

2016학년도 수시모집 논술우수전형

**논술시험 해설지**  
**자연 교시**

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

### ■ 개요 및 주요 평가항목

주어진 기하학적 조건을 이해하여 이를 수식화하고, 함수의 미분을 이용하여 최댓값을 도출할 수 있는지를 묻는 문제이다. 고교과정 중 다항식의 미분, 미분을 응용한 최대, 최소 등에 관한 내용을 이해하고 있으면 풀 수 있는 문제이다.

### [수학 1 - i]

#### ○ 예시답안

$S_1(t), S_2(t)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$S_1(t) = \frac{1}{2}CF \times FE = \frac{t^2}{2},$$

$$S_2(t) = \frac{1}{2}HG \times GA = \frac{1}{2}\{2 - (t+1)\}^2 = \frac{1}{2}(t-1)^2.$$

따라서  $g(t) = \frac{1}{4}t^2(t-1)^2$  를 얻는다.

#### ○ 채점기준

$S_1(t)$ 를 정확히 유도한다.

$S_2(t)$ 를 정확히 유도한다.

이로부터  $g(t)$ 를 정확히 유도한다.

논술문제 해설지 (자연 1교시)

[수학 1 - ii]

○ 예시답안

$g(t)$ 이를 미분하면

$$g'(t) = t(t - 1/2)(t - 1).$$

이다. 증감을 조사하면

	0		1/2		1
$g'(t)$	0	+	0	-	0
$g(t)$	0		1/64		0

$t = \frac{1}{2}$ 에서 최댓값을 가짐을 알 수 있고,

이때의 최댓값은  $f(1/2) = 1/64$ 이다.

○ 채점기준

$g'(t)$ 을 정확히 유도한다.

도함수의 증감을 조사하여 최댓값을 가지는  $t$ 를 구한다.

이때의 최댓값을 정확히 제시한다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

[ 수학 2 ]

■ 개요 및 주요 평가항목

원, 타원, 쌍곡선의 정의를 이해하고 해당 곡선의 방정식을 유도할 수 있는지, 집합의 연산 내용이 기하학적으로 의미하는 바를 이해하고 이에 부합하는 방정식을 해결할 수 있는지를 묻는 문제이다. 고교 과정 중 타원, 쌍곡선, 원의 방정식의 기본 정의, 집합의 기본적 연산, 이차방정식의 해의 공식 등을 이해하고 있다면 풀 수 있는 문제이다.

■ 예시답안 및 채점기준

[ 수학 2 ]

○ 예시답안

집합  $A$ 는

$$\sqrt{(x+2)^2+y^2} + \sqrt{(x-2)^2+y^2} = 2\sqrt{a}$$

를 만족하는 점들의 집합이다. 이를 정리하면  
타원

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{a-4} = 1 \quad \text{----- (1)}$$

의 그래프를 얻는다. 집합  $B$ 는

$$\left| \sqrt{(x+\sqrt{a})^2+y^2} - \sqrt{(x-\sqrt{a})^2+y^2} \right| = 4$$

를 만족하는 점들의 집합이다. 이를 정리하면 쌍곡선

$$\frac{x^2}{4} - \frac{y^2}{a-4} = 1 \quad \text{----- (2)}$$

을 얻는다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

두 식 (1)과 (2)를 더하면  $x^2 = \frac{8a}{a+4}$  를 얻고, 이를 다시 (1), (2) 중 하나에 대입하면  $y^2 = \frac{(a-4)^2}{a+4}$  를 얻는다.

이 값을  $x^2 + y^2 = 5$ 에 대입하면  $\frac{a^2+16}{a+4} = 5$ , 즉,  $a^2 - 5a - 4 = 0$ 를 얻는다.

이 방정식의 해는  $a = \frac{5 \pm \sqrt{41}}{2}$  이고 이 중 문제의 조건에 부합하는 해는

$$a = \frac{5 + \sqrt{41}}{2} \text{ 이다.}$$

○ 채점기준

타원의 방정식을 찾을 수 있다.

쌍곡선의 방정식을 찾을 수 있다.

원의 방정식을 찾을 수 있다.

타원과 쌍곡선의 방정식을 이용하여  $x^2$ ,  $y^2$ 의 값을 구할 수 있다.

원의 방정식과 연립하여 문제의 조건에 맞는  $a$ 를 찾을 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

### [ 물리 I ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 교과 과정 [물리 I]의 “에너지” 단원에서 유체에 잠긴 물체의 부력에 대한 내용과, “시공간과 우주” 단원에서 행성운동에 대한 케플러의 법칙에 대한 내용의 기본적인 개념을 얼마나 정확히 이해하고 이를 응용할 수 있는가를 평가하고자 하였다. [물리 I-i]은 교과서에서 인용한 제시문의 부력에 대한 식을 이용하여 물에 잠긴 상자에 공기를 주입해서 떠오르게 하기 위한 조건을 묻는 문제이다. [물리 I-ii]에서는 중력을 구심력으로 하는 행성의 등속 원운동을 이해하여 외계 행성이 주변을 공전하는 중심별의 질량을 얻을 수 있는 지 묻고자 했다. 일상에서 마주칠 수 있는 구체적인 물리적인 상황을 고교 과정 물리학의 지식을 이용해 이해하고 분석할 수 있는지 평가하고자 했다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

##### [물리 I-i]

###### ○ 예시답안

상자의 내부 부피  $V$ 중, 주입한 공기가 차지하는 부피를  $V_1$ , 물이 차지하는 부피를  $V_2$ 라 하자. 물에 잠긴 상자에 작용하는 위 방향의 부력은  $\rho V g$ 이고, 상자에 작용하는 아랫 방향의 중력은  $(m + \rho V_2)g$ 이다. 상자가 위로 떠오르기 위한 조건은  $\rho V g > (m + \rho V_2)g$ 이고,  $V = V_1 + V_2$ 임을 이용하면,  $\rho V > m + \rho(V - V_1)$ 을 얻고, 이로부터  $V_1 > \frac{m}{\rho}$ 를 얻는다. 따라서 주입해야 하는 공기의 부피는 최소한  $\frac{m}{\rho}$ 보다 커야, 상자가 수면을 향해 위로 떠오르게 된다.

###### ○ 채점기준

유체에 잠긴 상자에 작용하는 부력을 이해하고, 이를 이용해 상자의 운동을 설명할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

[물리 I - ii]

○ 예시답안

행성에 작용하는 중력이 구심력의 역할을 하므로  $m\frac{v^2}{r} = G\frac{Mm}{r^2}$ 를 얻는다( $m$ 은 행성의 질량,  $M$ 은 중심별의 질량, 그리고  $G$ 는 중력상수이다). 이 식에 공전 주기  $T = \frac{2\pi r}{v}$ 를 대입하면 케플러의 제 3법칙  $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ 을 얻는다. 태양 주위를 공전하는 지구에 대해 이 식을 적용하면  $\frac{GM}{4\pi^2} = \frac{(1\text{AU})^3}{(1\text{year})^2}$ 이 된다. 행성 X에 이 식을 적용하면  $\frac{GM'}{4\pi^2} = \frac{(2\text{AU})^3}{(1\text{year})^2}$ 을 얻는다. 두 식을 이용하면  $M' = 8M$ 이 되므로, 행성 X가 공전하는 중심별의 질량은 태양 질량의 8배임을 알 수 있다.

○ 채점기준

등속 원운동을 하는 물체에 대해 운동방정식을 적을 수 있다.  
 뉴턴의 중력을 이용해 케플러의 제 3법칙을 유도하고, 이를 지구와 외계행성에 대해 적용할 수 있다.

논술문제 해설지 (자연 1교시)

[ 물리 II ]

■ 개요 및 주요 평가항목

[물리II]의 “운동과 에너지” 단원에서 1차원 충돌에 대한 내용과, “전기와 자기” 단원에서 로런츠 힘과 자기장 속에서의 전하의 운동에 대한 내용을 출제했다. 고교과정에서 배운 기본적인 물리학 개념을 얼마나 정확히 이해하고 있고 이를 응용할 수 있는지를 평가하고자 했다. 투수가 던진 야구공을 타자가 야구 배트로 치는 것과 같이, 빠르게 다가오는 질량이 작은 물체를 질량이 아주 큰 물체와 충돌시키면 작은 물체는 충돌 후 상당히 빠른 속력으로 움직이게 된다. [물리II-i]는 이 상황을 운동량 보존 법칙과 에너지 보존 법칙을 이용해 설명할 수 있는 지를 묻는 문제이다. [물리II-ii]에서는 로런츠 힘을 이용해 전기장과 자기장이 함께 있는 공간에서 움직이는 물체의 움직임을 설명할 수 있는지, 그리고 자기장이 있는 공간에 들어온 입자의 원운동을 기술할 수 있는 지를 묻고자 했다.

■ 예시답안 및 채점기준

[물리 II-i]

○ 예시답안

충돌 후 물체 A,B의 속도를 각각  $v_A, v_B$ 라 하자. 운동량 보존 법칙을 이용하면  $mv - Mv = mv_A + Mv_B$  --(1)를 얻는다. 완전 탄성 충돌이므로 충돌 전후 운동에너지의 총합은 일정하므로  $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}Mv_B^2$ --(2)이다. (1)로부터  $m(v - v_A) = M(v_B + v)$ --(3), (2)로부터  $m(v^2 - v_A^2) = M(v_B^2 - v^2)$ --(4)을 얻는다. (4)를 (3)으로 나누면  $v + v_A = v_B - v$ 를 얻고, 따라서  $v_B = v_A + 2v$ --(5)이다. (5)를 (3)에 대입하면,  $m(v - v_A) = M(v_A + 3v)$ 이므로,  $v_A = \frac{(m - 3M)}{M + m}v$ 이다. 또,  $m$ 이  $M$ 보다 무시할 수 있을 정도로 작은 경우에는  $v_A = -3v$ 이다. 즉, 충돌 후 물체 A는 처음 속력의 3배의 속력으로 오던 방향과 반대방향으로 움직인다.

○ 채점기준

일차원 충돌에 대해 운동량 보존 법칙을 적용할 수 있다.  
완전 탄성 충돌임을 이용하여 에너지 보존 법칙을 적용할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

[물리 II-ii]

○ 예시답안

(가) 전하가 움직이는 방향을  $x$ 방향이라 하고, 자기장의 방향을  $y$ 방향이라 하면, 전하에 작용하는 자기력은  $F_B = qvB$ 로서, 방향은  $z$ 방향, 즉 지면위에서 아래에서 위를 향하는 방향이다. 두 평행판 사이의 전기장의 크기는  $E = \frac{V}{d}$ 이며 전기력은  $F_E = qE = q\frac{V}{d}$ 로서 방향은 지면위에서 아래를 향한다. 두 힘이 평형을 이뤄 알짜힘이 0이 되면 평행판 통과전후의 입자의 속도는 일정하다.  $F_E = F_B$ 로부터  $v = \frac{V}{Bd}$ 를 얻는다.

(나) 그림 (b)의 자기장 영역에 들어온 입자가 만족하는 운동 방정식은  $m\frac{v^2}{R} = qvB$ 이다. 따라서  $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR} = \frac{V}{B^2Rd}$ 이다.

○ 채점기준

전기장과 자기장이 함께 있는 공간에서 움직이는 전하에 작용하는 로런츠의 힘을 이해하고 있다.

균일한 자기장이 있는 공간에 수직으로 입사한 입자는 원운동을 함을 알고 있고, 이를 운동방정식의 형태로 기술할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

### [ 화학 I ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

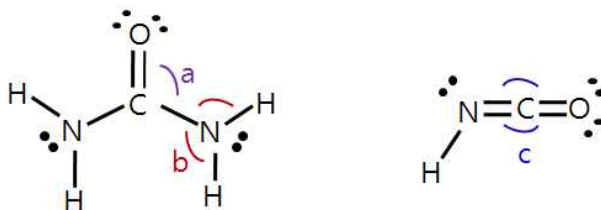
고등학교 화학 I 과정을 성실하게 이수한 학생이 풀 수 있는 평이한 문제로 출제하였다. 화학 I에서 다루어지는 각 단원의 내용을 연결지어 통합적으로 사고할 수 있는지 평가하고자 하였다. 고등학교 화학 I 과정에서 “물질의 양과 화학 반응식, 물질의 대칭과 화학결합, 분자의 구조와 성질, 산화-환원 반응” 단원의 내용에 대해 출제하였다. 주어진 화학 반응에 대한 설명을 균형 화학 방정식으로 표현하고, 원자와 분자의 입자 수를 나타내기 위하여 몰이라는 단위를 정확히 이해하여 화학식량과 화학 반응의 양적관계에 관련된 문제를 논리적으로 해결할 수 있는지 확인하고자 하였다. 물질의 화학 결합에 따른 물리적 성질의 연관관계에 대한 추론이 가능한지 평가하고자 하였다. 또한, 산화-환원 반응에서의 양적관계에 대해 논리적으로 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다. 고등학교 과정에서 많이 다루는 물질을 기본 예로 제시하였고, 비교적 쉽게 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [ 화학 I - i ]

#### ○ 예시답안

요소와 HNCN의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



결합각 a는 전자쌍 3곳을 가지는 탄소 중심 원소에 해당하므로 전자쌍 반발원리에 의하면  $120^\circ$ 에 가깝고, 결합각 b는 전자쌍 4곳을 가지는 질소 중심 원소에 해당하므로  $109.5^\circ$ 에 가깝고, 결합각 c는 전자쌍 2곳을 가지는 탄소에 해당하므로  $180^\circ$ 에 가까울 것이다. 따라서 예상되는 결합각의 크기의 순서는  $c > a > b$ 로 예측할 수 있다.

#### ○ 채점기준

루이스 전자점식을 올바르게 제시할 수 있다.

루이스 전자점식을 활용하여 분자의 구조를 이해하고 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

**[화학 I - ii]**

○ 예시답안

질소 기체와 수소 기체의 반응에서의 암모니아 합성을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

암모니아와 이산화 탄소와의 반응에서 요소와 물이 생성되는 반응을 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.  $2NH_3 + CO_2 \rightarrow NH_2CONH_2 + H_2O$

화학 반응식에 의하면 3몰의 수소로부터 1몰의 요소를 얻을 수 있다. 주어진 수소 11.2 L는 0.5몰에 해당하므로 합성할 수 있는 요소의 최대 몰수는  $0.5 \times (1/3)$ 이며 요소의 분자량은 60 g/몰이므로 얻을 수 있는 요소의 최대량은  $0.5 \times (1/3) \times 60 = 10$  g 이다.

○ 채점기준

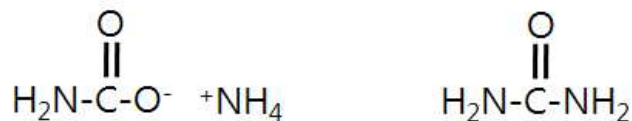
화학 반응식을 올바르게 세울 수 있다.

화학 반응식을 활용하여 반응물과 생성물의 양적관계를 이해하고 있다.

**[화학 I - iii]**

○ 예시답안

$NH_2CO_2NH_4$ 는 다음의 루이스 전자점식을 가지며 양이온과 음이온간의 이온 결합을 가진다. 요소는 공유 결합으로 이루어져 있다.



제시문에 의하면 이온 결합 화합물이 공유 결합으로 이루어진 화합물에 비해 높은 녹는점을 가지므로 요소에 비해  $NH_2CO_2NH_4$ 가 더 높은 녹는점을 가질 것으로 예상할 수 있다.

○ 채점기준

분자의 화학 결합을 이해하고 있다.

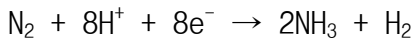
특정 분자에 대해 화학 결합에 따른 물성을 이해하고 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

[화학 1-iv]

○ 예시답안

제시된 반응은 환원 반응이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.



질소 원자의 산화수가 질소 기체의 0에서 암모니아의 -3으로 감소하며  
 $\text{H}^+$ 의 +1 산화수가  $\text{H}_2$ 의 0으로 감소한다.

따라서 상기 반응을 위해서는 암모니아 2개가 생성될 시, 8개의 전자가 관여하는 반응이며 문제에서 1몰의 암모니아가 생성될 때 4몰의 전자가 필요하다.

○ 채점기준

산화수에 대해 이해 및 활용할 수 있다.

산화-환원 반응식에 대해 이해하고 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

### [ 화학 II ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 화학II 과정을 성실하게 이수한 학생이 풀 수 있는 문제로 여러 영역에 걸쳐 고르게 출제하였다. 고등학교 화학II 과정에서 “화학 평형과 평형 이동, 산과 염기의 평형” 단원의 내용에 대해 출제하였다.

주어진 정보를 바탕으로 발열-흡열 반응과 평형의 이동에 대해 논리적으로 추론할 수 있는지 평가하고자 하였다. 또한 산-염기 평형에서 평형 상수의 활용을 통한 화학종의 농도를 유추할 수 있는지 평가하고자 하였다.

고등학교 과정에서 많이 다루는 기본 틀을 유지하였고, 주어진 조건에 따라 화학적 수식 계산이 익숙한 학생이라면, 쉽게 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [화학 II- i ]

#### ○ 예시답안

제시문에 의하면 수용액에서 염산과 수산화 나트륨의 중화 반응은 발열 반응이므로 물의 자동 이온화 반응은 흡열 반응이다. 따라서 온도를 상온에서 올리면 자동 이온화 반응이 정반응으로 더 진행된다.

상온에서 순수한 물의  $[H_3O^+]$ 는  $1 \times 10^{-7} M$  이며 온도를 올리면 이 농도보다 더 높아질 것으로 예상된다.

#### ○ 채점기준

발열-흡열 반응에 따른 평형 이동에 대해 이해하고 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

### [화학 II-ii]

○ 예시답안

페놀프탈레인 지시약의 색이 변하기 위해서, 즉 페놀프탈레인에서  $H^+$ 을 떼어내기 위해서는 pH가 8.2~10.0이 되어야 되며, 메틸 오렌지 지시약의 색이 변하기 위해서, 즉 메틸 오렌지에서  $H^+$ 를 떼어내기 위해서는 pH가 3.1~4.4에서 가능하다.

즉 페놀프탈레인의 산세기가 메틸 오렌지에 비해 약하다는 것을 의미한다.

○ 채점기준

지시약의 성질에 대해 이해할 수 있다.

산의 세기에 대해 논리적으로 추론할 수 있다.

### [화학 II-iii]

○ 예시답안

중화점에서는  $CH_3CO_2Na$ 가 존재하게 되며 이 중  $CH_3CO_2^-$ 는 아래와 같은 물과 반응을 통해  $OH^-$ 를 생성시킨다.  $CH_3CO_2^- + H_2O \rightarrow CH_3CO_2H + OH^-$

중화점에서  $CH_3CO_2^-$ 의 초기 농도는 0.1 M이며 평형에 이르면

$CH_3CO_2^-$  농도는  $0.1 - x$ ,  $CH_3CO_2H$ 의 농도는  $x$ ,  $OH^-$ 의 농도는  $x$ 라 놓자.  $CH_3CO_2^-$ 는  $CH_3CO_2H$ 의 짝염기이며  $CH_3CO_2H$ 의  $K_a$ 가  $1 \times 10^{-5}$ 이므로  $CH_3CO_2^-$ 의  $K_b$ 는  $K_w/K_a = 1 \times 10^{-9}$ 이다.

따라서 평형에서  $x^2/(0.1-x) = K_b = 1 \times 10^{-9}$

이때,  $x$ 는 0.1에 비해 매우 작은 숫자 이므로,  $0.1-x \sim 0.1$

$x^2 = 1 \times 10^{-10}$ ,  $x = 10^{-5} = [OH^-]$

$[H_3O^+] = 10^{-14}/10^{-5} = 10^{-9}$ , 따라서  $pH = 9$

○ 채점기준

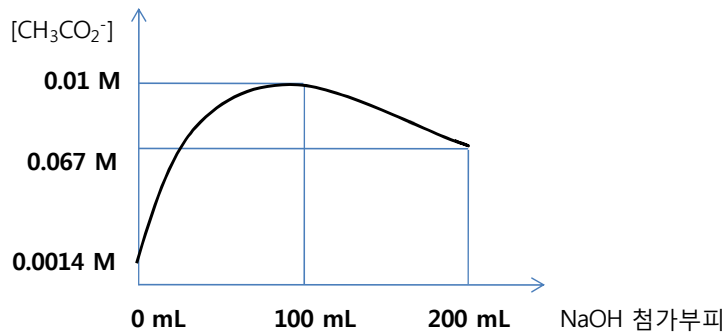
중화점의 화학적 성질에 대해 이해하고 있다.

평형 상수를 이용한 화학종의 농도를 유추할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

[화학 II-iv]

○ 예시답안



NaOH 용액이 100 mL까지 첨가됨에 따라  $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$ 는 서서히 증가하다 중화점에서 최고의 값을 나타낸다. 중화점 이후에 200 mL까지 첨가됨에 따라 용액의 부피가 늘어남으로  $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$ 의 농도는 서서히 감소한다.

NaOH 첨가가 0 mL 일 때  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  초기 농도는 0.2 M이며 평형에 이르면  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  농도는  $0.2 - x$ ,  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ 의 농도는  $x$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 농도는  $x$ 라 놓자.  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ 의  $K_a$ 가  $1 \times 10^{-5}$ 이므로  $x^2 / (0.2 - x) = K_a = 1 \times 10^{-5}$

이때,  $x$ 는 0.2에 비해 매우 작은 숫자 이므로,  $0.2 - x \sim 0.2$

$x^2 = 2 \times 10^{-6}$ ,  $x = 1.4 \times 10^{-3} = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$ 이며,

NaOH 첨가가 100 mL일 때 [화학 II-iii]에서 계산한  $0.1 - x \sim 0.1 \text{ M} = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$ 이며,

NaOH 첨가가 200 mL일 때 0.1 M이 2/3만큼 묽혀져 농도는  $0.067 \text{ M} = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$ 이다.

(참고: 중화점 이후 첨가된  $\text{OH}^-$ 의한  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  농도 변화는 미미함.)

○ 채점기준

중화 적정의 성질을 이해하고 있다.

평형 상수를 이용한 화학종의 농도를 유추하고 있다.

[ 생명과학 I ]

■ 개요 및 주요 평가항목

생명과학I의 출제는 호흡과 항상성에 관한 이해도를 파악하는데 중점을 두었다. 문제는 고등학교 교과서에서 출제하였으며 기체교환이 확산에 의해 일어나며 사람의 몸은 변화에 대처하여 항상성을 유지하려 하며 호흡 속도는 산소보다는 이산화 탄소에 의해 조절된다는 주요 내용을 점검하는데 주안점을 두었다.

■ 예시답안 및 채점기준

[생명과학 I - i]

○ 예시답안: 생성된 이산화 탄소의 대부분은 적혈구 내부에서 물과 만나 탄산( $H_2CO_3$ )으로 형성된 뒤 탄산이 수소 이온( $H^+$ )과 탄산수소 이온( $HCO_3^-$ )으로 분리되어 탄산수소 이온이 적혈구 밖으로 빠져나와 혈장에 녹아 이동을 한다( $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ ). 그리고 나머지 일부분은 적혈구 내부의 헤모글로빈에 결합되어 운반되어 진다.

○ 채점기준: 이산화 탄소가 탄산으로 전환 된 뒤 탄산수소 이온으로 분리되어 탄산수소 이온이 적혈구 밖으로 빠져나와 움직인다는 것이 주요 내용이며, 일부의 이산화 탄소가 헤모글로빈에 결합하여 운반된다는 내용을 포함한다.

[생명과학 I - ii]

○ 예시답안: 산소의 분압이 낮아지면 폐포에서 모세혈관으로 이동하는 산소 분자의 수가 단기적으로 감소하고 이는 각 조직으로 전달되는 산소 분자 수의 감소를 의미한다. 그러나 각 조직에서 필요로 하는 산소 요구량은 단기적으로 변화가 없다. 우리 몸은 항상성을 유지하기 위하여 호흡수를 증가시키고 더불어 심장은 박동수를 늘려 조직으로 보내는 혈류의 양을 증가시킨다.

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

○ 채점기준: 분압이 낮아지면 조직으로 산소가 적게 전달될 것이라는 것은 쉽게 유추할 수 있는 내용이다. 이 문제의 주요 내용은 이것이 호흡수뿐만이 아니라 심장 박동수를 증가시켜 총 심장 혈류 방출량을 증가시켜 조직에서 필요로 하는 산소 요구량을 맞추는 점이다.

### [생명과학 I -iii]

○ 예시답안: 성균2015의 대기 조성이 95% 산소와 5%의 이산화 탄소라 하였다. 이는 지구의 대기와 비교하여 산소는 4배 이상 많고 이산화 탄소는 50배 이상 많은 양이다. 인간의 호흡을 결정하는 결정적인 요인은 혈중의 이산화 탄소 농도이다. 혈중 이산화 탄소 농도에 근거하여 뇌에서 호흡 속도가 결정된다. 그러므로 성균2015의 대기 조성에서 비록 산소의 농도가 증가하였음에도 불구하고 이산화 탄소의 농도가 많이 증가 하였으므로 호흡의 속도는 빨라진다.

○ 채점기준: 이산화 탄소가 호흡 속도에 직접적으로 관여한다는 것과 혈중 이산화 탄소의 농도가 호흡을 증가시키는 것이 핵심 내용이다. 산소도 일부 관여는 하지만 더 많은 영향을 미치는 것이 이산화 탄소라는 것을 아는지를 알아보는 문항이므로 혈중의 이산화 탄소를 인식하는지를 대답하는 것에 배점을 하였고 호흡의 속도가 빠르다는 내용에도 점수를 배정하였다.

[ 생명과학 II ]

[ 생명과학 II - i ]

○ 예시답안: 물질 X는 축진 확산을 통하여 막을 투과하고 있다. 물질 X가 단순 확산을 통하여 막을 통과한다면 X 농도 차가 증가할수록 투과속도가 정비례하여 증가할 것이다. 그러나 축진 확산의 경우 농도 차가 낮을 경우 수송 단백질을 통과하여 이동하므로 단순 확산에 비해 더 용이하게 이동하는 반면 농도 차가 클 경우 세포막에 있는 수송 단백질의 수가 한정되어 있기 때문에 이동시킬 수 있는 X의 양이 포화 상태에 이를 수 있어 더 이상의 속도 증가가 제한된다.

○ 채점기준: 그래프로부터 단순 확산인지 축진 확산인지를 알아볼 수 있는지를 물어본 질문으로 축진 확산이라는 사실을 기술하여야 한다. 그래프 모양으로부터 수송 단백질이 포화되어서 속도 증가가 제한된다는 내용이 있어야 한다.

[ 생명과학 II - ii ]

○ 예시답안: 세포막의 인지질층은 내부가 소수성이다. 그러나 대부분의 무기 이온은 전하를 띠고 있어 친수성이다. 친수성 물질이 소수성 막 내부를 투과하기는 상당히 어렵다. 그렇기 때문에 무기 이온들은 분자량은 작으나 세포막의 인지질층을 직접적으로 통과하지 못하고 막 단백질인 수송 단백질을 관통하여 세포막을 통과한다.

○ 채점기준: 인지질층의 내부가 소수성임을 언급하여야 한다. 그러나 대부분의 무기 이온은 전하를 띠고 있어 친수성이라 소수성 인지질층을 통과하기 어렵다는 내용이 있어야 한다.

[ 생명과학 II - iii ]

○ 예시답안: 세포막을 통과할 수 없는 세포 내 거대 분자(분자량이 큰 단백질, 핵산 등)는 세포내 숫자가 적으므로 세포 내 삼투압에는 커다란 영향을 미치지 못한다. 그러나 이러한 거대 분자들은 수많은 전하를 띠고 있다. 결과적으로 이러한 전하는 반대적 전기를 띠는 작은 이온과 결합을 이루게 된다. 반면에 세포 외부의 삼투압은 주로 작은 이온에 의해 결정된다. 이러한 이온들은 위에 언급한 이유로 인해 세포로 스며들

## 논술문제 해설지 (자연 1교시)

게 된다. 그러므로 아무런 작용을 하지 않게 되면 세포내 이온의 농도가 세포 외부보다 높게 유지되어 삼투압이 높아지게 된다.

○ 채점기준: 거대 분자의 세포내 숫자가 적으므로 세포 내 삼투압에는 커다란 영향을 미치지 못한다는 사실은 쉽게 유추할 수 있는 내용이다. 그러나 거대 분자들은 수많은 전하를 띠고 있기 때문에 반대적 전기를 띠는 작은 이온들이 세포 내부로 스며들게 되어 세포내 이온의 농도가 세포 외부보다 높게 유지되어 삼투압이 높아지게 된다는 사실은 사고력을 요하는 답이다.

2016학년도 수시모집 논술우수전형

**논술시험 해설지**  
**자연 2교시**

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [ 수학 1 ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

본 문제는 적분과 통계의 “적분법”과 기하와 벡터의 “공간도형과 공간좌표” 단원에서 출제되었다. 적분법은 면적과 부피와 같은 물리적 양을 측정하는데 있어서 가장 핵심적인 수학적 도구로, 현대 건축과 토목, 그리고 첨단 과학에 이르기까지 광범위한 분야에서 널리 활용된다. 본 문제는 좌표공간 내에 함수로부터 구현되는 입체도형의 부피의 값을 정적분을 활용하여 올바르게 구할 수 있는지를 평가하는데 목표를 두었다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [ 수학 1 - i ]

#### ○ 예시답안

$\alpha = 1$ 일 때, 입체도형  $S_1$ 은 삼각형  $OAB$ 를 밑면으로 하고 높이가 1인 삼각기둥이므로, 이 도형의 부피는  $\frac{1}{6}$ 이다.

#### ○ 채점기준

삼각기둥의 부피를 계산할 수 있다.

논술문제 해설지 (자연 2)

[수학 1 - ii]

○ 예시답안

삼각기둥 OADCBE의 부피는  $\frac{1}{2}$ 이므로,  $S_1$ 의 부피는 그 절반인  $\frac{1}{4}$ 이다.

직사각형 PQRS의 밑변의 길이는  $x^\alpha$ 이고 높이는  $1-x$ 이므로, 넓이는  $x^\alpha(1-x)$ 이다.

따라서 입체도형  $S_1$ 의 부피는  $\int_0^1 x^\alpha(1-x)dx$ 이다. 이 식에 <제시문2>를 적용하면,

입체도형  $S_1$ 의 부피는  $\frac{1}{\alpha+1} - \frac{1}{\alpha+2} = \frac{1}{(\alpha+1)(\alpha+2)}$ 가 된다. 이 식의 값이  $\frac{1}{4}$ 이므로,

방정식  $\frac{1}{(\alpha+1)(\alpha+2)} = \frac{1}{4}$ , 즉  $\alpha^2 + 3\alpha - 2 = 0$ 을 얻게 된다.

따라서  $\alpha = \frac{-3 + \sqrt{17}}{2}$ 이다.

○ 채점기준

정적분의 값을 올바르게 구할 수 있다.

방정식의 해를 구할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [ 수학 2 ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

본 문제는 수학II의 “삼각함수”와 “함수의 극한과 연속”, 수학I의 “수열의 극한” 단원에서 출제되었다. 삼각함수는 주기적인 자연현상을 분석하는데 매우 중요한 개념으로, 삼각함수의 배각 공식 등은 이러한 분석에서 널리 활용되는 기법들이다. 본 문제는 좌표평면에서 정의된 기하적인 문제를 삼각함수로 표현하고, 이로부터 발생하는 극한 문제의 해결을 다양한 측면에서 해결할 수 있는지를 종합적으로 평가하는데 목표를 두었다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [수학 2 - i]

#### ○ 예시답안

선분  $OP_1$ 의 길이는  $\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2}$  이고  $x$ 축의 양의 방향과 이루는 각의 크기가  $\frac{\pi}{4}$  이므로, 점  $P_1$ 의 좌표는  $\frac{\sqrt{2}}{2} \left( \cos\left(\frac{\pi}{4}\right), \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \right) = \left( \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$ 이다.

#### ○ 채점기준

삼각함수를 이용하여, 좌표평면 위의 점의 좌표를 표현할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

[수학 2 - ii]

○ 예시답안

각  $\angle P_{n-1}OP_n$ 의 크기는  $\frac{\pi}{2^{n+1}}$ 이므로 각  $\angle P_0OP_n$ 의 크기는

$\pi\left(\frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{2^{n+1}}\right) = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2^{n+1}}$ 이다. 따라서 선분  $OP_n$ 이  $x$ 축의 양의 방향과 이루는 각의

크기는  $\frac{\pi}{2^{n+1}}$ 이다.

또한  $\overline{OP_n} = \overline{OP_{n-1}} \times \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 로부터  $\overline{OP_n}$ 의 값은  $\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \dots \times \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 임을

얻는다. 이를 이용하여, 점  $P_n$ 의  $y$ 좌표인  $y_n$ 의 값은

$\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \dots \times \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right) \times \sin\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 이 된다. 이 식에 삼각함수의 배각공식을

적용하면,  $y_n = \frac{1}{2^n}$ 임을 얻게 된다.

따라서  $\sum_{n=0}^{\infty} y_n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 2$ 이다.

○ 채점기준

삼각함수의 배각공식을 활용할 수 있다.

등비수열의 합을 구할 수 있다.

논술문제 해설지 (자연 2)

[수학 2 - iii]

○ 예시답안

[수학 2 - ii]로부터  $x_n$ 의 값은  $\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \cdots \times \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right) \times \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 이다.

양변을  $\sin\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 로 곱하면,  $x_n \times \sin\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right) = \frac{1}{2^n} \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 이 된다.

따라서  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \frac{2}{\pi} \times \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\pi/2^{n+1}}{\sin(\pi/2^{n+1})} \times \cos\left(\frac{\pi}{2^{n+1}}\right)$ 이 된다.

<제시문2>를 이용하면  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \frac{2}{\pi}$ 을 얻는다.

○ 채점기준

삼각함수의 극한을 구할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [ 물리 I ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 교과 과정 [물리 I]의 “시공간과 우주” 단원과 “물질과 전자기장” 단원에서 출제하였다. 역학적 에너지(운동에너지와 퍼텐셜 에너지의 합으로 정의) 보존 법칙을 이해하는 문제, 그리고 수소 원자 모형에서 에너지 전이에 따른 에너지 준위의 변화량과 빛의 파동과의 관계를 묻는 문제를 출제하였다. 교과과정에서 배운 기본적인 내용을 바탕으로, 물체가 일상에서 접하는 크기정도에서 입자가속기가 필요한 원자수준까지의 범위를 다루었으며, [물리 I]과정에서 배우는 주제의 이해도를 다각도로 평가하고자 하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [물리 I- i]

#### ○ 예시답안

(가) 역학적 에너지( $E_{\text{역학적}}$ )는 운동에너지( $E_{\text{운동}}$ )와 퍼텐셜 에너지( $E_{\text{퍼텐셜}}$ )의 합으로 정의되며, 이는 보존 된다. A, B, C 지점에서의  $E_{\text{역학적}}$ 는 각각  $\frac{1}{2}mv_A^2 + mgH_A$ ,  $\frac{1}{2}mv_B^2 + mgH_B$ ,  $mgH_C$ 이며, 높이의 관계식  $H_B = 2H_A$ ,  $H_C = 3H_A$ 을 이용하여 다시 쓰면,  $\frac{1}{2}mv_A^2 + mgH_A$ ,  $\frac{1}{2}mv_B^2 + 2mgH_A$ ,  $3mgH_A$ 이며 이 세 값은 동일하다. 따라서  $\frac{1}{2}mv_A^2 + mgH_A = 3mgH_A \rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 = 2mgH_A$ ,  $\frac{1}{2}mv_B^2 + 2mgH_A = 3mgH_A \rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 = mgH_A$ 이므로, 물체의 속력의 비  $\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{2}$ 이다.

논술문제 해설지 (자연 2)

(나) 주어진 두 가지 조건: 첫째, B 지점에서 물체의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 2배, 둘째,  $v_B = \frac{2}{3}v_A$ 를 이용하자.  $E_{\text{역학적}}$ 는 A 지점에서  $\frac{1}{2}mv_A^2 + mgH_A$ , B 지점에서  $\frac{1}{2}mv_B^2 + mgH_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mv_B^2 = \frac{3}{2}m(\frac{4}{9}v_A^2) = \frac{2}{3}mv_A^2$ , 그리고 C 지점에서  $mgH_C$ 이다. 이때 B와 C 지점에서의  $E_{\text{역학적}}$ 를 비교하여  $H_C$ 를  $v_A$ 에 대한 함수로 나타내면,  $H_C = \frac{2}{3g}v_A^2$ 이다. 첫 번째 조건, B 지점에서 물체의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 2배를 이용하면,  $mgH_B = mv_B^2 = \frac{4}{9}mv_A^2$ 이므로,  $H_B$ 를  $v_A$ 에 대한 함수로 나타내면,  $H_B = \frac{4}{9g}v_A^2$ 이다. 따라서 높이의 비  $\frac{H_C}{H_B} = \frac{3}{2}$ 이다.

참고: 다른 방법으로도 답을 구할수 있다.

B 지점의  $E_{\text{역학적}}$ 은  $\frac{1}{2}mv_B^2 + mgH_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mv_B^2 = \frac{3}{2}mv_B^2$ , C 지점에서는  $mgH_C$ 이므로,  $H_C$ 를  $v_B$ 에 대한 함수로 나타내면  $H_C = \frac{3}{2g}v_B^2$ 이다. 또한  $mgH_B = mv_B^2$ 이므로,  $H_B$ 를  $v_B$ 에 대한 함수로 나타내면  $H_B = \frac{v_B^2}{g}$ 이다. 따라서 높이의 비  $\frac{H_C}{H_B} = \frac{3}{2}$ 이다.

○ 채점기준

운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지를 이해하고, 이들의 합인 역학적 에너지가 보존 된다는 것을 설명할 수 있다.

논술문제 해설지 (자연 2)

[물리 I - ii]

○ 예시답안

(가) 전자가  $n = 4$ 에서  $n = 2$ 로 전이될 때 방출되는 빛의 파장은  $\lambda_a$ 는  $E_4 - E_2 = hf_a = h\frac{c}{\lambda_a}$  (여기서  $c = f \cdot \lambda$  관계식을 이용하였으며,  $E_4 > E_2$ 이므로 전이를

통한 빛의 방출이 일어남)를 이용하여 구하면,  $\lambda_a = \frac{hc}{E_4 - E_2}$ 이다.  $n = 2$ 에서  $n = 3$ 으로

로 전이될 때 빛의 파장의 크기는,  $\lambda_b = \frac{hc}{E_3 - E_2}$ 이며,  $E_2 < E_3$ 이므로 전자의 에너지

전의 중 빛을 흡수한다. 따라서 파장 크기의 비는

$$\frac{\lambda_a}{\lambda_b} = \frac{E_3 - E_2}{E_4 - E_2} = \frac{-\frac{A}{3^2} - (-\frac{A}{2^2})}{-\frac{A}{4^2} - (-\frac{A}{2^2})} = \frac{\frac{1}{9} - \frac{1}{4}}{\frac{1}{16} - \frac{1}{4}} = \frac{20}{27}$$

이다.

(나) 전자가  $n = 4$ 에서  $n = 3$ 으로 전이될 때,  $E_4 - E_3 = hf_c = h\frac{c}{\lambda_c}$ 이므로,

$$\lambda_c = \frac{hc}{E_4 - E_3}$$

이다.

여기서,  $E_4 - E_3 = (E_4 - E_2) - (E_3 - E_2) = \frac{hc}{\lambda_a} - \frac{hc}{\lambda_b} = hc\left(\frac{\lambda_b - \lambda_a}{\lambda_a\lambda_b}\right) = \frac{hc}{\frac{\lambda_a\lambda_b}{\lambda_b - \lambda_a}}$ 이므로,

방출되는 빛의 파장  $\lambda_c$ 를  $\lambda_a$ 와  $\lambda_b$ 를 이용하여 표시하면,  $\lambda_c = \frac{\lambda_a\lambda_b}{\lambda_b - \lambda_a}$ 이다.

○ 채점기준

에너지 전이에 따른 에너지 준위의 변화량과 빛의 파동과의 관계를 이해하고 있다.

방출 빛 흡수되는 빛의 진동수와 파동간의 관계를 설명할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [ 물리 II ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 교과 과정 [물리II]의 “운동과 에너지” 단원에서 이상 기체 상태 방정식에 대한 내용을, 그리고 “미시 세계와 양자 현상” 단원에서 입사 광자와 방출 전자의 진동수의 상관관계를 설명하는 광전 효과에 관한 문제를 출제하였다. 기체의 압력, 부피, 그리고 절대온도의 상관관계식인 이상 기체 상태 방정식의 이해는 열역학에서 중요하게 다루어지는 주제이며, 1905년 아인슈타인은 광전 효과를 발견함으로써 그 주제의 중요성을 인정받아 노벨상을 수상하였다. 열역학과 현대물리학의 중요 개념을 묻는 문제를 출제함으로써, 학생들이 교과 과정에서 배운 내용을 심도 있게 이해할 수 있는지 판단하고자 하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [물리 II - i]

#### ○ 예시답안

(가) 이상 기체 상태 방정식은  $PV=nRT$ 이므로, 부피  $V=\frac{nRT}{P}$ 이다. 1몰의 단원자

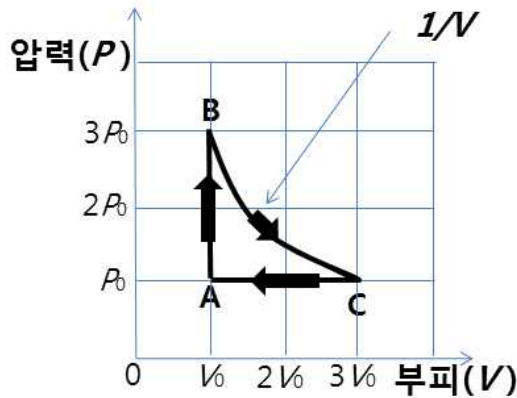
분자 이상 기체일 때, A에서의 부피는  $V_A=\frac{RT_0}{P_0}=V_0$ 로 주어졌다. 주어진 압력-절대온

도 그래프를 이용하면, B와 C에서의 부피는 각각  $V_B=\frac{R(3T_0)}{(3P_0)}=V_0$ ,

$V_C=\frac{R(3T_0)}{P_0}=3V_0$ 이므로, 부피의 비  $\frac{V_C}{V_B}=3$ 이다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

(나) A → B, B → C, C → A과정은 각각 등적, 등온, 등압 과정이다. 따라서 이상 기체의 상태가 A → B → C → A를 따라 변할 때 압력-부피 그래프를 그리면 아래와 같다.



(다) C → A과정은 등압변화( $\Delta P=0$ )이다. 이때 기체가 외부로 방출한 열량(Q)은 기체의 내부 에너지의 변화량( $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$ )과 기체가 받은 일( $W = P\Delta V = nR\Delta T$ )의 합으로 나타낼 수 있다.

따라서  $Q = \Delta U + W = \frac{3}{2}nR\Delta T + nR\Delta T = \frac{5}{2}nR\Delta T$ 이다. 1몰의 이상 기체일 때,

$$R = \frac{P_0 V_0}{T_0}, \quad \Delta T = 2T_0 \text{이므로, } Q = \frac{10}{2}P_0 V_0 \text{이다.}$$

○ 채점기준

이상 기체 상태 방정식에서 압력, 부피, 절대온도의 상관관계를 이해하고 있다.

등압과정에서 방출하는 열량을 기체의 내부 에너지 변화량과 기체가 받은 일의 상관관계를 설명할 수 있다.

논술문제 해설지 (자연 2)

[물리 II - ii]

○ 예시답안

(가) 일함수가  $W = hf_0$  (여기서  $f_0$ 는 금속판의 문턱 진동수)인 금속 표면에 진동수  $f$ 인 빛을 비추면, 빛의 에너지가  $W$ 보다 클 경우 광전자가 방출되고, 이때 광전자가 가지는

운동 에너지의 최댓값  $E_k$ 는  $E_k = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2m} \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 = hf - hf_0$ 이다. 여기서  $h$ 는 플랑크 상

수이고, 광전자의 운동량은  $p$ 이며, 이는 광전자의 파장에 대하여  $p = \frac{h}{\lambda}$ 와 같은 관계식

을 가진다. (a)의 경우 입사하는 빛의 진동수는  $2f$ 이며,

$E_{ka} = \frac{1}{2m} \left(\frac{h}{\lambda_a}\right)^2 = h(2f) - h\left(\frac{2}{3}f\right) = \frac{4}{3}hf$ 이므로,  $\lambda_a = \sqrt{\frac{3h}{4f}}$ 이다. 유사하게, (b)의 경우

는 입사하는 빛의 진동수가  $f$ 이므로,  $E_{kb} = \frac{1}{2m} \left(\frac{h}{\lambda_b}\right)^2 = h(f) - h\left(\frac{2}{3}f\right) = \frac{1}{3}hf$ , 즉

$\lambda_b = \sqrt{\frac{3h}{f}}$ 이다. 따라서 파장의 비  $\frac{\lambda_b}{\lambda_a} = \sqrt{4} = 2$ 이다.

(나) 금속판의 문턱 진동수가  $\frac{4}{3}f$ 일 때, (a)의 경우

$E_{ka} = \frac{1}{2m} \left(\frac{h}{\lambda_a}\right)^2 = h(2f) - h\left(\frac{4}{3}f\right) = \frac{2}{3}hf$ 이므로,  $\lambda_a = \sqrt{\frac{3h}{2f}}$ 이다.

하지만, (b)의 경우는 입사하는 빛의 진동수  $f$ 가 금속판의 문턱 진동수가  $\frac{4}{3}f$ 보다 작다.

방출되는 광전자는 음의 속도를 가질 수 없으므로, 이와 같은 경우에는 아무리 강한 빛을 비추어도 광전자가 방출되지 않는다.

○ 채점기준

플랑크 양자설을 전자기파에 적용한 광자 이론의 실례인 광전 효과를 설명할 수 있고, 입사한 빛의 진동수와 금속판의 문턱 진동수에 대한 관계를 이해하고 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [ 화학 I ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 화학 I 과정을 성실하게 이수한 학생이 쉽게 답할 수 있는 평이한 난이도 수준의 문제로 출제하였다. 화학 I에서 다루어지는 각 단원의 여러 화학 관련 내용을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 고등학교 화학 I 과정에서 “화학식량과 물, 화학 반응에서의 양적 관계, 원소의 분류와 주기율, 원소의 주기적 성질, 분자의 구조” 단원의 내용을 출제하였다. 원소의 안정성, 유효핵 전하의 의미를 이해하여, 이들이 원자의 물리적 성질에 끼치는 영향을 판단할 수 있는지 평가하고자 하였다. 또한, 주어진 화학 반응 과정을 균형 화학 방정식으로 표현하고, 물이라는 단위를 정확히 이해하여, 학생들이 화학식량과 관련된 문제를 논리적으로 해결할 수 있는지 평가하고자 하였다. 전자쌍 반발 이론과 루이스 구조식을 이용하여 화합물의 구조를 논리적으로 제시 가능한지 평가하고자 하였다. 고등학교 과정에서 많이 다루는 반응을 기본 예로 제시하였고, 비교적 쉽게 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [화학 I - i]

#### ○ 예시답안

Ne와 같은 수의 원자가 전자를 갖는다고 하였으므로, 주어진 모든 원소는 최외각 전자 껍질에 8개의 전자를 갖는다. 원자 번호가 증가할수록 원자핵의 양성자 수가 증가하게 되고, 유효 핵전하가 증가하여, 전자가 중심으로 끌려 당겨져, 이온의 크기가 점점 감소하게 된다.  $N^{3-} > O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$

#### ○ 채점기준

주어진 원소의 이온 형태를 제시할 수 있다.  
이온의 크기를 나열하고, 그 이유를 제시할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [화학 I - ii]

○ 예시답안

원자가 전자를 모두 떼어 낸 후 다음 전자를 떼어 낼 때는 안쪽 껍질의 전자를 떼어 내야 하므로 순차적 이온화 에너지는 급격히 증가한다. 따라서 순차적 이온화 에너지가 급격히 증가하기 직전의 차수는 원자가 전자 수와 같다.

$E_3 \rightarrow E_4$ 에서 급격하게 증가하므로, 주어진 원소의 원자가 전자는 3개이다.

○ 채점기준

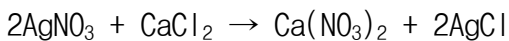
원소의 원자가 전자의 개수를 제시할 수 있다.

주어진 순차적 이온화 에너지 실험 결과를 바탕으로 원자가 전자의 개수를 추론하는 논리를 제시할 수 있다.

### [화학 I - iii]

○ 예시답안

주어진 화학 반응은 화학 반응식으로 표기하면 다음과 같다.



$\text{AgNO}_3$  300 g은  $\frac{340\text{g}}{170\text{g/mol}} = 2\text{mol}$ 이다.

$\text{CaCl}_2$  55 g은  $\frac{55\text{g}}{110\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$ 이다.

화학 반응식에 따라,  $\text{CaCl}_2$  0.5 mol이 모두 반응하고,  $\text{AgNO}_3$ 는 1 mol이 반응한다.  $\text{AgCl}$ 은 최대 1 mol이 형성된다.

$\text{AgCl}$  1 mol은 143 g이다.

○ 채점기준

균형 화학 반응식을 제시할 수 있다.

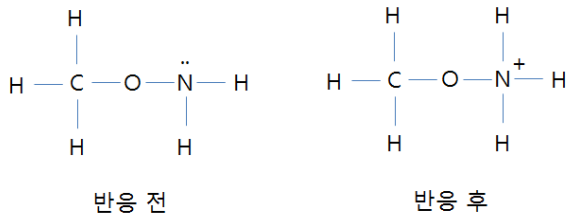
몰의 개념을 이용하여 양적 관계 해석을 할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

[화학 I-iv]

○ 예시답안

반응 전에 결합각  $\angle \text{HNH}$ 는 비공유 전자쌍-결합 전자쌍 반발력이 작용하여 109.5도보다 작다. 반응 후에는 N 주변에 4개의 결합 전자쌍이 존재하고, 결합 전자쌍-결합 전자쌍 반발력의 균형이 맞추어져  $\angle \text{HNH}$ 는 정사면체의 결합각인 109.5도가 예상된다. 즉,  $\text{CH}_3\text{ONH}_2$ 의 결합각  $\angle \text{HNH}$ 가  $\text{CH}_3\text{ONH}_3^+$ 의  $\angle \text{HNH}$ 보다 작다.



○ 채점기준

반응 전후의 결합각의 변화를 루이스 구조식을 이용하여 예측 할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [ 화학 II ]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 화학II 과정을 성실하게 이수한 학생이 풀 수 있는 문제로 여러 영역에 걸쳐 고르게 출제하였다. 고등학교 화학II 과정에서 “분자 사이에 작용하는 힘, 용액의 농도, 자발적 과정과 엔트로피, 자유 에너지, 자유 에너지의 온도 의존성, 산-염기 중화 반응” 단원의 내용에 대해 출제하였다.

고등학교 화학II에서 다루어지는 분자간 힘의 내용을 이해하여 끓는점을 논리적으로 예측이 가능한지 평가하고자 하였다. 또한, 산-염기 중화 반응의 양적 관계를 이해하여, 용액의 pH를 제시할 수 있는지 평가하고자 하였다. 엔탈피, 엔트로피, 자유에너지, 온도가 반응계와 주위에 끼치는 영향을 정확히 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

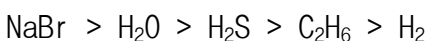
고등학교 교과서에서 다루어지는 문제의 기본 틀을 유지하였고, 주어진 조건에 따라 화학적 수식 계산이 익숙한 학생이라면, 쉽게 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [화학 II- i ]

#### ○ 예시답안

이온 결합 물질은 이온들 사이의 강한 인력 때문에 공유 결합 물질에 비해 끓는점이 높다. 한 분자 내에 부분적으로 양전하( $\delta^+$ )와 음전하( $\delta^-$ )를 함께 띠고 있을 때 쌍극자를 가진다고 한다. 이 경우 두 분자 사이에 정전기적 인력이 상호 작용한다. 이와 같은 힘을 쌍극자-쌍극자 힘이라고 하며, 결합한 두 원자 사이에 전기 음성도 차이가 클 때, 이 힘이 존재한다. 특히 분자 내에 수소 원자(H)가 전기 음성도가 큰 원소인 O, F, N과 결합을 이룰 때, 이들 분자 사이에는 강한 분자간 힘이 작용하는데, 이 힘을 수소 결합이라고 한다. 모든 분자의 상호 작용 중에서 가장 약한 분자간 힘은 무극성 분자 사이의 전자의 치우침 때문에 생긴다. 이 힘을 분산력이라고 하며, 분자의 크기가 클수록 전자의 치우침 형상이 커지므로 분자의 크기가 클수록 분산력이 커진다. 이와 같은 고려를 하여, 끓는점의 순서를 나열하면 다음과 같다.



NaBr(이온 결합), H<sub>2</sub>O(수소결합), H<sub>2</sub>S(쌍극자-쌍극자 힘), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(분산력), H<sub>2</sub>(분산력)

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 크기가 H<sub>2</sub>보다 크므로, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 분산력이 H<sub>2</sub>의 분산력보다 크다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

○ 채점기준

분자간의 존재하는 힘의 대소 비교를 논의할 수 있다.

분자간의 힘을 고려하여 끓는점의 크기 나열을 할 수 있다.

[화학 II-ii]

○ 예시답안

$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$  이다.

$H_2SO_4$  0.4 M, 100 mL는  $0.4 \times 0.1 = 0.04 mol$ 이다.

$NaOH$  0.4 M, 300 mL는  $0.4 \times 0.3 = 0.12 mol$ 이다.

$H_2SO_4$  0.04 mol은 모두 반응하고,  $NaOH$ 는 0.08 mol이 반응하며 0.04 mol이 남는다.

남은  $NaOH$ 의 농도를 구하면,  $\frac{0.04 mol}{0.4 L} = 0.1 M$ 이다.

$pOH = -\log[OH^-] = -\log 10^{-1} = 1$ 이다.

$pH = 14 - pOH = 14 - 1 = 13$ 이다.

○ 채점기준

반응 후 남은  $NaOH$ 의 농도를 제시 할 수 있다.

$pH$ 의 값은  $pOH$ 값으로부터 제시 할 수 있다.

[화학 II-iii]

○ 예시답안

반응에서 기체가 생성되므로 계의 엔트로피가 증가한다. 즉  $\Delta S > 0$ 이다.

$Cu_2O$ 의 분해 반응에서  $\Delta S > 0$ 이고,  $\Delta G > 0$ 이므로,  $\Delta H > 0$ 인 흡열 반응이다.

$\Delta H > 0$ 이고  $\Delta S > 0$ 인 반응은  $|\Delta H| < |T\Delta S|$  인 온도에서  $\Delta G < 0$ 가 되어 자발적이다.  $25^\circ C$ , 1기압에서 주어진 조건에서  $|\Delta H| > |T\Delta S|$  이므로 비자발적이다( $\Delta G > 0$ ).

따라서 더 낮은 온도  $0^\circ C$ , 1기압에서도  $|\Delta H| > |T\Delta S|$  이므로 비자발적이다( $\Delta G > 0$ ).

## 논술문제 해설지 (자연 2)

○ 채점기준

반응에서 기체가 생성되므로 계의 엔트로피가 증가함을 제시 할 수 있다.

$\Delta H > 0$ 인 흡열 반응임을 제시 할 수 있다.

$0^\circ\text{C}$ , 1기압에서  $|\Delta H| > |T\Delta S|$  이므로 비자발적임을 제시 할 수 있다.

[화학 II-iv]

○ 예시답안

구리를 산화시키는 반응은 발열 반응이다. 즉  $\Delta H < 0$ 이다. <제시문4>에 주어진 식을 이용하면,  $\Delta H < 0$ 일 때,  $\Delta S_{\text{주위}} > 0$ 가 된다. 이 값은 온도에 반비례하므로,  $0^\circ\text{C}$ 에서 증가하는  $\Delta S_{\text{주위}}$  값은  $25^\circ\text{C}$ 에서 증가하는  $\Delta S_{\text{주위}}$  값보다 크다.

○ 채점기준

발열 반응임을 제시 할 수 있다.

제시문에 주어진 식을 이용하여 온도에 따른  $\Delta S_{\text{주위}}$  변화 값을 상호 비교할 수 있다.

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [생명과학 I]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 교육과정 “생명과학 I”의 “세포와 생명의 연속성” 단원은 “유전”에 대하여 기술하고 있다. 부모의 형질은 유전을 통하여 자손에게 전달된다. 유전 방식에는 상염색체에 의한 유전방식과 상염색체에 의한 유전방식을 따른다. 멘델은 대립 형질이 뚜렷한 완두콩을 이용한 교배 실험을 통해 유전 현상의 기본 원리에 대한 기본 개념을 제시하였다. 본 문제는 유전의 기본 원리를 정확히 이해하고 논리적으로 기술할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

### [생명과학I - i]

#### ○ 예시답안

(가) 검은색 유전자를 A, 흰색 유전자를 a라고 하자. 교배(ㄱ)의 결과로 태어난 자손에서 검은색 : 흰색의 비가 3:1이므로 부모의 유전자형은 모두 Aa로 잡종이다. 교배(ㄴ)의 결과로 태어난 자손에서 검은색 : 흰색의 비가 1:1이므로 부모의 유전자형은 수컷은 Aa이고 암컷은 aa이다. 교배(ㄷ)의 결과로 태어난 자손은 모두 흰색이므로 부모의 유전자형은 모두 aa로 순종이다. 교배(ㄹ)의 결과로 태어난 자손은 모두 검은색이므로 부모의 유전자형은 수컷은 aa이고 암컷은 AA이므로 모두 순종이다. 교배(ㅁ)의 결과로 태어난 자손에서 검은색 : 흰색의 비가 1:1이므로 부모의 유전자형은 수컷은 aa이고 암컷은 Aa이다. 교배(ㄱ)에서 부모에게 없던 흰색 형질이 자손에게 나타났다. 대립 형질을 가진 순종의 개체끼리 교배하였을 때 잡종 1대에 나타나는 형질이 우성이고, 나타나지 않는 형질이 열성이다. 교배(ㄹ)에서 태어난 자손은 모두 검은색이다.

따라서, 검은색이 우성이고, 흰색이 열성이다.

#### ○ 채점기준

“교배(ㄱ)에서 부모에게 없던 흰색 형질이 자손에게 나타났다. 또는, 대립 형질을 가진 순종의 개체끼리 교배하였을 때 잡종 1대에 나타나는 형질이 우성이고, 나타나지 않는 형질이 열성이다. 교배(ㄹ)의 결과로 태어난 자손은 모두 검은색이므로 부모의 유전자형은 수컷은 aa이고 암컷은 AA이므로 모두 순종이다.” 라고 기술

“검은색이 우성이고, 흰색이 열성이다.” 라고 기술

## 논술문제 해설지 (자연 2)

○ 예시답안

(나) 교배 (ㄷ)의 흰색 수컷의 유전자형은 aa 이고 교배(ㄹ)의 검은색 암컷의 유전자형은 AA 이다. 따라서, 교배(ㄷ)의 흰색 수컷(aa)와 교배(ㄹ)의 검은색 암컷(AA)을 교배하면 자손들의 유전자형은 모두 Aa이므로 검은색 털을 가진다

교배(ㄷ)의 흰색 수컷(aa) x 교배(ㄹ)의 검은색 암컷(AA)



Aa      Aa      Aa      Aa  
(검은색) (검은색) (검은색) (검은색)

○ 채점기준

교배 (ㄷ)의 흰색 수컷의 유전자형은 aa 이고 교배(ㄹ)의 검은색 암컷의 유전자형은 AA이다. 교배(ㄷ)의 흰색 수컷(aa)와 교배(ㄹ)의 검은색 암컷(AA)을 교배하면 자손들의 유전자형은 모두 Aa이므로 검은색 털을 가진다

교배(ㄷ)의 흰색 수컷(aa) x 교배(ㄹ)의 검은색 암컷(AA)

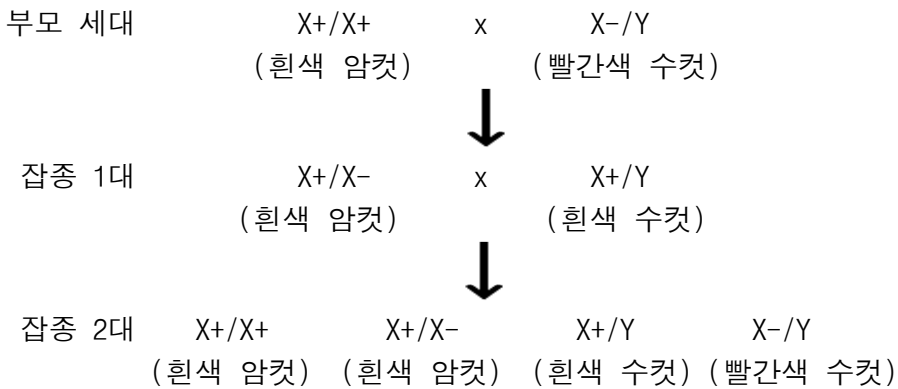


Aa      Aa      Aa      Aa  
(검은색) (검은색) (검은색) (검은색)

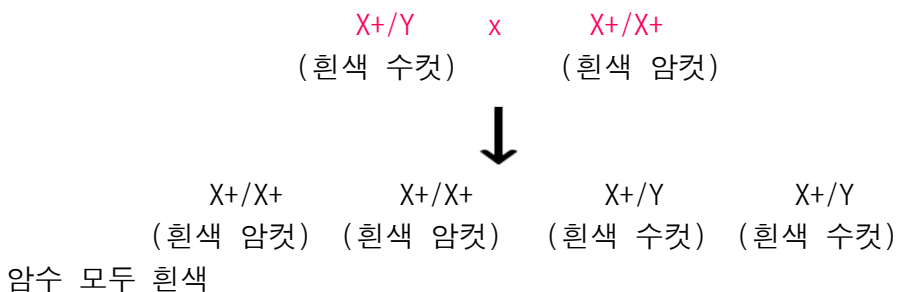
## 논술문제 해설지 (자연 2)

○ 예시답안

(다) 각 교배의 결과로 나오는 자손의 표현형이 성에 따라 차이가 나므로 반성 유전이며, X염색체 연관 유전 방식임을 알 수 있다. 대립 형질을 가진 순종의 개체끼리 교배하였을 때 잡종 1대에 모두 흰색 자손들이 태어났으므로 흰색이 빨간색에 대하여 우성 형질이다. 첫 번째와 두 번째 교배를 그림으로 나타내면 아래와 같다.



잡종 2 세대에 태어난 흰색 수컷 생명체의 유전자형은  $X^+/Y$ 이고, 순종의 흰색 암컷 생명체의 유전자형은  $X^+/X^+$ 이다. 이들을 교배하여 태어난 자손들의 표현형의 비는 아래 그림과 같다.

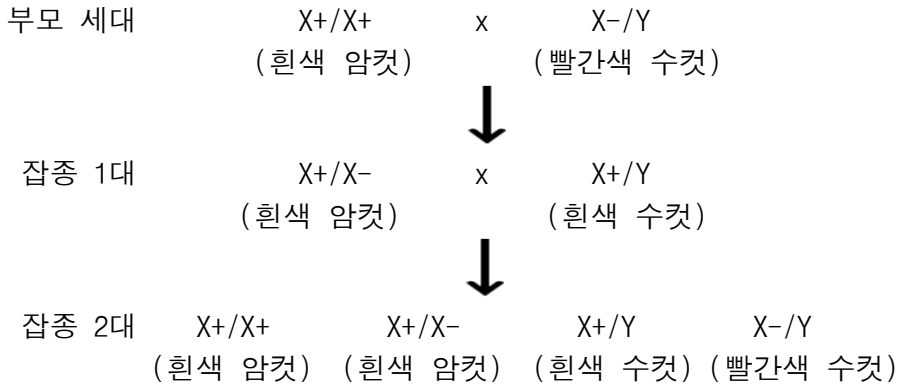


○ 채점기준

“각 교배의 결과로 나오는 자손의 표현형이 성에 따라 차이가 나므로 반성 유전이며, X염색체 연관 유전 방식임을 알 수 있다. 대립 형질을 가진 순종의 개체끼리 교배하였을 때 잡종 1대에 모두 흰색 자손들이 태어났으므로 흰색이 빨간색에 대하여 우성 형질이다.” 라고 기술

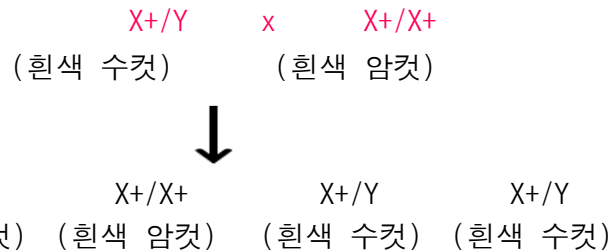
## 논술문제 해설지 (자연 2)

첫 번째와 두 번째 교배를 그림으로 나타내면 아래와 같다.



라고 기술

잡종 2 세대에 태어난 흰색 수컷 생명체의 유전자형은  $X^+/Y$ 이고, 순종의 흰색 암컷 생명체의 유전자형은  $X^+/X^+$ 이다. 이들을 교배하여 태어난 자손들의 표현형의 비는 아래 그림과 같다.



암수 모두 흰색이다. 라고 기술

## 논술문제 해설지 (자연 2)

### [생명과학 II]

#### ■ 개요 및 주요 평가항목

고등학교 교육과정 “생명과학 I”의 “세포와 생명의 연속성” 단원은 유전에 대하여 기술하고 있고, “생명과학 II”의 “유전자와 생명 공학” 단원은 생명 공학 기술의 원리 적용에 대하여 기술하고 있다. 본 문제는 생명 공학에서 중요한 부분을 차지하는 제한 효소와 PCR의 원리를 정확히 이해하고, 생명 공학 기술을 이용한 유전 질환의 진단에 대하여 정확히 이해하고 논리적으로 기술할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

#### ■ 예시답안 및 채점기준

##### [생명과학 II - i]

###### ○ 예시답안

직선의 이중 나선 DNA의 경우 제한 효소 *EcoRI*의 인식 부위가  $n$ 일 때, *EcoRI*에 의하여 생성되어지는 DNA 조각의 수는  $n+1$ 개 이다. 하지만 원형의 이중 나선 DNA의 경우는 제한 효소 *EcoRI*의 인식 부위가  $n$ 일 때, 제한 효소 *EcoRI*에 의하여 생성되어지는 DNA 조각의 수는  $n$ 개 이다. *EcoRI*이 6개의 염기 서열을 인식하여 자르므로, 8000개의 염기쌍은 최대  $1333.33(8000/6=1333.33)$ 개의 *EcoRI* 인식 부위를 가진다. 따라서 8000개의 염기쌍을 가지는 직선의 이중 나선 DNA를 *EcoRI*으로 자르면 1334개의 DNA 조각이 생기고, 원형의 이중 나선 DNA를 *EcoRI*으로 자르면 1333개의 DNA 조각이 생긴다. (염기를 무작위로 배열할 경우, 확률적으로 가장 높이 나올 때의 *EcoRI* 인식 부위는 2개이다. 이 때, 제한 효소 *EcoRI*에 의하여 생성되어지는 조각 개수는, 직선의 이중 나선 DNA일 때 3개이고 원형의 이중 나선 DNA일 때 2개이다. 이를 이용하면 제한 효소 인식 부위가  $n$ 개 일 때, 제한 효소 *EcoRI*에 의하여 생성되어지는 조각의 수는 직선의 이중 나선 DNA에서는  $n+1$ , 원형은  $n$ 개임을 유추할 수 있다.는 서술도 가능)

###### ○ 채점기준

“직선의 이중 나선 DNA의 경우 제한 효소 *EcoRI*의 인식 부위가  $n$ 일 때, *EcoRI*에 의하여 생성되어지는 DNA 조각의 수는  $n+1$ 개 이다. 하지만 원형의 이중 나선 DNA의 경우는 제한 효소 *EcoRI*의 인식 부위가  $n$ 일 때, 제한 효소 *EcoRI*에 의하여 생성되어지는 DNA 조각의 수는  $n$ 개 이다.” 라고 기술

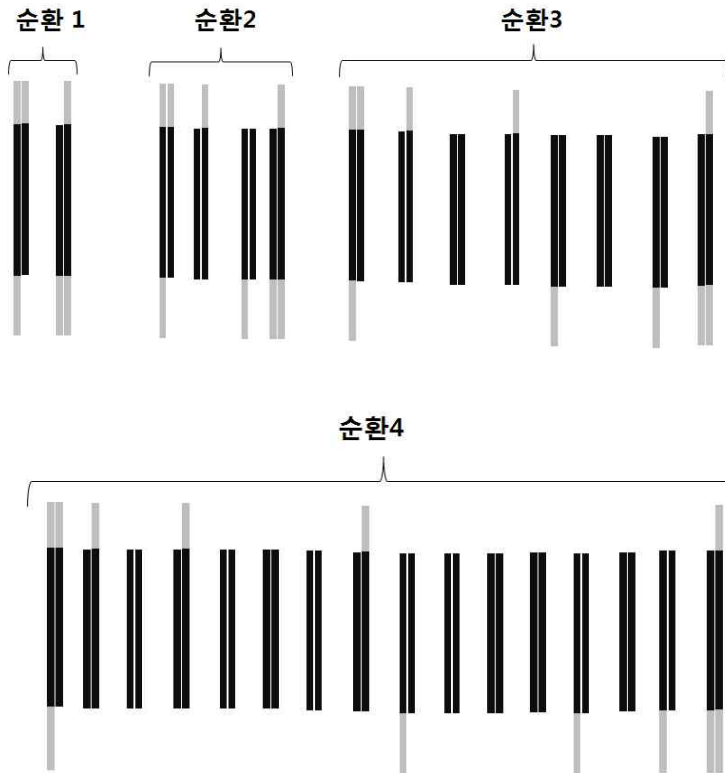
“*EcoRI*이 6개의 염기 서열을 인식하여 자르므로, 8000개의 염기쌍은 최대  $1333.33(8000/6=1333.33)$ 개의 *EcoRI* 인식 부위를 가진다. 따라서 8000개의 염기쌍을 가지는 직선의 이중 나선 DNA를 *EcoRI*으로 자르면 1334개의 DNA 조각이 생기고, 원형의 이중 나선 DNA를 *EcoRI*으로 자르면 1333개의 DNA 조각이 생긴다.” 라고 기술

## 논술문제 해설지 (자연 2)

[생명과학 II - i i]

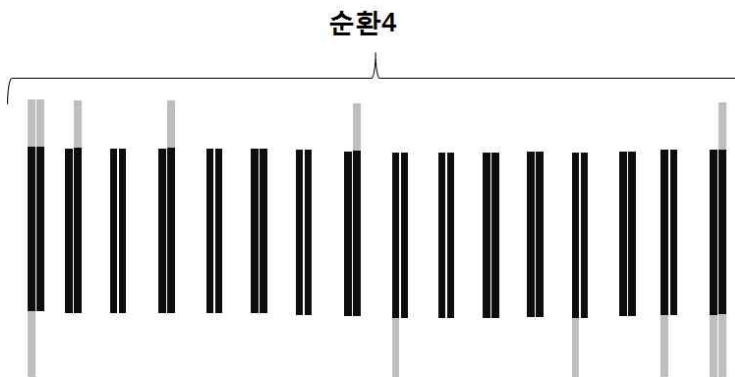
○ 예시답안

표적 서열만으로 이루어진 이중 나선 DNA는 8개가 생긴다. 아래 그림은 각 순환마다 생성되는 이중 나선의 DNA단편들이다.



○ 채점기준

표적 서열만으로 이루어진 이중 나선 DNA는 8개가 생긴다.  
아래 그림을 그려서 설명



## 논술문제 해설지 (자연 2)

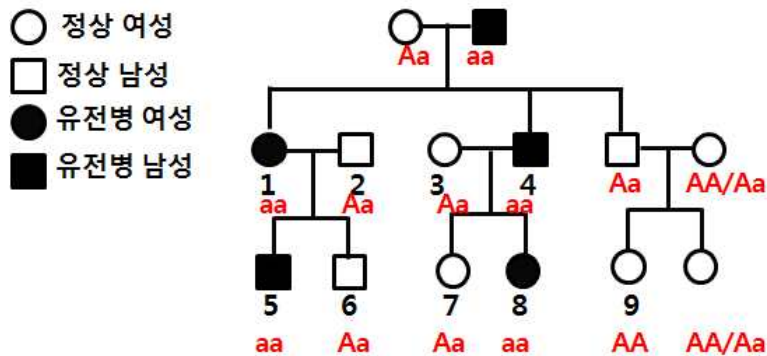
[생명과학 II -iii]

○ 예시답안

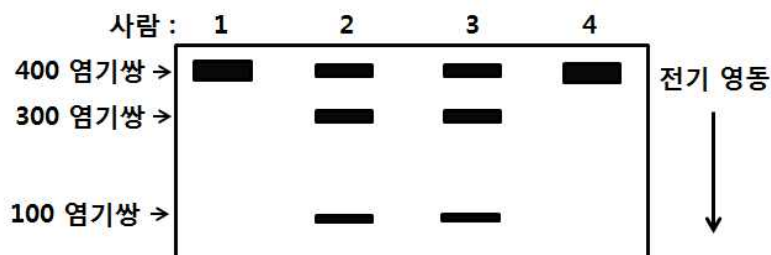
- 6번 개인 남자의 경우 야생형과 돌연변이 유전자 X를 동시에 가지기 때문에 유전자 X는 상염색체 상에 존재한다.

- 6, 7번 개인의 경우 하나의 야생형과 하나의 돌연변이 유전자 X를 가지고 있지만 표현형이 정상적이므로 이 유전병은 열성이다.

이에 근거하여 이 가계도를 구성하는 개인들의 유전자형을 표시하면 다음과 같다.



가계도의 1, 2, 3, 4의 각 개인으로부터 추출된 DNA를 주형으로 실시한 중합 효소 연쇄 반응으로 증폭된 400 염기쌍을 가지는 유전자 X를 *Bam*HI 으로 자른 후 전기영동을 하였을 때의 그림은 아래와 같다.



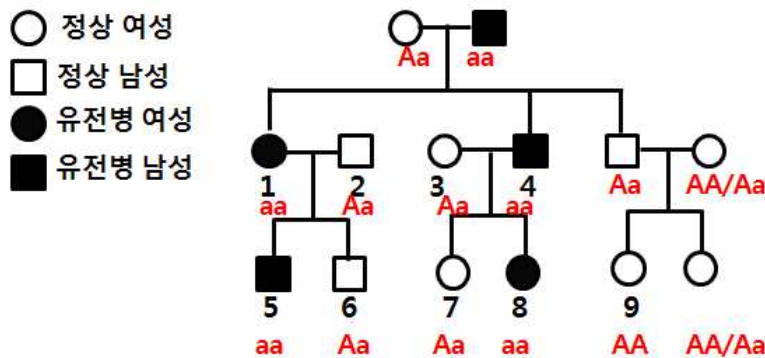
## 논술문제 해설지 (자연 2)

○ 채점 기준

“6번 개인 남자의 경우 야생형과 돌연변이 유전자 X를 동시에 가지기 때문에 유전자 X는 상염색체 상에 존재한다.” 라고 기술

“6, 7번 개인의 경우 하나의 야생형과 하나의 돌연변이 유전자 X를 가지고 있지만 표현형이 정상적이므로 이 유전병은 열성이다.”라고 기술

이 가계도를 구성하는 개인들의 유전자형을 표시하면 다음과 같다.



가계도의 1, 2, 3, 4의 각 개인으로부터 추출된 DNA를 주형으로 실시한 중합 효소 연쇄 반응으로 증폭된 400 염기쌍을 가지는 유전자 X를 *Bam*HI 으로 자른 후 전기영동을 하였을 때의 그림은 아래와 같다.

