

▶ 문항카드 3

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보		
유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 A(수학) / 문제 1, 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학, 수학II, 미적분, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	함수의 극한, 삼각함수, 조합, 부등식, 합성함수의 미분, 음함수의 미분, 삼각함수의 미분
예상 소요 시간	70분	
2. 문항 및 제시문		

제시문 1

(가) 함수 $f(x)$ 에서 x 의 값이 한없이 커질 때, $f(x)$ 의 값이 일정한 값 L 에 한없이 가까워지면 함수 $f(x)$ 는 L 에 수렴한다고 하고, 이것을 기호로 $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = L$ 과 같이 나타낸다.

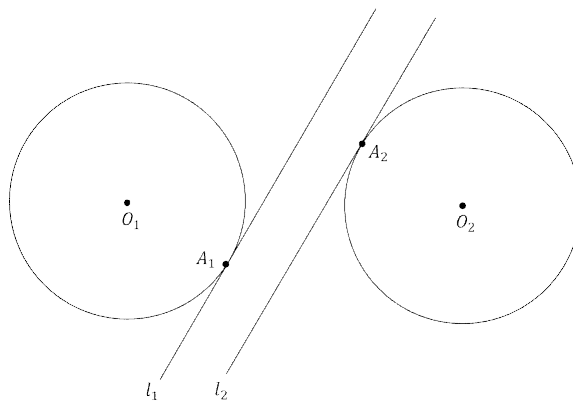
(나) n 이 자연수일 때, 다음 식이 성립한다.

$$(a+b)^n = {}_nC_0 a^n + {}_nC_1 a^{n-1}b + {}_nC_2 a^{n-2}b^2 + \cdots + {}_nC_k a^{n-k}b^k + \cdots + {}_nC_n b^n$$

(다) [그림 1]은 반지름이 같은 원 O_1 과 O_2 를 나타낸 것이다. 평행한 직선 l_1 과 l_2 는 각각 점 A_1, A_2 에서 원 O_1, O_2 에 접한다

(라) $(5+2x)^{60}$ 을 전개했을 때 x^k 의 계수를 a_k 라 하자. 즉,

$$(5+2x)^{60} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_kx^k + \cdots + a_{60}x^{60}$$



[그림 1]

문제 1-1

제시문 1의 (다)에서 직선 l_1 과 l_2 사이의 거리는 1로 일정하며, 두 원의 반지름은 r 이고 $\overline{O_1O_2} = 3r$ 이다.

극한값 $\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{\overline{A_1A_2}}{\overline{O_1O_2}}$ 를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 1-2

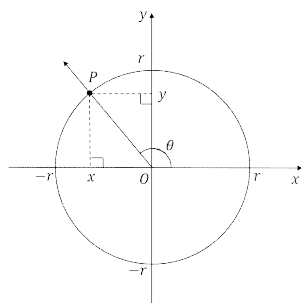
제시문 1의 (라)에서 계수 a_k ($0 \leq k \leq 60$) 중 가장 큰 것을 a_p , 두 번째로 큰 것을 a_q 라 하자. p 와 q 를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

제시문 2

(가) 점 (x_1, y_1) 을 지나고 기울기가 m 인 직선의 방정식은 $y - y_1 = m(x - x_1)$ 이다.

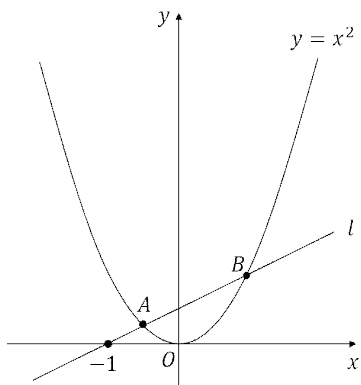
(나) 다음 그림에서 동경 OP 가 나타내는 각의 크기를 θ 라고 할 때, $\sin \theta = \frac{y}{r}$, $\cos \theta = \frac{x}{r}$,

$\tan \theta = \frac{y}{x}$ ($x \neq 0$) 이다.

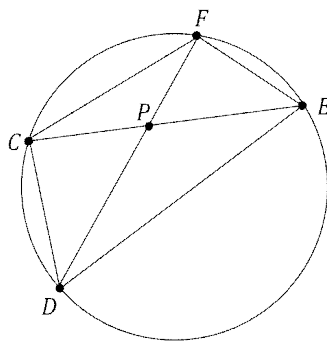


(다) [그림 2]는 곡선 $y = x^2$ 과 점 $(-1, 0)$ 을 지나는 직선 l 을 나타낸 것이다. 곡선 $y = x^2$ 과 직선 l 은 두 점 A 와 B 에서 만난다. 점 O 는 원점이다.

(라) [그림 3]은 반지름이 2인 원과 그 원에 내접하는 사각형 $CDEF$ 를 나타낸 것이다. 대각선 CE 와 DF 의 교점이 P 이다.



[그림 2]



[그림 3]

문제 2-1

제시문 2의 (다)에서 직선 l 의 기울기가 t 일 때 $\angle AOB$ 의 크기를 $\theta(t)$ 라 하자. 미분계수 $\theta'(2)$ 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 2-2

제시문 2의 (라)에서 $\angle CPD = \frac{\pi}{3}$ 일 때 $\overline{CD} + \overline{EF}$ 의 값 중 가장 큰 것을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

3. 출제 의도

[문제 1-1] 거리를 삼각함수를 이용해 계산하고 함수의 극한을 구할 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2] 다항식의 전개식을 조합으로 표현하고 조합에 관한 기본 계산을 수행할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-1] 함수가 합성함수로 주어진 경우 미분을 계산하는 원리를 이해하고 있는지 알아본다.

[문제 2-2] 원이나 삼각형 등의 도형에서 길이를 삼각함수를 이용해 표현하고 삼각함수의 합의 공식과 미분에 대한 기본적인 계산을 수행할 수 있는지 알아본다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호 [별책8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 1-1	<p>수학 - (3)도형의 방정식 ㉓ 원의 방정식 [10수학02-07] 좌표평면에서 원과 직선의 위치의 관계를 이해한다</p> <p>수학Ⅱ - (1) 함수의 극한과 연속 ㉑ 함수의 극한 [12수학Ⅱ01-02] 함수의 극한에 대한 성질을 이해하고, 함수의 극한값을 구할 수 있다.</p>
문제 1-2	<p>수학 - (6) 경우의 수 ㉒ 순열과 조합 [10수학05-03] 조합의 의미를 이해하고, 조합의 수를 구할 수 있다.</p> <p>확률과 통계 - (1) 경우의 수 ㉒ 이항정리 [12확통01-03] 이항정리를 이해하고 이를 이용하여 문제를 해결할 수 있다.</p>
문제 2-1	<p>수학 - (1) 문자와 식 ㉑ 이차방정식과 이차함수 [10수학01-10] 이차함수의 그래프와 직선의 위치 관계를 이해한다.</p> <p>미적분 - (2) 미분법 ㉑ 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-06] 함수의 몫을 미분할 수 있다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다.</p>
문제 2-2	<p>미적분 - (2) 미분법 ㉑ 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다.</p>

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학I	권오남 외	교학사	2017	75
	수학II	권오남 외	교학사	2017	16
	확률과 통계	류희찬 외	천재교과서	2018	28
	미적분	이준열 외	천재교육	2018	65, 88
	미적분	황선옥 외	미래앤	2018	63, 75
기타					

5. 문항 해설

[문제 1-1] 거리를 삼각함수를 이용해 계산하고 함수의 극한을 구할 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2] 다항식의 전개식을 조합으로 표현하고 조합에 관한 기본 계산을 수행할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-1] 함수가 합성함수로 주어진 경우 미분을 계산하는 원리를 이해하고 있는지 알아본다.

[문제 2-2] 원이나 삼각형 등의 도형에서 길이를 삼각함수를 이용해 표현하고 삼각함수의 합의 공식 등 기본 공식을 이용해 다룰 수 있는지 알아본다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	<p>A+: 정답과 풀이가 맞음.</p> <p>A: 마지막 단계에서 사소한 계산 실수가 있음.</p> <p>B+: 적절한 풀이를 통해 비율 $\frac{\overline{A_1A_2}}{\overline{O_1O_2}}$ 을 맞게 계산함.</p> <p>B: 적절한 풀이를 통해 $\overline{A_1A_2}$ 를 맞게 계산함.</p> <p>C: 삼각비 등을 이용해 $\overline{O_2P}$, $\overline{A_2Q}$ 등 풀이에 도움이 되는 길이를 계산함.</p> <p>D: 삼각비 등을 이용해 $\overline{O_2P}$, $\overline{A_2Q}$ 등 풀이에 도움이 되는 길이를 계산하였으나 틀림.</p> <p>E: 풀이와 관계있는 의미있는 시도를 함.</p> <p>F: 답안이 없거나 관계없는 내용만 적음.</p>	10
1-2	<p>A+: A와 더불어 가장 큰 계수 a_{17}과 두 번째로 큰 계수 a_{16}을 모두 정확히 구함.</p> <p>A: B+와 더불어 a_{16}과 a_{18}을 비교함.</p>	15

	<p>B+: B와 더불어 가장 큰 계수가 a_{17}임을 구함.</p> <p>B: $a_k < a_{k+1}$이 되기 위한 조건 $k < \frac{2n-5}{7}$를 정확히 구함.</p> <p>C: $a_k < a_{k+1}$이 되기 위한 k의 조건을 구하기 위하여 $\frac{a_{k+1}}{a_k}$ 또는 $\frac{a_k}{a_{k+1}}$를 계산함.</p> <p>D: $a_k < a_{k+1}$ 되기 위한 조건을 구하기 위한 의미 있는 시도를 함.</p> <p>E: $a_k = 5^n {}_nC_k (\frac{2}{5})^k$임을 구함.</p> <p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.</p>	
2-1	<p>A+: 풀이와 정답이 맞음.</p> <p>A: B+와 더불어 $t=2$일 때 $\sec \theta$의 값을 구함.</p> <p>B+: B와 더불어 $\sec^2 \theta \cdot \theta'(t) = \frac{\frac{2t+4}{2\sqrt{t^2+4t}}(t-1) - \sqrt{t^2+4t}}{(t-1)^2}$를 구함.</p> <p>B: C와 더불어 $\tan \theta$를 t에 대하여 미분하는 시도를 함.</p> <p>C: $\tan \theta$를 t에 관하여 바르게 표현함.</p> <p>D: $\tan \theta$를 a, b에 관하여 바르게 표현함.</p> <p>E: 풀이와 관련있는 의미있는 시도를 함.</p> <p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.</p>	20
2-2	<p>A+: 정답과 풀이가 맞음.</p> <p>A: B+와 더불어 $f(\alpha)$가 $\alpha = \frac{\pi}{6}$일 때 최댓값을 가짐을 보임.</p> <p>B+: $\overline{CD} + \overline{EF}$를 한 변수에 대하여 함수로 바르게 표현함.</p> <p>B: $\alpha + \beta = \frac{\pi}{3}$임을 보이고 $\overline{CD} + \overline{EF} = 4(\sin \alpha + \sin \beta)$임을 보임.</p> <p>C: $\alpha + \beta = \frac{\pi}{3}$와 $\overline{CD} + \overline{EF} = 4(\sin \alpha + \sin \beta)$ 중 하나를 보임.</p> <p>D: 중심각과 현의 관계를 표현함.</p> <p>E: 풀이와 관계있는 의미있는 시도를 함.</p> <p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.</p>	25

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

[문제 1-1] 답: $\frac{\sqrt{5}}{3}$

풀이: O_2 에서 직선 O_1A_1 에 내린 수선의 발을 P 라 하면, $\angle O_1O_2P = \theta$ 에 대하여

$$\sin \theta = \frac{\overline{O_1P}}{\overline{O_1O_2}} = \frac{2r+1}{3r} \text{ 이고, 따라서 } \lim_{r \rightarrow \infty} \sin \theta = \frac{2}{3} \text{ 이고 } \lim_{r \rightarrow \infty} \cos \theta = \frac{\sqrt{5}}{3} \text{ 이다.}$$

A_2 에서 직선 O_1A_1 에 내린 수선의 발을 Q 라 하면, $\overline{A_2Q} = \overline{O_2P} = 3r \cos \theta$ 이다.

$$\text{따라서 } \overline{A_1A_2} = \sqrt{\overline{A_1Q}^2 + \overline{A_2Q}^2} = \sqrt{1 + 9r^2 \cos^2 \theta}$$

$$\text{그러므로 극한값은 } \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{1 + 9r^2 \cos^2 \theta}}{3r} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

[문제 1-2] 답: $p = 17, \quad q = 16$

풀이: 풀이: 식을 전개하면 $(5+2x)^n = 5^n (1 + \frac{2}{5}x)^n = 5^n \sum_{k=0}^n {}_nC_k (\frac{2}{5})^k x^k$ 이므로,

$a_k = 5^n {}_nC_k (\frac{2}{5})^k$ 의 값이 최대가 되는 k 값을 구하면 된다.

$a_k < a_{k+1}$ 이 되는 k 의 조건을 구한다.

먼저 $a_k < a_{k+1}$ 이 되는 필요충분조건은 $\frac{a_{k+1}}{a_k} > 1$ 이다. 한편, $a_k < a_{k+1}$ 일 때,

$$\frac{a_{k+1}}{a_k} = \frac{5^n \cdot {}_nC_{k+1} \cdot (\frac{2}{5})^{k+1}}{5^n \cdot {}_nC_k \cdot (\frac{2}{5})^k} = \frac{2}{5} \cdot \frac{n-k}{k+1} > 1$$

이다. 따라서 $k < \frac{2n-5}{7}$ 이면, $a_k < a_{k+1}$ 이다.

그리고 $k > \frac{2n-5}{7}$ 이면, $a_k > a_{k+1}$ 이다.

한편 $n = 60$ 이고 $k < \frac{2n-5}{7} = \frac{115}{7} = 16.4 \dots$ 이므로, 계수들의 대소관계는 다음과 같다.

$$a_0 < a_1 < a_2 < \dots < a_{16} < a_{17} > a_{18} > a_{19} > \dots > a_{60} \quad \text{-----} \quad (*)$$

따라서 $k = 17$ 일 때, 계수 a_k 가 가장 크고, $p = 17$ 이다.

이제 두 번째 큰 계수를 찾기 위해 식 (*)에서 a_{16} 과 a_{18} 을 비교하면 된다.

$$\frac{a_{18}}{a_{16}} = \frac{5^{60} \cdot {}_{60}C_{18} \cdot (\frac{2}{5})^{18}}{5^{60} \cdot {}_{60}C_{16} \cdot (\frac{2}{5})^{16}} = \frac{44 \cdot 43}{18 \cdot 17} \cdot \frac{4}{25} = \frac{7568}{7650} < 1$$

이므로, $a_{18} < a_{16}$ 이다. 따라서 두 번째 큰 계수는 a_{16} 이고, $q = 16$ 이다.

[문제 2-1] 답: $-\frac{4\sqrt{3}}{39}$

풀이: 직선 l 의 방정식은 $y = t(x+1)$ 이다. 점의 좌표를 $A(a, a^2), B(b, b^2)$ 이라 놓자.

직선 OA 의 기울기를 $\tan \theta_1$, 직선 OB 의 기울기를 $\tan \theta_2$ 라 하면 $\tan \theta_1 = a, \tan \theta_2 = b$ 이다. 삼각함수의

덧셈정리를 이용하여

$$\tan \theta = \tan(\theta_1 - \theta_2) = \frac{\tan \theta_1 - \tan \theta_2}{1 + \tan \theta_1 \tan \theta_2} = \frac{a-b}{1+ab}$$

를 얻는다. a, b 는 방정식 $t(x+1) = x^2$, 즉 $x^2 - tx - t = 0$ 의 근이다. 이차방정식의 근과 계수의 관계로부터 $a+b=t, ab=-t$ 를 얻는다.

$a-b < 0$ 이므로 $a-b = -\sqrt{(a+b)^2 - 4ab} = -\sqrt{t^2 + 4t}$ 이다. 따라서

$$\tan \theta = -\frac{\sqrt{t^2 + 4t}}{1-t} = \frac{\sqrt{t^2 + 4t}}{t-1}$$

이다. 양변을 t 에 대해 미분하면

$$\sec^2 \theta \cdot \theta'(t) = \frac{\frac{2t+4}{2\sqrt{t^2+4t}}(t-1) - \sqrt{t^2+4t}}{(t-1)^2}$$

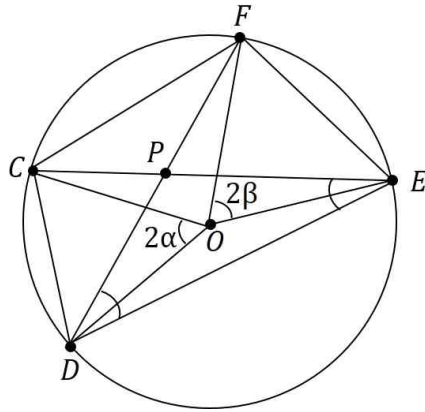
이다. $t=2$ 일 때 $\tan \theta = 2\sqrt{3}$ 이고 이 때 $\sec \theta = \sqrt{13}$ 이다. 그러므로

$$13\theta'(2) = -\frac{4\sqrt{3}}{3}$$

이고 따라서 $\theta'(2) = -\frac{4\sqrt{3}}{39}$ 이다.

[문제 2-2] 답: 4

풀이: 원의 중심을 O 라 하자.



현 CD 의 원주각 CED 를 α , 현 EF 의 원주각 EDF 를 β 라 하자. 그러면

$\angle COD = 2\alpha$, $\angle EOF = 2\beta$

이다. 반지름이 2이므로 삼각형 CDO 에서 $\overline{CD} = 2 \cdot 2 \sin \alpha = 4 \sin \alpha$ 이고 삼각형 EFO 에서 $\overline{EF} = 4 \sin \beta$ 이다. 따라서

$$\overline{CD} + \overline{EF} = 4(\sin \alpha + \sin \beta)$$

이다. 삼각형 DEP 에서 $\alpha + \beta = \angle CPD = \frac{\pi}{3}$ 이므로

$$\overline{CD} + \overline{EF} = 4\left(\sin \alpha + \sin \left(\frac{\pi}{3} - \alpha\right)\right)$$

이다. 삼각함수의 덧셈정리로부터

$$\begin{aligned}
\overline{CD} + \overline{EF} &= 4 \left(\sin \alpha + \sin \left(\frac{\pi}{3} - \alpha \right) \right) \\
&= 4 \left(\sin \alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \alpha - \frac{1}{2} \sin \alpha \right) \\
&= 2 \sin \alpha + 2 \sqrt{3} \cos \alpha
\end{aligned}$$

이다. $f(\alpha) = 2 \sin \alpha + 2 \sqrt{3} \cos \alpha$ 라 하자. $f'(\alpha) = 2 \cos \alpha - 2 \sqrt{3} \sin \alpha = 0$ 을 풀면 $\tan \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$ 이고 $\alpha = \frac{\pi}{6}$ 를 얻는다. $0 < \alpha < \frac{\pi}{6}$ 일 때 $f'(\alpha) > 0$ 이고 $\frac{\pi}{6} < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 일 때 $f'(\alpha) < 0$ 이므로 $f(\alpha)$ 는 $\alpha = \frac{\pi}{6}$ 일 때 최댓값 $f(\frac{\pi}{6}) = 4$ 를 갖는다. 따라서 $\overline{CD} + \overline{EF}$ 는 값 중 가장 큰 것은 4이다.

▶ 문항카드 4

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보		
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형 고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 A (과학_생명과학) /문제 1, 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	혈당량, 신경계, 항상성, 감수분열, 염색체 비분리
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30분	
2. 문항 및 제시문		

(가) 혈액 속에 있는 포도당의 농도는 혈당량이라고 한다. 포도당은 우리가 에너지원으로 사용하는 주된 물질이므로 혈당량이 일정하게 유지되어야 우리 몸이 정상적으로 기능할 수 있다. 혈당량이 정상 수준보다 높아지면 이자의 β 세포에서 인슐린의 분비가 촉진된다. 인슐린은 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정을 촉진하고, 체세포의 포도당 흡수를 촉진하여 혈당량을 낮춘다. 한편, 이자에서 인슐린이 적정 수준으로 생산되지 못하거나, 간이나 체세포가 인슐린에 반응하지 못하면 혈당량이 정상 수준보다 높게 유지되어 당뇨병이 나타난다.

(나) 세포 호흡은 포도당을 산화시켜 이산화탄소와 물로 분해하는 과정이다. 이 과정에서 포도당에 저장되어 있던 에너지가 방출되며, 방출된 에너지는 ATP에 저장되어 근육 운동, 체온 유지, 물질 합성, 물질 운반, 성장과 같은 다양한 생명 활동에 사용된다.

(다) 생식세포는 감수 분열을 통해 만들어진다. 감수 1분열 전기에는 염색체가 응축되면서 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성한다. 중기에는 2가 염색체가 세포의 중앙에 배열되고, 후기에는 상동 염색체가 서로 분리되어 양극으로 이동한다. 말기에 세포질 분열에 의해 형성된 딸세포는 상동 염색체 중 하나씩만 가지므로 염색체 수가 반으로 줄어든다. 감수 2분열에서는 간기 없이 진행되므로 DNA가 복제되지 않으며, 짧은 전기를 지나 중기로 들어가 염색체가 세포의 중앙에 배열된다. 후기에는 염색 분체가 분리된다. 따라서 감수 분열의 결과 만들어진 생식세포의 염색체 수는 모세포의 절반이다.

(라) 감수 1분열에서 상동 염색체가 비분리 되거나 감수 2분열에서 염색 분체가 비분리 되면, 염색체 수가 정상보다 많거나 적은 생식세포가 형성된다. 사람과 같이 유성 생식을 하는 생물은 생식세포가 수정하여 자손을 만든다. 수정란의 발생과 성장을 거쳐 성숙한 개체가 되는 과정에서 체세포 분열이 일어난다.

문제 1 임신 기간 동안 모체의 포도당은 태아로 유입되지만 인슐린은 태아로 유입이 되지 않으며 태아는 임신 20주부터 인슐린을 생산하여 자신의 혈당량을 조절한다. 임신 후반기가 되면 혈당량을 낮추는 인슐린의 작용 효율이 임신부에서 현저히 떨어지는데 이때 정상 임신부는 인슐린의 분비를 증가시켜 정상 혈당량을 유지하지만 임신성 당뇨병이 있는 임신부는 인슐린의 분비가 충분하지 못해서 혈당량이 정상 수준보다 높아진다.

(1) 그림 (I)은 정상 임신부(임산부 D)와 임신성 당뇨병이 있는 임신부(임산부 d)의 혈중 인슐린 농도의

상댓값을 나타낸 그래프이다. 그림 (Ⅱ)는 그림 (Ⅰ)의 A 기간 동안 임신부 D의 태아의 혈중 인슐린 농도의 상댓값을 나타낸 그래프이다. 이 기간 동안 임신부 d의 태아의 혈중 인슐린 농도를 임신부 D의 태아와 비교하여 그림 (Ⅱ)의 그래프에 그리고, 그 이유를 설명하시오. 또한 이 두 임신부의 출생 직전 태아들의 체중에는 어떤 차이가 나타날지 예상하고 그 이유를 제시문에 근거하여 설명하시오. (단, 모든 태아들에서 돌연변이는 없으며, 혈당에 의한 체중 변화 이외의 변인은 고려하지 않는다.)

(2) 임신성 당뇨병의 치료를 위하여 인슐린을 처방하기도 한다. 만일 실수로 임신부 d에게 인슐린을 과다 투여하였다면, 이로 인한 혈당량 변화에 대하여 임신부 d의 신경계는 어떻게 반응할 지 예상하고 그 이유를 설명하시오. (단, 임신부 d의 경우 인슐린 분비 이외의 다른 기능들은 정상이다.)

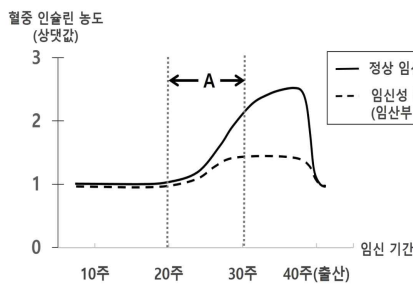


그림 (Ⅰ)

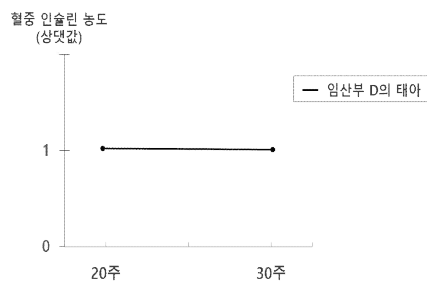


그림 (Ⅱ)

문제 2 Co 단백질은 그림 (Ⅲ)과 같이 세포 분열 과정에서 염색 분체를 결합시키고, Co 단백질이 정상적으로 분해될 때 염색 분체가 분리된다. 약물 X를 처리하면 Co 단백질의 분해가 억제되기 때문에 염색 분체가 분리되지 않은 딸세포가 형성된다. 그림 (Ⅳ)는 핵상이 $2n$ 인 어떤 동물에서 체세포 분열 중인 한 세포가 가진 모든 염색체를 나타낸 것이고, A와 a, B와 b, D와 d는 각각 대립유전자이다.

(1) 이 동물에서 감수 분열이 일어날 때 약물 X를 투여하면 다양한 염색체 수를 가진 생식세포들이 만들어진다. 그 이유를 제시문에 근거하여 설명하시오. 또한 이렇게 만들어진 생식세포 중 2개의 염색체를 가지며 대립유전자 A를 포함하고 있는 모든 종류의 생식세포의 염색체를 그리고, 각 염색체에 동원체와 대립유전자를 표시하시오. (단, 교차와 약물 X에 의한 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

(2) 문제 2-(1)과 같은 조건에서 만들어진 정자가 정상 난자와 수정하여 여러 자손(F_1)이 태어났다고 가정하자. F_1 개체들을 조사하였더니 체세포의 염색체 수가 개체 간에 차이가 있었다. F_1 개체들 중 가장 많은 수의 염색체를 가진 개체에서 생식세포가 형성될 때 감수 1분열 전기 세포의 염색 분체 수를 답하고, 그 이유를 제시문에 근거하여 설명하시오. (단, 수정 과정에서 1개의 정자와 1개의 난자가 수정되어 F_1 개체들이 만들어졌고, F_1 개체들에서 체세포 분열과 감수 분열이 정상적으로 일어났다고 가정한다.)

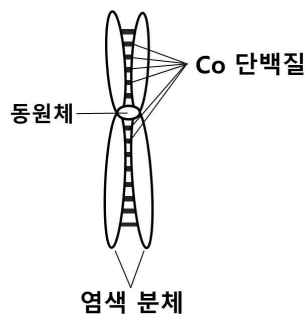


그림 (Ⅲ)

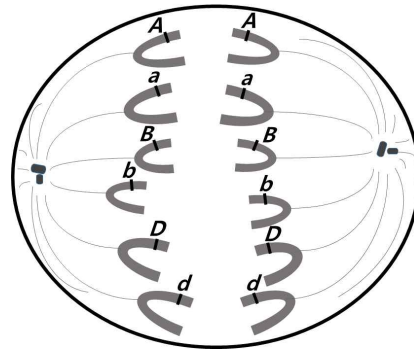


그림 (Ⅳ)

3. 출제 의도

다음 사항을 알아본다.

- (1) 항상성 유지 과정에서 내분비계와 신경계에 의해 혈당량이 조절되는 과정을 이해하여 주어진 그래프를 해석하고 논리적으로 설명할 수 있는지 평가한다.
- (2) 유성생식과 체세포 분열 및 감수 분열의 과정에 대해 이해하는지 그리고 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어난 결과 형성된 생식세포가 갖게 되는 염색체 수와 조합에 대해 논리적으로 설명할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용 교육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
	성취 기준/영역별 내용	<p>[제시문(가)]</p> <p>(3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽)</p> <p>[12생과 I 03-04] 내분비계와 호르몬의 특성을 이해하고, 사람의 주요 호르몬의 과잉·결핍에 따른 질환에 대해 설명할 수 있다.</p> <p>[제시문(나)]</p> <p>(2) 사람의 물질대사 (169쪽)</p> <p>[12생과 I 02-01] 물질대사 과정에서 생성된 에너지가 생명 활동에 필요한 ATP로 저장되고 사용됨을 이해하고, 소화, 호흡, 순환 과정과 관련되어 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>[제시문(다)]</p> <p>(4) 유전 (172쪽)</p> <p>[12생과 I 04-02] 생식 세포 형성 과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>[제시문(라)]</p> <p>(4) 유전 (172쪽)</p>

		[12생과 I 04-04] 염색체 이상과 유전자 이상에 의해 일어나는 유전병의 종류와 특징을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
하위 문항 문제 1	적 용 교 육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
	성 취 기 준/ 영 역 별 내용	<p>문제 1-(1) (2) 사람의 물질대사(169쪽) [12생과 I 02-01] 물질대사 과정에서 생성된 에너지가 생명 활동에 필요한 ATP로 저장되고 사용됨을 이해하고, 소화, 호흡, 순환 과정과 관련되어 있음을 설명할 수 있다. (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-04] 내분비계와 호르몬의 특성을 이해하고, 사람의 주요 호르몬의 과잉·결핍에 따른 질환에 대해 설명할 수 있다.</p> <p>문제 1-(2) (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-05] 신경계와 내분비계의 조절 작용을 통해 우리 몸의 항상성이 유지되는 과정을 설명할 수 있다.</p>
하위 문항 문제 2	성 취 기 준/ 영 역 별 내용	<p>문제 2-(1) (4) 유전 (172쪽) [12생과 I 04-02] 생식 세포 형성 과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>문제 2-(2) (4) 유전 (172쪽) [12생과 I 04-04] 염색체 이상과 유전자 이상에 의해 일어나는 유전병의 종류와 특징을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다.</p>

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	김운택 외	동아출판	2017	37, 84
	생명과학I	심규철 외	비상	2017	86, 124, 143
	생명과학I	이용철 외	와이비엠	2018	34, 94, 133, 138, 152
	생명과학I	심재호 외	금성출판사	2017	48
	생명과학I	전상학 외	지학사	2017	121-3, 137
	생명과학I	오현선 외	미래엔	2017	132-3, 150
	생명과학I	권혁빈 외	교학사	2017	130-1, 142
기타	해당 없음				

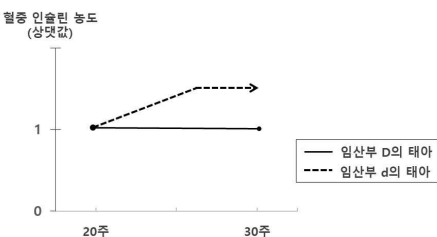
5. 문항 해설

제시문은 항상성 조절의 원리, 에너지의 전환과 이용, 감수 분열 과정, 생식세포의 다양성에 대하여 기술한 것으로 고등학교 생명과학I 교과서에서 다루어지고 있는 내용이며 교육과정 범위에 포함되어 있다.

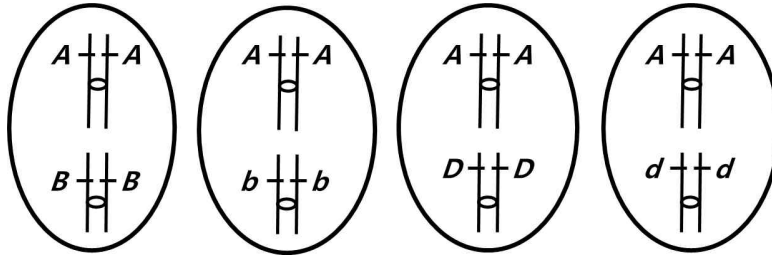
[문제 1]은 항상성 유지 과정의 대표적인 예인 혈당량 조절에 대한 지식을 바탕으로 개인별 혈중 인슐린 농도의 변화에 대한 그래프를 이해하여, 혈당량 이상에 대한 인슐린과 신경계의 조절작용과 영향을 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문항이다.

[문제 2]는 핵상이 $2n$ 인 동물의 생식세포에 일어나는 감수 분열 과정을 이해하는지 평가하고, 감수 2분열에서 염색체 비분리 현상이 일어난 결과로 만들어진 생식세포 및 그 자손의 핵상에는 어떤 변화가 나타날 수 있는지 이해하고 논리적으로 설명하는 능력을 평가하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	<p>[채점 요소] ※ (1-1) 태아의 인슐린이 점차 증가하는 이유를 설명하고 그 변화를 그래프에 그렸는가? ※ (1-2) 정상보다 높은 임신부 d 혈당과 태아 체중의 상관관계를 설명하였는가?</p> <p>[예시 답안] (1-1) 그림 (I)에서 보면 임신 20주까지는 모든 임신부의 혈중 인슐린 농도가 동일하게 유지된다. 그러나 그림 (I)의 A 구간이 시작되면서 낮아진 인슐린의 작용 효율을 보상하기 위해 임신부 D는 인슐린의 분비를 증가시켜 정상 혈당량을 유지하는 반면, 임신부 d는 인슐린을 충분히 분비하지 못해서 이 시점부터 혈당량이 점차 올라가면서 임신성 당뇨병이 나타나게 된다. 임신부 d의 태아의 경우, 모체로부터 유입되는 포도당이 이 시점부터 시간이 지남에 따라 점차 증가함으로서 태아의 혈당량은 서서히 높아질 것이다. 태아들은 임신 중기부터 자신의 인슐린을 생산하며 포도당에 대하여 정상적인 인슐린 조절 반응을 하기 때문에 임신부 d의 태아는 모체로부터 유입되는 정상 혈당량 이상의 포도당에 자극을 받아서 서서히 자신의 인슐린 분비를 증가시키게 된다. 따라서 초기에는 임신부 d의 태아의 혈중 인슐린 농도는 상댓값 1로부터 시작하여 점차 높아지고 이후 모체의 고혈당 상태가 유지됨에 따라 태아의 혈중 인슐린 농도는 계속 높은 상태를 유지할 것이다.</p>  <p>(1-2) 제시문 (가)와 (나)에 의하면 우리 몸의 혈당량은 혈액 내에서 일정하게 조절되며 인체의 세포는 혈중 포도당을 사용하여 물질 합성과 생장에 사용할 수 있음을 알 수 있다. 정상 임신부와 달리, 임신성 당뇨병을 앓고 있는 임신부d는 인슐린을 제대로 생성하지 못하여 혈당량 조절이 안됨으로써 혈중에 포도당이 많아진 상태이다. 임신 동안 모체의 포도당은 태아로 유입이 가능하고 태아에서 이용 가능하기 때문에, 임신성 당뇨병을</p>	3점

	<p>않고 있는 임신부 d의 태아는 필요한 양 보다 많이 유입되는 잉여 포도당을 대사하여 체중을 증가시키는데 사용할 수 있으므로 임신부 D의 태아에 비하여 출생 직전에 더 체중이 더 무거울 것이다.</p> <p>[채점 준거] 위 채점 요소의 설명이 모두 옳으면 2점을 부여함. 각 요소별 설명이 옳지 않으면 각각 -1점 감점.</p> <p>[채점 요소] ※ (2) 유도된 저혈당 상태에 교감신경이 반응함을 설명하였는가?</p> <p>[예시 답안] (2) 체내 혈당량은 이자섬에서 혈당량을 직접 감지하여 조절되기도 하지만, 간뇌의 시상 하부에서 자율 신경계를 통해 조절되기도 한다. 혈당량이 정상 수준 이하로 떨어지는 경우, 간뇌의 시상 하부는 자율신경계의 교감 신경을 자극하여 다양한 경로를 통해 글리코젠을 포도당으로 분해하여 혈액으로 방출함으로써 혈당량을 높일 수 있다. 임신부 d는 인슐린 분비에만 이상이 있으므로 적당량의 인슐린만 투여되면 정상 혈당량으로 유지할 수 있다. 그러나 실수로 임신부 d에게 인슐린이 과다 투여되면 체내 혈당량은 갑자기 정상 수준보다 낮아져서 정상 혈당량 이하의 저혈당이 되어 위험할 수 있다. 이런 경우, 간뇌의 시상 하부는 인슐린 과다 투여로 유도된 저혈당 상태에 반응하여 자율 신경계인 교감 신경의 자극을 통해 혈당량을 증가시키는 호르몬들의 분비를 촉진할 것이다.</p> <p>[채점 준거] 위 채점 요소의 설명이 옳으면 1점을 부여함.</p>	
문제 2	<p>[채점 요소] ※ (1) 핵상이 $2n=6$인 동물의 감수 2분열에서 염색체 비분리 현상이 일어난 결과 다양한 염색체 수를 가진 생식세포들이 만들어지는 것을 이해하고 그 염색체 조합의 모식도를 그릴 수 있는가?</p> <p>[예시 답안] (1) 제시문 (다)와 (라)에 의하면 감수 1분열은 정상적으로 진행되어 상동 염색체(또는 대립유전자)가 분리되었지만, 약물 X의 처리 결과 염색 분체를 결합시키고 있는 Co 단백질이 분해되지 않아서 감수 2분열에서 염색 분체의 비분리 현상이 일어난다. 그 결과 동일한 염색 분체가 동일한 생식세포로 이동하게 되어 다양한 염색체 수를 가진 생식세포들이 만들어진다. 즉, 생식세포에서는 염색체 수가 많거나 적은 염색체 수 이상이 발생하게 된다. 문제 2-1의 동물은 $2n=6$의 핵상을 가지고 있으므로 감수 2분열 중 염색 분체 비분리가 일어나면 하나의 생식세포는 최대 6개의 염색 분체를 가질 수 있다. 그 중 2개의 염색체를 가지며 대립유전자 A를 가진 생식세포의 염색체는 아래 그림과 같이 4 종류가 가능하다.</p>	4



그 이유는 다음과 같다. 감수 2분열 중 염색 분체 비분리의 결과 2개의 염색체를 가지는 생식세포는 상동 염색체가 아닌 염색 분체 쌍 2개를 가지게 된다. 즉, AA , aa , BB , bb , DD , dd 중 상동 염색체가 아닌 염색 분체 쌍 2개를 무작위로 선택하는 경우의 수와 동일하여 총 12 종류가 가능하다. 그 중 대립유전자 A 를 가진 생식세포는 AA 를 포함하고 BB , bb , DD , dd 중 하나를 가진 조합이므로 위 그림과 같이 4 종류가 가능하다.

[채점 준거]

위 채점 요소의 설명이 옳고 염색체의 모식도가 옳으면 2점을 부여함. 채점 요소의 설명이 옳지 않거나 염색체 조합의 모식도가 옳지 않으면 각각 -1점 감점.

[채점 요소]

※ (2) 감수 분열의 과정을 이해하고, 염색체 비분리 결과 만들어진 생식세포가 수정되었을 때 만들어진 개체의 핵상의 변화에 따른 염색 분체의 수를 논리적으로 설명하였는가?

[예시 답안]

(2) F_1 개체들 중 가장 많은 수의 염색체를 가진 개체의 생식세포에는 다음과 같은 이유로 감수 1분열 전기에 18개의 염색 분체가 있다. 제시문 (라)에 의하면 생식세포의 감수 2분열에서 염색체의 비분리가 일어나면 염색체 수가 정상보다 많거나 적은 생식세포가 형성된다. 문제 2-1의 동물은 $2n=6$ 의 핵상을 가지고 있으므로 감수 2분열 중 염색 분체 비분리가 일어나면 하나의 생식세포는 최대 3개의 염색체를 가질 수 있다. 즉, 0개, 1개, 2개, 3개의 염색체를 갖는 생식세포가 만들어진다. 가장 많은 수의 염색체를 가진 F_1 개체는 6개의 염색 분체를 가진 정자(또는 생식세포)가 정상의 난자($n=3$)와 수정되어 만들어진 개체이므로 이 개체의 체세포에는 9개의 염색 분체가 있다. F_1 개체의 체세포 분열과 감수 분열이 정상적으로 일어난다고 전제되어 있고, 감수 1분열 전기에는 염색체가 복제되어 있으므로 이 단계의 세포에는 18개의 염색 분체가 있다.

[채점 준거]

위 채점 요소의 설명이 모두 옳으면 2점을 부여함. 채점 요소의 설명이 옳지 않거나 핵상의 변화에 따른 염색 분체의 수에 대한 설명이 옳지 않으면 각각 -1점 감점.

--	--	--

- ※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
- ※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

위와 같이 채점하여

A+: 7점
A : 6점
B+: 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점
F : 0점

7. 예시 답안

[문제 1] 총 3점

문제 1-1. 2점 (문제 1-1-1과 1-1-2 각각 1점)

문제 1-1-1

채점 방법: 아래 두 항목이 모두 포함되면 1점 처리.

- 모체로부터 포도당의 유입으로 태아의 인슐린이 점차 증가함.
- 그래프에서 20주에 1에서 시작하여 점차 상향 직선(혹은 곡선)을 그리거나 상향 후 유지하는 선으로 나타내면 모두 정답으로 처리함 (아래 그래프 참고).

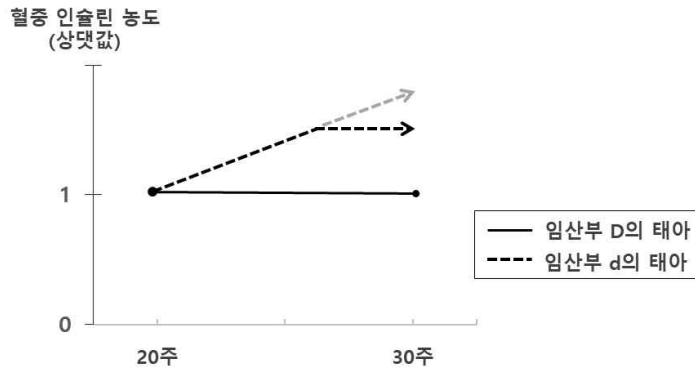
정답 설명

그림 (I)에서 보면 임신 20주까지는 모든 임신부의 혈중 인슐린 농도가 동일하게 유지된다. 그러나 그림 (I)의 A 구간 이 시작되면서 낮아진 인슐린의 작용 효율을 보상하기 위해 임신부 D는 인슐린의 분비를 증가시켜 정상 혈당량을 유지하는 반면, 임신부 d는 인슐린을 충분히 분비하지 못해서 이 시점부터 혈당량이 점차 올라가면서 임신성 당뇨병이 나타나게 된다. 임신부 d의 태아의 경우, 모체로부터 유입되는 포도당이 이 시점부터 시간이 지남에 따라 점차 증가함으로서 태아의 혈당량은 서서히 높아질 것이다. 태아들은 임신 중기부터 자신의 인슐린을 생산하며 포도당에 대하여 정상적인 인슐린 조절 반응을 하기 때문에 임신부 d의 태아는 모체로부터 유입되는 정상 혈당량 이상의 포도당에 자극을 받아서 서서히 자신의 인슐린 분비를 증가시키게 된다. 따라서 초기에는 임신부 d의 태아의 혈중 인슐린 농도는 상댓값 1로부터 시작하여 점차 높아지고 이후 모체의 고혈당 상태가 유지됨에 따라 태아의 혈중 인슐린 농도는 계속 높은 상태를 유지할 것이다.

문제 1-1-2

채점 방법: 아래 두 항목이 모두 포함되면 1점 처리.

- 임신부 d의 경우 정상 임신부보다 혈당이 높으며 모체의 고농도의 포도당이 태아로 유입
- 임신부 d의 태아는 고농도의 포도당을 대사하여 체중을 증가시키는데 사용할 수 있으므로 임신부 d의 태아는 고체 중으로 태어남



정답 설명

제시문 (가)와 (나)에 의하면 우리 몸의 혈당량은 혈액 내에서 일정하게 조절되며 인체의 세포는 혈중 포도당을 사용하여 물질 합성과 생장에 사용할 수 있음을 알 수 있다. 정상 임산부와 달리, 임신성 당뇨병을 앓고 있는 임산부 d는 인슐린을 제대로 생성하지 못하여 혈당량 조절이 안 됨으로써 혈중에 포도당이 많아진 상태이다. 임신 동안 모체의 포도당은 태아로 유입이 가능하고 태아에서 이용 가능하기 때문에, 임신성 당뇨병을 앓고 있는 임산부 d의 태아는 높은 농도의 포도당을 대사하여 체중을 증가시키는데 사용할 수 있으므로 임산부 D의 태아에 비하여 출생 직전에 더 체중이 더 무거울 것이다.

문제 1-2. 1점

채점 방법: 아래 두 항목이 모두 포함되면 1점 처리.

- 혈당량은 정상 수준보다 낮아져서 저혈당 상태가 됨.
- 이 경우 간뇌의 시상 하부로부터 교감신경이 자극을 받음.

정답 설명

체내 혈당량은 이자섬에서 혈당량을 직접 감지하여 조절되기도 하지만, 간뇌의 시상 하부에서 자율 신경계를 통해 조절되기도 한다. 정상 수준 이하의 혈당량이 떨어지는 경우, 간뇌의 시상 하부는 자율신경계의 교감 신경을 자극하여 다양한 경로를 통해 글리코젠을 포도당으로 분해하여 혈액으로 방출함으로써 혈당량을 높인다. 임산부 d는 인슐린 분비에만 이상이 있으므로 임산부 D가 분비하는 동일한 수준의 인슐린을 적당량 투여하면 정상 혈당량으로 유지할 수 있다. 그러나 실수로 임산부 d에게 인슐린이 과다 투여되었다면 체내 혈당량은 정상 수준보다 낮아져서 정상 수준 이하의 저혈당이 된다. 이런 경우, 간뇌의 시상 하부는 인슐린이 과다 투여되어 유도된 정상 이하의 저혈당 상태에 반응하여 자율 신경계인 교감 신경을 자극하고 혈당량을 증가시키는 호르몬들의 분비를 촉진할 것이다.

[문제 2] 총 4점

문제 2-1. 2점 (문제 2-1-1과 2-1-2 각각 1점)

문제 2-1-1

채점 방법: 설명이 맞으면 1점 처리.

- 감수 2분열에서 염색체(또는 염색 분체)의 비분리 현상이 일어남.
- 동일한 염색 분체가 동일한 생식세포로 이동한 결과 다양한 염색체 수를 가진 생식세포들이 만들어짐.

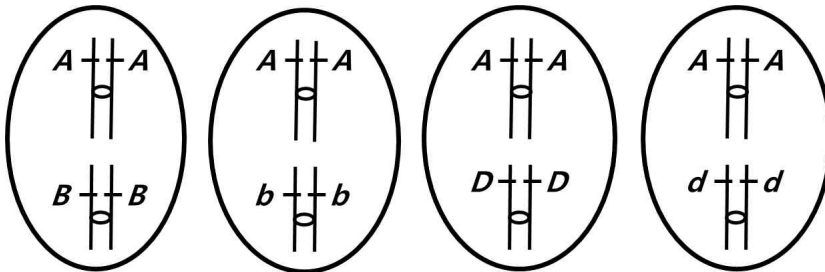
정답 설명

- 제시문 (다)와 (라)에 의하면 감수 1분열은 정상적으로 진행되어 상동 염색체(또는 대립유전자)가 분리되었지만, 약물 X의 처리 결과 염색 분체를 결합시키고 있는 Co 단백질이 분해되지 않아서 감수 2분열에서 염색체(또는 염색 분체 또는 모든 염색체 또는 모든 염색 분체)의 비분리 현상이 일어남.
- 그 결과 동일한 염색 분체가 동일한 생식세포로 이동하게 되어 다양한 염색체 수를 가진 생식세포들이 만들어짐.
- 즉, 생식세포에서는 염색체 수가 많거나 적은 염색체 수 이상이 발생함.
(이 생식세포는 0개, 1개, 2개, 3개의 염색체를 갖는데, 각 염색체는 한 쌍의 염색 분체로 이루어져 있음.)

문제 2-1-2

채점 방법: 4 종류 생식세포의 염색체 그림과 동원체 및 대립유전자 표시가 모두 맞으면 1점 처리.

- 문제 2-1의 동물은 $2n=6$ 의 핵상을 가지고 있으므로 감수 2분열 중 염색 분체 비분리가 일어나면 하나의 생식세포는 최대 6개의 염색 분체를 가질 수 있음.
- 그 중 2개의 염색체를 가지며 대립유전자 A를 가진 생식세포의 염색체는 아래 그림과 같이 4 종류.



- (대립유전자를 한쪽 염색 분체에만 표시해도 정답)
- (염색 분체 사이에 그림 (Ⅲ)과 같이 Co 단백질을 표시해도 정답)
- (염색 분체를 실선이 아니라 그림 (Ⅲ)과 같이 두꺼운 형태로 그려도 정답)
- (대립유전자 조합은 맞게 표시하였지만 동원체가 분리되어 염색 분체가 떨어져서 하나의 생식세포에 4개의 염색체가 있는 형태로 표시하면 오답)

정답 설명

- 감수 1분열 전기의 2가 염색체는 $AAaa$, $BBbb$, $DDdd$
- 감수 2분열 중 염색 분체 비분리의 결과, 2개의 염색체를 가진 생식세포의 염색체 조합은 총 12 종류 (그림 1과 아래 설명 참고).



[그림 1]

- 감수 2분열 중 염색 분체 비분리의 결과, 2개의 염색체를 가진 생식세포의 염색체 조합은 다음과 같이 총 12 종류.

AA, BB
 AA, bb
 AA, DD
 AA, dd
 aa, BB
 aa, bb
 aa, DD
 aa, dd
 BB, DD
 BB, dd
 bb, DD
 bb, dd

- 감수 1분열은 정상적으로 일어나므로 감수 1분열 결과 만들어질 수 있는 세포는 복제된 염색체 AA, aa, BB, bb, DD, dd 중 상동 염색체가 아닌 3개의 염색체를 가지게 됨(그림 1 참고).

- 감수 2분열 중 염색 분체 비분리의 결과 2개의 염색체를 가지는 생식세포는 상동 염색체가 아닌 염색 분체 쌍 2개를 가지게 됨. 즉, AA, aa, BB, bb, DD, dd 중 상동 염색체가 아닌 염색 분체 쌍 2개를 무작위로 선택하는 경우의 수와 동일하여 총 12 종류가 가능함. (그림 1 참고).

- 그 중, 대립유전자 A를 가진 생식세포는 AA를 포함하고 BB, bb, DD, dd 중 하나를 가진 조합이므로 정답의 그림과 같이 총 4 종류임.

즉, AA를 포함하고 B와 D 유전자 중 하나를 가진 조합 4 종류(그림 1에서 중복된 조합을 제외하면 볼드체로 표시된 4 종류 (**AA, BB** / **AA, bb** / **AA, DD** / **AA, dd**)

문제 2-2. 2점 (문제 2-2-1과 2-2-2 각각 1점)

문제 2-2-1

채점 방법: 염색 분체 수가 맞으면 1점 처리.

- 염색 분체 수는 18개

정답 설명

- F_1 개체들 중 가장 많은 수의 염색체를 가진 개체의 생식세포는 아래와 같은 이유로 감수 1분열 전기에 18개의 염색 분체를 갖는다.

문제 2-2-2

채점 방법: 설명이 맞으면 1점 처리.

- 가장 많은 수의 염색체를 가진 F_1 개체는 9개의 염색 분체를 가짐.
- F_1 개체의 생식 세포에서 감수 분열이 일어날 때, 감수 1분열 전기 세포는 염색체가 복제되어 있으므로 이 세포에는 18개의 염색 분체가 있음.

정답 설명

- 제시문 (라)에 의하면 생식세포의 감수 2분열에서 염색체(또는 염색 분체)의 비분리가 일어나면 염색체 수가 정상보다 많거나 적은 생식세포가 형성됨.
- 문제 2-1의 동물은 $2n=6$ 의 핵상을 가지고 있으므로 감수 2분열 중 염색 분체 비분리가 일어나면 하나의 생식세포는 최대 3개의 염색체(6개의 염색 분체)를 가질 수 있음 (0개, 1개, 2개, 3개의 염색체를 갖는 생식세포가 만들어짐).
- 가장 많은 수의 염색체를 가진 F_1 개체는 3개의 염색체(또는 6개의 염색 분체)를 가진 정자(또는 생식세포)가 정상의 난자($n=3$)와 수정되어 만들어진 개체이므로 이 개체의 체세포(또는 체세포 분열 말기의 핵)에는 9개의 염색 분체가 있음.
- F_1 개체의 체세포 분열과 감수 분열이 정상적으로 일어난다고 전제되어 있고, 감수 1분열 전기에는 염색체가 복제되어 있으므로 이 단계의 세포에는 18개의 염색 분체가 있음. (수컷 생식세포의 감수 1분열에서 염색체(또는 상동 염색체 또는 염색 분체)의 비분리가 일어났다는 표현은 오답.)
- (참고) 3개의 염색체를 가진 생식세포의 가능한 염색체 조합은 총 8 종류(결과적으로는 감수 1분열의 결과 만들어진 세포의 염색체 조합과 동일함):

AA, BB, DD
 AA, BB, dd
 AA, bb, DD
 AA, bb, dd
 aa, BB, DD
 aa, BB, dd
 aa, bb, DD
 aa, bb, dd

▶ 문항카드 5

[건국대학교 문항정보]

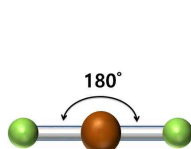
1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형 고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계A (과학_화학) / 문제 1, 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	루이스 구조식, 화학반응식에서의 양적관계, 산화수, 산화 환원 반응식
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30 분	

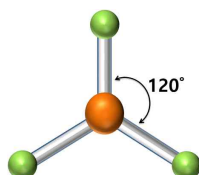
2. 문항 및 제시문

(가) 분자의 루이스 전자점식에서 공유 전자쌍은 공유 결합을 이루고 있는 원자 사이에 배치된다. 공유 결합 분자의 전자 배치를 간편하게 나타내기 위해서 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 1쌍의 점으로 나타내거나 생략하기도 하는데 이것을 루이스 구조식이라고 한다.

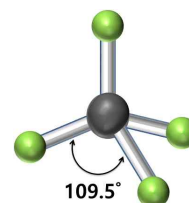
(나) 루이스 전자점식으로는 분자의 구조를 알 수 없으며, 분자의 구조는 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들의 반발을 고려하여 예측할 수 있다. 공유 결합으로 형성된 분자에서 중심 원자를 둘러싼 전자쌍들은 그들 사이의 반발을 최소화 하기 위해 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있는 배치를 가지려고 하는데, 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다. 전자쌍 반발 이론을 이용하면 중심 원자 주위의 전자쌍의 개수에 따라 각 전자쌍의 배치를 예측할 수 있다. [그림 1]에서처럼 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없을 때 중심 원자를 둘러싸고 있는 공유 전자쌍이 2쌍이면 전자쌍의 반발을 최소화 하기 위한 배치는 선형이 된다. 공유 전자쌍이 3쌍일 때는 각 전자쌍이 평면 삼각형의 꼭짓점에 배치되며, 공유 전자쌍이 4쌍일 때는 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치된다. 다중 결합을 포함하는 분자는 2중 결합이나 3중 결합을 단일 결합으로 취급하여 분자의 구조를 결정한다.



직선형



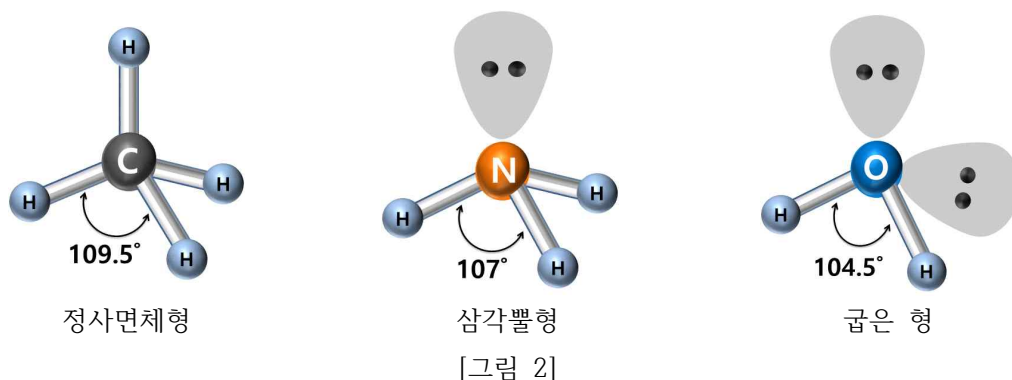
평면삼각형



정사면체형

[그림 1]

중심 원자 주위에 비공유 전자쌍이 있을 때는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 구조가 달라진다. [그림 2]와 같이 CH_4 , NH_3 , H_2O 은 모두 중심 원자 주위에 전자쌍이 4개 있지만, 비공유 전자쌍 수가 다르므로 분자 구조가 정사면체형, 삼각뿔형, 굽은 형으로 서로 다르다. 또한 전자쌍의 종류에 따라 중심 원자의 핵에 가까운 정도가 다르므로 반발력에 차이가 있다. 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 가장 크고 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 더 크다. 따라서 CH_4 의 결합각은 109.5° , NH_3 의 결합각은 107° , H_2O 의 결합각은 104.5° 로 결합각의 크기가 모두 다르다.



(다) 화학 반응이 일어날 때는 반응 전후에 원자가 새로 생겨나거나 없어지지 않으므로 반응물과 생성물을 구성하는 원자의 종류와 수가 같다. 따라서 이를 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다. 화학 반응식에서 각 물질의 계수비는 몰비와 같다. 이를 이용하면 반응물과 생성물 사이의 양적 관계를 알 수 있다.

(라) 분자에서 공유전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적 수치로 나타낸 것을 전기 음성도라고 한다. 다음은 몇 가지 원자의 전기 음성도를 나타낸 것이다.

원자	H	C	N	O
전기 음성도	2.1	2.0	3.0	3.5

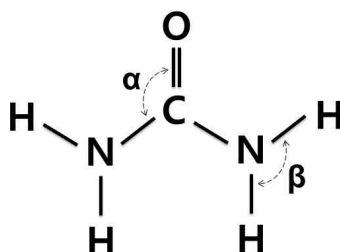
(마) 산화수란 공유 결합 물질에서 전기 음성도가 더 큰 원자로 공유 전자쌍이 완전히 이동한다고 가정할 때 각 원자가 갖게 되는 가상의 전하이다. 전자를 잃은 상태는 (+)부호를 사용하고 전자를 얻은 상태는 (-)부호를 사용하여 나타낸다.

(바) 산화 환원 반응에서 산화수가 증가하는 원소가 있으면 반드시 산화수가 감소하는 원소가 있다. 즉, 어떤 물질이 산화되면 반드시 다른 물질이 환원된다. 이때 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질을 산화제라고 하고, 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질을 환원제라고 한다. 산화 환원 반응에서는 증가한 산화수와 감소한 산화수가 같으므로 반응물과 생성물의 원자 수와 산화수 변화를 맞추어 화학 반응식을 완성할 수 있다.

문제 1

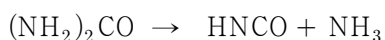
1828년 독일의 화학자 프리드리히 뵐러는 요소($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$)를 최초로 합성하였다. 요소의 루이스 구조식은 아래 그림과 같다. 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하도록 이 구조식에 비공유 전자쌍을 추가하여 요소의

루이스 구조식을 다시 그리시오. 제시문에 근거하여 결합각 α 와 β 의 값을 추정하고, 크기를 비교하시오.

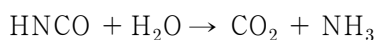


문제 2

요소수는 물에 요소를 혼합한 것으로 디젤 차량에서 발생하는 배기가스 중 공해 물질인 질소 산화물(일산화 질소(NO) 또는 이산화 질소(NO_2))를 정화시키기 위해 사용된다. 180°C 이상의 배기가스에 요소수를 분사하면 물이 증발하고, 요소는 암모니아(NH_3)와 이소시아산(HNCO)으로 열분해 된다.



이소시아산은 수증기와 반응하여 이산화 탄소(CO_2)와 암모니아로 분해된다.



생성된 암모니아는 질소 산화물을 정화할 수 있다. 이산화 질소 정화 반응에 대한 화학 반응식은 다음과 같다.



밑줄 친 질소 원자들의 산화수 변화를 근거로 이 반응에서 산화제와 환원제로 사용된 물질이 무엇인지 설명하시오. 산화수 변화량에 근거하여 이산화 질소와 암모니아의 반응 계수의 비($\frac{a}{b}$)를 구하시오. 또한, 1몰의 요소 분자가 모두 이산화 질소의 정화에만 사용된다고 할 때, 분해시킬 수 있는 이산화 질소의 질량은 몇 그램(g)인지 계산하시오. (단, N, O의 원자량은 각각 14, 16이다.)

3. 출제 의도

문항을 통해 화학 결합의 기본원리인 옥텟 규칙을 이해하고 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍을 구별하여 루이스 구조식을 그릴 수 있는 지 파악한다. 또한 루이스 구조식으로부터 분자의 3차원 구조를 예측하고 이를 바탕으로 원자가 전자쌍 반발 원리의 개념을 이해하고 있는지 파악한다.

화학 반응식이 주어졌을 때, 반응물과 생성물 사이의 양적 관계를 이해하고 있는지 계산을 통해 확인하

고, 각 분자에서 원자의 산화수를 계산할 수 있는지 산화-환원에 대한 개념을 이해하고 산화 환원 반응식에서의 양적 관계를 이해하고 있는지 파악한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	(가)	[12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다.
	(나)	[12화학 I 03-06] 전자쌍 반발이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
	(다)	[12화학I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
	(라)	[12화학I 03-04] 전기 음성도의 주기적 변화를 이해하고 결합한 원소들의 전기 음성도 차이와 쌍극자 모멘트를 활용하여 결합의 극성을 설명할 수 있다.
	(마)	[12화학I 04-05] 산화/환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화/환원 반응식을 완성할 수 있다.
	(바)	[12화학I 04-05] 산화/환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화/환원 반응식을 완성할 수 있다.
하위문항	1	[12화학 I 03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학 I 03-06] 전자쌍 반발이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
	2	[12화학I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학I 03-04] 전기 음성도의 주기적 변화를 이해하고 결합한 원소들의 전기 음성도 차이와 쌍극자 모멘트를 활용하여 결합의 극성을 설명할 수 있다. [12화학I 04-05] 산화/환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화/환원 반응식을 완성할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

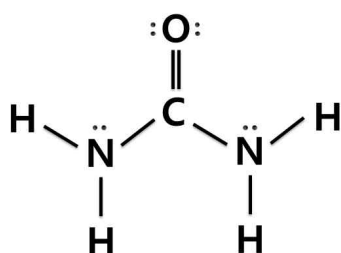
참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학I	장낙한 외	상상아카데미	2018	43,125,131,139-142, 183-187
	고등학교 화학I	노태희 외	천재교육	2018	34, 127,134,138-141, 185-192
	고등학교 화학I	박종석 외	비상교육	2018	37,112,115,123-125, 166-170
	고등학교 화학I	하윤경 외	금성출판사	2018	36,115,121,125-129, 168-173
	고등학교 화학I	황성용 외	동아출판	2018	42,137,142,146-151, 193-195
기타					

5. 문항 해설

문제 1)

문항을 통해 공유 결합 화합물의 형성 원리 및 옥텟 규칙을 만족하도록 루이스 구조식을 완성할 수 있는지를 알아본다.

주어진 요소의 구조식에서 결합선이 1개인 수소 원자와 4개인 탄소 원자는 옥텟 규칙을 만족하고 있다. 결합선이 2개인 산소 원자와 3개인 질소 원자는 옥텟 규칙을 만족하기 위해서 비공유 전자쌍 2쌍, 1쌍이 각각 필요하다. 이를 통해 옥텟 규칙을 만족하는 루이스 구조식을 그릴 수 있는지 알아본다.



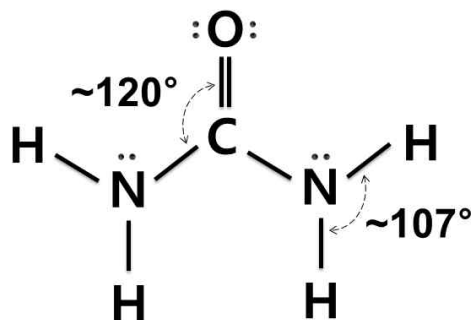
비공유 전자쌍을 추가하여 루이스 전자점식을 완성한 후에 각 원자를 중심으로 전자쌍 반발이론을 적용하여 분자의 구조를 예측할 수 있는지 알아본다.

완성된 루이스 전자점식에서 탄소 원자 주위에는 공유 전자쌍이 4쌍 있으나 제시문 (나)에서 설명한대로 2중 결합은 단일결합과 같이 취급한다. 따라서 전자쌍 반발이론에 따라 3개의 공유 전자쌍이 있는 경우에 해당하므로 서로 반발을 최소화하기 위한 구조는 평면 삼각형 모양이고, 결합각 α 는 약 120° 이다.

질소 원자 주위에는 공유 전자쌍이 3쌍, 비공유 전자쌍이 1쌍 있으므로 제시문 (나)에 의해 삼각뿔형 구

조를 형성한다. 이 때 결합각은 약 107° 이다. 따라서 결합각 β 는 약 107° 이다.

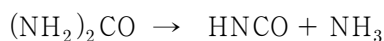
따라서 결합각의 크기를 비교($\alpha > \beta$) 할 수 있다.



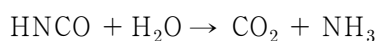
문제 2)

화학 반응식으로부터 반응물과 생성물의 양적 관계를 이해하고 있는지, 물을 질량으로 변환할 수 있는지를 물어본다. 또한 산화 환원 반응식에서 산화된 물질의 산화수 변화량과 환원된 물질의 산화수 변화량이 같은 지를 이해하고 이를 바탕으로 산화 환원 반응식에서의 양적 관계를 파악한다.

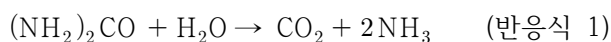
화학 반응식을 살펴보면 요소수에서 요소는 먼저 암모니아(NH_3)와 이소시아산(HNCO)으로 열분해된다.



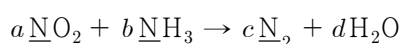
이소시아산은 수증기와 반응하여 이산화 탄소(CO_2)와 암모니아로 분해된다.



이 두 단계를 합치면 다음과 같다.



이렇게 생성된 암모니아는 이산화 질소와 다음과 같이 반응한다.



한편, 이산화 질소 정화반응식에서 밑줄 친 질소 원자의 산화수는 원자들의 전기음성도 차이로부터 다음과 같이 예측할 수 있다.

$\underline{\text{N}}\text{O}_2$: 질소보다 산소의 전기음성도가 크므로 각 산소의 산화수가 -2가 되고, 질소의 산화수는 +4가 된다.

$\underline{\text{N}}\text{H}_3$: 질소가 수소보다 전기음성도가 크므로 각 수소의 산화수가 +1이 되고, 질소의 산화수는 -3이 된다.

$\underline{\text{N}}_2$: 두 질소 원자의 전기음성도가 같으므로 각 질소원자의 산화수는 0이다.

산화제는 자기 자신은 환원된 물질이고, 환원되면 전자를 얻으므로 환원된 물질의 산화수는 감소한다. 환원제는 자기 자신은 산화된 물질이고, 산화되면 전자를 잃으므로 산화된 물질의 산화수는 증가한다.

NO_2 에서의 질소는 $\underline{\text{N}}_2$ 로 변화되면서 산화수가 +4에서 0으로 감소하였다. 환원되었으므로 NO_2 는 산화제이다.

NH_3 에서의 질소는 $\underline{\text{N}}_2$ 로 변화되면서 산화수가 -3에서 0으로 증가하였다. 산화되었으므로 NH_3 는 환원제이다.

산화 환원 반응식에서 산화된 물질의 산화수 변화 총합은 환원된 물질의 산화수 변화 총합과 같아야 한다.

NO_2 에서의 질소는 $\underline{\text{N}}_2$ 로 변화되면서 산화수가 +4에서 0으로 감소하였다. 4만큼 감소

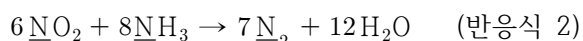
NH_3 에서의 질소는 $\underline{\text{N}}_2$ 로 변화되면서 산화수가 -3에서 0으로 증가하였다. 3만큼 증가

증가한 산화수 총합이 감소한 산화수의 총합과 같으려면

$$(4) \times a = (3) \times b$$

따라서 반응계수 a와 b는 $a:b = 3:4$ 의 비율이 되어야 한다. $\frac{a}{b} = \frac{3}{4}$

이를 바탕으로 반응계수를 모두 찾으면 반응식은 다음과 같다.



(반응식 1)에서 1몰의 요소 분자는 2몰의 암모니아를 생성하고, (반응식 2)에서 2몰의 암모니아는 총 $\frac{3}{4} \times 2 = 1.5$ 몰의 이산화질소와 반응하는 것을 반응식의 계수 비로부터 유추할 수 있다.

따라서 1몰의 요소 분자가 최대 정화할 수 있는 이산화질소의 몰수는 1.5몰이다. 1.5몰 이산화질소의 질량은 $1.5\text{mol} \times (14 + 16 \times 2)\text{g/mol} = 69\text{g}$ 이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	비공유 전자쌍을 정확한 위치에 추가하여 요소의 루이스 구조식을 바르게 제시하였는가? (1점) 결합각 α 의 각도를 전자쌍 반발이론을 적용하여 바르게 추정하였는가? (1점) 결합각 β 의 각도를 전자쌍 반발이론을 적용하여 바르게 추정하였는가? (1점)	3
문제 2	산화제와 환원제를 바르게 추정하였는가? (1점) 산화제와 환원제를 제시하고 (a/b)값을 구하는 과정에서 각 질소 원자의 산화수를 구하고 산화수 변화를 바탕으로 올바르게 설명하였는가? (1점) 반응계수의 비 (a/b)값을 바르게 계산하였는가? (1점) 1몰의 요소분자와 반응할 수 있는 이산화질소의 최대 질량을 바르게 예측하였는가? (1점)	4

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

7점 : A+

6점 : A

5점 : B+

4점 : B

3점 : C

2점 : D

1점 : E

0점 : F

7. 예시 답안

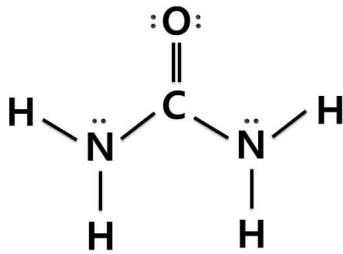
문제 1)

주어진 요소의 구조식에서 결합선이 1개인 수소 원자와 4개인 탄소 원자는 옥텟을 만족하고 있다.

결합선이 2개인 산소 원자에는 옥텟 규칙을 만족하기 위해서 추가로 4개의 전자 (2쌍의 비공유 전자쌍)이 필요하다. 결합선이 3개인 질소 원자는 옥텟 규칙을 만족하기 위해서 비공유 전자쌍 1쌍이 더 필요하다.

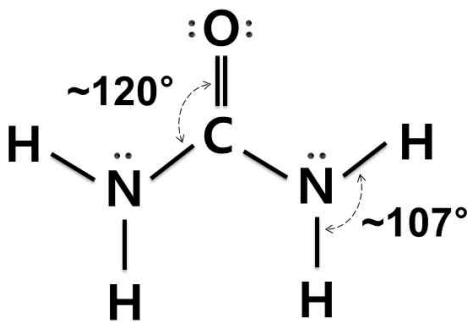
비공유 전자쌍을 추가한 요소의 루이스 구조식은 다음과 같다.

완성된 루이스 전자점식에서 탄소 원자 주위에는 공유 전자쌍이 4쌍 있으나 제시문 (나)에서 설명한대로 2중 결합은 단일결합과 같이 취급한다. 따라서 전자쌍 반발이론에 따라 3개의 공유 전자쌍이 있는 경우에 해당하므로 서로 반발을 최소화하기 위한 구조는 평면 삼각형 모양이고, 결합각 α 는 약 120° 이다.



질소 원자 주위에는 공유 전자쌍이 3쌍, 비공유 전자쌍이 1쌍 있으므로 원자가 전자쌍 반발이론에 따라 삼각뿔형 구조를 형성한다. 따라서 결합각 β 는 약 107° 이다.

따라서 결합각의 크기는 $\alpha > \beta$ 이다.



문제 2)

이산화질소 정화 반응식에서 밑줄 친 질소원자의 산화수는 원자들의 전기음성도 차이로부터 다음과 같이 예측할 수 있다.

$\underline{\text{N}}\text{O}_2$: 질소보다 산소의 전기음성도가 크므로 각 산소의 산화수가 -2가 되고, 질소의 산화수는 +4가 된다.

$\underline{\text{N}}\text{H}_3$: 질소가 수소보다 전기음성도가 크므로 각 수소의 산화수가 +1이 되고, 질소의 산화수는 -3이 된다.

$\underline{\text{N}}_2$: 두 질소 원자의 전기음성도가 같으므로 각 질소원자의 산화수는 0이다.

산화수 변화로부터 환원제를 찾을 수 있다.

NO_2 에서의 질소는 N_2 로 변화되면서 산화수가 +4에서 0으로 감소하였다. 환원되었으므로 NO_2 는 산화제이다.

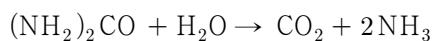
NH_3 에서의 질소는 N_2 로 변환되면서 산화수가 -3에서 0으로 증가하였다. 즉, 산화되었으므로 NH_3 가 환원제이다.

산화 환원 반응식에서 산화된 물질의 산화수 변화 총합은 환원된 물질의 산화수 변화 총합과 같아야 한다.

따라서 증가한 산화수 총합이 감소한 산화수의 총합과 같으려면 $(4) \times a = (3) \times b$
즉, 반응계수 a와 b는 $a:b = 3:4$ 의 비율이 되어야 한다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{3}{4}$ 이다.

이를 바탕으로 1몰의 암모니아가 $\frac{3}{4}$ 몰의 이산화 질소를 정화하는 것을 알 수 있다.

문제에 주어진 요소의 열분해 및 가수분해 과정을 더하면 다음과 같다. 1몰의 요소 당 2몰의 암모니아가 발생한다.



1몰의 요소 분자는 2몰의 암모니아를 생성하고, 1몰의 암모니아가 $\frac{3}{4}$ 몰의 이산화 질소와 반응하므로 1몰의 요소분자는 총 $\frac{3}{4} \times 2 = 1.5$ 몰의 이산화질소와 반응하는 것을 알 수 있다.

이산화질소 1.5몰의 질량은 $1.5\text{mol} \times (14 + 16 \times 2)\text{g/mol} = 69\text{g}$ 이다.

따라서 1몰의 요소분자가 정화할 수 있는 이산화질소의 최대 질량은 69 g 이다.

▶ 문항카드 6

[건국대학교 문항정보]

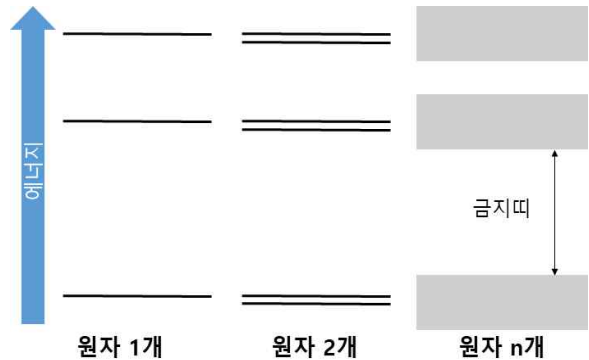
1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 A (과학-물리학) / 문제 1, 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I
	핵심개념 및 용어	에너지띠 이론, 반도체, 광양자
예상 소요 시간	전체 시험기간 100분 중 30분	

2. 문항 및 제시문

(가) 전자는 빛의 에너지를 흡수하여 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이된다. 빛의 에너지 E 는 $E = hf$ 이고 f 는 빛의 진동수이며, h 는 플랑크 상수이다. ($h = 4.1 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$) 한편 빛의 속도 (c)는 빛의 진동수 (f)와 빛의 파장 (λ)의 곱이다.

(나) 그림과 같이 두 개의 원자를 가까이 하면 서로 중첩되는 에너지 준위가 생기게 된다. 그런데 파울리 배타 원리에 따라 하나의 양자 상태에는 하나의 전자만 채워질 수 있으므로, 각 원자의 전자 에너지 준위는 서로 일치하지 않도록 미세하게 둘로 갈라진다. 만약 n 개의 원자가 모여 고체가 되면, 서로 중첩되는 에너지 준위가 n 개의 준위로 갈라진다. 보통 고체를 이루는 원자의 수는 10의 수십 제곱 개에 이므로, 전자의 에너지 준위는 아주 미세하게 갈라져 거의 연속적인 띠와 같은 형태를 이룬다. 이와 같이 고체 내의 전자가 존재할 수 있는 일정한 폭의 에너지 준위 영역을 에너지띠라고 한다. 따라서 고체의 전자 에너지 준위는 에너지띠가 띄엄띄엄 떨어진 모양이 되며, 전자는 에너지띠에만 존재할 수 있다. 에너지띠와 에너지띠 사이에는 전자가 존재할 수 없어, 이 에너지 영역을 금지띠라고 한다.



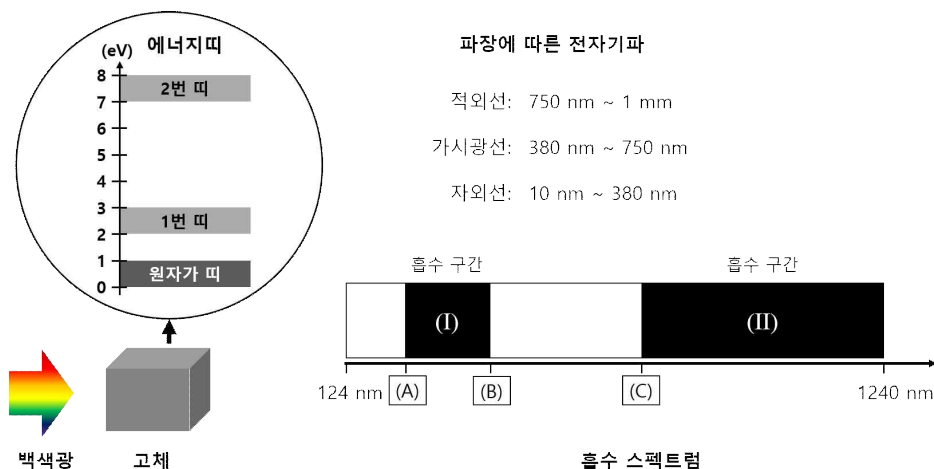
(다) 온도 0 K 일 때 고체의 전자들은 낮은 에너지 준위부터 하나씩 채워지는데 그중 가장 높은 에너지띠를 원자가 띠라고 한다. 원자가 띠의 가장 높은 에너지 준위와 채워지지 않은 가장 낮은 에너지 준위의 차이를 띠 간격이라고 한다. 고체는 띠 간격에 따라 물질을 도체, 절연체, 반도체로 분류할 수 있다. 도체는 띠 간격이 없으며, 절연체의 띠 간격은 보통 5 eV ~ 8 eV 정도이며, 반도체의 띠 간격은 절연체 보다 훨씬 작다. 예를 들면, 반도체인 갈륨 비소 (GaAs), 규소 (Si), 저마늄 (Ge), 황화 납 (PbS)의 띠 간격은 각각 1.4 eV, 1.1 eV, 0.7 eV, 0.4 eV 정도이다.

(라) 원자가 띠의 전자가 에너지를 얻어 채워져 있지 않은 에너지띠로 전이된다면, 전자에 작은 에너지만 주어도 에너지 상태를 바꾸면서 물질 안에서 자유롭게 움직일 수 있는데, 이러한 전자를 자유 전자라고 한다. 전류가 흐른다는 것은 전압을 가했을 때 이 자유 전자가 한쪽으로 일정한 흐름을 형성하는 것이다.

(마) 광 다이오드는 p-n 접합부에 빛을 비추면 광전 효과에 의해 전류가 흐르는 다이오드이다. CCD(Charged Coupled Device)는 수백만 개의 광 다이오드가 규칙적으로 배열된 반도체 소자로 디지털 카메라, 휴대전화의 카메라와 같은 영상 장비의 핵심 부품이다.

문제 1 순수한 반도체 물질 갈륨 비소, 규소, 저마늄, 황화 납에 약한 전압을 가한 후, 진동수가 2.0×10^{14} Hz인 빛을 비추었다. 이때, 전류가 크게 증가한 물질을 모두 고르고, 그 이유를 설명하시오.

문제 2 다음 그림과 같은 에너지띠를 가지는 고체에 백색광을 비추면서 흡수 스펙트럼을 측정하였더니, 124 nm ~ 1240 nm에서 흡수 구간 (I), (II)가 관찰되었다. 그림의 (A), (B), (C)에 들어갈 파장을 구하고, (I)의 구간에서 빛이 흡수되는 과정을 고체의 에너지띠를 사용하여 설명하시오. 또한, 이 고체로 만든 CCD로는 온전한 무지개 사진을 찍을 수 없는 이유를 설명하시오. (단, 1 eV의 에너지를 가지는 빛의 파장을 1240 nm로 근사하시오.)



3. 출제 의도

고체의 전자 에너지 준위 구조는 아주 미세하게 갈라진 거의 연속적인 띠가 띄엄띄엄 떨어진 형태의 에너지 띠 구조이다. 고체의 전자 에너지 띠 구조는 고체의 물리적 광학적 성질을 결정한다. 에너지 띠에 있는 전자는 빛의 에너지를 흡수하여 더 높은 에너지 준위로 전이된다. 이에 대한 이해를 바탕으로, 고체에서 빛의 흡수 과정을 예측한다. 또, 순수한 반도체는 전류가 흐르지 않지만 빛을 흡수하여 원자가 띠의 전자가 채워져 있지 않은 에너지 준위로 전이되면 전압에 의해 채워지지 않은 다른 상태로 움직여 전류가 흐르게 됨을 이해한다. 따라서 고체의 에너지 띠 구조, 전자의 빛 흡수와 전이, 전자의 운동에 대해 이해도를 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	(가) 에너지 준위, 파동의 요소	[12물리 I 02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다. [12물리 I 03-01] 파동의 진동수, 파장, 속력 사이의 관계를 알고 매질에 따라 파동의 속력이 다른 것을 활용한 예를 설명할 수 있다.
	(나), (다),(라) 고체의 에너지띠	[12물리 I 02-03] 고체의 에너지띠 이론으로 도체, 반도체, 절연체 등의 차이를 구분하고, 여러 가지 고체의 전기 전도성을 비교하는 탐구를 수행할 수 있다.
	(마) 빛의 이중성	[12물리 I 03-05] 빛의 이중성을 알고, 영상정보가 기록되는 원리를 설명할 수 있다.
하위문항	문제1	[12물리 I 02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다. [12물리 I 03-01] 파동의 진동수, 파장, 속력 사이의 관계를 알고 매질에 따라 파동의 속력이 다른 것을 활용한 예를 설명할 수 있다.
	문제2	[12물리 I 02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다. [12물리 I 02-03] 고체의 에너지띠 이론으로 도체, 반도체, 절연체 등의 차이를 구분하고, 여러 가지 고체의 전기 전도성을 비교하는 탐구를 수행할 수 있다. [12물리 I 03-03] 다양한 전자기파를 스펙트럼의 종류에 따라 구분하고, 그 사용 예를 찾아 설명할 수 있다. [12물리 I 03-05] 빛의 이중성을 알고, 영상정보가 기록되는 원리를 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	송진웅 외 4명	동아출판	2020	95, 100, 101, 172
	물리학 I	이상연 외 4명	금성출판사	2019	98
	물리학 I	강남화 외 5인	천재교육	2020	102, 105, 177
기타					

5. 문항 해설

[문제 1]

교과서에 수록된 순수한 반도체는 전류가 흐르지 않지만 빛을 흡수하는 경우 전류가 흐르는 현상에 대한 이해를 평가하는 문제이다. 순수한 반도체의 원자가 띠에 있던 전자가 빛을 받아서 채워져 있지 않은 에너지 준위로 전이되면, 전압에 의해 채워지지 않은 다른 상태로 움직여 전류가 흐르게 됨을 이해한다. 이때, 빛의 에너지는 전자의 금지띠(띠 간격)보다 커야한다는 사실을 적용하여야 한다. 따라서 이 문제는 고체의 에너지띠 구조, 전자의 빛 흡수와 전이에 대한 이해도를 평가하고자 하였다.

[문제2]

교과서에서 원자의 에너지 간격에서 고체의 띠로 넘어가는 과정에 대한 이해와 이를 흡수스펙트럼에 적용할 수 있는지 평가하는 문제이다. 고체의 전자 에너지 준위 구조는 원자의 에너지 준위와 달리, 아주 미세하게 갈라진 거의 연속적인 띠가 띄엄띄엄 떨어진 형태의 에너지띠 구조이다. 에너지띠에 있는 전자는 빛의 에너지를 흡수하여 더 높은 에너지 준위로 전이된다. 특히, 백색광에 의한 흡수스펙트럼은 전이 가능한 모든 경우에 빛을 흡수한다는 점을 이용하여, 단일한 흡수 구간이 두 종류의 전이를 포함할 수 있다는 점을 찾도록 하였다. 이후 이를 파장으로 변환하여, 흡수구간의 파장대가 적외선, 가시광선, 자외선 영역의 어디에 속하는지 판단하고, 주어진 고체가 가시광선의 모든 영역을 흡수할 수 없다는 점을 찾도록 하였다. 이를 통해서 이 문제는 문제 1에 이어서, 고체의 에너지띠 구조, 전자의 빛 흡수를 평가하고, 흡수되는 빛의 파장을 바탕으로 다양한 전자기파의 스펙트럼에 대한 구분과 그 응용을 평가하고자 하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1	저마늄 또는 황화 납 둘 중 하나만 작성한 경우 1점, 저마늄과 황화 납 두 반도체 모두를 쓰고 이외의 반도체를 작성하지 않은 경우 2점	2
	설명이 논리적이다. (예) 빛의 에너지, 0.82 eV를 흡수하여 채워지지 않은 띠로 이동하면 전압에 의해 전자가 한 쪽 방향으로 움직여 전류가 증가함.	1
2	(A) 155 nm, (B) 310 nm, (C) 413 nm (또는 413.3 nm , $\frac{1240}{3} \text{ nm}$) 모두 맞은 경우	1
	흡수 구간(I)은 원자가 띠 > 2번 띠 전이, 1번 띠 → 2번 띠 전이에서 나옴.	2

	둘 중 하나만 쓴 경우 1점, 둘 모두 쓴 경우 2점.	
	380nm~413nm 파장의 가시광선을 흡수 못해서. 또는 보라색을 인식 못해서.	1

- ※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
 ※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

위와 같이 채점하여

A+ : 7점
 A : 6점
 B+ : 5점
 B : 4점
 C : 3점
 D : 2점
 E : 1점
 F : 0점

7. 예시 답안 혹은 정답

[문제 1]



전류가 증가한 물질은 저마늄(0.7 eV)과 황화 납(0.4 eV)이다. 그 이유는 띠 간격이 빛 에너지(0.82 eV) 보다 작은 물질(왼쪽 그림)은 원자가 띠의 전자가 빛을 흡수하여 채워지지 않은 에너지 상태로 전이되어 전압에 의해 전자가 한 쪽 방향으로 움직여 전류가 증가하기 때문이다.

[문제 2]

제시문 (나)에서 설명된 바와 같이, 고체의 에너지 띠는 전자의 에너지 준위가 아주 미세하게 나뉘어져 있으며 모든 전이 가능한 경우에 대해서 빛을 흡수한다. 따라서 고체의 에너지 띠를 바탕으로 흡수하는 에너지는 다음과 같다.

1. 원자가 띠에서 1번 띠로 전이하는 경우: 1 eV ~ 3 eV
2. 원자가 띠에서 2번 띠로 전이하는 경우: 6 eV ~ 8 eV
3. 1번 띠에서 2번 띠로 전이하는 경우: 4 eV ~ 6 eV

즉, 문제에서 주어진 고체는 1 eV ~ 3 eV 구간과 4 eV ~ 8 eV 구간의 빛을 흡수한다. 이를 파장으로 변환하면 제시문(가)에 따라 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda} \text{ 이므로 } \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

문제의 조건에서 1e V의 에너지를 가지는 빛의 파장을 1240 nm 근사하였으므로 1 eV ~ 3 eV 는 1240 nm ~ 413 nm(Ⅱ 구간), 4 eV ~ 8 eV 는 310 nm ~ 155 nm(Ⅰ 구간)이다. 따라서 A는 155 nm, B는 310 nm, C는 413 nm (또는 413.3 nm, $\frac{1240}{3}$ nm)이다. 그러므로 흡수 구간 (I)은 원자가 띠에서 2번 띠로 전이하는 경우와 1번 띠에서 2번 띠로 전이하는 경우, 이 두 가지 경우를 합쳐서 나타난 것이다.

(I)의 구간은 자외선 영역이고, (II)의 구간은 가시광선 영역 일부와 일부 적외선 영역 일부를 포함하므로 이 고체를 CCD로 이용하기 위해서는 (II)구간의 흡수를 이용하게 된다. 하지만, 이 고체는 310nm ~ 413nm영역의 빛을 흡수하지 못하고, 특히 가시광선 영역 중 380 nm ~ 413 nm 영역의 빛을 흡수하지 못한다. 따라서 무지개 사진을 찍는다면 보라색 영역의 빛을 검출할 수 없다.

▶ 문항카드 7

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B(수학) / 문제 1, 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학I, 수학II, 미적분, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 사인법칙, 수열의 합, 정적분, 음함수 미분법, 삼각함수의 덧셈정리
예상 소요 시간	70분	

2. 문항 및 제시문

제시문 1

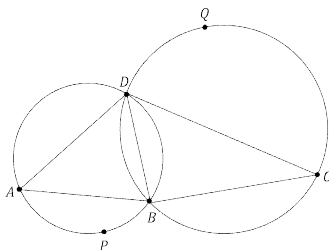
(가) 사인법칙과 코사인법칙을 활용하여 삼각형을 포함한 여러 가지 도형의 문제를 해결할 수 있다.

(나) 수열 $\{a_n\}$ 의 첫째항부터 제 n 항까지의 합 $a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n$ 을 기호 \sum 를 사용하여 $\sum_{k=1}^n a_k$ 와 같

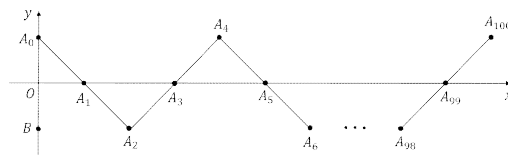
이 나타낼 수 있다. 즉, $a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n = \sum_{k=1}^n a_k$ 이다.

(다) [그림 1]에서 점 P 는 삼각형 ABD 의 외접원 위에 있고 점 Q 는 삼각형 BCD 의 외접원 위에 있다.

(라) [그림 2]는 점 $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{100}, B$ 를 나타낸 것이다. 점 A_n 의 좌표는 $\left(n, \cos \frac{n\pi}{2}\right)$ 이고 점 B 의 좌표는 $(0, -1)$ 이다.



[그림 1]



[그림 2]

문제 1-1

제시문 1의 (다)에서 $\overline{BD} = 2$, $\sin \angle BAD = \frac{1}{2}$, $\sin \angle BCD = \frac{1}{3}$ 일 때 \overline{PQ} 의 값 중 가장 큰 것을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 1-2

제시문 1의 (라)에 주어진 점들에 대하여 삼각형 $BA_{n-1}A_n$ 의 넓이가 a_n 일 때 $\sum_{n=1}^{100} a_n^2$ 을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

제시문 2

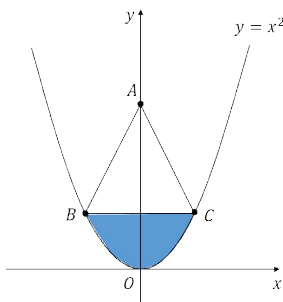
(가) 일반적으로 함수 $y=f(x)$ 가 정의역에 속하는 모든 x 에서 미분가능할 때, 정의역의 각 원소 x 에 미분계수 $f'(x)$ 를 대응시키면 새로운 함수를 얻는다. 이 함수를 함수 $y=f(x)$ 의 도함수라 한다.

(나) 다음은 사인함수와 코사인 함수의 덧셈정리이다.

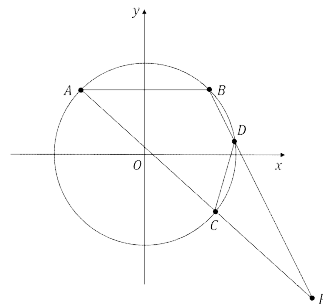
$$\begin{aligned}\sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta\end{aligned}$$

(다) [그림 3]은 곡선 $y=x^2$ 과 점 $A(0, 3)$ 을 나타낸 것이다. 두 점 B 와 C 는 이 곡선 위의 점이고 직선 BC 는 x 축에 평행하다. 색칠한 도형은 직선 BC 와 곡선 $y=x^2$ 으로 둘러싸인 도형이다.

(라) [그림 4]는 중심이 원점 O 이고 반지름이 2인 원을 나타낸 것이다. 원 위에 점 $A(-\sqrt{2}, \sqrt{2})$ 와 $B(\sqrt{2}, \sqrt{2})$ 가 있다. 원 밖의 점 P 에 대하여 선분 AP 와 원의 교점이 C , 선분 BP 와 원의 교점이 D 이다.



[그림 3]



[그림 4]

문제 2-1

제시문 2의 (다)에서 $\angle BAC$ 의 크기가 θ 일 때 색칠한 도형의 넓이를 $S(\theta)$ 라 하자. $\overline{BC} = 2$ 일 때 $\frac{dS}{d\theta}$ 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 2-2

제시문 2의 (라)에서 $\overline{CD} = 2$ 일 때 \overline{AP} 의 값 중 가장 큰 것을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

3. 출제 의도

[문제 1]

삼각함수를 이해하고 사인법칙을 이용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다. 수열의 합을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다.

[문제 2] 정적분을 이해하고 도형의 넓이를 구할 수 있는지 알아본다. 합성함수 미분법과 음함수 미분법을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다. 삼각함수를 이해하고 삼각함수의 덧셈정리를 활용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호 [별책8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 1-1	수학I - (2) 삼각함수 - ㉠ 삼각함수 [12수학 I 02-03] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
문제 1-2	수학I - (3) 수열 - ㉠ 등차수열과 등비수열 [12수학 I 03-02] 등차수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다. 수학I - (3) 수열 - ㉡ 수열의 합 [12수학 I 03-04] Σ 의 뜻을 알고, 그 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. [12수학 I 03-05] 여러 가지 수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다.
문제 2-1	수학II - (3) 적분 - ㉡ 정적분 [12수학 II 03-03] 정적분의 뜻을 안다. [12수학 II 03-04] 다항함수의 정적분을 구할 수 있다. 수학II - (3) 적분 - ㉢ 정적분의 활용 [12수학 II 03-05] 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다. 미적분 - (2) 미분법 - ㉡ 여러 가지 미분법 [12미적02-06] 함수의 몫을 미분할 수 있다. [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다. [12미적02-09] 음함수와 역함수를 미분할 수 있다. 수학I - (2) 삼각함수 - ㉠ 삼각함수

	[12수학 I 02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다.
문제 2-2	수학I - (2) 삼각함수 - ㉠ 삼각함수 [12수학 I 02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. 미적분 - (2) 미분법 - ㉠ 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학I	박교식 외	동아출판	2020	86
	수학I	고성은 외	좋은책신사고	2018	133
	수학II	고성은 외	좋은책신사고	2021	61
	미적분	김원경 외	비상	2020	59, 79, 87
	수학I	권오남 외	교학사	2020	80, 97
	수학I	황선옥 외	미래엔	2020	147
	수학II	황선옥 외	미래엔	2021	136
	미적분	이준열 외	천재교육	2020	65
기타					

5. 문항 해설

[문제 1-1]

삼각함수를 이해하고 사인법칙을 이용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2]

수열을 이해하고 수열의 합을 구할 수 있으며 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-1]

정적분을 이용하여 도형의 넓이를 구할 수 있는지 알아본다. 합성함수 미분법과 음함수 미분법을 이용하여 미분을 구할 수 있는지 알아본다. 삼각함수를 이용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-2]

삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리를 이해하고 이를 이용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

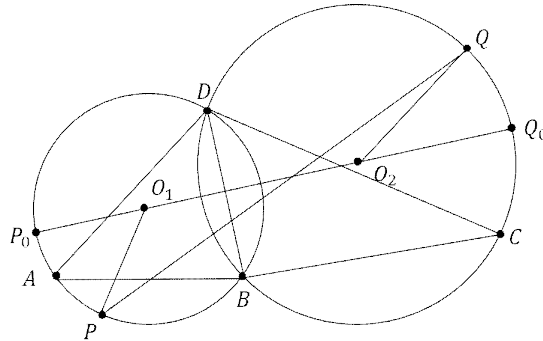
하위 문항	채점 기준	배점
1-1	A+: 정답과 풀이가 맞음 A: 풀이가 모두 맞았으나 마지막 단계에서 사소한 계산 실수가 있음. B+: B와 더불어 $\overline{O_1O_2}$ 를 구함. B: C와 더불어 r_1 과 r_2 를 구함. C: $\overline{P_0Q_0}$ 가 최대의 길이임을 보임. D: $\overline{O_1O_2}$ 를 구함. E: 풀이와 관계있는 의미있는 시도를 함. F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.	10
1-2	A+: 수열의 합을 계산하여 83300을 구함. A: 수열의 합을 계산하였으나 답이 맞지 않음. B+: 넓이의 합을 수열의 합으로 바르게 표현함. B: 수열의 일반항을 구함. 즉 $a_{4k-3} = a_{4k-2} = a_{4k-1} = a_{4k} = 2k-1$ 을 구함. C: $a_1 = a_2 = a_3 = a_4$ 임을 보임. D: $a_1 = a_2$ 또는 $a_3 = a_4$ 또는 $a_2 = a_3$ 임을 보임. E: 삼각형의 넓이 a_k 중 하나를 구함. F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.	15
2-1	A+ : 정답과 풀이가 맞음. A : B+ 와 더불어 $\frac{d\theta}{dx}$ 를 바르게 구함. B+ : B 와 더불어 $x=1$ 일 때 $\sec \frac{\theta}{2}$ 의 값을 구함. B : $\frac{1}{2} \cdot \sec^2 \frac{\theta}{2} \cdot \frac{d\theta}{dx} = \frac{3+x^2}{(3-x^2)^2}$ 을 구함. C : $\tan \frac{\theta}{2} = \frac{x}{3-x^2}$ 를 구함. D : $S = 2x \cdot x^2 - 2 \int_0^x t^2 dt$ 를 구함. E : 풀이와 관계있는 의미있는 시도를 함. F : 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.	20
2-2	A+: 정답과 풀이가 맞음. A: 풀이가 모두 맞았으나 마지막 단계에서 계산 실수가 있음. B+: B와 더불어 $\frac{\pi}{12}$ 에 대한 삼각함수 값을 계산함.	25

<p>B: 문제에서 요구하는 값이 선분 AB를 현으로 하고 원주각이 $\frac{\pi}{12}$인 원의 지름에 해당함을 보임.</p> <p>C: $\angle APB$의 크기가 P의 위치에 관계없이 일정함을 보임.</p> <p>D: 선분 CD, BD 등의 중심각이나 원주각 등 의미 있는 계산을 함.</p> <p>E: 풀이와 관계있는 의미있는 시도를 함.</p> <p>F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음.</p>	
--	--

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

[문제 1-1] 답: $5 + 2\sqrt{2} + \sqrt{3}$

풀이:



삼각형 ABD 의 외접원의 중심 O_1 과 삼각형 BCD 의 외접원의 중심 O_2 를 지나는 직선이 각 원과 만나는 점을 P_0, Q_0 라 하면, $\overline{P_0Q_0}$ 의 길이가 구하고자 하는 값을 보이자.

원 O_1 위의 임의의 점 P 와 원 O_2 위의 임의의 점 Q 에 대하여

$\overline{PO_1} + \overline{O_1O_2} + \overline{O_2Q} = \overline{P_0Q_0}$ 이다. 그런데 $\overline{PQ} \leq \overline{PO_1} + \overline{O_1O_2} + \overline{O_2Q}$ 이므로 $\overline{PQ} \leq \overline{P_0Q_0}$ 이다. 따라서 $\overline{P_0Q_0}$ 가 구하고자 하는 값이다.

원 O_1 과 O_2 의 반지름을 각각 r_1 과 r_2 라 하면 $\overline{P_0Q_0} = r_1 + r_2 + \overline{O_1O_2}$ 이다.

삼각형 ABD 와 BCD 에 사인법칙을 적용하면 $2r_2 \sin \angle BCD = \overline{BD}$, $2r_1 \sin \angle BAD = \overline{BD}$ 가 성립한다. 이로부터 $r_1 = 2$, $r_2 = 3$ 임을 알 수 있다.

선분 O_1O_2 와 선분 BD 의 교점을 H 라 하면, $\overline{BH} = 1$ 이므로, $\overline{O_1H} = \sqrt{3}$, $\overline{O_2H} = 2\sqrt{2}$ 이다. 따라서 $\overline{O_1O_2} = \sqrt{3} + 2\sqrt{2}$ 이다.

그러므로 $\overline{P_0Q_0} = 5 + 2\sqrt{2} + \sqrt{3}$ 이다.

[문제 1-2] 답: 83300

풀이: A_1 이 선분 A_0A_2 의 중점이므로 삼각형 BA_0A_1 과 BA_1A_2 는 넓이가 같다. 즉 $a_1 = a_2$.

A_3 이 선분 A_2A_4 의 중점이므로 삼각형 BA_2A_3 과 BA_3A_4 는 넓이가 같다. 즉 $a_3 = a_4$.

삼각형 BA_1A_2 와 BA_2A_3 은 밑변의 길이가 $\overline{BA_2} = 2$ 이고 높이가 1이다. 즉 $a_2 = a_3 = 1$.

따라서 $a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = 1$ 이다.

같은 이유로 $k = 1, 2, \dots, 25$ 에 대하여 다음이 성립한다.

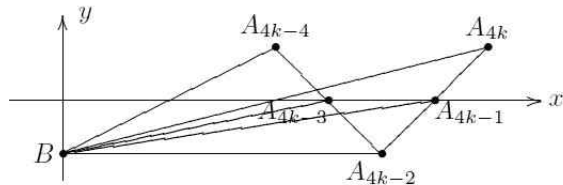
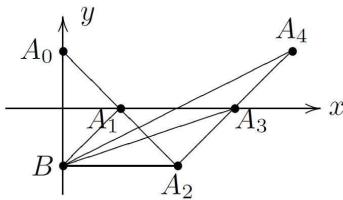
A_{4k-3} 이 $A_{4k-4}A_{4k-2}$ 의 중점이므로 삼각형 $BA_{4k-4}A_{4k-3}$ 과 $BA_{4k-3}A_{4k-2}$ 는 넓이가 같다.

A_{4k-1} 이 $A_{4k-2}A_{4k}$ 의 중점이므로 삼각형 $BA_{4k-2}A_{4k-1}$ 과 $BA_{4k-1}A_{4k}$ 는 넓이가 같다.

삼각형 $BA_{4k-3}A_{4k-2}$ 와 $BA_{4k-2}A_{4k-1}$ 은 밑변의 길이가 $\overline{BA_{4k-2}} = 4k - 2$ 이고 높이가 1이다. 따라서

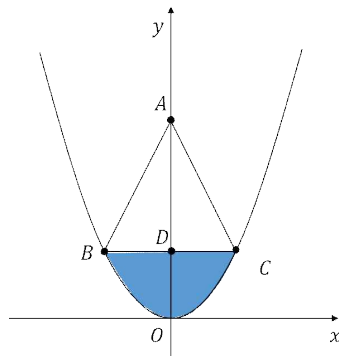
$$a_{4k-3} = a_{4k-2} = a_{4k-1} = a_{4k} = \frac{1}{2} \cdot (4k - 2) \cdot 1 = 2k - 1.$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{100} a_n^2 &= \sum_{k=1}^{25} (a_{4k-3}^2 + a_{4k-2}^2 + a_{4k-1}^2 + a_{4k}^2) = \sum_{k=1}^{25} 4(2k-1)^2 \\ &= \sum_{k=1}^{25} (16k^2 - 16k + 4) = 16 \cdot \frac{25 \cdot 26 \cdot 51}{6} - 16 \cdot \frac{25 \cdot 26}{2} + 4 \cdot 25 \\ &= 83300 \end{aligned}$$



[문제 2-1] 답: $\frac{5}{2}$

풀이:



$\angle BAC$ 의 크기가 θ 일 때 점 C 의 좌표를 (x, x^2) 이라 하자. 그러면

$$S = 2x \cdot x^2 - 2 \int_0^x t^2 dt = 2x^3 - \frac{2}{3}x^3 = \frac{4}{3}x^3$$

이다. $\frac{dS}{d\theta} = \frac{dS}{dx} \frac{dx}{d\theta} = 4x^2 \frac{dx}{d\theta}$ 이다. 선분 AO 와 선분 BC 의 교점을 D 라 하자. 직각삼각형 ADC 에서

$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{x}{3-x^2}$ 이고 양변을 x 에 대하여 미분하여

$$\sec^2 \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{d\theta}{dx} = \frac{3+x^2}{(3-x^2)^2} \text{ 을 얻는다.}$$

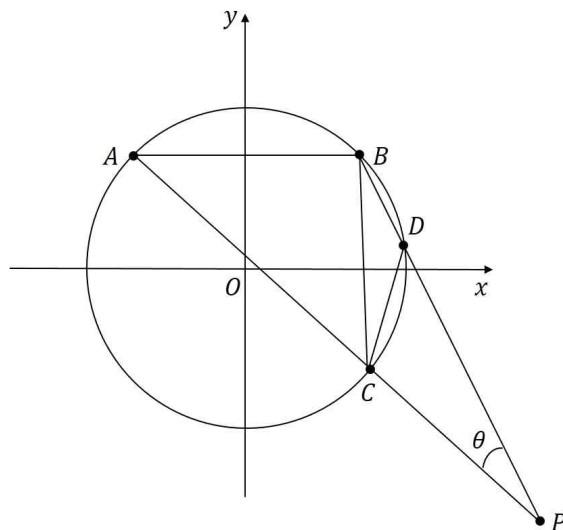
$\overline{BC} = 2$ 일 때 $x = 1$ 이고 이때 $\tan \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2}$ 이고 $\sec \frac{\theta}{2} = \frac{\sqrt{5}}{2}$ 이다.

$x = 1$ 일 때 $\frac{d\theta}{dx} = \frac{8}{5}$ 이므로 $\frac{dx}{d\theta} = \frac{1}{\frac{d\theta}{dx}} = \frac{5}{8}$ 이다.

$\overline{BC} = 2$ 일 때 $\frac{dS}{d\theta} = 4x^2 \frac{dx}{d\theta} = 4 \cdot 1 \cdot \frac{5}{8} = \frac{5}{2}$ 이다.

[문제 2-2] 답: $4 + 4\sqrt{3}$

풀이:



$\angle APB$ 의 크기를 θ 라 하자. $\angle AOB = \frac{\pi}{2}$ 이므로 $\angle ACB = \frac{\pi}{4}$ 이다.

삼각형 BCP 에서 $\angle CBD = \frac{\pi}{4} - \theta$ 이고 따라서 $\angle COD = \frac{\pi}{2} - 2\theta$ 이다.

$\overline{CD} = 2$ 이고 원의 반지름 또한 2이므로 $\angle COD = \frac{\pi}{3}$ 이다.

따라서 $\frac{\pi}{2} - 2\theta = \frac{\pi}{3}$ 이고, $\theta = \frac{\pi}{12}$ 임을 알 수 있다.

$\angle APB = \frac{\pi}{12}$ 인 점 P 는 현 AB 에 대한 원주각이 $\frac{\pi}{12}$ 인 원 위에 있다.

따라서 이 원의 반지름을 r 이라 하면 \overline{AP} 는 이 원의 지름이 될 때 가장 큰 값을 갖는다.

점 P 의 현 AB 에 대한 원주각이 $\frac{\pi}{12}$ 이므로 $r \sin \frac{\pi}{12} = \frac{1}{2} \overline{AB} = \sqrt{2}$ 이다.

삼각함수의 덧셈정리를 이용하여

$$\sin \frac{\pi}{12} = \sin \left(\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{4} \right) = \sin \frac{\pi}{3} \cos \frac{\pi}{4} - \cos \frac{\pi}{3} \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$$

를 얻는다. 따라서

$$r = \sqrt{2} \cdot \frac{4}{\sqrt{6} - \sqrt{2}} = \sqrt{2} (\sqrt{2} + \sqrt{6}) = 2 + 2\sqrt{3}$$

이다. 그러므로 \overline{AP} 의 값 중 가장 큰 것은 $2r = 4 + 4\sqrt{3}$ 이다.

▶ 문항카드 8

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형 고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B (과학_생명과학 I) / 문제 1, 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	염색체, 대립유전자, 감수 분열, 2가 염색체, 돌연변이, 뉴런, 말기집, 휴지 전위, 활동 전위, 흥분 전도
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30분	

2. 문항 및 제시문

(가) 상동 염색체의 같은 위치에는 하나의 형질을 결정하는 대립유전자가 있다. 대립유전자는 A 와 A , D 와 D 처럼 같을 수도 있고, B 와 b , C 와 c , E 와 e 처럼 다를 수도 있다. 부모와 같은 양의 유전 물질을 갖기 위해서는 생식세포를 만들 때에 유전 물질의 양을 절반으로 줄이는 과정이 필요한데, 이러한 과정은 감수 분열로 이루어진다. 감수 분열은 감수 1분열과 감수 2분열로 구분되는 2회의 연속된 분열을 거쳐 일어나며, 그 결과 네 개의 딸세포가 형성된다. 감수 1분열 전기에는 상동 염색체끼리 접합하여 2가 염색체를 형성한다. 말기에는 세포질 분열이 일어나 두 개의 딸세포가 형성된다.

(나) 신호를 전달하지 않는 휴지 상태인 뉴런의 막전위를 휴지 전위라고 한다. 휴지 전위는 일반적으로 $-80 \sim -60 \text{ mV}$ 이다. 뉴런이 휴지 상태일 때 K^+ 은 세포 밖보다 안에 더 많이 분포하고, Na^+ 은 세포 안보다 밖에 더 많이 분포한다. 이와 같은 이온의 불균등 분포에는 $Na^+ - K^+$ 펌프가 관여한다. $Na^+ - K^+$ 펌프는 ATP를 소모하여 Na^+ 을 세포 밖으로 내보내고 K^+ 을 세포 안으로 이동시킨다. 또 세포 안의 K^+ 은 일부 열려 있는 K^+ 통로를 통해 세포 밖으로 일부가 확산하지만, 세포 밖의 Na^+ 은 열려 있는 Na^+ 통로가 매우 적기 때문에 세포 안으로 확산이 거의 일어나지 않는다. 그 결과 세포막 안쪽은 상대적으로 음(-)전하를 띠고 세포막 바깥쪽은 양(+)전하를 띠는데, 이 상태를 분극이라고 한다.

(다) 뉴런이 자극을 받으면 Na^+ 통로가 열려 세포 밖에 있던 Na^+ 이 안으로 확산하여 막전위가 상승하는데, 이를 탈분극이라고 한다. 탈분극에 의한 막전위가 역치 전위를 넘으면 Na^+ 통로가 더 많이 열려 Na^+ 이 대량으로 유입된다. 이에 따라 막전위가 급격히 상승하여 활동 전위가 발생한다. 활동 전위가 진행됨에 따라 Na^+ 통로가 닫히고, 대부분 K^+ 통로가 열려 세포 안에 있던 K^+ 이 세포 밖으로 확산한다. 그 결과 막전위가 급격히 하강하는데, 이를 재분극이라고 한다. 활동 전위가 발생한 부분에서 세포 안으로 유입된 Na^+ 은 옆으로 확산하며, 확산한 부위의 막전위가 역치 전위를 넘으면 Na^+ 통로가 열려 Na^+ 이 대량으로 유입되어 새로운 활동 전위가 발생한다. 이처럼 활동 전위가 축삭 돌기를 따라 연속으로 발생하여 흥분이 전도된다.

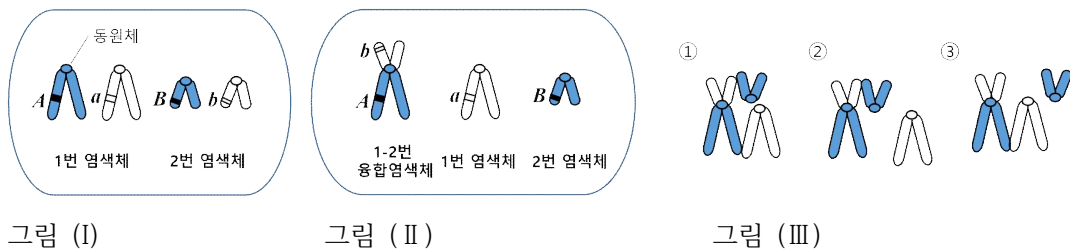
(라) 뉴런은 축삭 돌기가 말이집으로 싸여 있는 말이집 신경과 말이집으로 싸여있지 않은 민말이집 신경으로 구분된다. 말이집은 신호 전달에서 절연체 역할을 한다. 말이집 신경의 축삭 돌기에는 말이집 사이에 말이집으로 싸여있지 않은 부분이 있는데, 이 부분을 랑비에 결절이라고 한다. 말이집 신경에서는 말이집이 절연체 역할을 하므로 말이집에 싸여 있지 않은 랑비에 결절에서만 활동 전위가 발생한다. 말이집 신경에서는 도약전도가 일어나므로 흥분 전도 속도는 말이집 신경이 민말이집 신경보다 빠르다.

문제 1

그림 (I)은 어떤 생물($2n=4$)의 염색체와 각 염색체 상에 존재하는 특정 형질에 대한 대립유전자를 나타내며, A와 a, B와 b는 각각 대립유전자이다. 이 생물에서 1번과 2번 염색체 간에 융합이 일어나 그림 (II)와 같이 융합된 염색체를 가지는 돌연변이체가 생성되었다. 감수 분열 시에 1-2번 융합염색체는 1번 및 2번 염색체와 동시에 2가 염색체를 구성하거나(그림 III-①), 1번이나 2번 염색체 중 한 개 하고만 2가 염색체를 형성한다(그림 III-② 또는 III-③). 2가 염색체를 형성하지 못한 나머지 염색체는 감수 1분열 후기에 무작위적으로 한쪽 극으로 이동하여 딸세포를 형성한다.

(1) 그림 (II) 돌연변이체의 생식세포 형성과정에서 그림 (III-①)과 같이 2가 염색체가 형성되었을 때, 감수 2분열 중기에 나타나는 모든 종류의 세포의 염색체와 대립유전자를 그리시오. (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

(2) 그림 (II) 돌연변이체의 생식세포 형성과정에서 그림 (III-③)과 같이 2가 염색체가 형성되었을 때, 감수 2분열 중기에 나타나는 모든 종류의 세포의 염색체와 대립유전자를 그리시오. 또한 이 경우에 만들어질 수 있는 모든 종류의 생식세포의 특정 형질에 대한 유전자형을 적으시오. (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)



문제 2

다발성 경화증은 항체가 일부 중추 신경계 뉴런의 말이집을 공격하여 손상을 입히는 자가면역질환이다. 말이집 신경의 일부분에서 말이집이 손상되면 새롭게 노출된 축삭 돌기의 막 부위에서 K^+ 의 유출이 증가하지만, 축삭 돌기 말단까지 흥분은 전달된다. 다음은 실험적으로 다발성 경화증을 일으킨 생쥐의 뉴런에서 자극의 세기와 막전위의 관계를 알아본 것이다. 그림 (IV)는 말이집 일부가 손상된 뉴런을 이용한 실험을 보여준다. 손상되기 전 이 뉴런의 휴지 전위는 -70 mV 이며, 활동 전위 발생 시 최대 막전위는 $+35 \text{ mV}$ 이다. (단, 말이집이 손상되어 새롭게 노출된 축삭 돌기 부위에는 Na^+ 통로가 없다고 가정한다.)

(1) 그림 (IV)의 신경 세포체에 여러 세기의 자극을 주고, a, b, c 지점에서 막전위를 측정하였다. 이 세 지점에서의 자극의 세기와 막전위 간의 관계에 대한 예상 그래프를 그림 (V)를 이용하여 각각 그리시오. (역치는 활동 전위가 발생하는 최소한의 자극의 세기이다.)

(2) b 지점과 c 지점의 휴지 전위, 최대 막전위, 역치를 a 지점과 비교하여 답하고, 그렇게 생각하는 이유를 제시문에 근거하여 설명하시오.

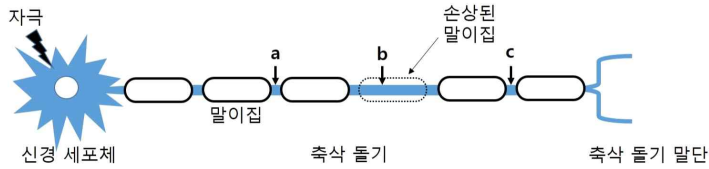


그림 (IV)

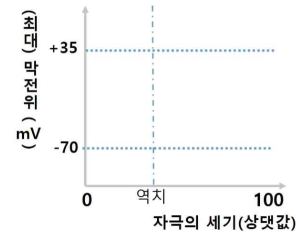


그림 (V)

3. 출제 의도

다음 사항을 알아본다.

- (1) 고등학교 생명과학 과정에서 학습하는 생식세포 형성 과정을 이해하는지를 감수 1분열과 감수 2분열로 구분되는 감수 분열의 과정에 대한 문제를 통해 평가한다. 또한 감수 분열 과정에서 2가 염색체 형성 과정과 상동 염색체 분리에 대한 이해를 바탕으로 주어진 상황에서 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가한다.
- (2) 고등학교 생명과학 과정에서 학습하는 휴지 전위와 활동 전위가 생기는 이유를 이온의 이동과 관련하여 이해하고 있는지, 흥분 전도 과정에 말이집의 기능에 대해 알아보는 실험 과정을 바탕으로 질문하여 휴지 전위와 활동 전위, 뉴런의 흥분에 대한 기전을 이해하는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용교육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
	(가)	(4) 유전 (171쪽) [12생과 I 04-01] 염색체, 유전체, DNA, 유전자의 관계를 이해하고, 염색분체 형성과 분리를 DNA 복제와 세포 분열과 관련지어 설명할 수 있다. [12생과 I 04-02] 생식 세포 형성 과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다.
	(나)	(3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
	(다)	(3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥

		분의 전달을 이해하고 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
	(라)	(3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
하위문항	문제 1	(4) 유전 (171쪽) [12생과 I 04-01] 염색체, 유전체, DNA, 유전자의 관계를 이해하고, 염색분체 형성과 분리를 DNA 복제와 세포 분열과 관련지어 설명할 수 있다. [12생과 I 04-02] 생식 세포 형성 과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다.
	문제 2	(3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학I	김운택 외 4인	동아출판	2018	120, 124
	고등학교 생명과학I	심규철 외 5인	비상	2018	60-61
	고등학교 생명과학I	오현선 외 5인	미래엔	2018	72-74
기타	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]		교육부	2015	170-171

5. 문항 해설

제시문은 유전자와 염색체, 생식세포 형성 과정, 돌연변이와 유전병, 흥분 전도와 전달에 관하여 기술한 것으로 고등학교 생명과학I 교과서에서 다루어지고 있는 내용이며 교육과정 범위에 포함되어 있다.

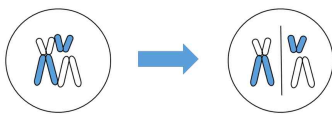
문제 1은 두 개의 염색체가 융합되어 형성된 염색체를 가지고 있는 생물의 감수 분열과정에서 일어날 수 있는 다양한 방법의 2가 염색체 형성과 분리라는 소재를 바탕으로 감수 1분열과 2분열로 구분되는 생식세포 형성 과정에 대해 정확히 알고 있는지를 평가하는 문제이다. 융합된 염색체의 경우 융합되기 전 상동 염색체들과 다양한 방법으로 2가 염색체를 이룰 수 있으며, 이렇게 형성된 2가 염색체는 감수 1분열 과정에서 서로 다른 양극으로 이동하게 된다. 한편, 이 과정에서 상동 염색체를 이루지 못한 염색들은 무작위

적으로 한쪽 극으로 이동하여 딸세포가 형성된다. 이 문제에서는 고등학교 교과과정에서 학습한 생식세포 형성과정 중 감수 1분열 단계에서 상동 염색체의 2가 염색체 구성과 분리가 일어난다는 개념을 주어진 상황에서 응용하여 문제를 해결할 수 있는지 평가하는 것에 주안점을 둔다. 또한 각 상동 염색체의 같은 위치에 대립 유전자들이 존재하여 유전된다는 사실을 바탕으로 염색체와 대립유전자를 그리고 유전자형을 파악할 수 있는지 알아보는 문제이다. 이때 대립유전자는 염색체 상에 존재하므로, 염색체의 형태가 달라지면 유전되는 대립유전자의 조합 또한 달라질 수 있음을 알아야 한다.

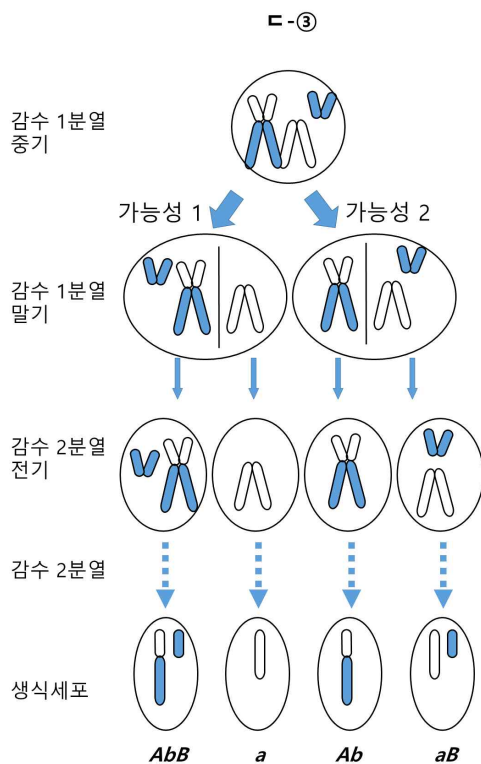
문제에서는 구체적으로 아래와 같이 감수 분열이 일어날 수 있다.

그림 (Ⅲ-①)과 같이 2가 염색체를 형성하는 경우 다음과 같이 감수 분열이 일어난다.

감수 1분열 중기 감수 1분열 말기



한편, 그림 (Ⅲ-③)과 같이 2가 염색체가 형성되었을 때는 아래와 같이 2가 염색체가 분리되므로 가능한 모든 생식세포는 총 4가지이다.



문제 2 는 말이집이 파괴되는 다발성 경화증이라는 병적 상황을 통해 뉴런의 막전위의 형성과 흥분의 전도 과정, 그리고 그 과정에서 말이집의 기능에 대해 정확히 알고 있는지를 평가하는 문제이다. 뉴런의 축삭 돌기의 세포막에는 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프와 K^+ 통로가 존재하여, 이들의 작용으로 뉴런이 휴지 상태일 때 K^+ 은 세포 밖보다 안에 더 많이 분포하고, Na^+ 은 세포 안보다 밖에 더 많이 분포한다. 이렇게 신호를 전달하지

않는 휴지 상태인 뉴런의 막전위를 휴지 전위라고 하며, 휴지 전위는 일반적으로 $-80 \sim -60 \text{ mV}$ 이다. 한편, 뉴런이 자극을 받으면 Na^+ 통로가 열려 세포 밖에 있던 Na^+ 이 안으로 확산하여 막전위가 상승하여 탈분극되는데, 탈분극에 의한 막전위가 역치 전위를 넘으면 Na^+ 통로가 더 많이 열려 Na^+ 이 대량으로 유입되어 막전위가 급격히 상승하여 활동 전위가 발생한다. 활동 전위가 진행됨에 따라 Na^+ 통로가 닫히고, 대부분 K^+ 통로가 열려 세포 안에 있던 K^+ 이 세포 밖으로 확산하여 막전위가 급격히 하강하는데, 이를 재분극이라고 한다. 활동 전위가 발생한 부분에서 세포 안으로 유입된 Na^+ 은 옆으로 확산하며, 확산한 부위의 막전위가 역치 전위를 넘으면 Na^+ 통로가 열려 Na^+ 이 대량으로 유입되어 새로운 활동 전위가 발생한다. 한편, 말미집은 신호 전달에서 절연체 역할을 하며, 말미집 사이에 말미집으로 싸여있지 않은 부분이 있는데, 이 부분을 랑비에 결절이라고 한다. 말미집 신경에서는 말미집이 절연체 역할을 하므로 말미집에 싸여있지 않은 랑비에 결절에서만 활동 전위가 발생하여, 흥분 전도 속도는 말미집 신경이 민말미집 신경보다 빠르다. 문제에서 주어진 다발성 경화증 모델에서는 말미집이 일부 손상되어 있고, 이 축삭 돌기 부위에서는 K^+ 의 유출이 증가하게 된다. K^+ 의 유출은, 이 손상 부위에서 세포 안쪽에서 음전하가 늘어나는 효과를 나타내어 휴지 전위와 활동 전위가 발생할 때, 최대 막전위가 떨어지는 효과를 나타낼 것이다. 그렇지만 한 뉴런에서의 활동 전위는 앞선 랑비엘 결절에서의 활동 전위가 영향을 주므로 활동 전위를 일으키는 역할은 위치에 관계없이 일정하다. 이러한 이해를 바탕으로 그래프를 해석하고 그릴 수 있는 응용 능력을 파악할 수 있다.

문제에서는 구체적으로 아래와 같은 점을 고려하여 평가한다.

- b 지점에서는 a 지점과 비교하여 역치는 변하지 않고 막전위만 낮아짐. 낮아지는 정도에 상관없이 막전위가 낮아진다는 것을 그래프로 표현하면 정답
- a 지점과 c 지점은 동일한 그래프

또한, 아래와 같이 그래프를 그린 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가한다.

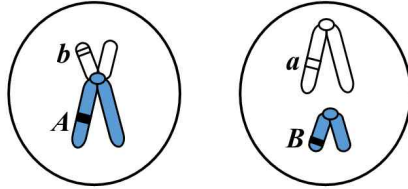
- b 지점에서는 K^+ 의 유출이 증가되어 휴지 전위와 활동 전위 발생 시 최대 막전위가 떨어져 있음을 설명
- b 지점에서의 탈분극은 a 지점에서의 활동 전위에 영향을 받아 일어나는 것이므로 a 지점에서 활동 전위를 유발하는 역치와 동일
- c 지점에서는 Na^+ 통로가 존재하고 전후에 말미집이 존재하여 축삭이 절연되어 있으므로, 휴지 전위, 역치, 최대 막전위 모두 a 지점과 동일
- 자극은 신경 세포체에서만 주어지므로, 단일 신경 세포의 역치는 축삭 부위에 상관없이 일정하다고 표현해도 정답

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	[채점 요소] ※ 2 종류의 감수 2분열 중기 세포의 염색체를 그리고 적절한 대립유전자를 표시하였는가? ※ 4 종류의 감수 2분열 중기 세포의 염색체를 그리고 적절한 대립유전자를 표시하였는가? ※ 4 종류의 생식세포의 유전자형을 올바르게 표시하였는가?	3

[예시 답안]

(1)

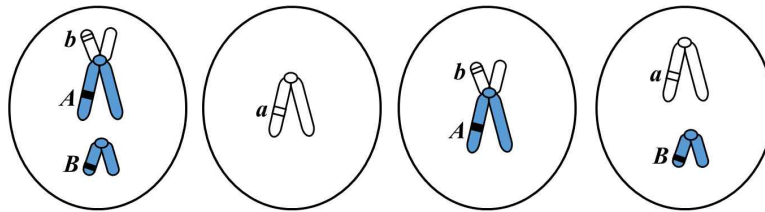
정답



- 그림과 대립유전자가 모두 맞으면 정답
- 염색 분체를 실선으로 그려도 정답

(2)

정답 1



- 그림과 대립유전자가 모두 맞으면 정답
- 염색 분체를 실선으로 그려도 정답

정답 2

ABb , a , Ab , aB

- 유전자형 4개가 모두 맞으면 정답
- 순서는 상관없음. 예를 들어, AbB 또는 BbA 또는 bBA , 모두 정답

[채점 준거]

위 채점 요소의 설명이 모두 옳으면 3점을 부여함. 각 요소별 설명이 옳지 않으면 각각 -1점 감점

염색체 그림

- 그림과 대립유전자가 모두 맞으면 정답
- 염색 분체를 실선으로 그려도 정답

유전자형

- 유전자형 4개가 모두 맞으면 정답
- 순서는 상관없음. 예를 들어, AbB 또는 BbA 또는 bBA , 모두 정답

문제2

[채점 요소]

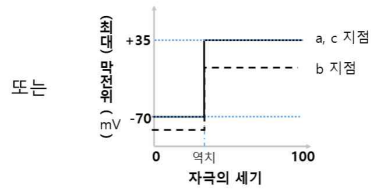
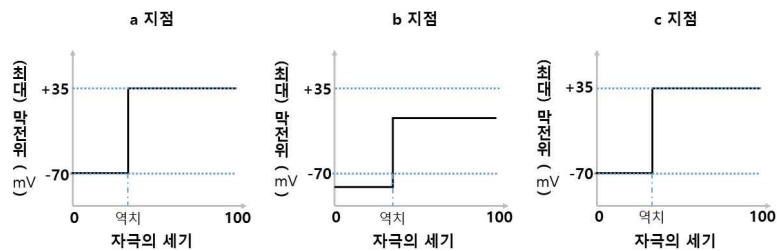
4

- ※ a 지점에서 휴지 전위, 최대 막전위, 역치를 표현하여 자극의 세기와 막전위 간의 관계에 대한 예상 그래프를 정확히 그렸는가?
- ※ b 지점에서 휴지 전위, 최대 막전위, 역치를 표현하여 자극의 세기와 막전위 간의 관계에 대한 예상 그래프를 정확히 그렸는가?
- ※ c 지점에서 휴지 전위, 최대 막전위, 역치를 표현하여 자극의 세기와 막전위 간의 관계에 대한 예상 그래프를 정확히 그렸는가?
- ※ b 지점과 c 지점의 휴지 전위, 최대 막전위, 역치를 a 지점과 비교하여 차이점과 공통점을 정확하게 설명하였는가?

[예시 답안]

(1)

정답



(2)

정답

- b 지점에서는

- ✓ 말미집이 손상되어 K^+ 의 유출이 증가되어 휴지 전위가 떨어진다.
- ✓ 바로 앞 랑비에 결절에 존재하는 Na^+ 통로가 열려 뉴런 안으로 들어온 Na^+ 의 영향으로 양전하(+)가 증가하기는 하지만, 원래 말미집이 있던 자리에는 Na^+ 통로가 존재하지 않으며 K^+ 의 유출이 증가되므로, +35 mV 보다 낮은 최대 막전위로 탈분극이 일어날 것이다.
- ✓ 탈분극이 a 지점에서의 활동 전위에 영향을 받으므로 자극 세기의 역치는 a와 동일하다.

- c 지점에서는

- ✓ 전후에 말미집이 존재하여 축삭이 절연되어 있으므로, 휴지 전위는 a와 동일하다.
- ✓ Na^+ 통로가 존재하여 정상적으로 탈분극이 일어나므로, 역치와 활동 전위 발생 시 최대 막전위는 a 지점과 동일하다.

[채점 준거]

위 채점 요소의 설명이 모두 옳으면 4점을 부여함. 각 요소별 설명이 옳지

않으면 각각 -1점 감점

그래프

- b 지점에서는 a 지점과 비교하여 역치는 변하지 않고 막전위만 낮아짐. 낮아지는 정도에 상관없이 막전위가 낮아진다는 것을 그래프로 표현하면 정답
- a 지점과 c 지점은 동일한 그래프

이유 설명

- b 지점에서는 K^+ 의 유출이 증가되어 휴지 전위와 활동 전위 발생 시 최대 막전위가 떨어져 있음을 설명
- b 지점에서의 탈분극은 a 지점에서의 활동 전위에 영향을 받아 일어나는 것이므로 a 지점에서 활동 전위를 유발하는 역치와 동일
- c 지점에서는 Na^+ 통로가 존재하고 전후에 말미집이 존재하여 축삭이 절연되어 있으므로, 휴지 전위, 역치, 최대 막전위 모두 a 지점과 동일
- 자극은 신경 세포체에서만 주어지므로, 단일 신경 세포의 역치는 축삭 부위에 상관없이 일정하다고 표현해도 정답

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

위와 같이 채점하여

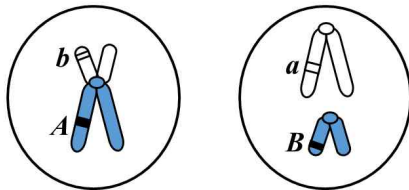
A+: 7점
A : 6점
B+: 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점
F : 0점

7. 예시 답안

문제 1

(1)

정답



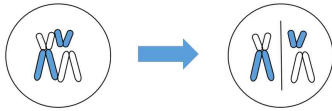
- 그림과 대립유전자가 모두 맞으면 정답
- 염색 분체를 실선으로 그려도 정답

정답 설명

문제에서는 구체적으로 아래와 같이 감수 분열이 일어날 수 있다.

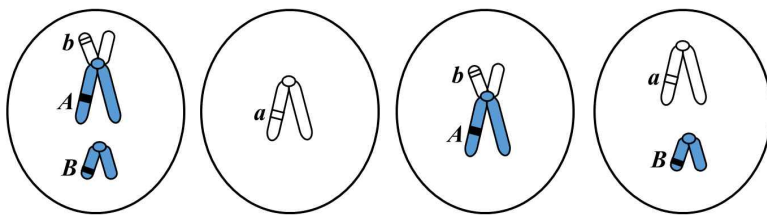
그림 (Ⅲ-①)과 같이 2가 염색체를 형성하는 경우 다음과 같이 감수 분열이 일어난다.

감수 1분열 중기 감수 1분열 말기



(2)

정답 1



- 그림과 대립유전자가 모두 맞으면 정답
- 염색 분체를 실선으로 그려도 정답

정답 2

ABb, a, Ab, aB

- 유전자형 4개가 모두 맞으면 정답
- 순서는 상관없음. 예를 들어, *AbB* 또는 *BbA* 또는 *bBA*, 모두 정답

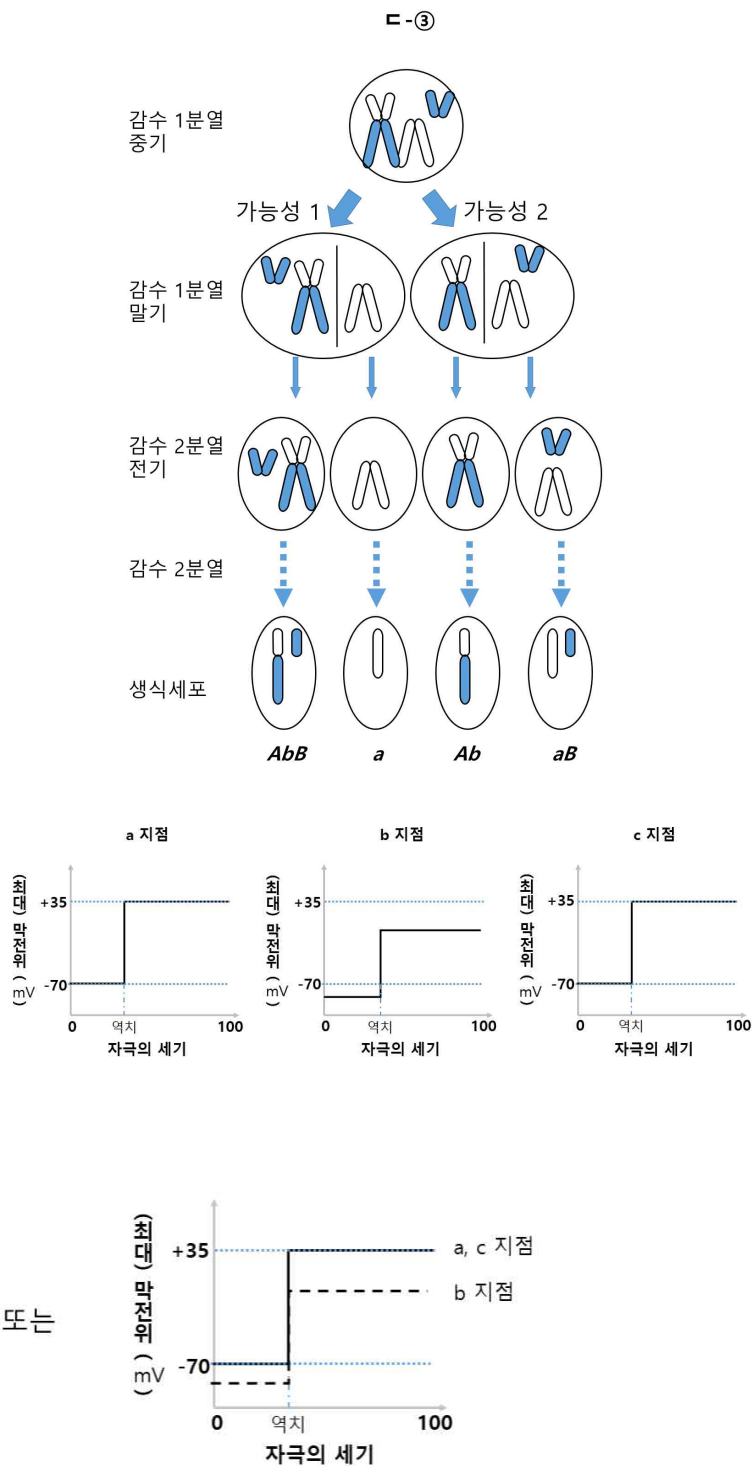
정답 설명

그림 (Ⅲ-③)과 같이 2가 염색체가 형성되었을 때는 아래와 같이 2가 염색체가 분리되므로 가능한 모든 생식 세포는 총 4가지이다.

문제 2

(1)

정답



(2)

정답

- b 지점에서는

- ✓ 말이집이 손상되어 K^+ 의 유출이 증가되어 휴지 전위가 떨어진다.
- ✓ 바로 앞 랭비에 결절에 존재하는 Na^+ 통로가 열려 뉴런 안으로 들어온 Na^+ 의 영향으로 양전하(+)가 증가

하기는 하지만, 원래 말이집이 있던 자리에는 Na^+ 통로가 존재하지 않으며 K^+ 의 유출이 증가되므로, +35 mV 보다 낮은 최대 막전위로 탈분극이 일어날 것이다.

✓ 탈분극이 a 지점에서의 활동 전위에 영향을 받으므로 자극 세기의 역치는 a와 동일하다.

- c 지점에서는

✓ 전후에 말이집이 존재하여 축삭이 절연되어 있으므로, 휴지 전위는 a와 동일하다.

✓ Na^+ 통로가 존재하여 정상적으로 탈분극이 일어나므로, 역치와 활동 전위 발생 시 최대 막전위는 a 지점과 동일하다.

정답 설명

문제에서는 구체적으로 아래와 같은 점을 고려하여 평가한다.

- b 지점에서는 a 지점과 비교하여 역치는 변하지 않고 막전위만 낮아짐. 낮아지는 정도에 상관없이 막전위가 낮아진다는 것을 그래프로 표현하면 정답

- a 지점과 c 지점은 동일한 그래프

또한, 아래와 같이 그래프를 그린 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가한다.

- b 지점에서는 K^+ 의 유출이 증가되어 휴지 전위와 활동 전위 발생 시 최대 막전위가 떨어져 있음을 설명

- b 지점에서의 탈분극은 a 지점에서의 활동 전위에 영향을 받아 일어나는 것이므로 a 지점에서 활동 전위를 유발하는 역치와 동일

- c 지점에서는 Na^+ 통로가 존재하고 전후에 말이집이 존재하여 축삭이 절연되어 있으므로, 휴지 전위, 역치, 최대 막전위 모두 a 지점과 동일

- 자극은 신경 세포체에서만 주어지므로, 단일 신경 세포의 역치는 축삭 부위에 상관없이 일정하다고 표현해도 정답

▶ 문항카드 9

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사 <input type="checkbox"/> 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B (과학_화학) / 문제 1, 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	화학 반응의 양적 관계, 공유 결합 물질, 산염기
예상 소요 시간	30 분	

2. 문항 및 제시문

제시문

(가) 화학 반응식으로부터 화학 반응에 관여하는 물질들의 종류뿐만 아니라 반응물과 생성물 사이의 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응식의 계수비는 각 물질의 몰비와 같으므로 물질의 질량을 몰로 환산하여 계산하면 화학 반응에 참여하는 물질들의 양적 관계를 알 수 있다.

(나) 같은 원소의 원자들은 양성자수가 모두 같지만, 중성자수는 서로 다른 것이 존재하기도 한다. 예를 들어 양성자가 1개인 수소에는 중성자가 없는 수소(${}^1_1\text{H}$)와 중성자가 1개 있는 중수소(${}^2_1\text{H}$), 중성자가 2개 있는 3중 수소(${}^3_1\text{H}$)가 있다. 이와 같이 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원소들을 동위 원소라고 한다. 수소, 중수소, 3중 수소는 모두 전자 수가 1개로 같으므로 화학적 성질이 거의 같다. 그러나 중성자수가 다르므로 질량이 달라 밀도, 녹는점, 끓는점 등 물리적 성질이 다르다. 예를 들면 물의 화학식은 H_2O 인데, 물을 구성하는 수소 원자가 수소(${}^1_1\text{H}$)인 물은 경수, 중수소(${}^2_1\text{H}$)인 물은 중수라고 한다. 중수는 경수보다 밀도가 크고, 끓는점이 높다.

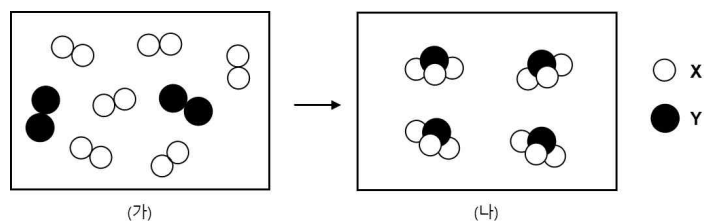
(다) 주기율표는 화학적 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나도록 원소들을 원자 번호 순으로 가로줄과 세로줄에 배열한 분류표이다. 주기율표의 가로줄은 주기이며 1주기부터 7주기까지 있고, 주기율표의 세로줄은 족이며 1족부터 18족까지 있다. 주기율표에서 원소의 위치는 주기와 족에 따라서 결정되며 특히 같은 족 원소들은 화학적 성질이 비슷하다. 아래 표는 주기율표에서 1주기와 2주기 원소와 그 원자량을 나타낸 것이다.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족	족
1 주기	H 1																	He 4
2 주기	Li 7	Be 9											B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	Ne 20

(라) 화학 반응에서 반응물이 생성물로 되는 반응을 정반응, 생성물이 반응물로 되는 반응을 역반응이라고 한다. 온도, 압력, 농도 등의 반응 조건에 따라 정반응과 역반응이 모두 일어날 수 있는 반응을 가역 반응이라고 한다. 한편, 정반응과 역반응의 속도가 같아서 겉으로 보기에 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이는 상태를 동적 평형이라고 한다.

(마) 아레니우스는 수용액에서 수소 이온(H^+ , 양성자라고도 불림)을 내놓는 물질을 산, 수산화 이온(OH^-)을 내놓는 물질을 염기라고 정의하였다. 하지만, 실제로 수소 이온은 수용액에서 홀로 존재하지 않고 물과 결합하여 하이드로늄 이온(H_3O^+)으로 존재한다. 브뢴스테드와 로리는 이러한 문제를 해결할 수 있는 새로운 산과 염기의 정의를 제안하였다. 즉, 다른 물질에 양성자(H^+)를 주는 물질을 산, 다른 물질로부터 양성자(H^+)를 받는 물질을 염기라고 정의하였다. 브뢴스테드·로리 산과 염기의 정의는 아레니우스의 산과 염기의 정의보다 확장된 개념으로 수용액에서 일어나지 않는 반응이나 수산화 이온을 직접 주지 않는 물질에도 적용할 수 있다.

아래 그림에서 (가)는 공유 결합 물질인 기체 X_2 와 Y_2 의 반응하기 전 상태를, (나)는 적절한 조건에서 반응이 완결되어 공유 결합 물질인 기체 YX_3 가 형성된 상태를 나타낸다. X는 1주기 원소이고, Y는 2주기 원소이며, YX_3 의 분자 구조는 삼각뿔형이다. (단, 아래 그림으로 표현한 화학 반응에서 역반응은 일어나지 않는다고 가정한다.)



문제 1

초기 상태 (가)에서 반응물 Y_2 의 양을 1몰로 하고, 반응물 X_2 의 양을 아래 표와 같이 바꾸어 가면서 반응을 진행시켰을 때, 반응이 완결된 후 (나)에서 존재하는 YX_3 의 양을 구하여 아래 표를 완성하십시오.

초기 상태 (가)		반응이 완결된 상태 (나)
X ₂ 의 양(몰)	Y ₂ 의 양(몰)	YX ₃ 의 양(몰)
1	1	
3	1	
5	1	

문제 2

생성물 YX₃의 화학식을 쓰시오. YX₃를 중수(²H₂O)에 용해시켜 동적 평형에 도달하였을 때, 용액 내에 존재하는 ‘Y를 포함하는 물질’에는 중성 분자와 양이온이 있다. 이 중성 분자와 양이온이 가질 수 있는 화학식량의 최댓값을 각각 구하시오. 또한 이 평형 반응에서 중수(²H₂O)는 브뢴스테드·로리 산 또는 염기 중 어느 것으로 작용하는지 제시문에 근거하여 설명하시오. (단, ‘Y를 포함하는 물질’이란 YX₃처럼 화학식에 원소 Y가 포함된 물질을 말한다.)

3. 출제 의도

화학 반응의 기본 원리와 양론적 관계에 대한 이해를 평가하기 위해서, 미지의 반응물과 생성물을 추정하도록 하고, 이를 기반으로 주어진 반응물의 양에 따른 생성물의 양을 계산하도록 함. 수용액에서의 산-염기 평형의 원리를 평가하고자 추정된 생성물이 물에 용해되어 어떠한 분자 또는 이온을 생성되는지 제시하고, 이때 수용액의 액성을 설명하도록 함. 이와 함께 동위원소의 개념에 대한 이해를 확인하고자 중수소가 결합된 중수를 사용하여 평형 도달 시 존재할 수 있는 분자 또는 이온의 최대 화학식량을 구하도록 함.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	(가)	[12화학I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
	(나)	[12화학I02-01] 양성자, 중성자, 전자로 구성된 원소를 원소 기호와 원자 번호로 나타내고, 동위 원소의 존재 비를 이용하여 평균 원자량을 구할 수 있다.

	(다)	[12화학I02-04] 현재 사용되고 있는 주기율표가 만들어지기까지의 과정을 조사하고 발표할 수 있다.
	(라)	[12화학I04-01] 가역 반응에서 동적 평형 상태를 설명할 수 있다.
	(마)	[12화학I04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
하위문항	1	[12화학I01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학I02-04] 현재 사용되고 있는 주기율표가 만들어지기까지의 과정을 조사하고 발표할 수 있다.
	2	[12화학I02-01] 양성자, 중성자, 전자로 구성된 원소를 원소 기호와 원자 번호로 나타내고, 동위 원소의 존재 비를 이용하여 평균 원자량을 구할 수 있다. [12화학I04-01] 가역 반응에서 동적 평형 상태를 설명할 수 있다. [12화학I04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

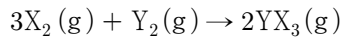
나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	이상권 외	지학사	2018	34-39 57-61 77-83 157-160 168-169
	고등학교 화학 I	장낙한 외	상상 아카데미	2018	40-47 62-66 82-89 160-163 172-174
	고등학교 화학 I	강대훈 외	와이비엠	2018	50-53 71-73 94-99 169-173 181-184

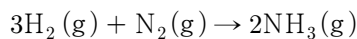
	고등학교 화학 I	홍훈기 외	교학사	2018	38-42 59-61 80-91 147-153 160-164
	고등학교 화학 I	노태희 외	천재교육	2018	30-39 61-64 81-86 159-162 163-172
기타					

5. 문항 해설

그림으로 표현된 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하면 다음과 같다.



1주기 원소 중에서 공유 결합 화합물 X_2 를 형성할 수 있는 원소는 수소뿐이므로 $X = H$ 이며 $X_2 = H_2$ 이다 (He은 비활성 기체이므로 이원자 분자의 형성이 불가능하다). 2주기 원소 중에서 Y의 공유 결합 화합물인 Y_2 를 형성할 수 있는 원소는 N, O, 및 F가 있으며 각각 N_2 , O_2 , 및 F_2 가 가능하다. 그러나 H_2 와 반응하여 삼각뿔형의 구조를 갖는 YH_3 기체를 형성할 수 있는 원소는 질소뿐이므로 $Y = N$ (즉, $Y_2 = N_2$) 이며, $YX_3 = NH_3$ 이다. 따라서 그림으로 주어진 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



[문제1]

주어진 문제에서 역반응은 없다고 가정하였으며, N_2 의 초기 양을 1몰로 고정하고 H_2 의 양을 1, 3, 5몰로 달리하여 반응하였다.

화학 반응식에서 반응물과 생성물의 몰비는 $H_2 : N_2 : NH_3 = 3 : 1 : 2$ 이다.

- (1) H_2 가 1몰인 경우: $H_2 : N_2 : NH_3 = 3 : 1 : 2 = 1 : 1/3 : 2/3$ 이므로 H_2 1몰은 N_2 1/3몰과 반응하여 모두 소모되고 N_2 는 2/3몰이 남으며 NH_3 는 2/3몰이 생성된다.
- (2) H_2 가 3몰인 경우: 반응식의 몰비 처럼 H_2 3몰이 N_2 1몰과 반응하여 모두 소모되며 NH_3 는 2몰이 생성된다.
- (3) H_2 가 5몰인 경우: $H_2 : N_2 : NH_3 = 3 : 1 : 2$ 이므로 H_2 5몰 중에서 3몰은 반응으로 소모되고 2몰이 남으며, N_2 1몰은 모두 반응하여 소모되고 NH_3 는 2몰이 생성된다.

따라서 문제에서 요구하는 표를 완성하면 다음과 같다.

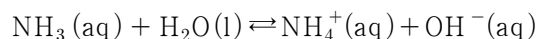
초기 상태 (가)		반응이 완결된 상태 (나)
$X_2(H_2)$ 의 양(몰)	$Y_2(N_2)$ 의 양(몰)	$YX_3(NH_3)$ 의 양(몰)
1	1	2/3
3	1	2
5	1	2

다만, 위 풀이에서 X_2 , Y_2 , YX_3 를 특정하지 않은 상태에서 문제를 풀 수도 있다.

[문제2]

앞서 설명한 바와 같이 YX_3 는 암모니아(NH_3)이다.

암모니아를 물(경수)에 용해시켜 동적 평형에 도달 한 후, 평형 반응식은 다음과 같다.



이 경우에는 ‘질소를 포함하는 물질’ 중에서 중성 분자는 암모니아이며, 양이온은 NH_4^+ 이다. 하지만, 이 문제에서는 중수(2_1H_2O)에 암모니아를 용해시켰기 때문에 동적 평형 상태에서 NH_3 와 NH_4^+ 에 결합하고 있는 수소가 중수소로 차례로 치환될 수 있다. 따라서 중성 분자와 양이온 중에서 최대 화학식량을 갖는 화학종은 각각 $N({}^2_1H)_3$ 와 $N({}^2_1H)_4^+$ 이며 화학식량은 각각 다음과 같다.

$$N({}^2_1H)_3 \quad [\text{화학식량: } 14 + 2 \times 3 = 20]$$

$$N({}^2_1H)_4^+ \quad [\text{화학식량: } 14 + 2 \times 4 = 22]$$

또한, 제시문 (나)에 의하면, 동위 원소는 그 화학적 성질이 거의 같으므로, 브뢴스테드-로리 정의를 따라서 중수소 이온(${}^2_1H^+$)을 내놓는 물질을 산, 중수소 이온을 받는 물질을 염기로 볼 수 있다. 따라서 중수는 암모니아에 중수소 이온을 내어 주므로 산으로 작용한다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

하위 문항	채점 기준	배점
1	주어진 표의 빈칸을 옳게 완성하였는가? - X_2 의 몰수가 1몰인 경우 - X_2 의 몰수가 3몰인 경우 - X_2 의 몰수가 5몰인 경우	1 1 1
2	생성물 YX_3 의 화학식을 제시하였는가? Y를 포함하는 중성 분자의 최대 화학식량을 옳게 제시하였는가? Y를 포함하는 양이온의 최대 화학식량을 옳게 제시하였는가? 중수의 산-염기 여부를 옳게 제시하였는가?	1 1 1 1

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

위와 같이 채점하여

7점 : A+

6점 : A

5점 : B+

4점 : B

3점 : C

2점 : D

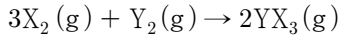
1점 : E

0점 : F

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

[문제1]

그림으로 표현된 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하면 다음과 같다.



주어진 문제에서 역반응은 없다고 가정하였으며, Y_2 의 초기 양은 1몰로 고정하고 X_2 의 초기 양을 1, 3 또는 5몰로 달리하여 반응하였다. 화학 반응식에서 반응물과 생성물의 몰비는 $X_2 : Y_2 : YX_3 = 3 : 1 : 2$ 이다.

- (1) X_2 가 1몰인 경우: $X_2 : Y_2 : YX_3 = 3 : 1 : 2 = 1 : 1/3 : 2/3$ 이므로 X_2 1몰은 Y_2 1/3몰과 반응하여 모두 소모되고 Y_2 는 2/3몰이 남으며 YX_3 는 2/3몰이 생성된다.
- (2) X_2 가 3몰인 경우: 반응식의 몰비 처럼 X_2 3몰이 Y_2 1몰과 반응하여 모두 소모되며 YX_3 는 2몰이 생성된다.
- (3) X_2 가 5몰인 경우: $X_2 : Y_2 : YX_3 = 3 : 1 : 2$ 이므로 X_2 5몰 중에서 3몰은 반응으로 소모되고 2몰이 남으며, Y_2 1몰은 모두 반응하여 소모되고 YX_3 는 2몰이 생성된다. 따라서 문제에서 요구하는 표를 완성하면 다음과 같다.

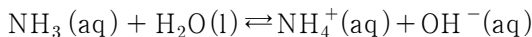
초기 상태 (가)		반응이 완결된 상태 (나)
X_2 의 몰 수	Y_2 의 몰 수	YX_3 의 몰 수
1	1	2/3
3	1	2
5	1	2

다만, 위 풀이에서 X_2 , Y_2 , YX_3 를 각각 H_2 , N_2 , NH_3 으로 특정하여 문제를 풀 수도 있다.

[문제2]

1주기 원소 중에서 공유 결합 화합물 X_2 를 형성할 수 있는 원소는 수소뿐이므로 $X = H$ 즉, $X_2 = H_2$ 이다 (He 는 비활성 기체이므로 이원자 분자의 형성이 불가능하다). 2주기 원소 중에서 Y 의 공유 결합 화합물인 Y_2 를 형성할 수 있는 원소는 N , O , 및 F 가 있으며 각각 N_2 , O_2 , 및 F_2 가 가능하다. 그러나 H_2 와 반응하여 삼각뿔형의 구조를 갖는 YH_3 기체를 형성할 수 있는 원소는 질소뿐이므로 $Y = N$ (즉, $Y_2 = N_2$)이며, $YX_3 = NH_3$ 이다.

암모니아를 물(경수)에 용해시켜 동적 평형에 도달 한 후, 평형 반응식은 다음과 같다.



이 경우에는 ‘질소를 포함하는 물질’ 중에서 중성 분자는 암모니아이며, 양이온은 NH_4^+ 이다. 하지만, 이 문제에서는 중수(2_1H_2O)에 암모니아를 용해시켰기 때문에 동적 평형 상태에서 NH_3 와 NH_4^+ 에 결합하고 있는 수소가 중수소로 차례로 치환될 수 있다. 따라서 중성 분자와 양이온 중에서 최대 화학식량을 갖는 화학종은 각각 $N({}^2_1H)_3$ 와 $N({}^2_1H)_4^+$ 이며 화학식량은 각각 다음과 같다.

$N({}^2_1H)_3$ [화학식량: $14 + 2 \times 3 = 20$]

$N({}^2_1H)_4^+$ [화학식량: $14 + 2 \times 4 = 22$]

또한, 제시문 (나)에 의하면, 동위 원소는 그 화학적 성질이 거의 같으므로, 브뢴스테드·로리 정의를 따라서 중수소 이온(${}^2_1\text{H}^+$)을 내놓는 물질을 산, 중수소 이온을 받는 물질을 염기로 볼 수 있다. 따라서 중수는 암모니아에 중수소 이온을 내어 주므로 산으로 작용한다.

▶ 문항카드 10

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B(과학_물리학) / 문제 1, 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I
	핵심개념 및 용어	시공간, 특수 상대성 이론, 길이 수축
예상 소요 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

제시문

(가) 특수 상대성 이론은 상대 운동을 하는 두 관찰자가 관측하는 자연 현상 사이의 관계를 설명하는 이론이다. 아인슈타인은 특수 상대성 이론을 만들기 위하여 다음의 두 가설을 설정하였다. 첫째, 등속도로 운동하는 관찰자들이 관측하는 자연 현상에 대한 모든 물리 법칙은 동일하다.(상대성 원리) 둘째, 등속도로 운동하는 두 관찰자가 관측하는 빛의 속력은 관찰자의 속도에 관계없이 진공에서는 항상 c 로 같다.(광속 불변 원리)

(나) 상대성 원리와 광속 불변 원리가 성립하기 위해서는 다른 관성계에서 측정한 시간, 길이, 질량과 같은 물리량이 달라야 한다.

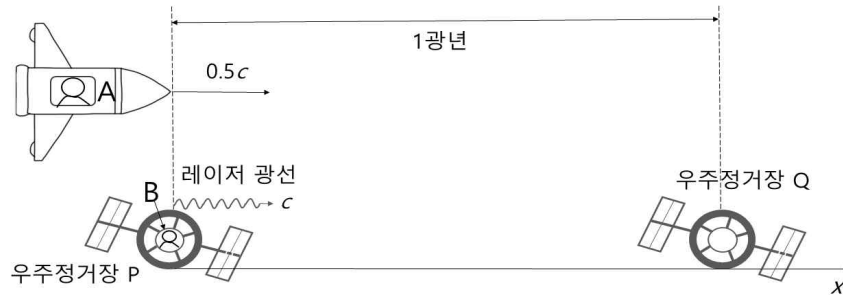
(다) 특수 상대성 이론에서 관측 대상의 두 사건 사이의 시간 간격은 관측자의 운동에 따라 다르게 측정된다. 따라서 관측자와 관측 대상의 상대적인 운동이 없을 때의 시간 간격을 기준으로 삼을 수 있는데, 이를 고유 시간이라고 한다. 관측자를 기준으로 상대적으로 움직이는 대상의 시간 간격은 고유 시간보다 커져서 관측자의 시간보다 느리게 흐르는 것으로 관측되는데, 이를 시간 지연이라고 한다.

(라) 서로 다른 관성계에서 측정하면 시간이 달라질 뿐만 아니라 길이도 달라진다. 측정하고자 하는 물체에 대해 상대적으로 운동하는 관측자가 측정한 물체의 길이가 정지한 관측자가 측정한 길이보다 짧아지는 것을 길이 수축이라고 한다. 길이 수축이 일어나는 정도는 관측자의 상대 속력에 따라 달라진다. 관측자에 대하여 빛 속력의 10 %의 속력으로 운동하는 물체의 길이는 약 0.5 % 줄어들고, 빛 속력의 50 %의 속력으로 운동하는 물체의 길이는 약 14.4 % 줄어든다.

(마) x 축 방향으로 v 의 속도로 직선 운동 하는 물체에 대하여, $x-t$ 그래프의 기울기는 속도 v 를 의미하

며, $x-ct$ 그래프의 기울기는 v/c 를 의미한다. 이때 $x-ct$ 그래프의 양 축을 바꾼 $ct-x$ 그래프는 시공간에서 한 방향으로 움직이는 물체의 자취를 표시하는데 활용된다.

* 두 우주 정거장 P와 Q 사이에서 우주선과 빛이 경주를 벌인다. 두 우주 정거장을 잇는 방향(x 축)과 나란하게 직선 운동 하는 관찰자 A의 우주선이 P를 지나치는 순간, P에 정지해 있는 관찰자 B가 Q를 향하여 레이저 광선을 발사한다. P, Q는 관찰자 B에 대해 정지해 있고, P와 Q 사이의 고유 거리는 1광년이다. (단, 1광년은 빛이 1년 동안 진행한 거리이다.)



문제 1

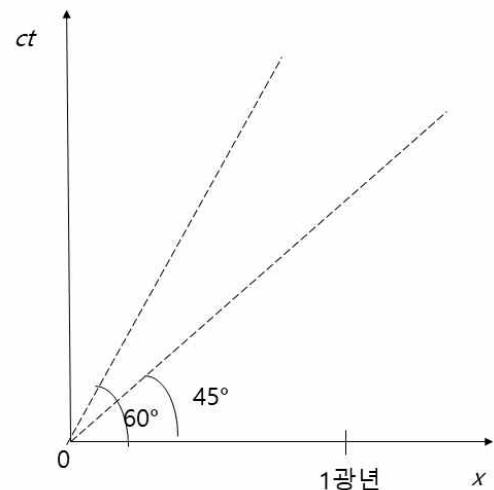
B가 바라볼 때 x 축 방향으로 $0.5c$ 의 일정한 속도로 직선 운동 하는 A 우주선의 자취를 $ct-x$ 그래프에 표시하시오. 이 때 x 축과 이루는 각이 45° 와 60° 인 두 점선을 고려하시오. (단, $\tan 45^\circ = 1$, $\tan 60^\circ = \sqrt{3}$ 이다.) 또한, B가 측정할 때 우주선과 레이저 광선이 각각 Q를 지나는 순간의 시공간상 위치를 $ct-x$ 그래프에 점으로 나타내시오.

문제 2

관찰자 A가 우주 정거장 P와 Q 사이를 경주하는 동안, 관찰자 A가 측정한 Q와 레이저 광선의 자취를 새로운 $ct-x$ 그래프에 표시하고 그렇게 표시한 이유를 제시문에 근거하여 설명하시오.

3. 출제 의도

물리학 I의 첫 단원인 [역학과 에너지]를 구성하는 3개의 중단원 가운데 하나인 <시공간의 이해>는 아인슈타인의 특수 상대성 이론이 밝혀낸 시공간의 모습을 설명하고 있다. 학생들이 시간과 길이와 같은 물리량은 서로 다른 관성계에서 다르게 측정될 수 있음을 이해하고 있는지, 반면에 광속은 서로 다른 관성계에서 동일하기 관측됨을 이해하고 있는지 그래프를 통하여 묻고자 하였다.



4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	(가)-(라)	[12물리I 01-09] 모든 관성계에서 빛의 속도가 동일함을 알고 시간 지연, 길이 수축, 동시성과 관련된 현상을 설명할 수 있다.
	(마)	[12물리I 01-01] 여러 가지 물체의 운동 사례를 찾아 속력의 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다.
하위문항	문제1	[12물리I 01-01] 여러 가지 물체의 운동 사례를 찾아 속력의 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다. [12물리I 01-09] 모든 관성계에서 빛의 속도가 동일함을 알고 시간 지연, 길이 수축, 동시성과 관련된 현상을 설명할 수 있다.
	문제2	[12물리I 01-01] 여러 가지 물체의 운동 사례를 찾아 속력의 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다. [12물리I 01-09] 모든 관성계에서 빛의 속도가 동일함을 알고 시간 지연, 길이 수축, 동시성과 관련된 현상을 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범의 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	김성원 외 5인	지학사	2019	68-76
	물리학 I	곽영직 외 3인	와이비엠	2018	72-86
	물리학 I	송진웅 외 4인	동아출판	2018	64-72
	물리학 I	이상연 외 4인	금성출판사	2018	58-67
	물리학 I	강남화 외 5인	천재교육	2018	66-75
기타					

5. 문항 해설

[문제 1]

한 방향으로 움직이는 물체의 자취는 변위(x)-시간(t) 그래프로 나타낼 수 있다. 이때 기울기가 속도를 의미한다. 광속의 경우 그 크기가 너무 크므로 x-ct 그래프를 사용하면 기울기가 v/c 가 되고, x축과

이루는 각이 45도(기울기 1)인 직선이 빛의 자취가 되어 광속에 가까운 물체의 움직임을 표현하기에 편리하다. 광속 c 와 $0.5c$ 의 속도로 직선 운동하는 물체의 자취를 $x-ct$ (동등하게 $ct-x$) 그래프로 표현하여 이해할 수 있는지 묻는 문항이다.

[문제 2]

특수 상대성 이론의 핵심이 되는 광속 불변 원리와, 관측자에 따라 시간과 길이와 같은 물리량이 다르게 측정됨을 이해하였는지 그래프를 활용해 묻고자 하였다. $0.5c$ 의 속도로 움직이는 관찰자 A에게는 PQ 사이의 거리가 관찰자 B보다 짧게 보인다. 반면 관찰자 B가 볼 때는 관찰자 A의 시계가 느리게 흐르는 것으로 보인다. 하지만 레이저 광선은 두 관측자에게 모두 동일한 속력(광속)으로 움직인다.

6. 채점 기준		
하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	0.5c의 속도로 직선 운동하는 A 우주선의 자취를 올바르게 그래프에 표시하였다.	1
	레이저 광선의 자취가 x축과 45도의 각을 이루는 직선임을 이해하였다.	1
	우주선과 레이저 광선이 Q를 지나는 시공간상의 위치를 바르게 표시하였다.	1
문제 2	관찰자 A에게도 광선의 속도는 변하지 않음을 이해하고, x축과 45도 각을 이루는 직선으로 레이저 광선의 자취를 표시하였다.	1
	제시문(라)에 따라 관찰자 A에게는 PQ의 길이가 14.4% 줄어들어 보이므로, $t=0$ 일 때 Q의 위치를 1광년보다는 짧은 대략 0.86광년의 위치에 표시하였다. (단, 1광년보다 짧은 위치에만 표시하면 점수로 인정함)	1
	관찰자 A에게는 자신은 정지해 있고 Q가 $-0.5c$ 로 다가오는 것으로 보임을 이해하고, 우주 정거장 Q의 자취를 기울기가 -2인 직선으로 표시하였다.	1
	레이저 광선의 자취를 Q가 $x=0$ 에 도달하는 시간까지 표시하였다. 그 외 모든 설명이 논리적으로 제시되었다.	1

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.

※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

배점 당 등급은 다음과 같다.

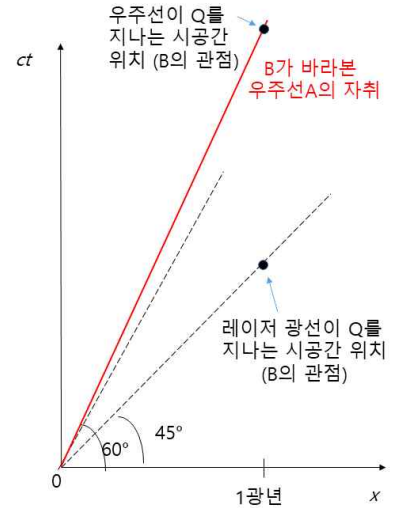
A+ : 7점
A : 6점
B+ : 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점

F : 0점

7. 예시 답안 혹은 정답

문제 1 (관찰자 B의 관점)

ct - x 그래프에서 기울기 $ct/x = c/v$ 이다. 따라서 $v=0.5c$ 를 넣으면 기울기 2를 얻고, 기울기 2인 직선이 관찰자 A가 탄 우주선의 자취가 된다. 빛의 경우에는, 기울기 1을 얻고, x 축과 이루는 각이 45도인 직선이 빛의 자취가 된다. x 축과 이루는 각이 60도인 점선의 경우 기울기가 이므로 기울기 2인 직선은 이보다 다소 가파른 직선으로 표시한다(오른쪽 빨간색 직선). 우주선이 Q를 지나는 순간의 시공간상 위치는 이 직선과 1광년이 만나는 곳의 점으로 표현할 수 있다. 레이저광선이 Q를 지나는 순간의 시공간상 위치는 x 축과 이루는 각이 45도인 점선과 1광년이 만나는 곳의 점으로 표현할 수 있다.



문제 2 (관찰자 A의 관점)

제시문 (라)에 따르면, 관찰자 A는 빛 속력의 50 %의 속력으로 운동하므로 PQ의 거리가 1광년보다 14.4% 줄어든 것으로 보일 것이다. 즉, 관찰자 A에게는 자기는 정지해 있고 우주 정거장 Q가 멀리 1광년보다 짧은 거리로부터 $-0.5c$ 의 속력으로 다가오는 것으로 보일 것이다. 따라서, $t=0$ 일 때 1광년보다 짧은 위치(대략 0.856 광년)에서 출발하여 기울기가 -2인 직선을 따라 관찰자 A가 있는 0의 위치까지 그린 것이 P와 Q 사이를 경주하는 동안 관찰자 A가 본 Q의 자취가 된다(오른쪽 파란색 직선). 다른 한편, 제시문 (가)에 의하면, 빛의 속력은 관찰자에 따라 변하지 않으므로 x 축과 45도를 이루는 직선이 레이저 광선의 자취이다. 이때 $t=0$ 부터 Q가 우주선의 위치인 $x=0$ 에 도달하는 시간까지 45도 직선을 그리면 P와 Q 사이를 경주하는 동안 관찰자 A가 본 레이저 광선의 자취가 된다(오른쪽 빨간색 직선).

