

[첨부 4] 문항카드(논술우수전형 자연계)

4. 논술우수전형 <자연계> : 1교시

4-① [수학1]

1. 일반정보

유 형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)/문항번호	<자연계> : 1교시 / 수학1	
출제범위	교육과정 과목명	미적분 II
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 함수의 최대와 최소
답안 작성 시간	30분 / 전체 100분	

2. 문항 및 자료

[수학1]

다음 <제시문 1> ~ <제시문 3>을 읽고 [수학 1 - i] ~ [수학 1 - iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>
 오른쪽 그림과 같이 $\overline{AD}=3$, $\overline{DC}=2$ 인 직사각형 ABCD 내부에, 점 D를 중심으로 하고 반지름이 2인 사분원 DGC가 놓여있다. 선분 AB 위의 한 점 E에서 선분 AD와 평행하게 그은 선분이 사분원 DGC의 호와 만나는 점을 F라 하자.

<제시문 2>
 성균이는 점 E에서 출발하여 오른쪽 그림과 같이 화살표 방향으로 선분 EF와 호 FC를 거쳐 점 C로 이동하고자 한다. 성균이는 선분 EF 위를 매초 1의 속력으로 움직이고 호 FC 위를 매초 2의 속력으로 이동한다. 성균이가 점 E를 출발하여 제시된 경로를 따라 점 C에 도달하는데 걸리는 시간을 T (초)라 한다.

<제시문 3>
 함수 $f(x)$ 가 닫힌 구간 $[a, b]$ 에서 연속이면 이 구간에서 함수 $f(x)$ 는 최댓값과 최솟값을 가진다.

[수학 1 - i] 선분 AE의 길이가 $\sqrt{3}$ 일 때 <제시문 2>의 T의 값을 구하고 그 이유를 논하시오.

[수학 1 - ii] <제시문 2>의 T의 값이 최소가 되는 선분 AE의 길이를 구하고 그 이유를 논하시오.

[수학 1 - iii] <제시문 2>의 T의 값이 최소가 될 때 도형 ACFG와 도형 EBCF의 넓이를 구하고 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

주어진 상황을 이해하고 이를 수학적으로 표현한 후 관련 수학 내용을 적용하여 원하는 정보를 얻어내는 능력은 이과 과정 전반에 걸쳐 필수적으로 요구되는 능력이다. 본 문제는 제시문을 읽고 주어진 상황을 적절히 수식화 할 수 있는지, 미분을 이용하여 주어진 수식의 최솟값을 구할 수 있는지, 그리고 이를 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하고자 한다. 고교 교과 과정 중 도형의 방정식, 함수의 최대 최소, 삼각함수의 미분 등의 영역에서 출제되었다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문 1	교육과정	[수학 I] - (다) 도형의 방정식 ③ 원의 방정식 원의 방정식을 구할 수 있다. 좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.
	성취기준·성취수준	[수학 I] - (3) 도형의 방정식-(다) 원의 방정식 수학1332-1. 좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 말할 수 있다.
제시문 2	교육과정	[수학 I] - (다) 도형의 방정식 ③ 원의 방정식 원의 방정식을 구할 수 있다. 좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.
	성취기준·성취수준	[수학 I] - (3) 도형의 방정식-(다) 원의 방정식 수학1332-1. 좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 말할 수 있다.
제시문 3	교육과정	[미적분 II] - (다) 미분법 ② 도함수의 활용 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.

	성취기준· 성취수준	[미적분 II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
문제 1- i	교육과정	[미적분 II] - (다) 미분법 ㉔ 도함수의 활용 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
	성취기준· 성취수준	[미적분 II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
문제 1- ii	교육과정	[미적분 II] - (다) 미분법 ㉔ 도함수의 활용 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
	성취기준· 성취수준	[미적분 II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
문제 1- iii	교육과정	[미적분 II] - (다) 미분법 ㉔ 도함수의 활용 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
	성취기준· 성취수준	[미적분 II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.

- ※ 1. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 8] “수학과 교육과정”
 2. 교육과학기술부 발간 「2009 개정 교육과정에 따른 성취기준·성취수준: 고등학교 수학」(교육과학기술부 발간등록번호 11-1341000-002322-01)

나) 자료 출처

교과서 내				
도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
미적분 II	황선욱 외	좋은책 신사고	2017.3.1.	83-84, 115-120
미적분 II	김창동 외	교학사	2016.3.1.	95-97, 133-141
미적분 II	김원경 외	비상교육	2016.3.1.	81-86, 115-119

5. 문항 해설

본 문제는 가장 효율적인 동선을 찾는 문제를 함수의 최솟값을 찾는 문제로 수식화 하고 미분을 이용하여 그 최솟값을 찾아낼 수 있는지, 그리고 이를 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[1- i] 삼각함수를 이용하여 삼각형의 변의 길이를 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[1- ii] 주어진 상황을 수식화하여 함수 관계로 표현할 수 있는지, 미분법을 이용하여 이러한 함수의 최솟값을 구할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[1- iii] 삼각형, 사각형, 부채꼴 등 도형의 관계를 이용하여 주어진 도형의 넓이를 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1- i	T 의 값을 구할 수 있다.	5점
1- ii	T 의 식을 유도 할 수 있다.	8점
	미분법을 활용하여 T 의 최솟값의 위치를 구할 수 있다.	5점
	\overline{AE} 의 길이를 구할 수 있다.	2점
1- iii	도형 EBCF의 넓이를 구할 수 있다.	5점
	도형 AEFG의 넓이를 구할 수 있다.	5점

7. 예시 답안

[수학 1- i]

각 FDC를 x 라 두면, 문제의 조건에서

$$\cos x = \sqrt{3}, \text{ 즉 } x = \frac{\pi}{6}$$

따라서

$$T = \frac{2}{1} + \frac{2 \cdot \pi/6}{2} = 2 + \frac{\pi}{6}.$$

[수학 1- ii]

점 F에서 선분 DC에 내린 수선의 발을 H라 하고, $\angle FDC$ 를 x ($0 \leq x \leq \frac{\pi}{2}$)라 하자.

선분 EF의 길이=선분 EH의 길이 - 선분 FH의 길이

$$= 3 - 2\sin x,$$

이고 호 FC의 길이는 $2x$ 이므로

$$T = \frac{3 - 2\sin x}{1} + \frac{2x}{2} = 3 - 2\sin x + x$$

$$T'(x) = 1 - 2\cos x \text{ 이고, } T'(x) = 0 \text{ 에서 } x = \frac{\pi}{3}$$

함수 T 의 증감을 표로 나타내면

x	0	...	$\pi/3$...	$\pi/2$
$T'(x)$		-	0	+	
$T(x)$		\searrow	$T(\pi/3)$	\nearrow	

따라서 T 는 $x = \pi/3$ 에서 최솟값을 가지고, 이때 선분 AE의 길이는

$$\overline{AE} = 2 \cos \frac{\pi}{3} = 1.$$

[수학 1-iii]

[수학 1-ii]의 결과에 의해 T 의 값이 최소가 될 때 $\angle FDC = \frac{\pi}{3}$ 이므로

도형 FCH의 넓이 = 부채꼴DFC의 넓이 - 삼각형 DFH의 넓이

$$\begin{aligned} &= 2 \cdot \frac{\pi}{3} - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{3} \\ &= \frac{2\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2} \end{aligned}$$

이를 이용하면,

도형 EBCF의 넓이 = 직사각형 EBCH의 넓이 - 도형 FCH의 넓이

$$= 3 - \frac{2\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2},$$

도형 AEFGB의 넓이 = 도형 ABCGB의 넓이 - 도형 EBCF의 넓이

$$\begin{aligned} &= 6 - \pi - \left(3 - \frac{2\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \\ &= 3 - \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2}. \end{aligned}$$

4-② [수학2]

1. 일반정보

유 형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)/문항번호	<자연계> : 1교시 / 수학2	
출제범위	교육과정 과목명	확률과 통계
	핵심개념 및 용어	경우의 수, 조건부확률, 수열의 극한
답안 작성 시간	30분 / 전체 100분	

2. 문항 및 자료

[수학2]

다음 <제시문1> ~ <제시문4>를 읽고 [수학 2 - i] ~ [수학 2 - iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

사건 A, B 에 대하여 사건 B 가 일어났을 때, 사건 A 가 일어날 확률을 사건 B 가 일어났을 때의 사건 A 의 조건부확률이라 하고, 기호로 $P(A|B)$ 와 같이 나타낸다. 사건 B 가 일어났을 때의 사건 A 의 조건부확률은 $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$ (단, $P(B) \neq 0$)을 만족한다.

<제시문 2>

어떤 사건 A 에 대하여 A 가 일어나지 않는 사건을 A 의 여사건이라 하고, 기호로 A^C 와 같이 나타낸다. 두 사건 A 와 B 에 대하여 $P(B) = P(A \cap B) + P(A^C \cap B)$ 가 항상 성립한다.

<제시문 3>

$g(n)$ 과 $h(n)$ 이 n 에 대한 다항식일 때, $\frac{g(n)}{h(n)}$ 을 n 에 대한 유리식이라 한다. (단, $h(n) \neq 0$.)

<제시문 4>

자연수 n 에 대하여 그림과 같이 <상자1>에는 1부터 $6n$ 까지의 자연수가 적힌 $6n$ 장의 카드가 있고 <상자2>에는 2부터 $6n$ 까지의 짝수가 적힌 $3n$ 장의 카드가 있다.

<상자 1>



<상자 2>



[수학 2 - i] <제시문4>의 <상자1>에서 임의로 뽑은 두 카드에 적힌 수의 합이 짝수일 확률을 n 에 대한 유리식으로 나타내고 그 이유를 논하시오. (단, 뽑는 순서는 고려하지 않는다.)

[수학 2 - ii] <제시문4>의 <상자1>에서 임의로 뽑은 두 카드에 적힌 수의 곱이 6의 배수일 확률을 n 에 대한 유리식으로 나타내고 그 이유를 논하시오. (단, 뽑는 순서는 고려하지 않는다.)

[수학 2 - iii] <제시문4>의 <상자1>에서 임의로 뽑은 두 카드에 적힌 수의 곱이 6의 배수일 때, 이 두 수의 합이 짝수일 확률을 n 에 대한 유리식으로 나타내고 그 이유를 논하시오. (단, 뽑는 순서는 고려하지 않는다.)

[수학 2 - iv] <제시문4>의 <상자1>과 <상자2> 중 임의로 한 상자를 골라 그 안에서 임의로 뽑은 두 카드에 적힌 수를 곱했더니 6의 배수가 되었다. 이 때 카드를 뽑은 상자가 <상자1>일 확률을 $f(n)$ 이라 했을 때 $\lim_{n \rightarrow \infty} f(n)$ 의 값을 구하고 그 이유를 논하시오. (단, 뽑는 순서는 고려하지 않는다.)

3. 출제 의도

경우의 수를 구하는 것은 수학에서 뿐만 아니라 실생활에서도 많이 응용되는 유용한 방법이다. 경우의 수를 통해 확률을 분석하는 것은 고교과정에 배우는 확률과 통계 단원에서 가장 기본이 된다. 조건부확률은 주어진 상황에서 벌어질 수 있는 사건의 확률 분석하는 방법이다. 조건부확률은 가정이 있을 때 이를 이용하면 기존의 확률보다 더 정확한 확률을 얻어낼 수 있는 중요한 개념이다. 본 문제에서는 경우의 수를 이용하여 사건을 분석하고 조건부확률을 계산할 수 있는 능력을 파악한다. 또한 간단한 수열의 극한을 계산하는 능력을 점검한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문 1	교육과정	[확률과 통계] - (나) 확률 - ② 조건부확률 ① 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[확률과 통계] - (나) 확률 - (나) 조건부확률 확통1221. 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.
제시문 2	교육과정	[확률과 통계] - (나) 확률 - ① 확률의 뜻과 활용 ④ 여사건의 확률의 뜻을 알고, 이를 활용할 수 있다.

	성취기준· 성취수준	[확률과 통계] - (2) 확률 - (가) 확률의 뜻과 활용 확통1214. 여사건의 확률의 뜻을 알고, 이를 활용할 수 있다.
제시문 3	교육과정	[수학 1] - (가) 다항식 - ㉠ 다항식의 연산 ① 다항식의 덧셈과 뺄셈을 할 수 있다.
	성취기준· 성취수준	[수학 1] - (1) 다항식 - (가) 다항식의 연산 수학1111. 다항식의 덧셈과 뺄셈을 할 수 있다.
문제 2- i	교육과정	[확률과 통계] - (나) 확률 - ㉠ 확률의 뜻과 활용 ① 통계적 확률과 수학적 확률의 의미를 이해한다.
	성취기준· 성취수준	[확률과 통계] - (2) 확률 - (가) 확률의 뜻과 활용 확통1211/1211. 통계적 확률, 수학적 확률의 의미와 확률의 기본 성질을 이해한다.
문제 2- ii	교육과정	[확률과 통계] - (나) 확률 - ㉠ 확률의 뜻과 활용 ① 통계적 확률과 수학적 확률의 의미를 이해한다.
	성취기준· 성취수준	[확률과 통계] - (2) 확률 - (가) 확률의 뜻과 활용 확통1211/1211. 통계적 확률, 수학적 확률의 의미와 확률의 기본 성질을 이해한다.
문제 2- iii	교육과정	[확률과 통계] - (나) 확률 - ㉠ 확률의 뜻과 활용 ① 통계적 확률과 수학적 확률의 의미를 이해한다.
	성취기준· 성취수준	[확률과 통계] - (2) 확률 - (가) 확률의 뜻과 활용 확통1211/1211. 통계적 확률, 수학적 확률의 의미와 확률의 기본 성질을 이해한다.
문제 2- iv	교육과정	[확률과 통계] - (나) 확률 - ㉡ 조건부확률 ① 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.
	성취기준· 성취수준	[확률과 통계] - (나) 확률 - (나) 조건부확률 확통1221. 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.

- ※ 1. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 8] “수학과 교육과정”
 2. 교육과학기술부 발간 「2009 개정 교육과정에 따른 성취기준·성취수준: 고등학교 수학」(교육과학기술부 발간등록번호 11-1341000-002322-01)

나) 자료 출처

교과서 내				
도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
확률과 통계	황선욱 외	좋은책 신사고	2016	76-78
확률과 통계	이강섭 외	미래엔	2017	73-77
확률과 통계	이강섭 외	미래엔	2017	10-20

5. 문항 해설

[수학 2- i , ii] 경우의 수를 구하여 확률을 계산하는 능력을 평가하는 문제이다.

[수학 2- iii, iv] 경우의 수를 구하여 조건부확률을 계산하는 능력을 평가하는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
2- i	경우의 수를 이용해 확률을 구한다.	5점
2- ii	경우의 수를 이용해 확률을 구한다.	5점
2- iii	두 수의 곱이 6의 배수이고 합이 짝수일 확률을 구한다.	5점
	조건부확률을 구한다.	5점
2- iv	<상자2>를 고르고 두 수의 곱이 6의 배수일 확률을 구한다.	5점
	조건부확률의 극한값을 구한다.	5점

7. 예시 답안

[2- i]

두 수의 합이 짝수이려면 두 수가 모두 짝수이거나 모두 홀수이어야 한다. 짝수와 홀수는 각각 $3n$ 개가 있으므로 두 수가 모두 짝수 또는 모두 홀수인 경우의 수는 ${}_{3n}C_2 + {}_{3n}C_2$ 이다. 따라서 확률은

$$\frac{{}_{3n}C_2 + {}_{3n}C_2}{{}_{6n}C_2} = \frac{3n-1}{6n-1} \text{이다.}$$

[2- ii]

두 수의 곱이 6의 배수이려면 적어도 하나가 6의 배수이거나, 둘 다 6의 배수가 아니고 하나는 2의 배수이며 다른 하나는 3의 배수가 되어야 한다. 첫 번째 사건의 경우의 수는 ${}_{6n}C_2 - {}_{5n}C_2$ 이고 두 번째 사건의

경우의 수는 $(3n-n)(2n-n) = 2n^2$ 이다 따라서 확률은 $\frac{{}_{6n}C_2 - {}_{5n}C_2 + 2n^2}{{}_{6n}C_2} = \frac{15n-1}{36n-6}$ 이다.

[2- iii]

두 수의 곱이 6의 배수인 사건을 A 라 하고 두 수의 합이 짝수인 사건을 B 라 하자. 그러면 $A \cap B$ 는 두 수가 모두 짝수이며 적어도 하나가 3의 배수인 사건과 같다. 이러한 사건의 경우의 수는 ${}_{3n}C_2 - {}_{2n}C_2$ 이므로

$P(A \cap B) = \frac{{}_{3n}C_2 - {}_{2n}C_2}{{}_{6n}C_2} = \frac{5n-1}{36n-6}$ 이다. [2- ii]에서 $P(A) = \frac{15n-1}{36n-6}$ 이므로 답은

$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \frac{5n-1}{15n-1}$ 이 된다.

[2-iv]

<상자1>을 고르는 사건을 X 라 하고 임의로 고른 상자에서 뽑은 두 카드에 적힌 수의 곱이 6의 배수인 사건을 Y 라 하자. 그러면 $P(X|Y) = \frac{P(X \cap Y)}{P(Y)} = \frac{P(X \cap Y)}{P(X \cap Y) + P(X^c \cap Y)}$ 을 만족한다. [2-ii]로부터

$P(X \cap Y) = \frac{1}{2} \cdot \frac{15n-1}{36n-6} = \frac{15n-1}{72n-12}$ 을 얻는다. <상자2>에서 뽑은 카드에 적힌 두 수의 곱이 6의 배수이면 적어도 하나가 3의 배수이면 된다. 따라서 $P(X^c \cap Y) = \frac{1}{2} \cdot \frac{{}^{3n}C_2 - {}^{2n}C_2}{{}^{3n}C_2} = \frac{5n-1}{18n-6}$ 이고

$$f(n) = \frac{\frac{15n-1}{72n-12}}{\frac{15n-1}{72n-12} + \frac{5n-1}{18n-6}} \text{ 이므로 } \lim_{n \rightarrow \infty} f(n) = \frac{\frac{15}{72}}{\frac{15}{72} + \frac{5}{18}} = \frac{3}{7} \text{ 을 얻는다.}$$

4-③ [물리 I]

1. 일반정보

유 형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)/문항번호	<자연계> : 1교시 / 물리 I	
출제범위	교육과정 과목명	물리 I
	핵심개념 및 용어	평균 속도, 가속도, 유체에서의 압력
답안 작성 시간	40분 / 전체 100분	

2. 문항 및 자료

[물리 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [물리 I - i] ~ [물리 I - ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>
어떤 물체가 시간 Δt 동안 변위 Δs 를 이동했다. 걸린 시간에 대한 변위의 비를 평균 속도 $v_{\text{평균}}$ 이라고 한다. $v_{\text{평균}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

<제시문2>
시각 $t=0$ 에 처음 속도 v_0 로 출발한 물체가 일정한 가속도 a 로 움직이면, 시간 t 후에 물체의 속도 v 는 $v = v_0 + at$ 이다. 이 시간 동안 물체의 변위 s 는 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 이다.

<제시문3>
밀도가 ρ 인 액체는 깊이 h 인 지점에서 액체의 무게에 의해 ρgh 의 압력을 받는다.(단, g 는 중력 가속도이다.)

[물리 I - i] 직선상의 평평한 도로를 따라 달리는 자동차가 있다.

(가) 전체 이동 시간의 절반은 평균 속도 v_1 으로, 전체 이동 시간의 나머지 절반은 평균 속도 v_2 로 이동했다고 한다. 전체 구간에 대해 자동차의 평균 속도 v 를 구하고 그 근거를 제시하시오. (단, $v_1 > 0, v_2 > 0$ 이다.)

(나) 처음 절반의 거리는 평균 속도 v_1 으로, 나머지 절반의 거리는 평균 속도 v_2 로 이동했다고 한다. 전체

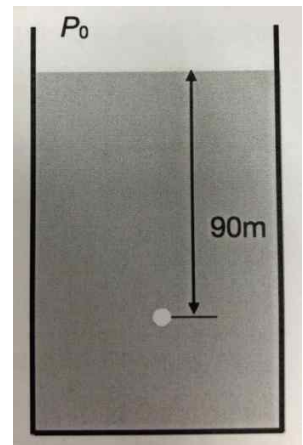
구간에 대해 자동차의 평균 속도 v 를 구하고 v 와 $2v_1$ 의 크기를 비교해 논하시오. (단, $v_1 > 0, v_2 > 0$ 이다.)

(다) 정지한 상태에서 출발해서 전체 이동 시간의 절반은 일정한 가속도 a 로, 전체 이동 시간의 나머지 절반은 일정한 가속도 $-a$ 로 이동했다고 한다. 전체 구간에 대한 자동차의 평균 속도 v 를 a 와 전체 이동 시간 T 를 이용해 표시하고 그 근거를 제시하시오. (단, $a > 0$ 이다.)

(라) 정지한 상태에서 출발해서 처음 절반의 거리는 일정한 가속도 a 로, 나머지 절반의 거리는 일정한 가속도 $-a$ 로 이동했다고 한다. 전체 구간에 대한 자동차의 평균 속도 v 를 a 와 전체 이동 거리 L 을 이용해 표시하고 그 근거를 제시하시오. (단, $a > 0$ 이다.)

[물리 I - ii]

그림과 같이 부피가 1cm^3 인 이상기체 방울이 물이 담긴 커다란 수조 안에서 수면으로부터 거리 90m 인 위치에 있다. 수면에서의 대기압은 1기압이며, 이상기체와 물의 온도는 같으며 항상 일정하다고 가정하자. 온도가 일정한 경우 이상기체의 압력 P 는 부피 V 에 반비례함(즉, $PV = \text{일정}$)을 이용해서, 기체 방울의 위치가 변해 방울의 부피가 5cm^3 로 되었을 때 수면으로부터 이상기체 방울이 있는 곳까지의 거리를 구하고 그 근거를 논하시오. (단, 물의 밀도는 $1 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 중력 가속도는 $g = 10\text{m/s}^2$, 1기압은 $P_0 = 1 \times 10^5\text{N/m}^2$ 이다.)



3. 출제 의도

평균 속도와 가속도에 대한 이해를 기반으로 물체의 운동에 대한 실제 현실에서 일어날 수 있는 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가한다. 또한, 물 안에서 압력이 수면으로부터의 거리에 따라 어떻게 변하는 지를 이용해 물속 기체 방울의 부피 변화를 이해할 수 있는지를 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 교육과학기술부 고시 제2009-41호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”		
성취기준 /	제시문 1,	교육과정	(1) 시공간과 우주

영역별 내용	제시문 2	문서	(가) 시간, 공간, 운동 ③ 속도, 가속도의 개념을 이해하고, 이를 바탕으로 1차원 등가 속도 운동을 이해한다.
		교육과정 해설서	앞에서 학습한 공간과 시간에 대한 개념을 이용하여 1차원에서 이동거리, 속도, 가속도 등의 개념 사이의 운동학적인 관계를 알게 하고, 운동관계 그래프와 다양한 실생활의 예를 통해 등가속도 직선운동을 이해하게 한다.
	제시문 3	교육과정 문서	(4) 에너지 (나) 힘과 에너지의 이용 ③ 유체에서 아르키메데스 법칙과 파스칼 법칙을 이해하고, 실생활과 산업에 대한 이용을 안다.
		교육과정 해설서	깊이에 따른 유체의 압력 변화를 정량적으로 알게 하고, 이로부터 유체 속에 있는 물체에 작용하는 부력의 크기와 비중의 개념을 정량적으로 알게 한다. 파스칼의 원리를 알게 하고, 이를 바탕으로 유체를 이용하여 큰 힘을 얻는 장치의 작동원리를 이해하게 한다. 실생활에서 부력과 유체의 압력을 이용한 다양한 응용에 대해 알게 한다.
	문제 I - i	교육과정 문서	(1) 시공간과 우주 (가) 시간, 공간, 운동 ③ 속도, 가속도의 개념을 이해하고, 이를 바탕으로 1차원 등가 속도 운동을 이해한다.
		교육과정 해설서	공간과 시간에 대한 개념을 이용하여 1차원에서 이동거리, 속도, 가속도 등의 개념 사이의 운동학적인 관계를 알게 하고, 운동관계 그래프와 다양한 실생활의 예를 통해 등가속도 직선운동을 이해하게 한다.
	문제 I - ii	교육과정 문서	(4) 에너지 (나) 힘과 에너지의 이용 ③ 유체에서 아르키메데스 법칙과 파스칼 법칙을 이해하고, 실생활과 산업에 대한 이용을 안다.
		교육과정 해설서	깊이에 따른 유체의 압력 변화를 정량적으로 알게 하고, 이로부터 유체 속에 있는 물체에 작용하는 부력의 크기와 비중의 개념을 정량적으로 알게 한다. 파스칼의 원리를 알게 하고, 이를 바탕으로 유체를 이용하여 큰 힘을 얻는 장치의 작동원리를 이해하게 한다. 실생활에서 부력과 유체의 압력을 이용한 다양한 응용에 대해 알게 한다.

나) 자료 출처

교과서 내				
도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
물리 I	김영민 외	교학사	2016	35~36, 324
물리 I	곽성일 외	천재교육	2016	28~31, 280~282

5. 문항 해설

[물리 I - i]은 물체의 운동에서, 시간, 변위, 그리고 평균 속도의 개념을 이해하고 있는 지를 묻는 문제이다. 고등학교 교육과정인 “시간, 공간, 운동”단원에서 배운 내용, 특히 평균 속도, 그리고 일정한 가속도를 가진 물체의 운동에 대한 이해를 적용하여 문제를 해결할 것을 요구하고 있다. [물리 I - ii]는 유체 안에서 깊이에 따라 유체의 압력이 어떻게 변하는 지를 이해하고 이를 이용하여 유체 안의 기체 방울의 깊이에 따른 부피의 변화를 묻는 문제이다. 고등학교 교육과정인 “에너지의”단원에서 다루는 내용을 바탕으로 출제되었다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
[물리I-i] (가)	$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$	평균속도를 올바르게 제시함	5점
[물리I-i] (나)	$v = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$	처음 절반과 나중 절반의 운동시간을 계산해서 평균 속도를 올바르게 제시함	5점
	$v < 2v_1$	위에서 구한 평균속도 v 와 $2v_1$ 의 크기를 바르게 비교함	5점
[물리I-i] (다)	$v = \frac{1}{4}aT$	각 구간의 이동거리를 올바르게 구해서 전체 구간의 평균속도를 유도함. 혹은 각 구간의 평균속도를 각각 구하고 이로부터 (가)의 결과를 적용해 평균속도를 유도함.	5점
[물리I-i] (라)	$v = \frac{\sqrt{La}}{2}$	각 구간의 이동 시간을 올바르게 구하고 이로부터 평균 속도를 바르게 유도함.	5점
[물리I-ii]	10 m	깊이에 따른 압력의 표현식 $P = P_0 + \rho gh$ 을 올바르게 제시함.	5점

		‘ $PV=$ 일정’을 이용해서 두 위치에서의 압력의 비율을 부피의 비율로 표현함	5점
		주어진 수치를 넣어서 답을 올바르게 구함.	5점

7. 예시 답안

[물리 I - i]

(가) 전체 이동 시간의 절반인 $T/2$ 동안 자동차가 달린 거리는 $v_1(T/2)$ 이고, 이후 이동 시간 절반인 $T/2$ 동안에는 자동차는 $v_2(T/2)$ 의 거리를 이동하므로, 전체 이동 거리는 $(v_1 + v_2)(T/2)$ 이다. 전체 이동 시간은 T 이므로, 평균 속도 v 는 이동한 전체 이동 거리를 시간으로 나눈 값인 $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$ 가 된다.

(나) 전체 이동 거리의 절반인 $L/2$ 을 평균 속도 v_1 으로 이동했으므로, 이때 걸린 시간은 거리를 속도로 나눈 값인 $T_1 = L/2v_1$ 이다. 나머지 절반 거리 $L/2$ 을 이동한 시간을 마찬가지로 계산하면 $T_2 = L/2v_2$ 이 된다. 전체 이동 거리 L 을 전체 걸린 시간 $T_1 + T_2 = \frac{L}{2}\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)$ 로 나누면 평균 속도를 얻는다. 즉, $v = \frac{L}{\frac{L}{2}\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$ 이다. 또, $v - 2v_1 = 2v_1\left(\frac{v_2}{v_1 + v_2} - 1\right)$ 이고, $\frac{v_2}{v_1 + v_2} < 1$ 이므로, $v < 2v_1$ 을 얻는다. 즉 전체 구간에 대한 평균 속도 v 는 $2v_1$ 보다 작다.

(다) 처음 절반의 이동 시간 $T/2$ 동안 자동차가 이동한 거리는 $\frac{1}{2}a\left(\frac{T}{2}\right)^2$ 이다. 이때 속도는 $a\left(\frac{T}{2}\right)$ 이다. 이후 절반의 이동 시간 $T/2$ 동안 이동한 거리는 $a\left(\frac{T}{2}\right)\left(\frac{T}{2}\right) - \frac{1}{2}a\left(\frac{T}{2}\right)^2$ 이다. 따라서 전체 이동거리는 $a\left(\frac{T}{2}\right)^2$ 이고, 이 거리를 시간 T 동안 이동했으므로, 전체 구간에 대한 평균 속도 v 는 $v = \frac{1}{4}aT$ 이다.

(별해) 가속도가 일정하므로 처음 절반의 이동 시간 동안 평균 속도는 처음 속도 0과 나중 속도 $a\left(\frac{T}{2}\right)$ 의 평균값인 $\frac{1}{2}a\left(\frac{T}{2}\right)$ 이다. 나머지 절반의 이동 시간 동안에 자동차의 속도는 $a\left(\frac{T}{2}\right)$ 에서 시작해서 $a\left(\frac{T}{2}\right) - a\left(\frac{T}{2}\right) = 0$ 으로 변했으므로 나머지 절반의 이동 시간에 대한 평균 속도도 $\frac{1}{2}a\left(\frac{T}{2}\right)$ 이다. (가)의 결과를 적용하면 전체 구간의 평균 속도 v 는 $v = \frac{1}{4}aT$ 가 된다.

(라) 처음 절반의 거리를 자동차가 운행한 시간 T_1 은 $\frac{L}{2} = \frac{1}{2}aT_1^2$ 를 만족하므로 $T_1 = \sqrt{\frac{L}{a}}$ 이다. 이 때 자동

차의 속도는 $aT_1 = \sqrt{aL}$ 이 된다. 이 속도를 처음 속도로 해서 이후 나머지 절반의 거리를 이동한 시간을 T_2 라 하면, $\frac{L}{2} = \sqrt{aL}T_2 - \frac{1}{2}aT_2^2$ 를 만족한다. $aT_2^2 - 2\sqrt{aL}T_2 + L = (\sqrt{a}T_2 - \sqrt{L})^2 = 0$ 이므로 $T_2 = \sqrt{\frac{L}{a}}$ 이다. 전체 이동 거리 L 을 $T_1 + T_2$ 로 나눈 값이 전체 구간의 평균 속도 v 가 되므로, $v = \frac{L}{2\sqrt{\frac{L}{a}}} = \frac{\sqrt{La}}{2}$ 이다.

[물리 I - ii]

대기압이 P_0 일 때, 수면으로부터 거리 h 인 곳에서의 압력은 $P = P_0 + \rho gh$ 이다. 거리 h_1 에서의 압력을 P_1 , 부피를 V_1 이라 하고, 거리 h_2 에서의 압력을 P_2 , 부피를 V_2 라 하자. 문제의 조건을 이용하면 $P_1V_1 = P_2V_2$ 를 만족하게 된다. 이 식에 $P_1 = P_0 + \rho gh_1$, $P_2 = P_0 + \rho gh_2$ 를 넣으면, $V_2 = \frac{P_1}{P_2}V_1 = \frac{P_0 + \rho gh_1}{P_0 + \rho gh_2}V_1$ 을 얻는다. 이 식에 $P_0 = 10^5 \text{N/m}^2$, $\rho = 10^3 \text{kg/m}^3$, $g = 10 \text{m/s}^2$ 을 넣으면, $V_2 = \frac{10^5 + 10^4 h_1}{10^5 + 10^4 h_2}V_1 = \frac{10 + h_1}{10 + h_2}V_1$ 이다. $h_1 = 90\text{m}$, $V_1 = 1\text{cm}^3$, $V_2 = 5\text{cm}^3$ 를 대입하면, $5 = \frac{100}{10 + h_2}$ 가 되므로, $h_2 = 10\text{m}$ 를 얻는다. 즉, 수면으로부터의 거리가 10m일 때 이상기체 방울의 부피가 5cm^3 임을 알 수 있다.

4-④ [화학 I]

1. 일반정보

유 형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)/문항번호	<자연계> : 1교시 / 화학 I	
출제범위	교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	화학식량과 몰, 분자량, 수소 선 스펙트럼, 전자 배치, 산화수, 핵산, 분자의 극성, 전자쌍 반발이론, 화학 구조식
답안 작성 시간	40분 / 전체 100분	

2. 문항 및 자료

[화학 I]

다음 <제시문 1> ~ <제시문 4>를 읽고 [화학 I - i] ~ [화학 I - v]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

아보가드로는 기체의 종류에 관계없이 같은 온도와 압력에서 같은 부피의 기체는 같은 수의 분자를 포함하고 있다고 하였다. 0°C, 1기압에서 기체 1몰이 차지하는 부피는 기체의 종류에 관계없이 22.4 L이다.

<제시문 2>

햇빛의 스펙트럼은 연속 스펙트럼이고, 수소 방전관이나 헬륨 방전관과 같은 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 선 스펙트럼이다. 스펙트럼에 나타나는 빛의 색은 빛의 에너지와 관련이 있다.

<제시문 3>

어떤 용매 X를 뷰렛에 넣은 후 콕을 열어 가늘게 흐르게 하고 털가죽에 문지른 고무 풍선이나 자를 가까이 가져가 보았더니, X의 흐르는 줄기가 대전체 쪽으로 끌리면서 휘어졌다. X 대신에 사염화 탄소(CCl₄)를 이용하여 같은 방법으로 실험하였을 때, 사염화 탄소의 흐르는 줄기는 대전체 쪽으로 끌리지 않았다.

<제시문 4>

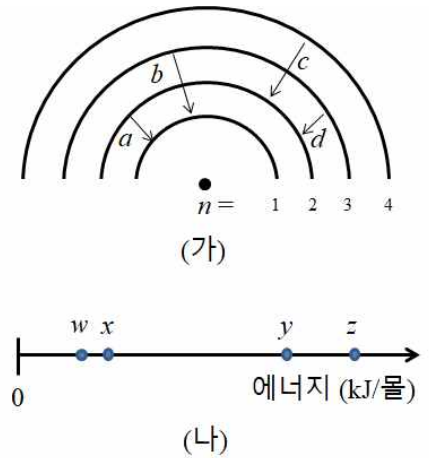
원자들이 비활성 기체의 전자 배치를 가져 안정화되려는 경향을 옥텟 규칙이라고 하고, 원자가 전자를 점으로 표시하여 나타낸 식을 루이스 전자점식이라고 한다.

[화학 I - i]

0°C, 1기압에서 실린더에 A₂(g) 4.0 g과 AB(g) 7.0 g을 넣고 반응시켰더니, 두 반응물이 모두 반응하여 A₂B(g)가 생성되었다. 반응 전 전체 기체의 부피가 8.4 L였을 때, 생성물 A₂B의 분자량을 구하고 그 근거를 논하시오. (단, A, B는 임의의 원소 기호이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

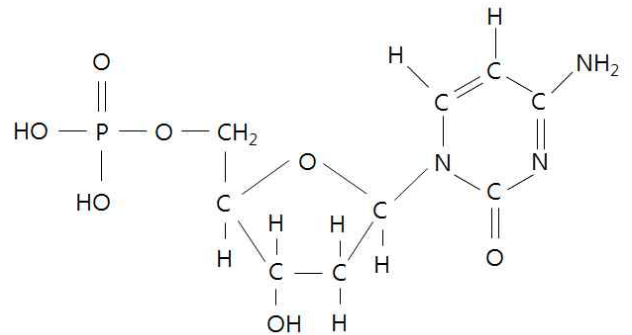
[화학 I - ii]

그림 (가)는 수소 원자에서 전자 전이 $a \sim d$ 를 나타낸 것이고, (나)는 $a \sim d$ 에서 방출하는 빛의 에너지를 나타낸 것이다. (나)에서 $w \sim z$ 는 $a \sim d$ 에서 방출하는 빛의 에너지 중 하나이다. 바닥 상태의 수소 원자에 에너지 y 를 갖는 빛을 가하여 전자를 전이시키고 난 후 바로 에너지 q 를 갖는 빛을 가했더니 수소 원자가 이온화되었다고 할 때, q 의 최솟값을 y 를 이용하여 논하시오. (단, 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n = -\frac{N}{n^2}$ kJ/몰이고, N 은 상수이며, n 은 주양자수이다.)



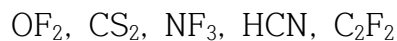
[화학 I - iii]

오른쪽 그림은 DNA를 이루는 뉴클레오타이드의 한 구조를 나타낸 것이다. 이 구조에서 당을 이루는 탄소(C)의 산화수의 총합과 염기를 이루는 탄소(C)의 산화수의 총합을 구하고 그 근거를 논하시오.



[화학 I - iv]

다음은 5가지 화합물의 분자식이다.



액체 상태일 때, <제시문3>에 주어진 용매 X와 같이 대전체 쪽으로 끌리는 화합물을 모두 고르고, 그 근거를 논하시오.

[화학 I - v]

<제시문4>를 참조하여, 폼산($HCOOH$)과 인산(H_3PO_4)의 루이스 전자점식을 각각 그리시오. 또한 각 화합물의 중심 원자 탄소(C)와 인(P)의 결합각을 비교하여 논하시오.

3. 출제 의도

화학 I 교과서 내용에 기반하여 화학 반응에서의 양적 관계, 원자의 모형과 전자 배치, 산화수와 화학 구조식, 분자의 극성, 분자의 전자쌍 반발 이론 단원에 대한 기본적인 이해를 평가하고자 하였다. 각각의 단원에서 다루어지는 여러 화학적 반응 예시를 통해, 단원 간에 연결되는 개념을 이용하여, 화학적 문제를 해결할 수 있는 이해력을 평가하는 문제를 출제하였다. 이들 문제를 통해 고등학교 화학 I 교과서에 대한 이해 충실도를 평가하려는 의도가 있다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정”	
성취기준 / 영역별 내용	제시문 1	(1) 화학의 언어 ㉠ 아보가드로 수와 몰의 의미를 이해한다.
	제시문 2	(2) 개성있는 원소 ㉠ 보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명하고, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 안다.
	제시문 3	(3) 아름다운 분자 세계 ㉠ 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다. ㉡ 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다.
	제시문 4	(4) 닳은꼴 화학반응 ㉠ 산과 염기가 원소의 산화와 환원에 의해 만들어진다는 사실을 이해한다. ㉡ 산과 염기의 중화 반응을 이해한다.
	문제 I - i	(1) 화학의 언어 ㉠ 아보가드로 수와 몰의 의미를 이해한다. ㉡ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.
	문제 I - ii	(2) 개성있는 원소 ㉠ 보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명하고, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 안다. ㉡ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.
	문제 I - iii	(4) 닳은꼴 화학반응 ㉠ 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아에서 화학 결합을 하고 있는 원자들 사이의 전기 음성도 차이로부터 각 원소의 산화수를 설명할 수 있다. ㉡ 암모니아, 아미노산, 핵산과 같은 산과 염기의 화학적 특성을 이해한다.
	문제 I - iv	(3) 아름다운 분자 세계 ㉠ 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다. ㉡ 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다.
	문제 I - v	(3) 아름다운 분자 세계 ㉡ 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다.

나) 자료 출처

교과서 내				
도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
화학 I	박종석 외 5인	교학사	2016	32-49, 70-105, 158-182, 213-219, 245-251
화학 I	노태희 외 8인	천재교육	2016	25-55, 79-121, 141-175, 190-197, 237-243
화학 I	류해일 외 8인	비상교육	2016	31-59, 76-125, 141-165, 199-203, 223-229
화학 I	김희준 외 9인	상상아카데미	2016	31-55, 77-109, 123-149, 184-189, 208-217

기타				
도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
수능완성 화학 I	임재항 외 4인	EBS	2017	27, 43

5. 문항 해설

[화학 I - i]

주어진 화학 실험을 이해하여, 기체의 부피와 몰 수와의 연관 관계를 이해하고 있는지 묻는 문제이다. 질량 보존의 법칙을 이해하고, 화학 반응식의 계수의 비는 반응 물질과 생성 물질의 부피비와 같다는 것을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 아보가드로의 법칙, 분자량에 대한 정의를 이해하고 있는지 평가하는 문제이다.

[화학 I - ii]

수소 원자의 선 스펙트럼과 원자의 구조가 연관되어 있음을 이해하고 있는지 평가하는 문제이다. 서로 다른 전자 껍질에 존재하는 전자와 이온화 에너지의 연관 관계를 간단한 수식으로 표현할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[화학 I - iii]

화학 구조식을 보고, 공유 결합 물질에서 각 원소의 산화수를 판단 할 수 있는지 묻는 문제이다. 또한 뉴클레오타이드의 화학 구조식에서 인산/당/염기 부분을 구조식으로 판단할 수 있는지 평가하고자 하였다.

[화학 I - iv]

루이스 구조식을 그리고, 원소의 전기 음성도 차이를 이용하여 분자의 쌍극자 모멘트를 추론할 수 있는지

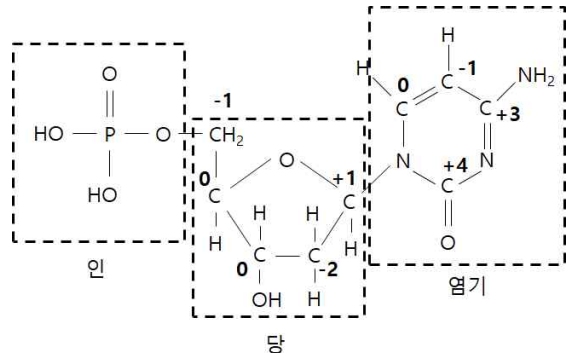
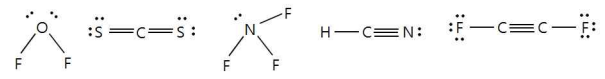
묻는 문제이다. 쌍극자 모멘트의 변화량과 분자의 극성을 연관 지어 이해할 수 있는지 평가하고자 하였다.

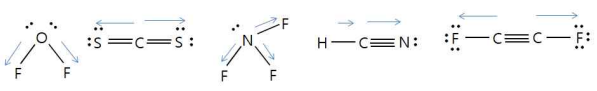
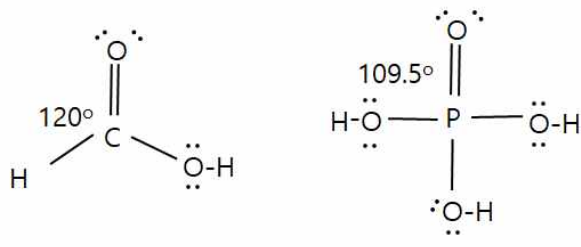
[화학 I - v]

루이스 구조식을 제시하고, 전자쌍 반발 이론을 이용한 분자의 구조를 이해할 수 있는지 묻는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
I - i	화학 반응식은 다음과 같다. $A_2(g) + 2AB(g) \rightarrow 2A_2B(g)$ 반응 전과 후 물질의 질량은 보존된다. 반응 전 A_2 4.0 g, AB 7.0 g이므로, 반응 후 A_2B 의 질량은 11.0 g이다. 반응 전과 후 기체의 부피 비는 반응 계수비와 같다. 반응 전 전체 기체의 부피는 8.4 L이므로, 반응 후 A_2B 의 부피는 $8.4 \times \frac{2}{3} = 5.6$ L이다. 주어진 조건에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 A_2B 의 몰수는 $\frac{5.6}{22.4} = 0.25$ 몰이다. 따라서 A_2B 1몰의 질량이 $\frac{11.0}{0.25} = 44$ g/몰이므로, A_2B 의 분자량은 44가 된다. (8점)	화학 구조식 $A_2(g) + 2AB(g) \rightarrow 2A_2B(g)$ 2점
		반응 후 질량 11.0 g 2점
		반응 후 부피 5.6 L 2점
		분자량 44 g/몰 (2점) 분자량이 맞으면, 위 3과정이 모두 맞는 것임. 적절한 설명이 있으면, 8점 만점. 단위“g/몰”을 적지 않아도 됨.
I - ii	주양자수 n=1로 전자가 전이되는 a,b의 에너지는 n=2로 전자가 전이되는 c,d에 비해 에너지가 더 크다. a,b 중에서 더 작은 에너지가 방출되는 것은 n=2 → n=1으로의 전이이므로 y는 a에 해당된다. a에서 방출되는 에너지 $y = \Delta E = -\frac{N}{4} + \frac{N}{1} = \frac{3}{4}N$ 이다. 즉, $N = \frac{4}{3}y$ kJ/몰이다. 수소의 이온화 에너지(ΔE_H)는 전자 전이 n=1	y는 전자 전이 a에 해당된다. 2점
		즉, $N = \frac{4}{3}y$ kJ/몰이다. 2점
		$y + q \geq \Delta E_H = N$ kJ/몰이다.

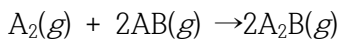
	<p>→ $n=\infty$에 해당하므로 $\Delta E_H = N$ kJ/몰이다. 에너지 y의 빛과 q의 빛을 연속적으로 가하여 이온화하였으므로, $y + q \geq \Delta E_H$이고, 여기에 $\Delta E_H = N$과 $N = \frac{4}{3}y$을 대입하면, $q \geq \frac{1}{3}y$ kJ/몰이다. 따라서 q의 최솟값은 $q = \frac{1}{3}y$ kJ/몰이다. (8점)</p>	<p>2점</p> <p>$q = \frac{1}{3}y$ kJ/몰이다.</p> <p>2점</p> <p>에너지 q 값을 맞추면, 모두 맞는 것임. 적절한 설명이 있으면, 8점 만점.</p> <p>$q = N/4$로 적은 것은 정답이 아님.</p>
<p>I - iii</p>	<p>공유 결합 물질에서 원자의 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 완전히 차지한다고 가정하고 구한다. 구성 원소의 전기 음성도의 크기는 $0 > N > C > H$ 순서이다. 따라서, 당과 염기를 이루는 C의 산화수를 표기하면 다음과 같다.</p>  <p>당을 이루는 C의 산화수의 합은 $(-1) + (0) + (0) + (-2) + (+1) = -2$이다. 염기를 이루는 C의 산화수의 합은 $(0) + (+4) + (+3) + (-1) = +6$이다. (8점)</p>	<p>당을 이루는 C의 산화수의 합은 -2이다.</p> <p>4점</p> <p>염기를 이루는 C의 산화수의 합은 +6이다.</p> <p>4점</p>
<p>I - iv</p>	<p><제시문3>의 실험 결과로 보아 용매 X는 극성을 띠고 있다고 유추할 수 있다. 따라서 주어진 화합물 중에서 극성 분자가 <제시문3>에 사용된 용매 X 분자와 같은 특성을 갖는다. 주어진 화합물의 루이스 구조식은 각각 다음과 같다.</p>  <p>화살표를 이용하여 이들의 쌍극자 모멘트를 표기하면 다음과 같다.</p>	<p>구조식이 맞으면 5점</p> <p>각 1점임, 5개의 구조식이 모두 맞으면 5점임.</p> <p>루이스 구조식을 말로 설명한 것은 그림이 없어도 정답으로 간주함.</p> <p>대전체 쪽으로 끌리는 화합물은</p>

	 <p>CS₂, C₂F₂는 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자이고, OF₂, NF₃, HCN은 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 극성 분자이다. 따라서 주어진 화합물 중에서 용매 X와 같이 대전체 쪽으로 끌리는 화합물은 OF₂, NF₃, HCN이다. (8점)</p>	<p>(혹은 극성 분자들은) OF₂, NF₃, HCN이다. <u>3점.</u></p> <p>루이스 구조식을 그리지 않고 극성 화합물만 제시한 경우 감점.</p>
I - v	<p>폼산과 인산의 루이스 전자점식은 다음과 같다.</p>  <p>폼산의 중심 원자 C는 세 군데 공유 전자쌍을 가지고 있고, 공유 전자쌍 사이의 반발력만 존재하므로, 결합각은 120°로 예측된다. 인산의 중심 원자 P는 네 군데 공유 전자쌍을 가지고 있고, 공유 전자쌍 사이의 반발력만 존재하므로, 결합각은 109.5°로 예측된다. 따라서, 중심 원자의 결합각은 폼산(HCOOH) > 인산(H₃PO₄) 이다. (8점)</p>	<p>구조식이 맞으면 <u>4점</u> <u>각 2점임, 2개의 구조식이 모두 맞으면 4점임.</u></p> <hr/> <p>폼산(HCOOH) > 인산(H₃PO₄) 설명과 함께 제시함. <u>4점</u> <u>설명이 없고 답만 맞으면, 0점</u></p>

7. 예시 답안

[화학 I- i]

화학 반응식은 다음과 같다.



반응 전과 후 물질의 질량은 보존된다. 반응 전 A₂ 4.0 g, AB 7.0 g이므로, 반응 후 A₂B의 질량은 11.0 g이다. 반응 전과 후 기체의 부피 비는 반응 계수비와 같다. 반응 전 전체 기체의 부피는 8.4 L이므로, 반응 후 A₂B의 부피는 $8.4 \times \frac{2}{3} = 5.6$ L이다. 주어진 조건에서 기체 1몰의 부피는 22.4 L이므로 A₂B의 몰수는

$$\frac{5.6}{22.4} = 0.25 \text{ 몰이다. 따라서 } A_2B \text{ 1몰의 질량이 } \frac{11.0}{0.25} = 44 \text{ g/몰이므로, } A_2B \text{의 분자량은 44가 된다.}$$

[화학 I- ii]

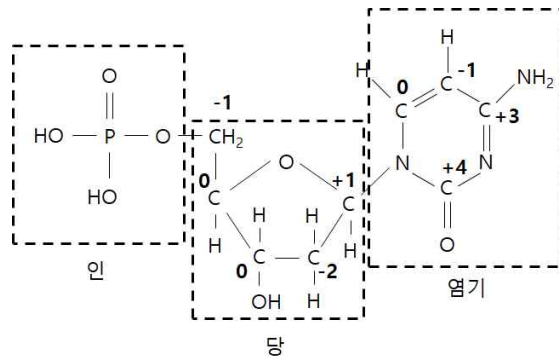
주양자수 n=1로 전자가 전이되는 a,b의 에너지는 n=2로 전자가 전이되는 c,d에 비해 에너지가 더 크다. a,b 중에서 더 작은 에너지가 방출되는 것은 n=2 → n=1으로의 전이이므로 y는 a에 해당된다. a에서 방출

되는 에너지 $y = \Delta E = -\frac{N}{4} + \frac{N}{1} = \frac{3}{4}N$ 이다. 즉, $N = \frac{4}{3}y$ kJ/몰이다.

수소의 이온화 에너지(ΔE_H)는 전자 전이 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 에 해당하므로 $\Delta E_H = N$ kJ/몰이다. 에너지 y 의 빛과 q 의 빛을 연속적으로 가하여 이온화하였으므로, $y + q \geq \Delta E_H$ 이고, 여기에 $\Delta E_H = N$ 과 $N = \frac{4}{3}y$ 을 대입하면, $q \geq \frac{1}{3}y$ kJ/몰이다. 따라서 q 의 최솟값은 $q = \frac{1}{3}y$ kJ/몰이다.

[화학 I-iii]

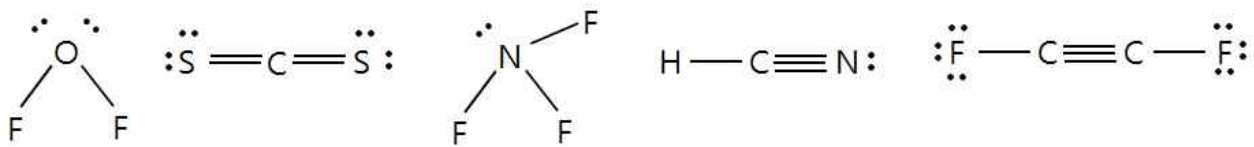
공유 결합 물질에서 원자의 산화수는 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 완전히 차지한다고 가정하고 구한다. 구성 원소의 전기 음성도의 크기는 $0 > N > C > H$ 순서이다. 따라서, 당과 염기를 이루는 C의 산화수를 표기하면 다음과 같다.



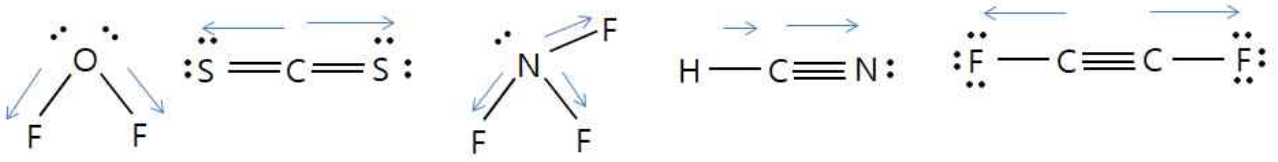
당을 이루는 C의 산화수의 합은 $(-1) + (0) + (0) + (-2) + (+1) = -2$ 이다.
 염기를 이루는 C의 산화수의 합은 $(0) + (+4) + (+3) + (-1) = +6$ 이다.

[화학 I-iv]

<제시문3>의 실험 결과로 보아 용매 X는 극성을 띠고 있다고 유추할 수 있다. 따라서 주어진 화합물 중에서 극성 분자가 <제시문3>에 사용된 용매 X 분자와 같은 특성을 갖는다. 주어진 화합물의 루이스 구조식은 각각 다음과 같다.



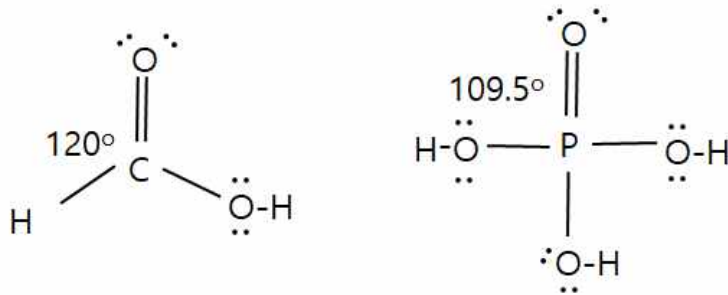
화살표를 이용하여 이들의 쌍극자 모멘트를 표기하면 다음과 같다.



CS₂, C₂F₂는 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자이고, OF₂, NF₃, HCN은 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 극성 분자이다. 따라서 주어진 화합물 중에서 용매 X와 같이 대전체 쪽으로 끌리는 화합물은 OF₂, NF₃, HCN이다.

[화학 I- v]

폼산과 인산의 루이스 전자점식은 다음과 같다.



폼산의 중심 원자 C는 세 군데 공유 전자쌍을 가지고 있고, 공유 전자쌍 사이의 반발력만 존재하므로, 결합각은 120°로 예측된다. 인산의 중심 원자 P는 네 군데 공유 전자쌍을 가지고 있고, 공유 전자쌍 사이의 반발력만 존재하므로, 결합각은 109.5°로 예측된다. 따라서, 중심 원자의 결합각은 폼산(HCOOH) > 인산(H₃PO₄) 이다.

4-⑤ [생명과학 I]

1. 일반정보

유 형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)/문항번호	<자연계> : 1교시 / 생명과학 I	
출제범위	교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	단백질, DNA, 뉴런, 안정화 전위, 항원-항체반응, 백신, 세포주기
답안 작성 시간	40분 / 전체 100분	

2. 문항 및 자료

[생명과학 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문5>를 읽고 [생명과학 I-i] ~ [생명과학 I-v]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<p><제시문 1> 살아 있는 생물은 기본적으로 동일한 원소로 구성되어 있다. 이러한 원소들은 대부분 서로 결합하여 탄수화물, 단백질, 지질, 핵산 등의 고분자 물질을 이룬다. 단백질은 20종류의 아미노산이 펩타이드 결합에 의해 연결된 것이다. 핵산은 뉴클레오타이드라고 하는 기본 단위로 연결되어 있다. 탄수화물 중 다당류는 수백 또는 수천 개의 단당류가 결합되어 긴 사슬을 이룬 것이다.</p> <p><제시문 2> 세포 호흡에 의해 방출되는 에너지의 일부는 ATP라는 화합물에 의해 화학 에너지 형태로 저장된다. ATP가 분해되어 방출된 에너지는 근수축, 체온 유지, 물질 합성, 물질 운반 등 다양한 생명 활동에 이용되어 근육 운동, 발열, 정신 활동, 성장 등이 일어나게 한다.</p> <p><제시문 3> 감각 세포가 자극을 받아들여 일으킨 흥분은 뉴런을 따라 이동하여 다음 뉴런으로 전달된다. 자극을 받지 않으면 분극 상태가 되고 이러한 분극 상태에서 세포막 내외에 형성된 전위차를 휴지 전위라고 한다. 뉴런에 역치 이상의 자극이 주어졌을 때 막전위가 상승하는 탈분극이 일어나고 탈분극에서 재분극까지의 급격한 막전위 변화를 활동 전위라고 한다.</p> <p><제시문 4> 병원체가 체내에 침입하면 이를 물리치기 위해 면역 반응이 일어난다. 체액성 면역에서 B 림프구는 형질 세포로 분화하여 병원체에 특이적으로 결합하는 물질을 만들어 병원체를 제거한다.</p> <p><제시문 5> 세포는 성장하고 분열하여 딸세포를 얻는 과정을 주기적으로 반복하는데, 이러한 세포의 일생을 세포 주기라</p>

고 한다. 하나의 세포가 한 번의 세포 주기를 거치면 2개의 세포가 된다. 세포 주기는 크게 간기와 분열기(M기)로 구분되며, 간기는 G1기, S기, G2기의 세 부분으로 나눌 수 있다. S기는 새로운 분열을 위하여 유전 물질이 복제되어 유전 물질의 양이 2배로 증가하는 시기이다.

[생명과학 I - i]

성균관대학교 근처의 저수지에서 새롭게 발견된 생명체 <생명1>을 구성하는 기본 물질과 각각의 물질을 구성하는 주요 원소를 조사하여 그 결과를 <표1>과 같이 정리하였다. (단, '주요 구성 원소'에서 알파벳은 원소 기호이다.)

<표1>

기본 물질 종류	(가)	(나)	(다)	(라)
주요 구성 원소	C, H, O	C, H, O, N	C, H, O, N, P	H, O

<생명1>에서 (나)종류 물질들이 신경계를 구성하는 뉴런 세포막에서의 자극 전도에 관여함을 확인하였다. 또한 자극 전도 방법은 사람에서의 자극 전도 방법과 동일하다는 것을 발견하였다. <생명1>의 뉴런의 특정 지점에서 시간에 따른 막전위 값을 측정하여 <표2>와 같은 결과를 얻었다. <표2>에서 3 ms부터 6 ms 시점까지는 <생명1>의 세포 호흡을 저해하였고, 실험하는 전 기간 동안 자극은 전혀 주지 않았다.

<표2>

시간(ms)	0	1	2	3	4	5	6
막전위(mV)	-70	-70	-70	-67	-56	-42	-28

<생명1>의 뉴런에서 자극 전도에 관여하는 (나)종류 물질 중 하나만을 고려하여 <표2>의 실험 결과를 설명하시오. (단, 세포 호흡의 저해는 3 ms에서 순간적으로 완벽하게 이루어졌다고 가정한다. 또한 세포 호흡의 저해로 인한 다른 현상은 고려하지 않는다.)

[생명과학 I - ii]

생명체 <생명1>의 뉴런의 세포막을 분리하여 <표1>의 (나)종류 물질 한 가지를 추출하였다. 이 특정 물질을 1분간 강한 열을 가한 후 다시 <생명1>의 뉴런의 세포막에 도입하였다. 0 ms에서 역치 이상의 자극을 주고 뉴런의 특정 지점에서 측정한 막전위 값은 <표3>과 같다. 음수의 시간은 자극을 주기 전의 시간을 나타내며 양수의 시간은 자극을 준 후의 시간을 나타낸다.

<표3>

시간(ms)	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
막전위(mV)	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70

정상적인 뉴런의 막전위 변화와 <표3>의 실험 결과가 다른 이유를 <생명1>의 뉴런에서 자극 전도에 관여하는 (나)종류 물질들을 모두 고려하여 설명하시오. (단, <표3>의 결과를 얻은 실험에서 세포 호흡 및 세포 내의 기타 조건은 사람과 동일하며 모두 정상이라고 가정한다.)

[생명과학 I - iii]

생명체 <생명1>과 유사한 또 다른 생명체 <생명2>의 체액성 면역을 연구하니 병원체를 특이적으로 인식하는 <표1>의 (나)종류 물질이 발견되었다. <생명1>의 (나)종류 물질은 이를 구성하는 기본 단위 중 3개만이

변화되고, <생명2>의 경우는 4개만이 변화되어 병원체에 대한 특이성을 나타내었다. <생명1> 및 <생명2>의 생존을 위협하는 병원체의 종류가 10,000종이고, 각 병원체의 진화나 변이는 없으며, (나)종류 물질은 하나의 물질이 한 종류의 병원체만을 인식한다는 것이 밝혀졌다. 충분한 시간 동안 관찰한 결과 <생명1>의 개체들은 모두 죽고 <생명2>의 개체들은 일부 생존하였다. 이러한 실험 결과의 원인을 설명하고 정량적 근거를 제시하시오.

[생명과학 I - iv]

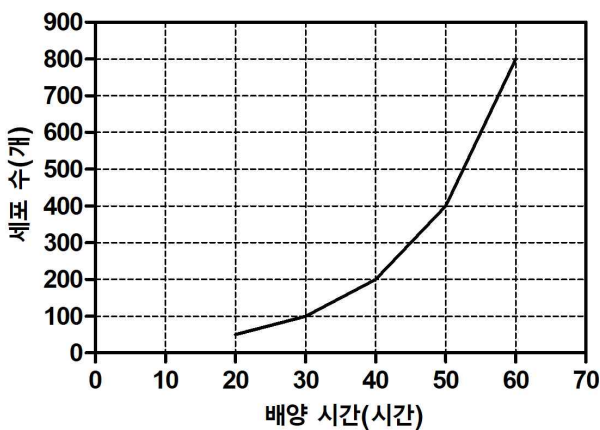
연구자 <성균>은 생명체 <생명1>의 생존을 위협하는 병원체 <명륜>과 <울전>에 대한 백신 개발 성공 가능성을 타진하기로 하였다. 유전적으로 동일하고 <명륜>과 <울전>에 노출된 적 없는 <생명1> 두 개체 A, B를 준비하였다. A에는 독성이 약화된 <명륜>을, B에는 독성이 약화된 <울전>을 0일과 4일 두 차례에 걸쳐 접종하고 이들을 특이적으로 인식하는 (나)종류 물질들의 농도를 조사하여 <표4>와 같은 실험 결과를 얻었다. 어느 병원체에 대한 백신 개발이 성공할 가능성이 더 높은지 그래프와 정량적 근거를 이용하여 논하시오. (단, 병원체 인식 물질의 농도는 임의의 단위이다.)

<표4>

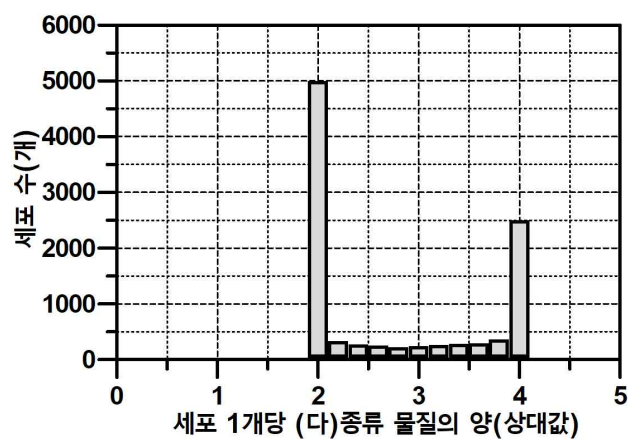
시간(일)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A에서 생성되는 <명륜> 인식 물질의 농도	0	11	7	3	3	9	17	12	9	3	1
B에서 생성되는 <울전> 인식 물질의 농도	0	2	3	1	1	46	230	150	100	60	40

[생명과학 I - v]

생명체 <생명1>에서 <표1>의 (다)종류 물질이 유전 정보 저장에 관여함을 발견하였다. <생명1>의 체세포 배양 시간에 따른 세포 수 변화를 조사하여 <그림1>과 같은 실험 결과를 얻었다. 또한 <생명1>의 10,000개의 체세포를 대상으로 세포 1개당 (다)종류 물질의 상대량에 따른 세포 수를 조사하여 <그림2>와 같은 실험 결과를 얻었다.



<그림1>



<그림2>

<그림1> 및 <그림2>에 표시된 연구 자료에 근거하여 연구자 <성균>은 <생명1>의 세포 분열에서 S기에 소요되는 시간에 맞추어 점심 식사를 하려고 한다. 오전 11시 45분에 S기가 시작됨을 확인하고 점심 식사를 위해 나간 연구자 <성균>이 S기가 끝나는 시간에 맞추어 돌아오기 위해서는 몇 시에 실험실로 돌아와야

하는지를 정량적 근거를 들어 논하시오. (단, 이 실험에서 모든 세포는 동시에 같은 주기로 분열한다.)

3. 출제 의도

생명체를 구성하는 기본 물질들 중 단백질과 DNA의 세포 내 기능의 이해 정도를 평가하고자 하였다. [생명과학 I - i]과 [생명과학 I - ii]에서는 신경계의 뉴런에서 일어나는 자극 전도에서 기능하는 세 가지 단백질들(Na+통로, K+통로 및 Na+-K+펌프)의 기능 이상에 따른 막전위 값의 변화에 대한 가상 실험 결과를 해석할 수 있는지를 문제화하였다. [생명과학 I - iii]과 [생명과학 I - iv]에서는 항원-항체 반응과 이를 이용한 백신 개발 과정에 대한 이해도를 가상 실험 결과로부터 추론하는 능력을 측정하고자 하였다. 마지막으로 [생명과학 I - v]에서는 체세포 주기에 따른 DNA의 양 변화를 가상 실험 자료로부터 도출하고 이를 실생활에 접목하여 그 이해도를 평가하고자 하였다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정”	
성취기준 / 영역별 내용	제시문 1	(1) 생명 과학의 이해 생물체의 구성 체제를 설명할 수 있다.
	제시문 2	(3) 항상성과 건강 (가) 생명활동과 에너지 ② 소화, 순환, 호흡, 그리고 배설의 의미를 양분의 흡수 및 에너지 출입과 관련하여 설명할 수 있다.
	제시문 3	(3) 항상성과 건강 (나) 항상성과 몸의 조절 ② 흥분의 전도와 전달을 이해한다.
	제시문 4	(3) 항상성과 건강 (다) 방어 작용 ③ 항원-항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	제시문 5	(2) 세포와 생명의 연속성 (가) 세포와 세포분열 ② 세포 주기와 세포 분열을 염색체의 행동과 관련지어 안다.
	문제 I - i	(3) 항상성과 건강 (가) 생명활동과 에너지 ② 소화, 순환, 호흡, 그리고 배설의 의미를 양분의 흡수 및 에너지 출입과 관련하여 설명할 수 있다. (3) 항상성과 건강

		(나) 항상성과 몸의 조절 ② 흥분의 전도와 전달을 이해한다.
	문제 I - ii	(3) 항상성과 건강 (나) 항상성과 몸의 조절 ② 흥분의 전도와 전달을 이해한다.
	문제 I - iii	(3) 항상성과 건강 (다) 방어 작용 ③ 항원-항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	문제 I - iv	(3) 항상성과 건강 (다) 방어 작용 ③ 항원-항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	문제 I - v	(2) 세포와 생명의 연속성 (가) 세포와 세포분열 ② 세포 주기와 세포 분열을 염색체의 행동과 관련지어 안다.

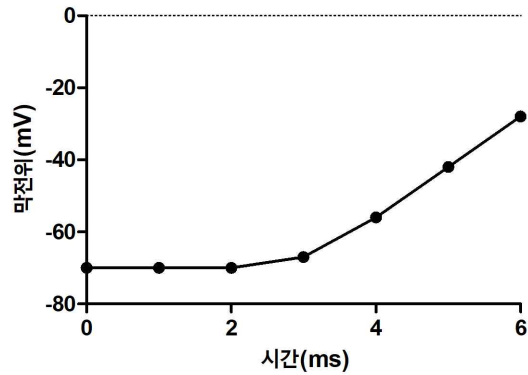
나) 자료 출처

교과서 내				
도서명	저자	발행처	발행연도	쪽수
생명과학 I	이길재 외 7명	상상아카데미	2016	24-27
생명과학 I	심규철 외 5명	비상교육	2016	119-122, 143-146
생명과학 I	박희송 외 4명	교학사	2016	66-73, 131-136, 155-157
생명과학 I	이준규 외 5명	천재교육	2016	127-129

5. 문항 해설

[생명과학 I - i]

이 문제에서는 뉴런의 흥분(자극) 전도에 관여하는 세 가지의 주요 단백질인 Na⁺통로, K⁺통로, Na⁺-K⁺펌프 중에서 Na⁺-K⁺펌프의 기능 이상에 따른 막전위 값의 변화를 해석하는 능력을 측정하고자 하였다. 세포 호흡을 3 ms에서 6 ms까지 중지하였으므로 에너지원인 ATP의 공급이 차단되었다. 자극을 전혀 주지 않았다고 하였음에도 휴지 전위가 증가하는 것이 관찰되었다. 이는 휴지 전위를 유지하는 이온의 불균형 분포에 문제가 생겼음을 암시한다. 문제에서 주어진 가상 실험 자료를 그래프로 표시하면 다음과 같다.



<표1>의 (나)종류 물질은 C, H, O, N을 주요 구성 원소로 가지고 있으므로 단백질이다. 뉴런의 흥분 전도에는 세 가지의 단백질(Na+통로, K+통로, Na+-K+펌프)이 관여한다. 이 중 Na+-K+펌프는 ATP의 분해에서 생기는 에너지를 소비하면서 세포막 안팎의 이온의 농도 차이에도 불구하고 이온을 이동시킨다. 세포 호흡이 저해되면 에너지원으로 사용되는 ATP의 합성이 저해된다. 이에 따라 뉴런의 세포막에서 ATP를 소비하는 Na+-K+펌프의 기능이 저해된다. 세포막에서 Na+통로에 비해 항상 열려있는 K+통로는 계속 작동되어 K+은 이동하는 반면 Na+-K+펌프의 고장으로 Na+의 이동은 저해된다. 이에 따라 처음에 형성되었던 이온의 불균형이 점차 해소되어 자극을 전혀 주지 않았음에도 휴지 전위가 점차로 증가한다. 문제에서는 (나)종류 물질 한 가지만을 고려하라고 하였으므로 Na+-K+펌프의 기능 저해가 주어진 가상 실험 결과의 주요 원인이 된다.

[생명과학 I - ii]

이 문제에서는 뉴런의 자극 전도에 관여하는 세 가지의 주요 단백질인 Na+통로, K+통로, Na+-K+펌프 중에서 Na+통로의 기능 이상에 따른 막전위 값의 변화를 해석하는 능력을 측정하고자 하였다. <표1>의 (나)종류 물질은 단백질이다. 뉴런의 흥분 전도에서는 세 가지의 단백질(Na+통로, K+통로, Na+-K+펌프)이 관여한다. 1분간 강한 열을 가하면 이 세 가지 단백질 중 하나가 변성이 되어 그 기능을 상실한다. 주어진 실험 자료에서는 휴지 전위는 형성이 되고 역치 이상의 자극이 주어질 때까지 유지된다. 이는 K+통로, Na+-K+펌프의 기능은 정상임을 의미한다. 활동 전위 발생의 초기 단계에서는 Na+통로가 열려야 하는데 주어진 실험 자료를 보면 휴지 전위 값에서 변화가 없다. 따라서 강한 열을 가하여 변성이 생긴 Na+통로의 기능이 저해되어 활동 전위가 발생하지 않는다. 문제에서 (나)종류 물질들 모두를 고려하라고 하였으므로 정상 상태의 K+통로, Na+-K+펌프에 의해 휴지 전위가 발생하고 유지되며 강한 열에 의해 변성된 Na+통로로 인해 0 ms 시점에서 역치 이상의 자극을 주어도 활동 전위가 발생하지 않는다는 점이 모두 설명되어야 한다.

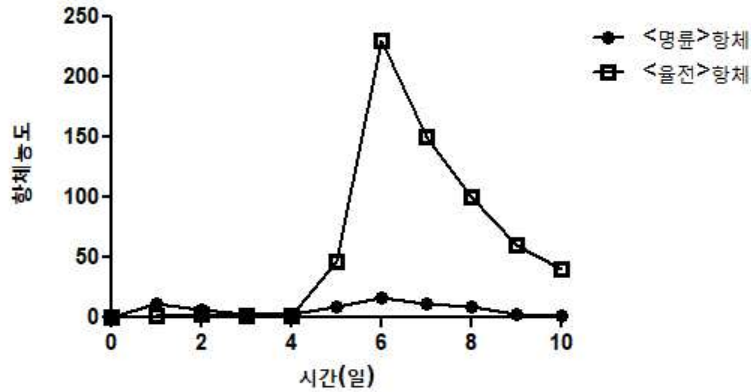
[생명과학 I - iii]

이 문제에서는 단백질의 일종인 항체의 다양성을 고려하여 항원-항체 반응의 결과를 이해하고 있는지를 묻고 있다. 문제에서 제시한 (나)종류 물질은 체액성 면역에 관여하고 병원체를 특이적으로 인식하므로 항체이다. 항체는 단백질이므로 20종류의 아미노산의 배열로 사슬을 형성한다. 변화되는 아미노산의 개수가 3개인 경우 가능한 항체의 종류는 $20^3 = 8,000$ 가지이고 4개인 경우는 $20^4 = 160,000$ 가지이다. 생명체 <생명1> 및 <생명2>에 치명적인 병원체가 10,000가지라고 하였기 때문에 항체의 아미노산이 3개만 변화 가능하면 항체의 종류가 병원체의 종류보다 적게 되는 반면, 아미노산이 4개 변화하면 조합 가능한 항체의 가짓수 (160,000 가지)가 병원체의 가짓수 (10,000 가지)보다 훨씬 크게 되어 궁극적으로 생존할 가능성이

높아진다.

[생명과학 I - iv]

이 문제에서는 체액성 면역에서 기억세포의 생성 유무에 따른 백신의 효능을 추론할 수 있는 능력을 측정하고자 하였다. 병원체 <명륜>을 인식하는 항체는 2차 감염 후에도 항체의 농도가 1차 감염 후와 비교할 때 크게 증가하지 않았다 (최대 약1.5배 증가). 반면 <울전>을 인식하는 항체는 2차 감염 후에도 항체의 농도가 1차 감염 후와 비교할 때 최대 115배로 증가하므로 체액성 면역에서 기억세포가 형성되었다고 볼 수 있다. 따라서 <울전>에 대한 백신 개발이 성공할 가능성이 <명륜>에 대한 백신 개발보다 훨씬 높다.



[생명과학 I - v]

이 문제에서는 세포 주기에 따른 유전 물질인 DNA의 상대적 양의 변화를 이해하고 이를 실생활에 접목할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 생명체 <생명1>에서 (다)종류에 해당하며 유전 정보 저장에 관여하는 물질은 DNA이다. 세포 1개당 DNA 상대량이 2와 4 사이에 있으므로 체세포 분열 과정에서의 세포 수를 관찰한 결과이다. 세포가 1회 분열하면 세포 수가 2배 증가한다. 세포 수가 2배 증가하는데 소요되는 시간은 1회 세포 분열에 소요되는 시간이므로, 왼쪽 그래프에서 1회 세포 분열에 소요되는 시간은 10시간이다. S기는 세포 1개당 DNA양이 2와 4 사이에 해당하는 세포의 수이다. 총 10,000개의 세포 중에서 세포 1개당 DNA양이 2에 해당하는 세포 수는 5,000개이고 4에 해당하는 세포 수는 2,500개이므로 세포 1개당 DNA양이 2와 4 사이에 해당하는 세포 수는 2,500개이다. 따라서 S기에 소요되는 시간은 $10(\text{시간}) \times \frac{2,500\text{개}}{10,000\text{개}} = 2.5(\text{시간})$ 이므로 1회 세포 분열에서 S기에 소요되는 시간은 2.5시간이다. 오전 11시 45분에 S기가 시작되었으므로 S기가 끝나는 시간은 2시간 30분 이후인 오후 2시 15분이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
I - i	세포 호흡의 중단으로 인해 에너지원인 ATP의 공급이 중단됨	2점
	흥분(자극) 전도에 관여하는 세 가지 단백질(Na+통로, K+통로, Na+-K+펌프) 중 Na+-K+펌프가 ATP를 에너지원으로 필요로 함	2점
	Na+-K+펌프의 고장으로 인해 세포 안팎의 불균등 이온 분포가 유지 되지 못해서 휴지 전위가 유지되지 못함	4점

I - ii	역치 이상의 자극을 가하여도 흥분의 전도가 일어나지 못하는 것은 Na ⁺ 통로가 고장임	4점
	K ⁺ 통로와 Na ⁺ -K ⁺ 펌프의 기능이 정상적으로 작동해서 휴지 전위가 유지됨	4점
I - iii	<생명1>에서 가능한 항체의 종류는 203 = 8,000 가지	2점
	<생명2>에서 가능한 항체의 종류는 204 = 160,000 가지	2점
	병원체의 종류가 10,000가지이므로 <생명1>에서 대처 가능한 병원체 종류는 8,000가지에 불과해서 모든 개체가 죽고 <생명2>는 160,000가지에 대처할 수 있어 일부 개체가 생존할 수 있음	4점
	항체 가지 수를 명시하지 않으면 0점 처리	
I - iv	<명륜> 및 <울전>에 대한 항체 농도 변화를 그래프로 나타냄	2점
	<명륜> 병원체에 대한 항체의 농도는 1차 접종과 비교할 때 2차 접종 시 2배(정확히는 최대 1.5배) 이내로 증가하는 반면 <울전>에 대한 항체의 농도는 100배(정확히는 최대 115배) 이상으로 증가함	2점
	<울전> 병원체의 항체 농도 증가 폭이 <명륜> 병원체의 항체 농도 증가 폭보다 훨씬(50배 이상) 커서 <울전>에 대한 기억세포가 생성되었으므로 백신개발 성공 가능성이 더 큼	4점
	숫자를 명시하지 않을 시, 각 세부기준에서 1점씩 감점	
I - v	1회 체세포 분열에 소요되는 시간은 10시간	2점
	S기에 소요되는 시간은 $10(\text{시간}) \times \frac{2,500\text{개}}{10,000\text{개}} = 2.5(\text{시간})$	2점
	오전 11시 45분에 S기가 시작되었으므로 S기가 끝나는 시간은 2시간 30분 이후인 오후 2시 15분	4점

7. 예시 답안

[생명과학 I - i]

<표1>의 (나)종류 물질은 C, H, O, N을 주요 구성 원소로 가지고 있으므로 단백질이다. 세포 호흡이 저해되면 에너지원으로 사용되는 ATP의 합성이 저해된다. 이에 따라 뉴런의 세포막에서 ATP를 소비하여 Na⁺와 K⁺를 이동시켜서 이온의 불균등 분포 현상을 통해 휴지 전위를 유지시키는데 기여하는 Na⁺-K⁺펌프의 기능이 저해된다. K⁺통로는 계속 작동되어 K⁺은 이동하는 반면 Na⁺-K⁺펌프의 고장으로 Na⁺의 이동은 저해된다. 이에 따라 처음에 형성되었던 이온의 불균형이 점차 해소되어 자극을 전혀 주지 않았음에도 휴지 전위가 점차로 증가한다.

[생명과학 I - ii]

<표1>의 (나)종류 물질은 단백질이다. 뉴런의 자극 전도에서는 세 가지의 단백질(Na⁺통로, K⁺통로, Na⁺-K⁺펌프)이 관여한다. 1분간 강한 열을 가하면 이 세 가지 단백질 중 하나가 변성이 되어 그 기능을

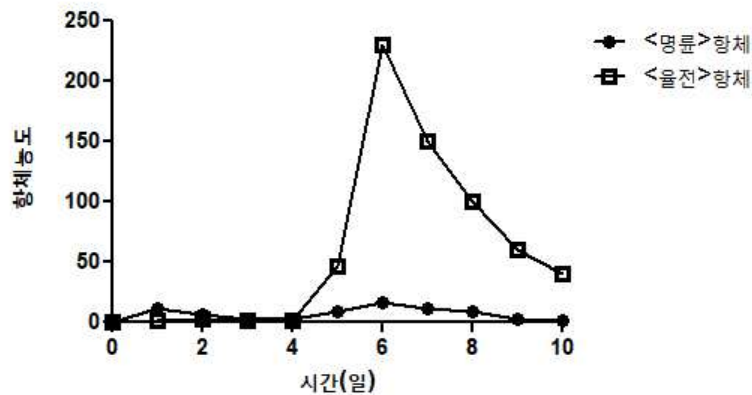
상실한다. 주어진 실험 자료에서는 휴지 전위는 형성이 되고 역치 이상의 자극이 주어질 때까지 유지된다. 이는 K⁺통로, Na⁺-K⁺펌프의 기능은 정상임을 의미한다. 활동 전위 발생의 초기 단계에서는 Na⁺통로가 열려야 하는데 주어진 실험 자료를 보면 휴지 전위 값에서 변화가 없다. 따라서 강한 열을 가하여 변성이 생긴 Na⁺통로의 기능이 저해되어 활동 전위가 발생하지 않는다.

[생명과학 I - iii]

(나)종류 물질은 체액성 면역에 관여하고 병원체를 특이적으로 인식하므로 항체이다. 항체는 단백질이므로 20종류의 아미노산의 배열로 사슬을 형성한다. 변화되는 아미노산의 개수가 3개인 경우 가능한 항체의 종류는 $20^3 = 8,000$ 가지이고 4개인 경우는 $20^4 = 160,000$ 가지이다. 생명체 <생명1> 및 <생명2>에 치명적인 병원체의 가능한 가짓수가 10,000 가지라고 하였기 때문에 항체의 아미노산이 3개만 변화 가능하면 항체의 종류가 병원체의 종류보다 적게 되는 반면, 아미노산이 4개 변화하면 조합 가능한 항체의 가짓수 (160,000 가지)가 병원체의 가짓수 (10,000 가지)보다 훨씬 크게 되어 일부 개체가 생존하게 된다.

[생명과학 I - iv]

주어진 실험 자료를 그래프로 표현하면 다음과 같다.



병원체 <명류>을 인식하는 항체는 2차 감염 후에도 항체의 농도가 1차 감염 후와 비교할 때 최대 1.5배 증가하여 그 증가 폭이 크지 않다. 반면 <울전>을 인식하는 항체는 2차 감염 후에 항체의 농도가 1차 감염 후와 비교할 때 최대 115배로 증가하므로 체액성 면역에서 기억세포가 형성되었다고 볼 수 있다. 따라서 <울전>에 대한 백신 개발이 성공할 가능성이 <명류>에 대한 백신 개발보다 훨씬 높다.

[생명과학 I - v]

(다)종류에 해당하며 유전 정보를 저장하는 물질은 DNA이다. 세포 1개당 DNA 상대량이 2와 4 사이에 있으므로 체세포 분열 과정에서의 세포 수를 관찰한 결과이다. 세포가 1회 분열하면 세포 수가 2배 증가한다. 세포 수가 2배 증가하는데 소요되는 시간은 1회 세포 분열에 소요되는 시간이므로, 왼쪽 그래프에서 1회 세포 분열에 소요되는 시간은 10시간이다. S기는 세포 1개당 DNA양이 2와 4 사이에 해당하는 세포의 수이다. 총 10,000개의 세포 중에서 세포 1개당 DNA양이 2에 해당하는 세포 수는 5,000개이고 4에 해당하는 세포 수는 2,500개이므로 세포 1개당 DNA양이 2와 4 사이에 해당하는 세포 수는 2,500개이다. 따라서 S기에 소요되는 시간은 $10(\text{시간}) \times \frac{2,500\text{개}}{10,000\text{개}} = 2.5(\text{시간})$ 이므로 1회 세포 분열에서 S기에 소요되는 시간은 2.5시간이다. 오전 11시 45분에 S기가 시작되었으므로 S기가 끝나는 시간은 2시간 30분 이후인 오후 2시 15분이다.