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점	
논제 III-(1)	<1점> 미토콘드리아의 B막 사이 공간)가 A(기질)보다 $H^+$ 농도가 높다.	10	16
	<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 B막 사이 공간)로 능동 수송되는 데에 사용된다.		
	<1점> 미토콘드리아에서는 B막 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.			
논제 III-(2)	<2점> ① 미토콘드리아에서는 최종 전자 수용체인 산소가 없으면 미토콘드리아 내막에서의 전자 전달이 멈추므로 $H^+$ 농도 기울기가 감소한다.	6	
	<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. 2026학년도 논술고사 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.

# 1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사
전형명	논술우수자전형
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	( 의·약학 )계열 / ( 생명과학 IV )문항

# 2. 2026학년도 논술고사 문항 및 제시문

## ※ 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.

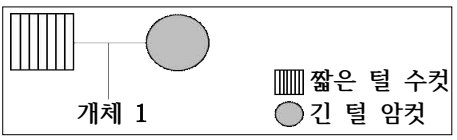
[바] 하디-바인베르크 법칙을 따르는 멘델 집단은 대립유전자 빈도가 대를 거듭해도 변하지 않는 유전적 평형을 나타낸다. 멘델 집단의 조건은 다음과 같다. ① 집단의 크기가 충분히 크다. ② 다른 개체군과 격리되어 있어서 유전자의 이출입이 없다. ③ 돌연변이가 일어나지 않는다. ④ 교배가 무작위로 일어난다. ⑤ 자연 선택이 일어나지 않는다.

[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 변하게 하는 요인에는 자연 선택, 돌연변이, 유전적 부동, 유전자 흐름 등이 있다.

[문제 IV] 제시문 [마]~[사]를 참고하여 다음 문제에 답하시오.

고양이의 털 길이는 1번 염색체 상에 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>

<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

(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)

### 3. 2026학년도 논술고사 출제 의도

2026학년도 의·약학 계열 논술고사 생명과학 문항 IV는 고등학교 생명과학 I의 유전과 생명과학 II의 생물의 진화를 중심으로 내용을 구성하였다.

논제 IV-(1)은 하디-바인베르크 법칙에 근거하여 대립유전자와 유전자형의 빈도를 추정하고, 이를 토대로 개체의 표현형이 나타날 확률을 계산할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 또한 상염색체 유전 원리와 가계도 분석을 통해 개체의 표현형이 나타날 확률을 논리적으로 설명하는 능력을 평가하고자 하였다.

논제 IV-(2)는 병목 효과에 의한 유전적 부동과 집단의 크기가 작아서 생기는 유전적 부동을 이해하고 주어진 현상을 설명할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

### 4. 2026학년도 논술고사 문항 해설

IV-(1) 문항: 고양이 털 길이를 결정하는 유전자는 상염색체에 존재하며, 우열이 명확한 한 쌍의 대립유전자로 구성되어 있다. 또한 예로 든 집단은 하디-바인베르크 법칙에 따라 유전적 평형을 이루고 있다. 고등학교 생명과학 I과 생명과학 II 교육과정에 포함된 단인 인자 유전, 상염색체 유전, 가계도 분석, 하디-바인베르크 법칙에 대한 종합적 이해를 바탕으로 문항의 답변을 논술할 수 있도록 문항이 구성되어 있다.

IV-(2) 문항: 유전자풀의 변화는 진화의 동력이 되며 그 주요 원인에 대한 이해를 생명과학 II 교육과정에서 다루고 있다. 본 문항은 병목 효과에 의한 유전적 부동과 집단의 크기가 작아서 생기는 유전적 부동을 종합적으로 이해하고, 예시로 주어진 현상을 적용하여 논술할 수 있도록 구성되어 있다.

5. 2026학년도 논술고사 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
<p>논제 IV-(1)</p>	<p>&lt;2점&gt; 부모 세대 암컷에 관한 서술: - 암컷은 열성 형질이므로 유전자형이 <math>mm</math>이며 반드시 대립유전자 <math>m</math>을 개체 1에게 물려 줌을 서술</p> <p>&lt;3점&gt; 짧은 털 대립유전자의 빈도와 집단 내 유전자형 빈도 도출: - 긴 털 대립유전자 <math>m</math>의 빈도(<math>q</math>)는 25% [<math>q = 0.25</math>]이므로, (1점) - 짧은 털 대립유전자 <math>M</math>의 빈도(<math>p</math>)는 75% [<math>p = 1 - q = 0.75</math>]임을 서술 (1점) - 하디-바인베르크 법칙에 따라 유전자형 빈도는 <math>MM : Mm : mm = p^2 : 2pq : q^2</math>임을 서술 (1점)</p> <p>&lt;5점&gt; 부모 세대 짧은 털 수컷의 유전자형 조건과 확률 서술: - 개체 1이 긴 털을 갖기 위해서는 짧은 털 수컷의 유전자형이 <math>Mm</math>이어야 함을 서술 (2점) - 짧은 털 수컷의 유전자형이 <math>Mm</math>일 확률은 '유전자형이 <math>Mm</math>인 개체의 빈도'를 '짧은 털(<math>MM</math> 또는 <math>Mm</math>) 개체의 빈도'로 나눈 값과 같기 때문에 (2점) - <math>0.4 = 2pq / (p^2 + 2pq) = 2q / (p + 2q) = 2 \times 0.25 / (0.75 + 2 \times 0.25) = 0.4</math>임을 서술 (1점)</p> <p>&lt;2점&gt; 개체 1이 긴 털을 가질 확률값 도출: - 유전자형이 <math>Mm</math>인 수컷이 개체 1에게 <math>m</math>을 물려줄 확률 도출이 0.5임을 서술 (1점) - 부모 세대 수컷의 유전자형이 <math>Mm</math>이고 대립유전자 <math>m</math>을 개체 1에게 전달할 확률은 <math>0.2 = 0.4 \times 0.5</math>임을 서술 (1점)</p>	<p>12</p> <p>24</p>
<p>논제 IV-(2)</p>	<p>&lt;5점&gt; 병목 효과에 의한 유전적 부동을 서술: - 세대 1에서 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)</p> <p>&lt;7점&gt; 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 &lt;표 1&gt;과 같이 긴 털 개체 빈도의 변동 폭이 점차 감소할 수 있음을 서술 (2점)</p>	<p>12</p>

## 6. 2026학년도 논술고사 예시 답안

(1) 부모 세대 암컷은 긴 털을 가지므로 유전자형이  $mm$ 이며 반드시 대립유전자  $m$ 을 개체 1에게 물려 준다. 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.