자연

2016학년도 모의논술

해설

수학 1

〈개요 및 주요 평가항목〉

직선과 이차곡선은 다양한 자연현상을 수학적으로 모델링하는데 있어서 가장 기본적이면서 중요한 수학적 대상으로, 이에 대한 개념과 응용은 고등학교 교과에서 중요한 요소로 다뤄지고 있다. 이러한 취지에서 이 문제는, 고등학교 수학 교과 중 포물선과 등비수열, 그리고 접선의 방정식 부분에서 출제되었다. 직선과 포물선이라는 연속적인 대상 위에서 이산적으로 발생하는 점들의 움직임을, 수험생들이 수열의 관점에서 어떻게 대수적으로 접근하는지 그 논리력을 평가하고자 하며, 고등학교 교과과정에서 다뤄지는 기본적인 개념에 대한 이해가 충분하다면 쉽게 설명할 수 있는 문제이다.

[수학 1–i]

구체적으로 제시된 점에서 포물선에 그린 접선의 방정식을 구하고, 이 접선에 수직인 직선의 방정식을 유도할 수 있는지 평가하고자 한다.

[수학 1–ii]

구체적인 상황에서의 논리를, 일반적인 상황으로 확장할 수 있는지와 등비수열의 합을 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 1–iii]

두 개의 상수 사이의 관계를 방정식을 통하여 유도하고, 이를 등비수열의 합에 적절히 적용할 수 있는지를 평가하고자 한다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[수학 1–i]

○ 예시답안

포물선의 방정식이 $y=f(x)=x^2$로 주어졌으므로, $\frac{dy}{dx}=f'(x)=2x$이다.

이때 접선 L_0의 접점의 좌표는 (a_1, a_1^2)이므로 직선의 방정식은 〈제시문1〉에 의하여 $y-a_1^2=2a_1(x-a_1)$이다.

이 직선이 점 $(a_0, 0)=(1, 0)$을 지나므로, 식 $-a_1^2=2a_1(1-a_1)$을 얻게 된다.

이를 정리하면 $a_1^2-2a_1=a_1(a_1-2)=0$을 얻게 된다.

이때 〈제시문2〉에 의해 a_1은 0이 아니므로, $a_1=2$이다.

따라서 접선 L_0의 방정식은 기울기가 4이므로, L_0에 수직인 직선의 기울기는 $-\frac{1}{4}$이다.

따라서 L_0에 수직이며 접점을 지나는 직선의 방정식은 $y-4=-\frac{1}{4}(x-2)$이다.

이 방정식과 $y=x^2$연립하면, $(x-2)(4x+9)=0$이 되므로 접점이 아닌 교점의 x좌표는 $b_1=-\frac{9}{4}$이다.

○ 채점기준

(3점) 접선 L_0의 방정식으로부터 $a_1=2$의 값을 구할 수 있다.

(2점) 접선 L_0에 수직이고 접점을 지나는 직선의 방정식 $y-4=-\frac{1}{4}(x-2)$을 구할 수 있다.

(2점) $b_1=-\frac{9}{4}$의 값을 구할 수 있다.

[수학 1–ii]

○ 예시답안

일반적으로 접선 L_n의 방정식은 $y-a_{n+1}^2=2a_{n+1}(x-a_{n+1})$이고,

점 $(a_n, 0)$을 지나므로 $-a_{n+1}^2=2a_{n+1}(a_n-a_{n+1})$을 만족한다.

a_{n+1}은 0이 아닌 실수이므로 $-a_{n+1}=2(a_n-a_{n+1})$이 성립하고,

이를 정리하면 $a_{n+1}=2a_n$이다.

즉, 실수열 $\{a_n\}$은 초기항 $a_0=1$이고 공비가 2인 등비수열이므로, 일반항은 $a_n=2^n$이다.

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

○ 채점기준

(3점) 접선 L_n의 방정식으로부터 실수열 $\{a_n\}$이 초기항 $a_0=1$이고 공비가 2인 등비수열임을 추론할 수 있다.

(3점) 등비수열 $\{a_n\}$의 합 $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{a_n}=1$을 계산할 수 있다.

[수학 1–iii]

○ 예시답안

일반적으로 접선 L_n에 수직이고 접점을 지나는 직선의 방정식은,

$y-a_{n+1}^2=-\frac{1}{2a_{n+1}}(x-a_{n+1})$이다.

이 직선이 포물선 $y=x^2$과 만나는 점의 x좌표 b_{n+1}은 방정식 $b_{n+1}^2-a_{n+1}^2=-\frac{1}{2a_{n+1}}(b_{n+1}-a_{n+1})$을 만족한다.

$b_{n+1}\neq a_{n+1}$이므로 $b_{n+1}+a_{n+1}=-\frac{1}{2a_{n+1}}$을 만족한다.

따라서 $\sum_{n=1}^{\infty}(a_n+b_n)=\sum_{n=1}^{\infty}\left(-\frac{1}{2a_n}\right)=-\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^{n+1}}=-\frac{1}{2}$이다.

○ 채점기준

(3점) 접선 L_n에 수직이고 접점을 지나는 직선의 방정식 $y-a_{n+1}^2=-\frac{1}{2a_{n+1}}(x-a_{n+1})$을 유도할 수 있다.

(2점) a_{n+1}과 b_{n+1}의 관계인 $b_{n+1}+a_{n+1}=-\frac{1}{2a_{n+1}}$을 유도할 수 있다.

(2점) 합 $\sum_{n=1}^{\infty}(a_n+b_n)=-\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^{n+1}}=-\frac{1}{2}$을 구할 수 있다.

수학 2

<개요 및 주요 평가항목>

적분은 미분과 함께 다양한 물리적 현상과 사물의 움직임을 분석하고 예측할 뿐 아니라, 수리적 양을 계산하는데 있어서 아주 강력한 수학적 도구이다. 이를 이용하여 우리는 여러 기하적인 대상의 길이, 면적 그리고 부피를 구할 수 있다. 이러한 취지에서 이 문제는, 고등학교 수학 교과 중 삼각함수와 등차수열, 그리고 정적분 부분에서 출제되었다. 여러 조건에 의해서 정의된 함수의 그래프를 정확히 그린 후, 다른 도형과의 수리적 관계를 조사하여 이를 통해 정의된 또 다른 함수를 분석하는 능력과 더불어, 삼각함수와 같은 주기함수의 정적분 값을 정적분의 성질을 이용하여 적절히 구할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 다양한 함수가 순차적으로 정의되어 복잡한 구성을 띄고 있으나, 고등학교 교과과정에서 다뤄지는 기본적인 개념에 대한 이해가 충분하다면 쉽게 설명할 수 있는 문제이다.

[수학 2–i]

정적분의 성질을 이용하여 그 값을 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 2–ii]

주어진 함수의 조건으로부터 그 그래프를 그린 후, 또 다른 직선과 만나는 점의 개수를 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 2–iii]

정적분의 성질과 삼각함수의 적분과 수열의 합을 종합적으로 이용하여 정적분의 값을 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

<예시답안 및 채점기준>

[수학 2–i]

○ 예시답안

문제의 적분 $\int_0^{2016} f(x)dx$은 적분의 성질로부터 다음과 같다.

$$\sum_{n=0}^{1007}\int_{2n}^{2n+2} f(x)dx = \int_0^2 f(x)dx + \int_2^4 f(x)dx + \cdots + \int_{2014}^{2016} f(x)dx$$

치환 $x=z+2n$으로부터 $\int_{2n}^{2n+2} f(x)dx = \int_0^2 f(z+2n)dz$를 얻게 되고,

<제시문1>에 의해 이는 다시 $\int_0^2 f(z)dz = 1$과 같게 된다.

따라서 문제의 적분은 $\sum_{n=0}^{1007} 1 = 1008$이다.

○ 채점기준

(2점) 정적분의 성질을 이용하여 $\int_0^{2016} f(x)dx = \sum_{n=0}^{1007}\int_{2n}^{2n+2} f(x)dx$임을 유도할 수 있다.

(3점) <제시문1>을 이용하여 문제의 적분값이 $\sum_{n=0}^{1007}\int_0^2 f(x)dx$임을 유도할 수 있다.

(1점) $\int_0^2 f(z)dz = 1$임을 관찰하여, 문제의 적분값이 1008임을 유도할 수 있다.

[수학 2–ii]

○ 예시답안

<제시문2>로부터 양의 정수 n에 대하여 다음을 알 수 있다.

$$g(a) = \begin{cases} 1 & , \quad a > \frac{1}{2} \\ 2n+1, & \frac{1}{2n+2} < a < \frac{1}{2n} \\ 2n & , \quad a = \frac{1}{2n} \end{cases}$$

따라서 $g\left(\frac{1}{n}\right) = n$임을 알 수 있고, 문제의 합은 $\sum_{n=1}^{100} g\left(\frac{1}{n}\right) = \sum_{n=1}^{100} n = \frac{100\times 101}{2} = 5050$이다.

○ 채점기준

(5점) 양의 정수 n에 대하여 $g\left(\frac{1}{n}\right) = n$임을 추론할 수 있다.

(1점) 등차수열의 합 $\sum_{n=1}^{100} n = 5050$을 구할 수 있다.

[수학 2–iii]

○ 예시답안

양의 정수 n에 대하여, $\frac{1}{2n+2} < a < \frac{1}{2n}$일 때, $g(a)=2n+1$이므로, $x\in(n\pi, (n+1)\pi)$에서 $h(x)=(2n+1)\times\sin(x)$이다.

마찬가지 방식으로, $h(n\pi)=0$이고, $x\in(0, \pi)$일 때 $h(x)=\sin(x)$임을 알 수 있다.

이를 종합하면, 양의 정수 n에 대하여, $x\in[n\pi, (n+1)\pi]$에서 $h(x)=(2n+1)\times\sin(x)$임을 알 수 있다.

문제의 적분 $\int_\pi^{51\pi}|h(x)|dx$는 정적분의 성질로부터 $\int_\pi^{2\pi}|h(x)|dx + \cdots + \int_{50\pi}^{51\pi}|h(x)|dx$와 같음을 알 수 있고,

이는 함수 $y=h(x)$의 정의로부터 $3\times\int_\pi^{2\pi}|\sin(x)|dx + \cdots + 101\times\int_{50\pi}^{51\pi}|\sin(x)|dx$과 같다.

$\int_{n\pi}^{(n+1)\pi}|\sin(x)|dx = \int_0^\pi \sin(x)dx = 2$이므로, 문제의 적분값은 $(3+5+\cdots+101)\times 2=5200$이다.

○ 채점기준

(2점) $x\in(n\pi, (n+1)\pi)$에서 $h(x)=(2n+1)\times\sin(x)$임을 구할 수 있다.

(3점) $\int_{n\pi}^{(n+1)\pi}|\sin(x)|dx=2$ 임을 유도할 수 있다.

(3점) $\int_\pi^{51\pi}|h(x)|dx= 5200$ 임을 구할 수 있다.

물리 I

<개요 및 주요 평가항목>

인공위성의 궤도주기가 지구와 같을 때 태양–지구–인공위성의 상대적 위치를 유지하므로 천체물리학적 관측에 매우 유리하다고 볼 수 있다. 중력장에서 궤도의 주기와 거리의 관계를 기술하는 케플러의 법칙을 고려하여 논리적으로 그 궤도를 정확히 유추할 수 있는지 묻는 문제이다.

<예시답안 및 채점기준>

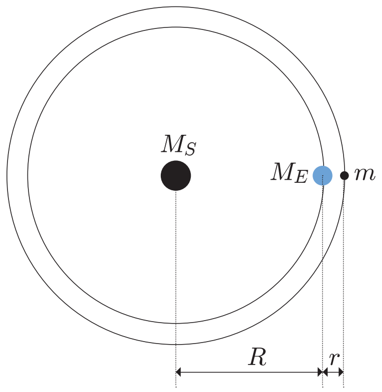
[물리 I – i]

○ 예시답안

물체는 태양과 지구로 부터 중력을 받게 된다.
특히 일직선상에 놓여 있을 때 태양–물체, 지구–물체의 거리를 고려하여,
총 중력은 다음과 같다.

$F = \frac{GM_S m}{(R+r)^2} + \frac{GM_E m}{r^2}$ 그리고 방향은 태양 방향(=지구방향)으로

인력을 받는다.



○ 채점기준

(4점) 같은 방향임을 고려하여 두 힘의 합을 구할 수 있다.
(6점) 거리를 고려하여 정확한 중력을 구할 수 있다.

[물리 I – ii]

○ 예시답안 및 채점기준

총중력 = 구심력 관계로부터, 거리를 고려하여 다음의 관계식을 얻는다.

$$\frac{GM_S}{(R+r)^2} + \frac{GM_E}{r^2} = \frac{v^2}{R+r} = \frac{4\pi^2(R+r)^2}{T^2} \left(\because v = \frac{2\pi(R+r)}{T}\right) \rightarrow (4점)$$

그런데, 주기가 지구의 궤도 주기와 일치하고, 제시문 1로부터

$T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{GM_S}$ 이므로, → (2점)

위 관계식으로부터 $\frac{M_E}{M_S} = (\frac{r}{R})^2[1 + \frac{r}{R} - (1 + \frac{r}{R})^{-2}] \simeq 3(\frac{r}{R})^3$ 임을 구할 수 있다.

따라서, $\frac{r}{R} \simeq (\frac{1}{3} \cdot \frac{M_E}{M_S})^{\frac{1}{3}}$ 이다. → (4점)

물리 II

<개요 및 주요 평가항목>

장거리 로켓에서 농구경기의 공의 궤적까지 실생활에서 물체의 운동은 중력의 영향을 크게 받으며 응용성도 크다. 특히 지표면에서 중력가속도는 거의 일정한 값을 가지므로, 지표에 평행한 방향과 수직인 방향으로 각각 등가속도 운동 및 등속도 운동을 하는데, 이로부터 포물선 궤도를 정확히 유추할 수 있는지 묻는 문제이다.

<예시답안 및 채점기준>

[물리 II – i]

지표에 평행인 방향으로 등속운동, 수직인 방향으로 등가속도 운동을 하므로 높이 h,
거리 L인 점까지 도달하는 시간을 아래와 같이 구할 수 있다.

$L = v_x t,\ h = v_y t - \frac{gt^2}{2}$. 두 식을 연립하고, → (3점)

$v_x = v\cos A, v_y = v\sin A$ 임을 이용하면, → (2점)

$$\frac{L}{v_x} = \frac{v_y + \sqrt{v_y^2 - 2gh}}{g} \Rightarrow \sec^2 A - \frac{2v^2}{gL}\tan A + \frac{2v^2}{gL}\left(\frac{h}{L}\right) = 0.$$

$\sec^2 A = \tan^2 A + 1$ 임을 고려하면, $\tan A = \frac{v^2 + \sqrt{v^4 - 2gv^2h - g^2L^2}}{gL}$ 이다. → (3점)

단, $v^4 - 2gv^2h - g^2L^2 \geq 0$일 때만 해가 존재한다. → (2점)

[물리 II – ii]

h=0인 경우에 해당하므로, $v_x t = L,\ 0 = v_y t - \frac{gt^2}{2}$ 를 연립하여,

$2v_x v_y = gL$ → (2점)

임을 알 수 있다.

$v_x = v\cos A,\ \ v_y = v\sin A$이므로,

$2v^2 \sin A \cos A = v^2 \sin(2A) = gL$ 이다. → (2점)

이제 오차를 고려하여 $A \rightarrow A + \triangle A$, $L \rightarrow L + \triangle L$로 두면, 일정한 속력 v로 발사한 물체에 대해 다음 식이 성립한다.

$v^2 \sin(2(A + \Delta A)) = g(L + \Delta L)$ → (2점)

작은 오차에 대해 근사적으로 $\sin(2A + 2\Delta A) \simeq \sin(2A) + 2\Delta A \cos(2A)$ 임을 이용하여,

좌변=$v^2 \sin(2A) + 2v^2 \Delta A \cos(2A) = gL + g\Delta L$=우변이므로,

$\Delta L = 2\frac{v^2}{g}\Delta A \cos(2A)$ → (4점)

화학 I

〈개요 및 주요 평가항목〉

고등학교 '화학 I'에서 기본적으로 다루어지고 있는 화학 반응식, 화학 반응에서의 양적 관계, 현대 원자 모형과 전자 배치, 원소의 주기적 성질에 관련된 문제이다. 주어진 실험 내용 기술을 이용하여 화학 반응식을 세우고 이들의 양적 정보를 이용하여, 생성물의 양을 예측할 수 있는지 평가하고자 하였다. 화학 양에 관련된 기본적 지식이 있으면 쉽게 풀이가 가능하도록 출제하였다. 두 번째 문제는 주기율표에서 같은 주기에 속한 원자들의 성질 변화를 전자배치를 이용하여 이해하고, 중성 원자와 이온들의 크기 비교를 현대적 원자 모형에 따라 바르게 해석이 가능한지 평가하는 문제이다.

본 문제는 '화학 I'에서 다루는 간단한 기본 지식을 묻는 것으로 필요한 지식은 대부분 고등학교 교과서를 기준으로 제시문에 주어졌으며, 이를 읽고 이해할 수 있으면, 어려움 없이 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[화학 I – i]

○ 예시답안

〈제시문1〉의 내용에서 나타나 있듯이 문제에 주어진 정보를 바탕으로 균형 화학 반응식을 세우면 다음과 같다.

$NiCl_2 + 2NaOH \rightarrow Ni(OH)_2 + 2NaCl$

26g의 $NiCl_2$는 $26g \times \frac{1mol}{130g} = 0.20mol$ 이다.

10g의 NaOH는 $10g \times \frac{1mol}{40g} = 0.25mol$ 이다.

NaOH가 단지 0.25 mol이므로, NaOH가 한계 반응물이 된다. 따라서, NaOH 0.25mol이 모두 반응하고,

$NiCl_2$는 0.125 mol이 반응한다. 생성되는 NaCl은 2×0.125=0.25mol이다.

용액의 부피가 5L이므로 NaCl의 몰 농도는 $\frac{0.25mol}{5L} = 0.05M$ 이다.

○ 채점기준

(3점) 정확한 화학 반응식을 제시할 수 있다.
(2점) 질량을 mol수로 각각 전환할 수 있다.
(3점) 생성되는 NaCl의 mol수를 제시할 수 있다.
(2점) NaCl의 몰 농도를 제시할 수 있다.

[화학 I – ii]

○ 예시답안

각각의 전자 배치를 적어보면 다음과 같다. $[Ar] = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Ca: $[Ar]4s^2$
Zn: $[Ar]4s^2 3d^{10}$
Ca^{2+}: [Ar]
Zn^{2+}: $[Ar]3d^{10}$

4주기에 놓인 Ca과 Zn는 원자 번호가 증가함에 원자핵에 위치한 양성자의 개수가 증가하게 되고,
이에 따라 유효핵 전하가 커지게 된다. 따라서 Ca의 크기가 Zn보다 크다. 즉 원자 크기는 Ca 〉 Zn이다.
전자를 잃은 양이온은 최외각 전자를 잃어 크기가 중성 원자보다 작아지게 된다.
Zn^{2+}의 유효핵 전하가 매우 크기 때문에 Ca^{2+}보다 크기가 작을 것으로 예측된다. 즉 이온 크기 Ca^{2+} 〉 Zn^{2+}이다.

정리하면, 이들의 상대 크기 비교는 Ca 〉 Zn 〉 Ca^{2+} 〉 Zn^{2+}이다.

○ 채점기준

(3점) 정확한 전자 배치를 제시할 수 있다.
(2점) 유효핵 전하를 설명하여 대소 크기 비교를 할 수 있다.
(3점) 중성 원자와 양이온의 크기 비교를 전자배치를 이용하여 논의할 수 있다.
(2점) 상대 크기 비교를 제시할 수 있다.

화학 II

〈개요 및 주요 평가항목〉

고등학교 교육과정 '화학 II'에서 기본적으로 다루어지고 있는 산과 염기의 세기, 평형 이동, 반응 경로와 반응열, 자유 에너지의 온도 의존성에 관한 문제이다. 제시문에 문제 풀이에 도움을 줄 수 있는 기본적인 내용을 고등학교 교과서를 기준으로 제시하였다. 주어진 정보를 이용하여 논리적으로 화학 균형 반응식을 세우고, 간단한 화학양론적 고려를 할 수 있는지 평가하고자 하는 문제이다. 화학양론적으로 얻어진 결과를 토대로, 〈제시문3〉에 주어진 르 샤틀리에 원리를 논리적으로 연결하여 논의 할 수 있는지 평가하고자 하였다. 또한, 표준 자유 에너지 변화를 이용한 반응의 진행 방향을 주어진 수치적 데이터를 이용하여 예측하고, 반응의 진행 여부를 논리적으로 판단 할 수 있는지 알아보고자 하였다.

'화학 II'에서 다루는 간단한 기본 지식을 이해하고 있고, 기본적인 수리적 연산 능력이 있으면, 쉽게 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[화학 II – i]

○ 예시답안

	$HF(aq)$	$\rightleftarrows$	$H^+(aq)$	+	$F^-(aq)$
초기 농도	1.0		0		0
나중 농도	x		x		x
평형 농도	$1.0-x$		x		x

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} = \frac{x^2}{1.0-x} = 9.0\times10^{-4}$$

약산이므로 $1.0 \gg x$라고 가정한다. 따라서 $1.0 - x \approx 1.0$으로 근사한다.

$$K_a = x^2 = 9.0\times10^{-4}$$
$$x = \sqrt{9.0\times10^{-4}} = 3.0\times10^{-2}$$

가정을 위배하지 않음으로 결과를 받아들인다.

이온화도즉 $\alpha = \frac{[H^+]}{[HF]} = \frac{0.03}{1.0} = 0.03$ 즉 3%의 이온화도를 갖는다.

1.0 M NaF가 녹아 있는 경우

	$HF(aq)$	$\rightleftarrows$	$H^+(aq)$	+	$F^-(aq)$
초기 농도	1.0		0		1.0
나중 농도	x		x		x
평형 농도	$1.0-x$		x		$1.0-x$

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} = \frac{x(1.0-x)}{1.0-x} = 9.0\times10^{-4}$$

약산이므로 $1.0 \gg x$라고 가정한다. 따라서 $1.0-x \approx 1.0$ 으로 근사한다.

$K_a = x^2 = 9.0\times10^{-4}$

가정을 위배하지 않으므로 결과를 받아 드린다.

이온화도 $\alpha = \frac{[H^+]}{[HF]} = \frac{0.0009}{1.0} = 0.0009$ 즉 0.09%의 이온화도를 갖는다.

용해된 NaF에서 생성된 F^-이온이 HF의 이온화를 크게 억제한다는 것을 알 수 있다.
산 이온화 평형의 위치는 평형을 방해하는 F^-의 농도를 최소화하기 위해 왼쪽으로 이동하였다.
르 샤틀리의 원리가 성립한다.

○ 채점기준

(3점) 순수한 HF의 이온화도를 제시할 수 있다.
(3점) 공통 이온이 존재할 때 이온화도를 제시할 수 있다. 질량을 mol수로 각각 전환할 수 있다.
(4점) 얻어진 결과를 토대로 르샤틀리의 원리가 성립함을 논리적으로 기술할 수 있다.

[화학 Ⅱ – ii]

○ 예시답안

주어진 정보로 균형 화학 반응식을 세우면 다음과 같다.
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$
반응 엔탈피를 구한다.

$$\Delta H^o = 2\times(-400) - 2\times(-300) - 0$$
$$= -800 + 600 = -200kJ$$

반응 엔트로피를 구한다.

$$\Delta S^o = 2\times(260) - 2\times(250) - 220$$
$$= 520 - 500 - 220 = -200J/K$$

$$\Delta G^o = \Delta H^0 - T\Delta S^o$$
$$= -200kJ - 298K\times(-0.200kJ/K)$$
$$= -200kJ + 59.6kJ$$
$$= -140.4kJ$$

이므로 이 조건에서 자발적으로 오른쪽으로 반응이 진행된다.
이 반응의 역반응이 발생하기 위해서는 $\Delta G > 0$이어야 하므로 이 조건을 만족하는 온도 범위를 구한다.
$\Delta H - T\Delta S > 0$
$-200 - T\times(-0.200) > 0$
$1000K < T$

○ 채점기준

(3점) 주어진 정보를 바탕으로 균형 화학 반응식을 제시할 수 있다.
(1점) ΔH^o을 제시할 수 있다.
(1점) ΔS^o을 제시할 수 있다.
(5점) 역반응 온도 조건을 제시할 수 있다.

생명과학 Ⅰ

〈개요 및 주요 평가항목〉

고등학교 교육과정 '생명과학 Ⅰ'의 「세포와 생명의 연속성」 단원은 세포 분열과 유전 현상의 기본 개념을 다루고 있다. 이 단원에서 멘델의 유전 법칙을 통해 유전의 기본 원리를 염색체와 유전자 수준에서 이해해야 한다. 「세포 분열」 단원에서는 세포 주기 변화를 체세포 분열과 감수 분열에서 유사점과 상이한 점을 구별하여 파악해야 한다. 유전자 수준에서와 염색체 수준에서의 돌연 변이는 다양한 유전 질환 및 암발생과 밀접한 연관성을 가지므로 생명현상의 기본 개념을 질병의 발생과 연관시켜 이해하려는 노력이 필요하다.
본 문제는 우리가 일상에서 친숙한 다운 증후군과 백혈병을 염색체의 수와 구조의 이상과 접목하여 잘 이해하고 있는지 평가하는 문제이다. 또한, 염색체 수와 구조의 이상을 세포 주기와 연관시켜 종합적으로 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 체세포 분열과 감수 분열의 기본 개념을 잘 파악하고 있고, 이를 염색체 구조와 연결하여 종합적으로 사고할 수 있으면 쉽게 답을 할 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였으며, 우리 주위에서 관찰할 수 있는 질병을 교과서에서 배우는 기본 지식으로 충분히 설명할 수 있다는 메시지를 전달하고자 하였다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[생명과학 Ⅰ – i]

○ 예시답안

〈제시문3〉에서 설명하고 있는 9번 염색체와 22번 염색체 사이의 상호 전좌는 9번 염색분체와 22번 염색분체 사이에서 일어났다. 염색분체는 세포 주기 중 S시기에 DNA 복제에 의해 생성되기 때문에 세포 주기 중 S시기를 지나고 G2 또는 M 시기에 전좌가 일어났다고 볼 수 있다.

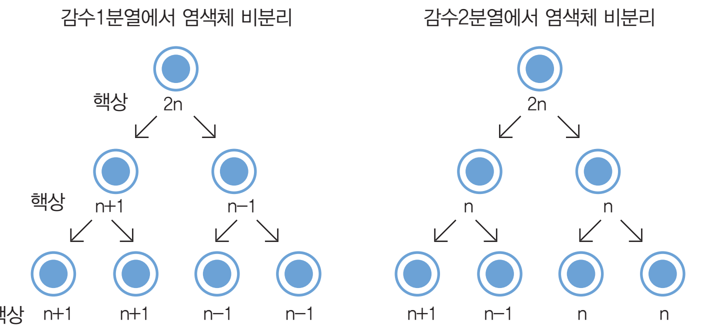
○ 채점기준

(2점) 세포 주기 중 G2/M 시기라고 설명할 수 있다.
(3점) 염색분체는 S 시기에 생성됨을 설명할 수 있다.

[생명과학 Ⅰ – ii]

○ 예시답안

정자 형성 과정은 감수분열로서 염색체가 분리되는 감수1분열과 염색분체가 분리되는 감수2분열로 나눌 수 있다. 아래 그림에서와 같이 감수1분열 과정에서 염색체 비분리가 일어난 경우는 감수2분열에서도 염색체 수 이상이 유지되므로 하나의 정모세포에서 유래된 4개의 정자의 염색체 수가 비정상이다. 그러나 감수2분열 과정에서 염색체 비분리가 일어난 경우는 4개의 정자에서 2개의 정자는 염색체 수가 정상, 2개는 비정상이 된다. 문제에서 비정상 정자의 수가 24시간에서 72시간보다 약 2배 많았으므로 24시간 시기에 감수 1분열이 진행되고, 약 72시간 시기에 감수 2분열이 진행될 거라고 추측할 수 있다.

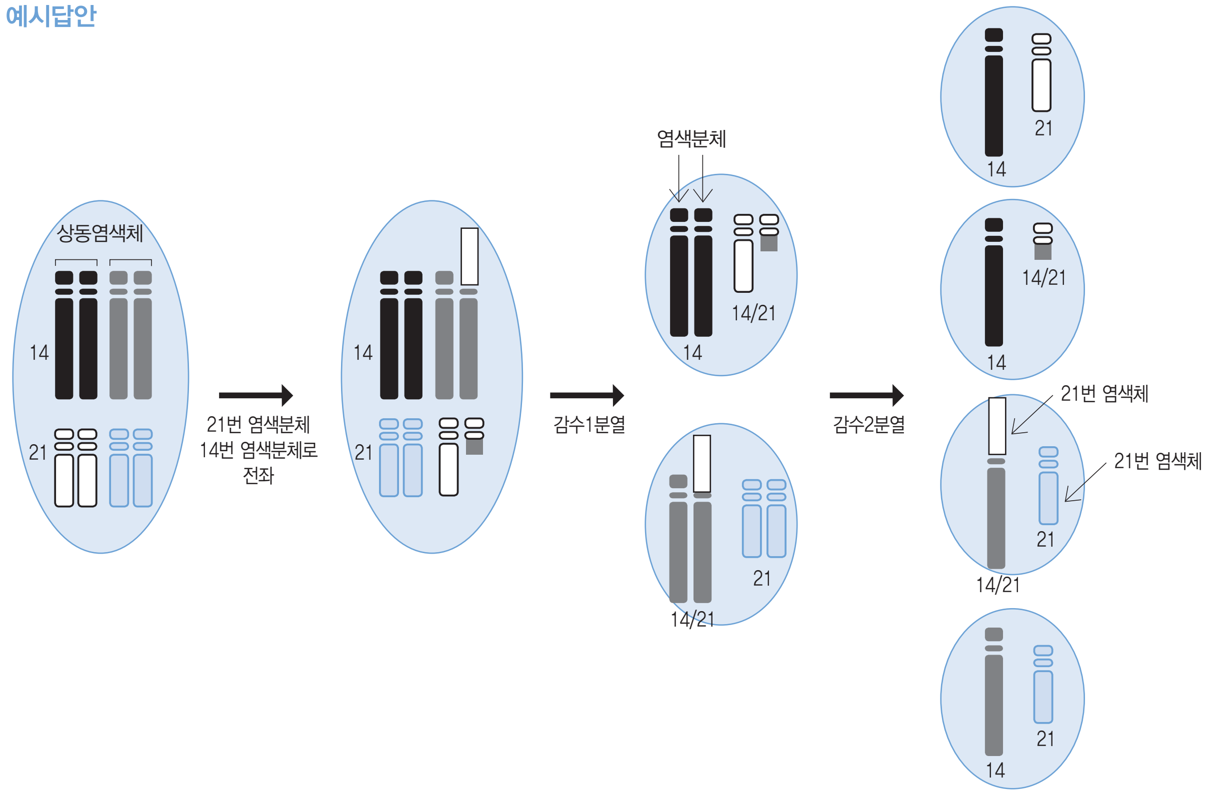


○ 채점기준

(3점) 비정상 정자 수의 차이가 염색체 비분리가 일어난 시기 차이에 의해 일어날 수 있음을 설명할 수 있다.
(4점) 24시간과 72시간이 각각 감수1분열과 감수2분열이 진행되는 시기임을 설명할 수 있다.

[생명과학 Ⅰ – iii]

○ 예시답안



위의 그림에서 설명한 바와 같이 21번 염색체가 다른 상염색체에 (여기에서는 14번 염색체로 예를 들었지만 다른 염색체로의 전좌도 가능함) 전좌가 일어난 뒤 최종적으로 만들어진 생식세포에 전좌가 일어난 21번 염색체와 정상적인 21번 염색체를 가지고 있을 경우 수정이 일어나면 21번 염색체를 3개 가지게 되어 다운 증후군을 유발할 수 있다. 실제로 다운 증후군 환자의 3~4%가 위와 같은 염색체 전좌에 의해 발생한다. 위의 그림은 감수분열이 시작되기 이전에 전좌가 일어난 경우이지만 이론적으로는 감수분열 과정 중에 일어난 전좌에 의해서도 같은 결과가 나타날 수 있다.

○ 채점기준

(8점) 염색체 전좌에 의한 다운 증후군의 발생을 감수 분열 과정에서 그림으로 설명할 수 있다.

생명과학 Ⅱ

〈개요 및 주요 평가항목〉

고등학교 교육과정 '생명과학Ⅱ'의 「세포와 에너지」 단원은 세포가 포도당으로부터 에너지를 얻는 세포 호흡과 식물세포에서 광합성을 통해 유기물을 합성하는 내용을 다루고 있다. 세포 호흡은 세포가 에너지를 획득하는 과정이기 때문에 인간의 대부분의 질병과 연관되어 있는 중요한 개념이다. 특히 암세포는 조절되지 않는 빠른 증식이 특징이며, 암세포 특이적인 세포 호흡 과정을 가지도록 변형된 세포 대사가 일어난다.

[생명과학Ⅱ – i]에서 [생명과학Ⅱ – iii] 문제는 세포가 특정 환경에 놓였을 때 주변 환경에 따라 세포 호흡이 어떻게 조절되는지를 묻는 문제이다. 문제에서 제시한 산소가 없는 조건과 일산화탄소가 있는 조건은 사람이 일상생활에서 겪을 수 있는 상황이다. 세포 호흡의 과정을 잘 이해하고 있고, 이 과정이 어떻게 조절되는지 원리를 잘 파악하고 있으면 쉽게 논술할 수 있도록 문제를 출제하였으며, 세포에서 일어나는 기본적인 생명 현상이 인간의 질병과 밀접한 상관관계가 있다는 메시지를 전달하고자 하였다.

[생명과학 Ⅱ – i]

○ 예시답안

동물 세포를 산소가 없는 조건에서 배양하면 세포는 해당 작용을 통해서 포도당 한 분자 당 2개의 ATP와 NADH를 얻는다. 해당 작용을 통해 생성된 피루브산은 다시 젖산으로 전환되는 과정에서 NADH를 다시 NAD^+로 산화시켜 해당 작용에 NAD^+를 공급함으로써 지속적으로 해당 작용이 일어나도록 한다.

그러나 실험2 조건에서와 같이 젖산 형성을 억제할 경우 NADH를 다시 NAD^+로 산화시켜 해당 작용에 NAD^+를 공급하는 과정이 억제되므로 지속적인 해당 작용이 일어나기 어렵다. 따라서 실험2 조건에서는 실험1 조건보다도 적은 양의 ATP가 생성된다.

○ 채점기준

(3점) 실험1 조건에서 실험2 조건보다 더 많은 ATP가 생성됨을 설명할 수 있다.

(3점) NADH를 NAD^+로 산화 시키는 것이 지속적인 해당 작용에 필요함을 설명할 수 있다.

[생명과학 Ⅱ – ii]

○ 예시답안

동물 세포를 산소가 없는 조건에서 배양하면 세포는 해당 작용을 통해서 포도당이 피루브산으로 전환되면서 포도당 한 분자 당 2개의 ATP와 NADH를 얻는다. TCA회로는 산소를 직접적으로 필요로 하지는 않지만 산소가 있어야 지속적으로 진행된다(제시문 1).

따라서 산소가 없는 조건에서는 해당 작용을 통해서 ATP를 생성한다. 일산화탄소는 미토콘드리아에서 일어나는 전자전달계의 중간 과정을 억제한다. 문제에서 일산화탄소가 치사량보다는 적은 농도로 존재한다면 전자전달계를 통한 산화적 인산화가 부분적으로 억제되었다고 추정할 때 실험1 조건보다는 산화적 인산화를 통해 부분적으로나마 ATP 합성이 가능한 실험3 조건에서 ATP 합성 양이 더 많을 것이라고 추측할 수 있다.

○ 채점기준

(3점) 세포 호흡 과정에서 일산화탄소가 전자전달계를 억제함을 설명할 수 있다.

(3점) 산소가 없는 조건과 일산화탄소가 있는 조건을 비교하여 세포 호흡을 설명할 수 있다.

[생명과학 Ⅱ – iii]

○ 예시답안

암세포의 빠른 분열로 인해 종양 주위에는 혈관이 제대로 발달하지 못해 충분한 산소를 공급받지 못하는 경우가 많다(제시문 3). 산소를 공급받지 못하는 암세포는 해당 작용을 통해서 ATP를 생성해야 하는데 포도당 1 분자당 해당 작용을 통해서는 2개의 ATP 밖에 합성하지 못하므로 산화적 인산화를 통한 ATP 합성시보다 현저하게 적은 양의 ATP를 얻는다.

따라서 암세포는 증식에 필요한 에너지를 보충하기 위하여 여러 가지 대사 과정을 조절하여 효과적으로 에너지를 얻을 수 있도록 적응하게 되는데 그 전략 중의 하나는 더 많은 양의 포도당을 세포 내로 받아들이는 것이다. 따라서 정상세포보다 단위 시간 당 포도당 유입이 많아진다.

문제에서 제시한 실험 A와 실험 B 결과에서도 암세포는 무산소 조건에서 잘 증식할 수 있는 것으로 보아 해당 작용을 통해서 에너지를 얻고 있으며, 부족한 에너지를 보충하기 위하여 많은 양의 포도당을 사용하고 있음을 확인할 수 있다. 포도당에서 전환된 피루브산이 TCA 회로를 돌기 위해서 처음으로 생성되는 물질이 아세틸 CoA이므로 TCA회로와 산화적 인산화 과정이 활발하지 못한 암세포에서는 아세틸 CoA의 양이 정상세포보다도 낮다.

○ 채점기준

(4점) 암세포 증식을 저산소 조건과 연결시켜서 설명할 수 있다.

(4점) 제시된 실험 조건에서 아세틸 CoA의 양을 추측할 수 있다.